

Kybernetik als technisch bedingte Wissenschaft und als wissensbasierte Technologie

Karl Steinbuch und die Lernmatrix

VON PHILIPP AUMANN

Überblick

Die „Lernmatrix“ war eine elektrische Schaltung, die Pawlows Bedingten Reflex technisch imitierte. An ihrem Beispiel wird die wechselseitige Bedingtheit wissenschaftlicher Erkenntnisproduktion und technischer Entwicklung demonstriert, wie sie für die Praxis der Kybernetik signifikant war. Nach Hans-Jörg Rheinberger wird dabei das Modell als „technisches Ding“ und die Frage nach der Informationsverarbeitung im Menschen als „epistemisches Ding“ verstanden. Spezifisch für die Kybernetik war, dass sich dieses Verhältnis umkehrte, wenn wissenschaftliches Wissen über den Menschen zur Bedingung für die technische Konstruktion wurde.

Im folgenden Beitrag¹ wird zunächst die Person des Nachrichtentechnikers Karl Steinbuch vorgestellt und die Entwicklung der Lernmatrix erläutert, die in einer Zusammenarbeit Steinbuchs mit der Rechnerfirma Standard Elektrik Lorenz (SEL) entstand. Im Anschluss an die Darlegung der technisch-industriellen Kooperation wird die Bedeutung der Lernmatrix in verschiedenen Kontexten der wissenschaftlichen Sphäre beschrieben. Abschließend wird aufgezeigt, wie der wissenschaftliche und der technische Prozess in der Kybernetik auf der einen Seite ineinander übergangen, was die beiden auf der anderen Seite aber trennte.

Abstract

The „Learning Matrix“ was an electrical switching mechanism designed by Karl Steinbuch to simulate Pavlov's notion of „conditional reflex.“ This article describes the development of the learning matrix, focusing on the cooperation between Steinbuch and the computer firm Standard Elektrik Lorenz (SEL), and discussing its impact on other scientific contexts. By comparing and contrasting the scientific practices with the technical practices, this case study highlights the relationship between the scientific production of knowledge and the technical production of artifacts. Significantly for the study of cyber-

1 Dieser Aufsatz ist entstanden im Rahmen meiner Doktorarbeit „Wissenschaft in der Öffentlichkeit. Die Kybernetik in der Bundesrepublik Deutschland seit der Mitte des 20. Jahrhunderts“.

netics, it also demonstrates that the production of knowledge depends upon the production of artifacts, and vice-versa.

Den Begriffen Pluralität und Heterogenität kommt im Zusammenhang mit der Kybernetik entscheidende Bedeutung zu. Denn das von Norbert Wiener formulierte Konzept „Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine“ entwickelte sich trotz intensiver Bemühungen einiger Biologen, Ingenieure oder Mathematiker nie zu einer wissenschaftlichen Disziplin, war aber mehr als ein analytisches Hilfsmittel zur Erkenntnis von Nachrichten- und Regelungsvorgängen in Organismen oder ein methodisches Hilfsmittel zur Nachbildung organischen Verhaltens in Rechenmaschinen. Kybernetik² war und ist ein theoretisches Programm, das organisches und technisches Verhalten einheitlich erkenntnistheoretisch erfasst. Es abstrahiert von der materiellen Substanz des Untersuchungsobjekts und untersucht nur die Funktion jedes beliebigen vorhandenen Systems unter nachrichten- und regelungstechnischen Aspekten, bzw. synthetisiert die analytisch gewonnenen Erkenntnisse und versucht, sie technisch nachzubilden. Dieser Anspruch wurde in der Forschungs- und Entwicklungspraxis historisch ganz unterschiedlich realisiert, so dass unterschiedliche technische, geistes- und naturwissenschaftliche Institutionen den Begriff Kybernetik im Titel trugen und doch recht wenig miteinander gemein hatten.

Wie dieser Anspruch in beide Richtungen, also die wissenschaftlich-analysierende genauso wie die technisch-synthetisierende,³ umgesetzt wurde und

- 2 Über den Charakter der Kybernetik gibt es fast so viele Meinungen wie Veröffentlichungen. Zeitgenössische Einführungen und Charakterisierungen sind u.a. Herbert Anschütz, *Kybernetik. Kurz und bündig*, Würzburg 1967; W. Ross Ashby, *Einführung in die Kybernetik*, Frankfurt a.M. u. New York 1974; Felix von Cube, *Was ist Kybernetik? Grundbegriffe, Methoden, Anwendungen*, München³ 1975; Hans-Joachim Flechtner, *Grundbegriffe der Kybernetik. Eine Einführung*, Stuttgart 1966. Aktuelle Veröffentlichungen zur Theorie der Kybernetik sind Lars Bluma, *Norbert Wiener und die Entstehung der Kybernetik im Zweiten Weltkrieg (= Kritische Informatik, Bd. 2)*, zugl. Diss. Uni. Bochum 2004, Münster 2005; Michael Hagner, *Bilder der Kybernetik. Diagramm und Anthropologie, Schaltung und Nervensystem*, in: Martina Hebler (Hg.), *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*, München 2006, S. 383-404; Claus Pias, *Zeit der Kybernetik. Zur Einführung*, in: Claus Pias, Joseph Vogl u.a. (Hg.), *Kursbuch Medienkultur. Die maßgeblichen Theorien von Brecht bis Baudrillard*, Stuttgart² 2000, S. 427-431; ders. (Hg.), *Cybernetics. The Macy-Conferences 1946-1953*, 2 Bde., Zürich u. Berlin 2003-2004.
- 3 Die Grenzen zwischen Wissenschaft und Technik werden hier einmal inhaltlich anhand der Produktion von Wissen und dem Analysieren bzw. Nach-Denken als Aufgabe der einen Seite sowie der Produktion von technischen Konstruktionen und dem Konstruieren bzw. dem Voraus-Denken der anderen Seite gezogen; dazu z.B. Herbert Mehrtens, *Symbolische Imperative. Zu Natur- und Beherrschungsprogramm der wissenschaftlichen Moderne*, in: Wolfgang Zapf (Hg.), *Die Modernisierung moderner Gesellschaften (Verhandlungen*

wie sich dadurch wissenschaftliches Wissen und technische Entwicklung gegenseitig bedingten, zeigt das Beispiel des Karlsruher Nachrichtentechnikers Karl Steinbuch. Er entwickelte um 1960 die so genannte „Lernmatrix“, eine elektronische Schaltung, die den Bedingten Reflex nach Pawlow nachbilden und dadurch einerseits die Computertechnik verbessern, andererseits als Modell für menschliche Nachrichtenverarbeitung dienen sollte. Wie kaum eine andere technische Entwicklung verdeutlicht die Lernmatrix die doppelte Zielsetzung der Kybernetik und die Wechselwirkungen zwischen Wissenschaft und Technik, aber auch deren prinzipielle Unterschiede in einem epistemischen Prozess, der gleichzeitig Wissen und technische Konstruktionen zutage förderte. An diesem Fallbeispiel wird im Folgenden das spezifisch kybernetische Arbeiten in seiner Pluralität und Heterogenität aufgezeigt. Nach einigen Worten über die Person Steinbuchs wird die Entwicklung der Lernmatrix, anschließend ihre netzwerkbildende Kraft sowie ihre Bedeutung für Netzwerke außerhalb von Steinbuchs Wirkungskreis und für eine kybernetische Anthropologie beschrieben. Zuletzt wird in einer Zusammenfassung noch einmal die Frage nach der gegenseitigen Bedingtheit von Wissenschaft und Technik im epistemischen Prozess der Kybernetik aufgegriffen.

Karl Steinbuch (1917-2005)

Karl Steinbuch war promovierter Physiker⁴ und arbeitete von 1948 bis 1958 als Entwicklungsleiter bei der Rechnerfirma Standard Elektrik Lorenz (SEL) in Stuttgart. Schon in dieser Zeit veröffentlichte er Beiträge zur Verstärker-, Vermittlungs- und Impulstechnik sowie zur Theorie der Informationsverarbeitung. Seine hervorstechende Leistung dieser Jahre war die Entwicklung des „Informatik-Systems Quelle“, durch das die Bestellung und der Versand der Firma Quelle automatisiert wurden und im Rahmen dessen Steinbuch für den deutschen Sprachraum den Begriff „Informatik“ prägte.⁵

gen des 25. Deutschen Soziologentages in Frankfurt a.M. 1990), Frankfurt a.M. 1991, S. 604-616.) Vom institutionellen und sozialen Aspekt betrachtet, bewegt sich die Wissenschaft in der akademischen Sphäre und unterliegt deren Mechanismen, indem der Wissenschaftler nach Reputation und nach Manifestation seiner Bemühungen strebt, wogegen die Technik eher der wirtschaftlichen Sphäre zuzuordnen ist und deren Mechanismen gehorcht, also Fragen des wirtschaftlichen Gewinns und der Zuverlässigkeit der Entwicklungen dominieren. Die Technikwissenschaften bilden ein Hybrid zwischen den beiden Sphären, indem sie institutionell der Wissenschaft und inhaltlich der Technik zuzuordnen sind, siehe Thomas Hänseroth u. Klaus Mauersberger, Technikwissenschaften zwischen theoretischer Erkenntnis und Ingenieur Tätigkeit, in: NTM 6, 1998, S. 217-237.

- 4 Karl Steinbuch, Die Drehbewegungen rotationssymmetrischer Körper, die in zähen Flüssigkeiten schweben. Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Entwicklung eines technischen Sondergerätes, Diss. TH Stuttgart 1944.
- 5 Ders., Informatik. Automatische Informationsverarbeitung, in: SEG-Nachrichten 5, 1957, S. 171-176. Zu den frühen Arbeiten Steinbuchs bei SEL siehe auch Hartmut Petzold, Moderne Rechenkünstler. Die Industrialisierung der Rechnertechnik in Deutschland, München 1992.

Diese Tätigkeiten brachten ihm den Ruf eines Pioniers und einer Koryphäe auf dem Gebiet der Nachrichtenverarbeitung ein, durch den er 1957 auf die Besetzungsliste für den Lehrstuhl „Allgemeine Fernmeldetechnik und Drahtnachrichtentechnik“ der TH Karlsruhe kam.

Nicht nur weil für die neue Stelle ein Vertreter mit stark praktischer Orientierung gesucht wurde, kam der Industrieforscher Steinbuch für den Lehrstuhl infrage. Auch seine wissenschaftlichen Qualifikationen schienen den Gutachtern im Besetzungsverfahren unzweifelhaft. Für den Dekan der Karlsruher Fakultät für Maschinenwesen gehörte er „zu den führenden Männern in der Entwicklung der hoch stehenden deutschen Fernmeldetechnik“.⁶ Seine Beiträge zum *Taschenbuch der Hochfrequenztechnik*⁷ wurden als bemerkenswerte wissenschaftliche Veröffentlichungsleistungen angesehen. Selbst der renommierte Nachrichtentechniker Richard Feldtkeller hielt Steinbuch „infolge seiner hohen wissenschaftlich-technischen Qualitäten“ für fähig, die Nachrichtentechnik in Lehre und Forschung zu vertreten.⁸ Dank dieser Fürsprecher wurde Steinbuch 1958 auf den Lehrstuhl nach Karlsruhe berufen, wodurch die Grenzen zwischen der wissenschaftlichen und der technisch-wirtschaftlichen Sphäre auf institutioneller Ebene verwischt wurden. Denn die Industrienähe sollte seine Arbeit prägen und Einfluss auf sein Verhältnis zu akademischen Kollegen ausüben.

Nach seinem Antritt in Karlsruhe baute Steinbuch keinen klassischen fernmeldetechnischen Lehrstuhl auf, sondern profilierte ihn immer stärker in der technischen Nachrichtenverarbeitung. Besonders auf „den Gebieten der Automatischen Zeichenerkennung, der Adaptiven Klassifikationsstrukturen und der Selbstkorrigierenden Schaltungen“ taten er und seine Mitarbeiter sich hervor,⁹ und schon 1960 wurde innerhalb des Instituts für Nachrichtenverarbeitung, zu dem Steinbuchs Lehrstuhl nun ausgebaut war, eine unabhängige Forschungsgruppe für automatische Mustererkennung installiert.

Steinbuch selbst vernachlässigte die aktive Forschung zunehmend und konzentrierte sich immer mehr auf die Popularisierung der Kybernetik, die er vor allem mit dem Bestseller *Automat und Mensch*, aber auch durch zahllose Vorträge, Rundfunk- und Fernsehauftritte etc. betrieb und der er zu einer herausragenden Stellung in der wissenschaftlichen und außerwissenschaftlichen Öffentlichkeit der 1960er und 1970er Jahre verhalf. Darüber hinaus warb er mit Schriften wie *Falsch Programmiert*, *Die informierte Gesellschaft* oder *Programm 2000* für eine positive Konnotation von Wissenschaft und Tech-

6 Dekan der Fakultät für Maschinenwesen der TH Karlsruhe an das Kultusministerium BW, Juli 1957 (Entwurf), UA Karlsruhe 28002/463.

7 Friedrich Wilhelm Gundlach u. Hans-Heinrich Meinke (Hg.), *Taschenbuch der Hochfrequenztechnik*, Berlin u.a. 1956.

8 Zitiert nach Dekan der Fakultät für Maschinenwesen der TH Karlsruhe an das Kultusministerium BW, Juli 1957 (Entwurf), UA Karlsruhe 28002/463.

9 Heinz Zemanek, Professor Steinbuch, in: *Elektronische Rechenanlagen* 19, 1977, S. 166.

nik im kollektiven Denken. Der Wiener Informatiker Heinz Zemanek urteilte über ihn:

„Es war wohl die positive und negative Beachtung von Automat und Mensch, die Karl Steinbuch in eine Mission und in einen schriftstellerischen Kampf versetzte, die ihm eine für einen Technikprofessor ganz ungewöhnliche Popularität verschafften. [...] Was er seinem Leser klarmachen wollte, war der Widerspruch zwischen der Benützung der Technik als Mittel zur verbürgten Bequemlichkeitserhöhung und der gleichzeitigen Ablehnung der Technik, wie sie von den Geisteswissenschaften, den Medien und jener breiten Schicht praktiziert wird, die alles mögliche zur Bildung zählt, aber mathematisch-physikalisch-technische Ignoranz für einen Normalzustand hält.“¹⁰

Steinbuch wandte sich seit dem Ende der 1960er Jahre immer mehr von der wissenschaftlichen Sphäre ab und wandelte sich allmählich zu dem bundesdeutschen Technikadvokaten schlechthin, zum Politikberater und zu einem streitbaren Intellektuellen.

Entwicklung adaptiver und lernender Systeme in Kooperation mit SEL und am Karlsruher Institut

Adaptive und lernende Systeme zu entwickeln, war Steinbuchs Hauptforschungsinteresse, d.h. er versuchte Maschinen und Programme zu konstruieren, die ihr Verhalten in bestimmten Situationen durch Vergleich mit Erfahrungen aus früheren Situationen selbständig optimierten. Die Motivation und die anstehenden Fragen dieses Forschungsgebiets formulierte er auf einem Vortrag an der TH Karlsruhe im Juni 1959: Die Hauptschwierigkeit bei der Entwicklung von Automaten sei das Erstellen von Programmen, was für numerische Aufgaben zwar schon zu einer Routine-Angelegenheit geworden sei, wogegen für andere Anwendungsgebiete noch nicht einmal Arbeitshypothesen existierten. Solche Anwendungen seien etwa „die Manipulation logischer Beziehungen, um neue mathematische Gesetzmäßigkeiten aufzufinden, und die Aneinanderreihung von Worten zur Erzeugung eines sinnvollen und grammatikalisch richtigen Textes bei der automatischen Sprachübersetzung“, also allgemein Anwendungen, „denen gemeinschaftlich ist, dass die Herstellung eines Programms für den Arbeitsablauf nicht oder nur sehr schwer möglich ist“.¹¹ Die Lösung solcher Probleme sah Steinbuch in der

- 10 Ebd. Zu den meistgelesenen Populärschriften Steinbuchs zählen Karl Steinbuch, *Automat und Mensch. Über menschliche und maschinelle Intelligenz*, Berlin u.a. 1961 (*1971); ders., *Die informierte Gesellschaft. Geschichte und Zukunft der Nachrichtentechnik*, Stuttgart 1966; ders., *Falsch programmiert. Über das Versagen unserer Gesellschaft in der Gegenwart und vor der Zukunft und was eigentlich geschehen müsste*, Stuttgart 1968; ders., *Programm 2000*, Stuttgart 1970.
- 11 Vortrag gedruckt als Karl Steinbuch, *Lernende Automaten*, in: *Physikalische Blätter* 16, 1960, S. 4-11, Zitat S. 4. Die grundlegenden Probleme und Fragestellungen erläutert er außerdem in den Aufsätzen Karl Steinbuch, *Automatische Zeichenerkennung*, in: Nach-

Entwicklung von Automaten, die selbständig ihr Verhalten änderten und sich an Umweltbedingungen anpassten, so dass sie „die erforderlichen Programmschritte selbst finden“ könnten. Steinbuch schwebte ein lernender Automat vor, „der sein Verhalten aufgrund seiner Erfahrung verändert“, indem „vor einer nach außen wirksamen Maßnahme in einem internen Modell der Außenwelt die voraussichtlichen Reaktionen der Außenwelt auf verschiedene mögliche Maßnahmen geprüft werden und von den verschiedenen möglichen Maßnahmen nur diejenige nach außen wirksam gemacht wird, welche die erwünschte Reaktion der Außenwelt ergibt“. Wollte der Ingenieur nun solche Automaten entwickeln, trete das Problem der vergleichsweise geringen Speicherkapazität der Rechner auf, so dass das interne Modell die Eigenschaften einer komplexen Außenwelt nicht nachbilden könne. Steinbuchs lernende Automaten konnten demnach nur dort eingesetzt werden, „wo relativ einfache Modelle ausreichen“. Er sah in der enormen Speicherkapazität den größten Vorteil des menschlichen Gehirns gegenüber den Rechnern, betrachtete diese Tatsache jedoch nur als vorübergehend und nicht als Hindernis, das menschliche Gehirn zum Vorbild der Rechnerentwicklung zu nehmen, weil die Speicher der Computer schließlich in hohem Tempo wuchsen. Deshalb nahm er an, „dass lernende Systeme in den kommenden Jahrzehnten eine große Bedeutung auf vielen Gebieten haben werden“.¹²

Den ersten Versuch der Realisierung solcher technischen Lernvorgänge stellte die von ihm so getaufte Lernmatrix dar, die er in schriftlicher Form erstmals 1961 in der neu gegründeten Zeitschrift *Kybernetik* vorstellte. Ihr wurde zunächst die Leistung zugeschrieben, den Pawlowschen Bedingten Reflex technisch zu imitieren, womit Lernvorgänge verwirklicht würden.

„Im Verhalten der Lernmatrix sind zwei Phasen zu unterscheiden, nämlich: Die Lernphase, während welcher der Lernmatrix gleichzeitig Sätze von Signalen (Eigenschaften) {e} und den zugehörigen Bedeutungen b angeboten werden und sich demzufolge die Bedingten Reflexe bilden, und die Kannphase, während der sich nach Eingabe der Sätze Eigenschaften {e} die Bedeutung b oder nach der Bedeutung b die Sätze Eigenschaften {e} ergeben.“¹³

Das Prinzip der Lernmatrix lag darin, „anorganische Schaltungsstrukturen für Lernvorgänge zu finden“, ¹⁴ d.h. die Lernmatrix simulierte der Idee nach

richtentechnische Zeitschrift 11, 1958, S. 210-219 u. 237-244; ders., Lernende Automaten, in: Elektronische Rechenanlagen 1, 1959, S. 112-118 u. 172-175.

12 Jeweils Steinbuch, Lernende Automaten, 1960 (wie Anm. 11), S. 4-8.

13 Ders., Die Lernmatrix, in: *Kybernetik* 1, 1961/1963, S. 36-45, hier S. 36. Weitere Aufsätze, in denen die Lernmatrix zumindest erwähnt wird, sind ders., Lernende Automaten, 1960 (wie Anm. 11); ders., *Kybernetik. Weg zu einer neuen Einheit der Wissenschaften*, in: VDI-Z 104, 1962, S. 1307-1314; ders., *Adaptive Networks Using Learning Matrices*, in: *Kybernetik* 2, 1963/1965, S. 148-152; ders., *Maschinelle Intelligenz und Zeichenerkennung*, in: *Die Naturwissenschaften* 58, 1971, S. 210-217; ders. u. Helmar Frank, *Nicht-digitale Lernmatrizen als Perzeptoren*, in: *Kybernetik* 1, 1961/1963, S. 117-124.

14 Ders., Lernmatrix (wie Anm. 13), S. 38

organisches Verhalten auf funktioneller Ebene. Sie nutzte Steinbuch zunächst in zweierlei Hinsicht als Modell für diese Funktionen, nämlich einmal indem sie die Nachrichtenverarbeitung im Menschen deutlich mache. Wie beim Menschen die eingehenden Informationen „im sensorischen Bereich von außen nach innen stark zusammengepresst, im motorischen Bereich von innen nach außen wieder stark ausgeweitet“ würden, so arbeite auch die Lernmatrix. Durch sie würde das System von sensorischem Informationseingang, motorischem -ausgang und dazwischen dem Bewusstsein verständlich, das nur mit stark vorverarbeiteter Information umgehe.¹⁵ Zum anderen sah Steinbuch in der Lernmatrix ein Modell für die semantische Dimension der Information, die in Shannons Informationstheorie nicht berücksichtigt war. Da im Computer Nachrichten verarbeitet und dadurch neue Bedeutungen erzeugt wurden, werde im Computerzeitalter „auch eine semantische Informationstheorie dringend benötigt“.¹⁶ Durch die Funktionsanalogie der technischen Schaltung zur Nachrichtenverarbeitung im Menschen konnte, so der Anspruch, der Vorgang der Bedeutungsuzuordnung am technischen Modell beobachtet und verstanden werden. Darüber hinaus sah Steinbuch in der Lernmatrix ein Modell für das Lernen im Ganzen und zwar für ein imitierendes genauso wie ein selbsttätiges, kreatives Lernen, wodurch Automaten „Verbesserungen der Funktion über alle bekannten Funktionen hinaus erreichen. Die Methode, mit der die Automaten hierbei vorgehen, kann man am anschaulichsten als ‚Mutation und Zuchtwahl‘ des Programms kennzeichnen. Sie entspricht also der Methode, mit der die organischen Systeme im Laufe ihrer Entwicklungsgeschichte geistige Fähigkeiten entwickelten. Hierbei wird der Automat Funktionsformen entwickeln, an die der Konstrukteur gar nicht gedacht hat“.¹⁷

Das Modellieren der organischen Lernfunktionen erfolgte unter dem doppelten Zweck des analytischen Hilfsmittels für die semantische Informationstheorie und für das Verständnis der Nachrichtenverarbeitung im Menschen, wie es gerade beschrieben worden ist. Daneben hatte es den technischen Zweck einer Lösung des Problems, dass Rechner vor Aufgaben gestellt sind, die dem Programmierer noch nicht bekannt sind. Die Lernmatrix sollte selbständig per Trial and Error-Verfahren unbekannte Aufgaben bewältigen, die beste Lösung speichern und diese beim nächsten gleichen Problem erneut verwenden oder bei einem ähnlichen Problem weiterentwickeln. Die Lernmatrix stellte in Steinbuchs Augen eine Schaltung dar, durch die sich ein Rechner selbständig optimieren könne. Als Anwendungsmöglichkeiten des technischen Zwecks der Lernmatrix sah Steinbuch „automatische Zeichenerkennung, automatische Spracherkennung, allgemein Decodierung erlernter und eventuell gestörter Zeichen, Wiederauffinden von Informationen“.¹⁸

15 Ebd., S. 45.

16 Ebd.

17 Steinbuch, *Kybernetik* (wie Anm. 13), S. 1312.

18 Ders., *Lernmatrix* (wie Anm. 13), S. 36.

Steinbuch entwickelte seine Lernmatrix in enger Kooperation mit SEL. Zunächst noch arbeitete Steinbuch an dem Problem als Angestellter der Firma in Stuttgart, aber auch als er seine Bemühungen in Karlsruhe intensivier- te, stand er als deren wissenschaftlicher Berater auf Honorarbasis in regem Austausch mit ihr. SEL versprach sich von der Zusammenarbeit die Rechte eines exklusiven Patentnehmers, eine Entwicklung der Lernmatrix bis zu ihrer industriellen Einsatzfähigkeit und dadurch finanzielle Gewinne durch massenhafte Produktion der Schaltung in ihrem Haus. Steinbuch war beson- ders an der finanziellen Förderung seiner Arbeit sowie der Unterstützung bei der patentrechtlichen Absicherung der Lernmatrix durch SEL und die Nut- zung der Infrastruktur eines Großunternehmens auf dem Weg zur Konstruk- tion eines industriellen Prototyps interessiert. Um SEL das Engagement schmackhaft zu machen, schilderte er im August 1960 einem ihrer Direktoren die Lernmatrix als

„einen Zauberstab für Lernvorgänge [...]. Obwohl ich kaum eine momentan akute Anwendung nachweisen kann, habe ich trotzdem das sichere Gefühl, dass mit Hilfe der Lernmatrix sich der Nachrichtentechnik ganz neue Gebiete erschließen werden. [...] Wenn jedoch meine sehr optimistische Prognose über die Zukunft der Lernmatrix auch nur teilweise richtig ist, dann wäre es wohl zweckmäßig, wenn sich SEL (bei der ja alle wesentlichen Patente liegen wer- den) zu einem möglichst frühen Zeitpunkt interessieren würde. Ich könnte mir vorstellen, dass sich hier mit relativ geringen Mitteln auf lange Sicht ein merk- licher technischer Vorsprung gegenüber der Konkurrenz aufbauen ließe.“¹⁹

Dass SEL nach einigem Vorlauf die Arbeit an der Lernmatrix „mit angemessener Intensität“ aufgenommen und einige Energie auf diese akademisch- industrielle Kooperation verwandt hatte, war in Steinbuchs Augen nicht nur ein Glücksfall für ihn selbst, sondern er zeigte sich „überzeugt, dass dieser Entschluss sich auch finanziell lohnen wird“.²⁰ Den langen Planungshorizont des Wissenschaftlers und die „kommerzielle Unabhängigkeit“ wollte Stein- buch beibehalten. Weil ihn aber „die organisatorische Flexibilität“ – und wohl auch die bessere finanzielle Ausstattung – eines Wirtschaftsunternehmens lockte, fragte er im August 1961 bei SEL um eine vollständige Übernahme des Forschungs- und Entwicklungsprojekts in das Unternehmen an. „Was ich mir vorstelle, ist ein kleines Forschungslabor, das keinerlei termingebun- dene Entwicklungen durchführt und sich hauptsächlich auf den Gebieten ‚Lernende Automaten‘ und ‚Automatische Zeichenerkennung‘ betätigt. Die Problemstellung muss auf langfristige Forschung eingestellt sein.“²¹ Die Ar- beit an der Lernmatrix schien, in den Augen Steinbuchs, mit Hochdruck vor- angetrieben zu werden und solchen Erfolg zu versprechen, dass SEL ihm

19 Karl Steinbuch an G. Häßler (SEL), 30.8.1960, UA Karlsruhe, 39,05/178.

20 Karl Steinbuch an G. Häßler (SEL), 22.7.1961, UA Karlsruhe, 39,05/178.

21 Karl Steinbuch an G. Häßler (SEL), 21.8.1961, UA Karlsruhe, 39,05/178.

ein Forschungs-Dorado mit den Vorteilen der wirtschaftlichen wie der wissenschaftlichen Art zu arbeiten errichten würde.

Ganz anders wurde das Projekt bei SEL bewertet, die als gewinnorientiertes Industrieunternehmen über wesentlich kürzere Planungshorizonte verfügte und innerhalb derer keine Aussicht auf Erfolg sah. In der Geschäftsführung wurde „eine Restriktion derartiger langfristiger Entwicklungsvorhaben“²² beschlossen und in diesem Zug die Bemühungen um eine serienmäßige Verwertbarkeit der Lernmatrix eingestellt. Im November 1961 teilte man Steinbuch mit, dass SEL „eine wirkungsvolle Unterstützung“ nicht mehr zusagen könne und ihm „hinsichtlich einer anderweitigen Industriefinanzierung volle Handlungsfreiheit“ zubillige.²³

SEL unterstützte Steinbuch in seiner Erfindungs- und Entwicklungstätigkeit weiterhin juristisch, nachdem sie schon während ihrer Zusammenarbeit einige Erfindungen Steinbuchs zur Patentreife gebracht hatte. Sie fungierte auch als Lizenznehmerin diverser adaptiver Systeme, Zuordner oder von Steinbuch entwickelter Verfahren zur Muster- und Spracherkennung. Sie beabsichtigte ebenfalls weiterhin, Steinbuchs „Erfindungen gewerblich zu verwerten“,²⁴ und verhalf Steinbuch dazu, dass ihm 1965 ein Patent auf die Lernmatrix erteilt und diese als „Steinbuch-Matrix“²⁵ geschützt wurde. SEL beteiligte sich schließlich mit einigen Entwicklungsingenieuren an mehreren Tagungen zu Fragen so genannter intelligenter Maschinen an der TH Karlsruhe. Sie engagierte sich aber nicht mehr aktiv in der Forschung und Entwicklung rund um die Lernmatrix.

Nachdem seine Kooperation mit SEL in einem frühen Stadium gescheitert war, gab Steinbuch das Bestreben nicht auf, die Lernmatrix industriell verwertbar zu machen, und wollte seine „Patente Dritten anbieten“.²⁶ Weil aber entgegen seinen Versprechungen „eine akute Anwendung“, die eine serienmäßige Herstellung der Lernmatrix gerechtfertigt hätte, nie zu erkennen war und Steinbuch niemandem konkret in Aussicht stellen konnte, dass die Lernmatrix „sich auch finanziell lohnen wird“, interessierte sich auch kein anderes gewinnorientiertes Unternehmen mehr für die Entwicklung. Steinbuch fand keine finanzielle Unterstützung aus der Wirtschaft und keinen industriellen Kooperationspartner für die Entwicklung der Lernmatrix hin zur Serienreife. Die Lernmatrix wurde ab Mitte der 1960er Jahre aus der ökonomischen Sphäre gedrängt.

22 Karl Steinbuch an Patentabteilung der SEL, 21.1.1962, UA Karlsruhe, 39,05/178.

23 G. Häßler (SEL) an Karl Steinbuch, 13.11.1961, UA Karlsruhe, 39,05/178.

24 SEL an Karl Steinbuch, 14.5.1963, UA Karlsruhe, 39,05/178.

25 So bezeichnet in SEL an Karl Steinbuch, 5.3.1965, UA Karlsruhe, 39,05/178.

26 Karl Steinbuch an Patentabteilung der SEL, 21.1.1962, UA Karlsruhe, 39,05/178.

Wissenschaftliche Netzwerkbildung um die Lernmatrix und das Problem maschineller Zeichenerkennung

Die „Karlsruher Lerntagungen“ zu Fragen intelligenter Maschinen waren die Keimzelle eines akademischen Netzwerks, das sich um die Lernmatrix und das Forschungsproblem lernender und adaptiver Systeme konstituierte. Im Juli 1960 veranstaltete Steinbuch an seinem Institut erstmals ein internes Kolloquium „über die Prinzipien der Lernmatrix, ihre Realisierungsmöglichkeiten und ihre Anwendungen“.²⁷ Der Kreis der Teilnehmer war auf seine Mitarbeiter und einige Vertreter von IBM und SEL beschränkt, u.a. den Nachrichtentechniker Hans Marko, der 1962 einen Ruf als Leiter des Instituts für Nachrichtentechnik der TH München annahm. Der Inhalt wurde auf den weiteren Treffen, die in den nächsten Jahren im Abstand weniger Monate stattfanden, auf Probleme des maschinellen Lernens, der Zeichen-, Muster- und Spracherkennung ausgeweitet. Dass sie nicht die einzigen waren, die sich mit vergleichbaren Problemen beschäftigten, war den Teilnehmern bewusst. Steinbuch wusste von Arbeiten in Russland, der DDR und den USA. Auf industrieller Seite wurden die Möglichkeiten eines Forschungs- und Entwicklungsprogramms auch bei International Telephone and Telegraph (ITT) und bei Telefunken ausgelotet.²⁸ Auch an größeren Tagungen wie dem ersten Kongress der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Kybernetik (DAGK) 1963 nahmen die Akteure dieses Karlsruher Netzwerks teil, trugen dort über ihre Theorien und Entwicklungen vor²⁹ und bauten Kontakte zu weiteren Ingenieuren auf, die am selben Problem arbeiteten. Dennoch beließen sie ihr Wirken nach außen beim Gedankenaustausch und strebten keine Zusammenarbeit mit anderen Stellen an, weil die ökonomischen Interessen der beteiligten Industriebetriebe immer noch – nun sogar durch Programme bei konkurrierenden Unternehmen mehr den je – im Vordergrund standen. Dementsprechend war die Arbeit auf finanziellen Gewinn durch Patente ausgerichtet, und die Sicherung eines Wissensvorsprungs durch Geheimhaltung verhinderte die Produktion öffentlich zugänglichen wissenschaftlichen Wissens.

Weiterentwickelt wurde die Lernmatrix in dieser Phase durch Umschaltung zweier oder mehrerer Matrizen zu einem Autonomen Lernmatrix-Dipol, der „sich einer gegebenen Außenwelt nach Maßgabe einer vorgegebenen Werteskala anpasst“.³⁰ Der Gewinn dieser Konstruktion lag in der Möglichkeit, die Komplexität adaptiver Strukturen zu steigern, beispielsweise indem ihnen adaptive innere Modelle eingebaut werden konnten.

27 Karl Steinbuch an G. Häbler (SEL), 30.8.1960, UA Karlsruhe, 39,05/178.

28 Karl Steinbuch an H. Reiner, 8.9.1962, UA Karlsruhe, 39,05/178.

29 Siehe Winfried Görke u. Horst Wettstein, Neuere Untersuchungen an Lernmatrizen, in: Karl Steinbuch u. S.W. Wagner (Hg.), Neuere Ergebnisse der Kybernetik. Bericht über die Tagung Karlsruhe 1963 der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Kybernetik, München u. Wien 1964, S. 301-312; P. Müller, Lernmatrix für nichtbinäre Signale, in: Steinbuch/Wagner (wie Anm. 29), S. 313-325.

30 Steinbuch, Adaptive Networks (wie Anm. 13), S. 148f.

Im Laufe der 1960er Jahre trat auch die Bundeswehr bzw. das Bundesverteidigungsministerium (BMVg) als Auftraggeber und Förderer der Forschung und Entwicklung an Steinbuchs Institut sowie als Nutzer der Ergebnisse auf. Die Probleme der automatischen Zeichenerkennung und Bildauswertung, der selbstkorrigierenden Schaltungen und der adaptiven Klassifikation bzw. adaptiver lernfähiger Systeme wurden am Institut in einer eigenen Forschungsgruppe bearbeitet und beinahe gänzlich über das Programm der Verteidigungsforschung abgewickelt,³¹ das vom BMVg finanziert und von der Fraunhofer-Gesellschaft verwaltet wurde. Besonders die automatische Luftbildauswertung fand das Interesse des Militärs, weshalb die Forschungsgruppe ab 1966 den Schwerpunkt auf diesbezügliche Probleme legte. Beispielsweise wurde ein spezielles Zeichenabtast-Computersystem zur Vorverarbeitung von Bildern der Erdoberfläche entwickelt, damit die eigentliche Auswertung auf einem üblichen Computer auf informationsreduzierte Objekte zurückgreifen konnte und so in relativ kurzer Bearbeitungszeit durchführbar wurde.³² Weil BMVg und Bundeswehr als Akteure im Forschungs- und Entwicklungsprozess auftraten, unterlagen die Ergebnisse der entsprechenden Arbeiten zunehmend militärischen Geheimhaltungspflichten. Wissenschaft und Technik mussten sich nun neben der ökonomischen auch in die militärische Organisationslogik und Zweckbestimmung einordnen, was den freien Wissenstransfer und damit die Bildung von akademischen Netzwerken über einen lokalen Rahmen hinaus noch stärker einengte.

In einem weiteren Projekt wurde 1968/69 ein adaptiver Regler für den industriellen Einsatz entwickelt mit dem Ziel, den Zustand eines beliebigen zu regelnden Systems stabil zu halten, indem der Regler die ihm zugeleiteten Größen selbständig klassifizierte und diesen Größen die zweckmäßigen Ausgangsgrößen zuordnete. Für das adaptive Verhalten des Systems, also den Lern- oder Trainingsprozess, der die Anpassung des Reglers an das zu regelnde Problem bewirken sollte, diente die Lernmatrix als Modell, bei der technischen Realisation des Reglers spielte sie aber keine Rolle. Für diesen Schritt wurde auf eine Simulation zurückgegriffen. „Simulation heißt hier, dass sowohl das Trainersystem als auch der trainierbare Klassifikator auf einer digitalen Rechenanlage durch ein Programm dargestellt wurde.“³³

Auch der Blick auf die Organisation des Instituts verdeutlicht dessen Forschungsschwerpunkte. 1970 beschäftigte Steinbuch 27 wissenschaftli-

- 31 Aufgaben, Organisation und Finanzierung der Verteidigungsforschung für das Jahr 1963 werden erläutert in: Der Deutsche Bundestag – 4. Wahlperiode, Drucksache IV/2963, S. 62ff. Zur Fraunhofer-Gesellschaft siehe besonders Rüdiger vom Bruch u. Helmuth Trischler, Forschung für den Markt. Geschichte der Fraunhofer-Gesellschaft, München 1999.
- 32 Darüber berichtete „Wehretatkürzungen gefährden Forschungsarbeit. Prof. Steinbuch: Verzicht auf Datenverarbeitungs-Forschung wird Konkurrenzfähigkeit der deutschen Industrie bedrohen“, in: Badische Neueste Nachrichten, 13.7.1967.
- 33 Siegfried Wendt, Adaptive Zuordner für Steuerung und Regelung, in: Kybernetik 6, 1969/1970, S. 6.

che Mitarbeiter, die in zwei Gruppen aufgeteilt waren. Die Tätigkeiten der ersten sind eben ausführlich beschrieben worden. Die zweite Gruppe konzentrierte sich auf die Fragen der Fehlererkennung in digitalen Schaltungen, der Simulation von digitalen Strukturen und der Untersuchung von Algorithmen zur Matrixinversion.³⁴ Im Lauf der 1960er Jahre betreute Karl Steinbuch 29 Doktorarbeiten, die ebenfalls Zeichenerkennung, selbstkorrigierende Schaltungen und adaptive Systeme betrafen. Für all diese Projekte und Forschungsschwerpunkte des Instituts bildete die Lernmatrix die Keimzelle. Mit ihr nahm die Genese der Arbeiten Steinbuchs und seines Instituts ihren Anfang, indem sie die Forschungsfragen auf dem Gebiet künstlicher neuronaler Netze, Mustererkennung, adaptiver Systeme oder ganz allgemein der Künstlichen-Intelligenz-Forschung geliefert hatte. Eine technische Realisierung des Prinzips Lernmatrix wurde um 1970 aber nicht mehr angestrebt, weil sie sich als ungeeignet für die praktische Anwendung herausgestellt hatte. Organischem Verhalten wurde prinzipiell zwar immer noch Vorbildcharakter für die Technik eingeräumt. Die Technik hatte aber nicht mehr zum Ziel, die Strukturen der Informationsverarbeitung von Lebewesen eins zu eins in informationsverarbeitende Maschinen zu übersetzen. Stattdessen diente organisches Verhalten der technischen Entwicklung nur noch als heuristisches Hilfsmittel. Die Maschine, auf der die Probleme der Theorie bioanaloger Informationsverarbeitung modelliert wurden, war nun kaum mehr eine spezielle Hardware-Konstruktion, sondern im Regelfall ein Universalcomputer mit von Neumann-Architektur, auf dem Programme die biologische Nachrichtenverarbeitung simulierten.

Trotz der Einschränkungen des Wissenstransfers durch Militär und Wirtschaft weitete sich der Kreis von Forschern aus, die auf dem Gebiet lerner technischer Systeme arbeiteten und sich darüber austauschten. Eine zunehmende Zahl von Personen und Institutionen bildeten ein wissenschaftliches Netzwerk, dessen einendes Problem nicht mehr in der Lernmatrix realisiert war. Es lag nun eine Stufe abstrakter vor, indem das Postulat von der Modellierbarkeit eines speziellen Lernvorgangs linear auf alle Intelligenzleistungen ausgeweitet wurde. Wie das Netzwerk personell und lokal über die Grenzen Karlsruhes hinaus wuchs, so entwickelten sich auch dessen Forschungsfragen und fanden ihre technische Anwendung nun in der automatischen Mustererkennung.

Wiederum motiviert von Bedürfnissen der Industrie formierten sich ab Anfang der 1960er Jahre Ingenieure aus der Hochschul- und der Industrieforschung, die mit gemeinsamen Fragestellungen und gemeinsamer Methode an der Entwicklung von Geräten und Programmen zur automatischen Erkennung der Handschrift und später auch der Sprache arbeiteten. Eine zu-

34 Siehe Jahresbericht 1970 über Forschung und Lehre am Institut für Nachrichtenverarbeitung und Nachrichtenübertragung Universität Karlsruhe (TH).

nächst recht kleine Zahl von Industrieforschern der Firmen Siemens, AEG-Telefunken, IBM und SEL sowie von Hochschulforschern vor allem der TH Karlsruhe und der TH München tauschte sich über allgemeine Probleme der technischen Imitation organischer Nachrichtenverarbeitung aus. Weil jedes einzelne Projekt zur Mustererkennung vor spezielle Eigenschaften seines Mustersatzes gestellt war, wurden jeweils eigene Methoden und Verfahren entwickelt. Diese Praxis fand in dem Slogan „Mustererkennung ist eine Kunst, keine Wissenschaft“ ihren Ausdruck.³⁵ In der Reaktion darauf war das Ziel der Zusammentreffen, die einzelnen empirischen Arbeiten zu bündeln und nachprüfbar, vergleichbar und imitierbare Verfahren zu entwickeln. Die Mustererkennung sollte auf ein allgemeineres, theoretisches Niveau gehoben, verwissenschaftlicht werden.

Erstmals institutionalisiert wurden die Treffen der Forschungsgruppen, die am Problem der Mustererkennung arbeiteten, in Form der „IITB-Kolloquien“. Das Fraunhofer-Institut für Informationsverarbeitung in Technik und Biologie (IITB), bis 1970 Institut für Schwingungsforschung, war der Nutzbarmachung von Erkenntnissen aus der biologischen für die technische Informationsverarbeitung verschrieben. Es hatte 1965 explizit in der Hoffnung einer Kooperation mit Steinbuchs Institut und damit der Bildung eines lokalen Netzwerks seinen Umzug von Tübingen nach Karlsruhe beschlossen. Dem Vorbild der Entwicklungen in den USA folgend hoffte die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) darauf, dass „die Kopplung von biologischer und technisch-physikalischer Forschung zu einzigartigen Ergebnissen führt. Im Bereich der technischen Datenverarbeitung werden weitreichende Fortschritte aus dieser Zusammenarbeit erwartet“. Die FhG versprach sich u.a. in Karl Steinbuch und seinen Mitarbeitern „die gewünschten wissenschaftlichen Gesprächspartner und außerdem eine ideale Kombination von Forschungsstätten, die auf einander ergänzenden Gebieten tätig sind“.³⁶

Themen auf den Kolloquien des Instituts waren Schriftzeichenerkennung und Spracherkennung, aber auch grundlegende Probleme der Bildanalyse und Bildverarbeitung.³⁷ Das erste Kolloquium für Mustererkennung fand 1970 statt und behandelte recht allgemein „Verfahren und Systemkonzeptionen zur Mustererkennung“, das zweite stand 1971 unter dem Titel „Parallele Informationsverarbeitung“. Dass von den insgesamt 18 Rednern keiner aus dem Ausland kam,³⁸ war sicher der Tatsache geschuldet, dass die Tagung auf Anregung und

35 Nach Hans Marko, Die DAGM. Bemerkungen zu ihrer Geschichte, in: Siegfried Fuchs (Hg.), Mustererkennung 1992. 14. DAGM-Symposium, 14.-16.9.1992 in Dresden, Berlin 1992, S. 3.

36 FhG: Betr. Institut für Schwingungsforschung, 10.9.1965, Archiv Institut f. Zeitgeschichte (IfZ), ED 721/592.

37 Marko (wie Anm. 35), S. 3.

38 Siehe das Programm der Tagung IITB: Einladung zum 2. IITB- Kolloquium am 24./25. Juni 1971, Archiv IfZ, ED 721/598. Über beide Kolloquien wird auch referiert in den Miszellen Institut für Schwingungsforschung, in: Mitteilungsblatt der FhG 8, 1970, Nr. 2,

unter der Schirmherrschaft des BMVg stattfand und die Verteidigungsforschung einmal mehr nationale Interessen generierte und einen unbegrenzten Wissenstransfer verhinderte.

Das dritte Kolloquium widmete sich 1972 der optischen Mustererkennung mit einem Schwerpunkt auf die Klassifikation handgeschriebener Zeichen, wo im Gegensatz zur Erkennung von Maschinenschriften noch keine praktisch einsetzbaren Verfahren hervorgebracht worden waren. Durch die ungleich höheren Variationsmöglichkeiten in der Handschrift müssten „noch erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um die zahlreicher werdenden Verwechslungsmöglichkeiten zu reduzieren“. ³⁹ Das wesentliche Problem lag hier einmal mehr in der Vorverarbeitung der Muster, die durch Invariantenbildung die Informationsmenge so weit reduzieren sollte, dass ein Computer die Schriftzeichen in relativ kurzer Zeit erkennen konnte.

Die Kolloquien des IITB waren die wichtigste Plattform des Austausches von Forschern auf dem Gebiet lernender Systeme und Mustererkennung in der Bundesrepublik der frühen 1970er Jahre und wurden in jährlichem Abstand fortgeführt, bis sie in den Kongressen der neu gegründeten „Deutschen Arbeitsgemeinschaft Mustererkennung“ (DAGM) aufgingen. In dieser Vereinigung erfuhren die speziellen Probleme der Künstlichen-Intelligenz-Forschung und die daran arbeitenden Forscher mit der Gründungsversammlung 1976 eine Institutionalisierung. Die satzungsgemäße Aufgabe der DAGM stellte vor allem die Organisation von Tagungen dar. „Die DAGM sorgt für weitgehende Verbreitung ihrer Arbeitsergebnisse und für eine möglichst umfassende Unterrichtung aller Interessenten über die in- und ausländische Entwicklung der Mustererkennung durch Veröffentlichungen in einschlägigen Fachzeitschriften, durch Berichte und Rundschreiben sowie durch Herausgabe von Arbeitsblättern und Richtlinien.“ ⁴⁰ Ihre Zuständigkeit lag in der Veröffentlichung des von ihren Mitgliedern produzierten Wissens, der Verbreitung des Wissens in nationale und – soweit mit der Verteidigungsforschung vereinbar – in internationale Netzwerke hinein. Sie sorgte für den Austausch und die Verallgemeinerung der Fragen, Methoden und Theorien zur Mustererkennung und bildete den Ort der Transformation des Wissens und der Verfahren, die von einzelnen Forschern produziert worden waren, zu wissenschaftlichem Wissen, das von Kollegen nachgeprüft und beurteilt werden konnte. Durch die IITB-Kolloquien und die DAGM-Kongresse fand eine Verallgemeinerung des Wissens und der Probleme auf dem Gebiet der Mustererkennung statt, sowohl in inhaltlicher Hinsicht, indem konkrete Probleme

S. 4; bzw. Institut für Informationsverarbeitung in Technik und Biologie, in: Mitteilungsblatt der FhG 9, 1971, Nr. 3, S. 6.

39 Computer hören und sehen. Kolloquium Mustererkennung über erprobte Verfahren und Geräte, in: Mitteilungsblatt der FhG 11, 1973, Nr. 1, S. 1.

40 Marko (wie Anm. 35), S. 4.

auf ein theoretisches Niveau gehoben wurden, wie auch in sozialer Hinsicht, indem sich auf den Kongressen eine Scientific Community fand und festigte.

Der theoretische Hintergrund der Entwicklung mustererkennender Automaten und Programme lag in der kybernetischen Motivation, Informationsverarbeitung in Organismen und der Technik als funktionell gleichartig zu betrachten und die Natur als Vorbild für die Technik zu nutzen. Hans Marko, selbst einer der führenden Köpfe der bundesdeutschen Kybernetik betont, dass die menschliche Fähigkeit zur Mustererkennung „ein erstrebenswertes Vorbild“ für die Technik gewesen sei. Abgeleitet von dieser Erkenntnis wurden nicht nur technische Systeme zur Optimierung der automatischen Mustererkennung entwickelt, sondern auch solche, die als Modell das Wissen über die Funktionsweise neuronaler Netze vermehren sollten. Marko sieht Steinbuchs Lernmatrix dabei als ersten Versuch in dieser Tradition.⁴¹ Die Versuche zur Realisierung von Systemen zur automatischen Mustererkennung erwiesen sich nicht nur inhaltlich und personell als anschlussfähig an das Programm der Kybernetik, sondern wurden auch in den Kanon kybernetischer Probleme aufgenommen, vor allem indem sie auf den beiden Kongressen der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik, der Nachfolgerin der DAGK, 1968 an der TH München und 1970 an der TU Berlin, dort sogar unter dem Titel „Zeichenerkennung durch biologische und technische Systeme“, schwerpunktmäßig thematisiert wurden.⁴²

In den theoretischen Überlegungen innerhalb der Forschungsarbeiten und Veröffentlichungen aus dem Umfeld „Maschinelle Intelligenz und Zeichenerkennung“ tauchte die Lernmatrix weiterhin vereinzelt auf. 1971 stellte Steinbuch das Prinzip noch einmal vor und beschrieb es als grundlegend für eine Realisierung von maschineller Intelligenz, die beispielsweise in der automatischen Zeichenerkennung vorliege.⁴³ Mehr als die Leistung, eine der frühesten Entwicklungen zu sein, der die Erkenntnis einer funktionalen Gleichstellung organischer und technischer Nachrichtenverarbeitung zugrunde lag, billigte Steinbuch seiner Lernmatrix aber selbst nicht mehr zu. Im Rückblick auf historische Realisierungen Künstlicher Neuronaler Netze folgte Steinbuch für den aktuellen Zustand der Forschung:

„Die Entwicklung der ‚Maschinellen Intelligenz und Zeichenerkennung‘ ist belastet durch Erwartungen, die in den fünfziger Jahren aufkamen und bisher nicht eingelöst werden konnten. Die gegenwärtige Entwicklung ist belastet durch eine gewisse Resignation angesichts einer Aufgabe, deren Dimensionen

41 Ebd.

42 Siehe dazu die Tagungsbände Hans Marko u. Georg Färber (Hg.), Kybernetik 1968. Berichtswerk über den Kongress der DGK in München vom 23.-26.4.1968, München u. Wien 1968; Otto-Joachim Grüsser u. Rainer Klinke (Hg.), Zeichenerkennung durch biologische und technische Systeme. Tagungsbericht des 4. Kongresses der DGK an der TU Berlin, 6.-9.4.1970, Berlin u.a. 1971.

43 Steinbuch, Maschinelle Intelligenz (wie Anm. 13), S. 212f.

immer deutlicher in Erscheinung treten. Aber trotz aller Resignation besteht kein Grund zur Annahme, dass die Entwicklung der ‚Maschinellen Intelligenz‘ plötzlich auf eine unüberwindliche Schwierigkeit, z.B. eine nicht mehr kybernetisch erklärbare Funktion stoßen würde.“⁴⁴

Weil die Erwartungen an die künstliche Intelligenz immer noch nicht eingelöst worden waren, machte sich selbst bei dem Optimisten und Vorreiter Steinbuch Ernüchterung breit. Dass sich die Idee der künstlichen neuronalen Netze, d.h. der Existenz direkter Analogien zwischen organischen und technischen Funktionen sowie der technischen Modellierbarkeit menschlichen Verhaltens, nicht praktikabel realisieren ließ, erschien Steinbuch aber nicht als prinzipielles Problem. Durch die Programmierung genügend großer Universalcomputer seien komplizierte Probleme der Zeichenerkennung wie die Röntgenbilddiagnose lösbar. Bis diese technische Einschränkung wegfiel, seien Untersuchungen über das Problemlösen mit Automaten allein von theoretischem Interesse. Sie zeigten die Möglichkeiten von Computern auf und bereiteten darauf vor, dass Computer einst „möglicherweise ‚intelligenter‘ als Menschen“ würden. Darüber hinaus würden „die informationellen Strukturen, welche menschliches Denken und Verhalten begründen, durch Computersimulation immer deutlicher“.⁴⁵ Steinbuchs Denken und Arbeiten war ganz in der Bidirektionalität der Kybernetik verwurzelt, in der organische Nachrichtenprozesse ein Vorbild für die Technik und technische Entwicklungen Modelle für die biologische Analyse darstellten. In der technischen Hälfte des kybernetischen Denkens spielte dabei spezielle Hardware wie die Lernmatrix längst keine Rolle mehr. Dieser Entwicklungspfad war endgültig zugunsten der Programmierung von Universalrechnern abgebrochen worden.

Die Lernmatrix hatte als technische Konstruktion ihrem Anspruch, die Computertechnik zu verbessern, nicht standgehalten und hatte sich durch ihre mangelnde Praktikabilität auf dem Markt nie durchgesetzt. Dass sie aber auch ihrem Anspruch als heuristisches Hilfsmittel für die Analyse organischer Nachrichtenverarbeitung nicht gerecht wurde, lag an ihrem Mangel an physiologischer Fundiertheit. Sie sollte eine Gehirnfunktion des Menschen nachahmen und dadurch einfach verständlich darstellen, ohne dass sich Steinbuch intensiv mit biologisch-physiologischen Theorien beschäftigt hätte. Er modellierte demnach geistige Funktionen, wie er sie sich aufgrund seines oberflächlichen Wissens vorstellte. Sehr drastisch beschreibt der Mathematiker und Informatik-Pionier Friedrich L. Bauer diese Methode: „Das hat Steinbuch ja immer versucht, das Gehirn zu verstehen, wobei er dazu immer ganz unzureichende Modellierungen machte.“ Die Lernmatrix im speziellen sei „ausgemachter Humbug. Das war grob mechanistisch.“⁴⁶ Der Biologe und Biokybernetiker Bernhard Hassenstein billigt Steinbuch zwar zu, dass

44 Ebd., S. 210.

45 Ebd., S. 216.

46 Friedrich L. Bauer im Interview, 15.2.2006.

durch die Lernmatrix „ein neuer Gedanke“ in der Kybernetik formuliert worden sei, dagegen verwehrt er sich gegen die Meinung, mit der Lernmatrix seien Gedächtnis-, speziell Intelligenzfunktionen modellierbar.⁴⁷ Weil die verhaltensbiologische Definition von der Seite der Technik nicht wahrgenommen worden sei, war Hassenstein immer ein Gegner der Künstlichen Intelligenz und damit der Konzeption Steinbuchs. Als Modell für biologisch-physiologische Studien eignete sich die Lernmatrix nicht und wurde demzufolge auch kaum dafür angewandt.

Steinbuchs Leistung lag dagegen vor allem in der Formulierung und dem frühen Versuch einer technischen Realisierung des neuen Gedankens von funktioneller Gleichartigkeit organischer und technischer Nachrichtenverarbeitung, wodurch ein neues wissenschaftlich-technisches Arbeitsgebiet, die technische Kybernetik, begründet wurde. Alfred Schief, Ingenieur und Abteilungsleiter des IITB, urteilt über Steinbuch: „Das war schon ein Schritt in eine neue Richtung, dass man Strukturen hatte, mit denen man Verhalten modellieren konnte.“⁴⁸ Ähnlich formuliert der Elektrotechniker Wolfgang Hilberg: Mit der Lernmatrix liege „ein technisch brauchbares elektronisches System zur parallelen Verarbeitung analoger und digitaler Datenmengen nach dem Vorbild biologischer Systeme“ vor. Steinbuch habe „insbesondere mit den geschichteten Strukturen schon ein hochgradig nichtlineares System beschrieben“.⁴⁹ Schließlich gesteht der Informatikpionier Heinz Zemanek Steinbuch zu: „Dass Lernprogramme und Lernmatrix nicht hielten, was wir uns damals alle davon versprochen, nimmt den Leistungen Karl Steinbuchs keineswegs die Bedeutung. Ohne sie ist zum Beispiel der Beitrag Karl Steinbuchs und seiner Karlsruher Schule zu den Problemen der Zeichenerkennung und der adaptiven Systeme nicht denkbar.“⁵⁰ Indem Steinbuch als erster die relevanten Forschungsfragen formulierte, als Initiator von Gruppenbildungen und Institutionalisierung auftrat und akademischer Lehrer einer nachfolgenden Forschergeneration war, wurde er zu einem wichtigen Netzwerkbildner auf dem Gebiet der maschinellen Zeichenerkennung in der Bundesrepublik.

Transformation des Prinzips Lernmatrix und Rekontextualisierung durch Dritte

Unabhängig von Steinbuch und seinen Mitarbeitern wurde an und mit der Lernmatrix auch an einigen anderen Stellen mit ihr gearbeitet. Besonders in der DDR erregte die Lernmatrix Aufmerksamkeit, wo in Jena und Dresden Zentren entstanden, an denen die Lernmatrix in der psychologischen und technischen Arbeit angewandt wurde. Eine Kooperation mit dem Karlsruher

47 Bernhard Hassenstein im Interview, 11.7.2005.

48 Alfred Schief im Interview, 18.05.2006.

49 Wolfgang Hilberg, Karl Steinbuch. Ein zu unrecht vergessener Pionier der künstlichen neuronalen Systeme, in: Frequenz 49, 1995, S. 35.

50 Zemanek (wie Anm. 9), S. 165.

Institut kam aber nicht zustande. Auf einer Kybernetik-Tagung 1962 an der Humboldt-Universität in Berlin wurde ein Mitarbeiter Steinbuchs von Kollegen auf die Lernmatrix angesprochen, erklärte aber, dass er nicht mehr Informationen geben könne als die bereits gedruckten und dass auch in Kürze nicht mit weiteren Veröffentlichungen zu rechnen sei.⁵¹ Dass diese potentiell militärisch und wirtschaftlich interessante Entwicklung über den Eisernen Vorhang hinweg nicht frei transferiert wurde, hatte nicht nur politische Gründe, sondern diente auch dem Schutz des Wissens im Dienste seiner kommerzieller Verwertung. Deshalb wandte sich Steinbuch an den Patentanwalt von SEL, damit dieser seine rechtlichen Ansprüche bei einer Nutzung der Lernmatrix in der DDR prüfe. Anfang der 1960er Jahre stand die technisch-wirtschaftliche Nutzung seiner Arbeit über der wissenschaftlichen Kooperation. Nichtsdestotrotz beschäftigte man sich in Ostdeutschland weiter mit der Lernmatrix, und Karl Steinbuch hatte zahlreiche Kontakte dorthin. Mindestens einmal, nämlich auf der Jahrestagung der Leopoldina 1968 trug er auch selbst dort vor.⁵² In der DDR schien Steinbuchs Forschungsarbeit mehr Interesse gefunden zu haben als im Westen. Zu Erfolgen führten aber die Bemühungen auch dort nicht.

Ein weiteres Netzwerk von Forschern, in dem das Prinzip der Lernmatrix rezipiert wurde, war eine Gruppe von kybernetischen Pädagogen an der Pädagogischen Hochschule in Berlin. Der Mathematiker und Philosoph Helmar Frank, der Leiter des dortigen Instituts für Kybernetik, war 1961 bis 1963 als Assistent bei Steinbuch, um „die Modelleigenschaften der Steinbuchschen ‚Lernmatrix‘ zu rechtfertigen und für letztere in verschiedenen Bereichen Anwendungen zu finden“.⁵³ Gemeinsam mit Steinbuch modellierte Frank die Perzeption, die Phase des Wahrnehmungsprozesses, in der die aus der Außenwelt aufgenommene Informationsmenge etwa durch Abstraktion, Klassifikation oder Typenbildung auf dem Weg zur bewussten Wahrnehmung eingengt wird. Analog arbeite auch die Lernmatrix. Weil sie Typen von ähnlichen eingehenden Signalen erkenne und diese klassifiziere, sei sie in der Lage, auch bei Störungen von außen die Signale korrekt einer Bedeutung zuzuordnen.⁵⁴

Frank betonte auch am deutlichsten die doppelte Zielsetzung der Lernmatrix. Steinbuch und ihm liege nicht „eine möglichst genaue Nachahmung des Verhaltens von Organismen“ am Herzen, sondern sie seien bestrebt, „durch möglichst einfache technische Mittel den Menschen bei gewissen geistigen Leistungen (d.h. Prozessen der bewussten Informationsverarbeitung) zu ersetzen“. Die Lernmatrix wurde demnach auch nicht als Imitat der bewussten In-

51 Nach Karl Steinbuch an Claessen (Patentanwalt SEL), 3.4.1962, UA Karlsruhe, 39,05/178.

52 Siehe Karl Steinbuch, Modellentwürfe für Erkennen und Problemlösen. Vortrag auf der Jahresversammlung der Deutschen Akademie der Naturforscher „Leopoldina“, in: Naturwissenschaftliche Rundschau 21, 1968, S. 156.

53 Helmar Frank, Meine Mini-Memoiren (Unveröffentlichter Privatdruck), Paderborn 1998, S. 85.

54 Siehe Steinbuch/Frank (wie Anm. 13), S. 117.

formationsverarbeitung des Menschen verstanden, sie erfülle „lediglich dieselbe Aufgabe“ wie menschliche Geistesleistungen. Auf welchem Weg dies geschah, war gleichgültig. Von Bedeutung war lediglich, „dass gewisse Grundzüge der Informationsverarbeitungsprozesse und vielleicht sogar gewisse Grundstrukturen der Schaltung bei zweckdienlichen Lernmatrixensystemen einerseits und dem Nervensystem andererseits ähnlich sind. Insbesondere lässt sich auch die Funktion der Lernmatrix mit dem Begriff der Bildung Bedingter Reflexe beschreiben“.⁵⁵ Die Lernmatrix sollte zunächst nur am Vorbild organischen Verhaltens orientiert sein und damit eine Innovation für die Nachrichtentechnik bedeuten. Sie erwies sich aber, nach Meinung der Entwickler, bei ihrer Realisierung als ein Modell für den Bedingten Reflex und – einen Schritt weiter – für jegliche menschliche Informationsverarbeitung und damit auch für menschliche Bewusstseinsprozesse. Steinbuch lieferte in Franks Augen „mit der Idee seiner Lernmatrix vor allem auch ein Modell, mit dem theoretische Probleme z.B. der Psychologie [...], der Semantik und anderer geisteswissenschaftlicher Disziplinen anschaulich formuliert und leichter bearbeitet werden können“.⁵⁶ Diese Anwendungsmöglichkeit als ein Modell psychischer Vorgänge erklärt Franks Interesse an der Lernmatrix. Er sah hierin eine Verbindung zu seinen eigenen Arbeitsschwerpunkten, die auf der kybernetischen Analyse und technischen Synthese menschlicher Nachrichtenaufnahme lagen und unter den Schlagworten Informationsästhetik, Informationspsychologie und kybernetische Pädagogik gefasst wurden.

Die Informationsästhetik konzipierte Frank bereits 1959 in seiner Dissertation.⁵⁷ Ihr spezifischer Ansatz war es, Ästhetik, Kunstkonsum etc. als Kommunikationsprozesse zu verstehen. Zumindest in der Bundesrepublik wurden hiermit erstmals kybernetische Methoden und Fragestellungen auf einen humanwissenschaftlichen Forschungsgegenstand, nämlich die Kunstbetrachtung, angewandt. Vor allem in der Psychologie wurden Analyse und Darstellung mathematisiert und darauf aufbauend das Konzept einer mathematisch fundierten Psychologie, der Informationspsychologie, formuliert, das einer wachsenden Gruppe Forschern einen spezifischen Stil mathematisch-kybernetischen Arbeitens in den Humanwissenschaften vorgab. Frank führte neue Begriffe und Betrachtungsweisen ein, die im Lauf der 1960er Jahre in der Psychologie anerkannt wurden, aber auch in anderen Wissenschaftszweigen, die sich mit dem menschlichen Geist beschäftigten. Unter anderem sei der Perzeptionsbegriff in den Kanon der Psychologie eingegangen, nachdem er auf der Lernmatrix modelliert und dadurch scheinbar verifiziert worden war.⁵⁸

55 Helmar Frank, Pawlows Bedingte Reflexe und Steinbuchs Lernmatrizen. Kybernetik. Brücke zwischen den Wissenschaften, Teil 3, in: Die Umschau 61, 1961, S. 534.

56 Ebd., S. 537.

57 Helmar Frank, Informationsästhetik. Grundlagenprobleme und erste Anwendung auf die mime pure (Diss. TH Stuttgart), Waiblingen 1959.

58 Ebd., Vorwort zur zweiten Auflage, Quickborn ²1967.

Die Informationsästhetik, die Informationspsychologie und die kybernetische Pädagogik, die sich aus den vorgenannten Konzepten durch Anwendung der neuen psychologisch-kybernetischen Theorien auf den Unterricht entwickelte, hatten die Objektivierung psychischen Verhaltens mittels Mathematik und Modellierung zum Ziel. Als analytisches Hilfsmittel in diesem Objektivierungsprozess und speziell im Prozess der wissenschaftlich exakten Analyse der Perzeption sollte die Lernmatrix eingesetzt werden. Und genau in der Beschränkung der Lernmatrix lag die Schwäche dieser wissenschaftlichen Ansätze: Psychologische Erkenntnisse wurden experimentell gewonnen, mit Hilfe der Informationstheorie mathematisiert und anhand von Modellen objektiviert und verifiziert.⁵⁹ Durch dieses Handwerkszeug war der Idee nach die Psyche genauso mathematisch-naturwissenschaftlich zu analysieren, zu beschreiben und technisch nachzubilden wie alle physiologischen und anatomischen Erscheinungen. Da aber die Lernmatrix selbst biowissenschaftlich kaum fundiert war, taugte sie nicht zur Verifizierung von Hypothesen. Wie ihr Modell standen alle darauf modellierten Hypothesen über psychisches Verhalten auf tönernen Füßen.

Auf seinem weiteren Weg tat sich Helmar Frank besonders 1963 durch die Gründung des Instituts für Kybernetik an der Pädagogischen Hochschule Berlin hervor, wo menschliches Lernen und die Unterrichtssituation kybernetisch untersucht und Lehrmaschinen und -programme entwickelt wurden. Hier galt das gleiche für die Lernmatrix wie im Karlsruher Netzwerk: Sie war das Modell, das bei der Erkenntnis und Formulierung grundlegender Fragen half, in der praktischen Forschungs- und Entwicklungsarbeit spielte sie aber keine Rolle mehr. Auf das technisch realisierte Prinzip der Lernmatrix wurde nie zurückgegriffen,⁶⁰ obwohl die dort zu entwickelnden Lehrmaschinen und -programme genau der Anforderung nach selbständiger Anpassung an unvorhersehbare Situationen im Unterrichtseinsatz gerecht werden mussten. Der Ansatz, für die Lösung solcher Probleme das Vorbild organischer Informationsverarbeitung zu suchen und diese per spezieller Hardware nachzubilden, wurde auch hier immer seltener gewählt und stattdessen immer öfter auf die Entwicklung von Programmen auf Universalcomputern zurückgegriffen.

Als Mitte der 1980er Jahre die Entwicklung künstlicher neuronaler Netze im Rahmen der Neuroinformatik wieder Konjunktur hatte, fand ausschließlich ein Wissenstransfer von den USA nach Europa statt. Zu Karl Steinbuch und seiner Lernmatrix fehlte jegliche Referenz.⁶¹ Obwohl die Lernmatrix im Vergleich zu den frühen Entwicklungen künstlicher neuronaler Netze in den

59 Diese Methode wird beschrieben im Kapitel „Psychophysische Grundlagen“, ebd., S. 21-30.

60 Das betont Helmar Franks Mitarbeiter Uwe Lehnert im Interview, 13.11.2006.

61 Siehe etwa das Lehrbuch Helge Ritter u.a., Neuronale Netze. Eine Einführung in die Neuroinformatik selbstorganisierender Netze, Bonn u.a. 1990.

USA technisch mindestens gleichwertig sei, wurde sie in den Augen Wolfgang Hilbergs aus Gründen der disziplinären Logik der Informatik vergessen, die Innovationen nur in den USA vermute. Dadurch würden die Mitglieder des Fachs auch „nur noch die angelsächsische Fachliteratur“ lesen und übersähen die Entwicklungen in Deutschland.⁶² Darüber hinaus wurde Steinbuch auch deshalb nicht mehr rezipiert, weil das Prinzip der Lernmatrix weder in universitären Curricula gelehrt noch in der Computerindustrie angewendet wurde. Die Lernmatrix hatte weder in der wissenschaftlichen noch in der wirtschaftlichen Sphäre bleibende Spuren hinterlassen. Nachhaltige Wirkung hatte sie nur durch ihre netzwerkbildende Kraft und dadurch, dass sie Karl Steinbuch selbst als Referenzmodell für die Konzeption einer kybernetischen Anthropologie diente, die in den langen 1960er Jahren große öffentliche Aufmerksamkeit erfuhr.

Die Lernmatrix als Modell für Steinbuchs kybernetische Anthropologie

Dass laut Steinbuch allen Überlegungen zur maschinellen Intelligenz kybernetisch erklärbare Funktionen zugrunde lägen,⁶³ bedeutete einerseits aus technischer Perspektive die positivistische Annahme einer synthetischen Nachbildbarkeit aller Funktionen der menschlichen Nachrichtenverarbeitung und damit des menschlichen Verhaltens als Ganzen. Andererseits spricht daraus die Überzeugung, dass all diese Funktionen rational und vollständig analysiert und erklärt werden könnten, was ja die Voraussetzung für die Synthetisierbarkeit darstellte, aber auch den Weg zu einem kybernetisch-mechanistischen Menschenbild ebnete. Diese Anthropologie entwickelte Steinbuch besonders in seinem populärwissenschaftlichen Bestseller *Automat und Mensch*, der erstmals 1961 veröffentlicht wurde und in seiner vierten Auflage 1971 mit dem Untertitel „Auf dem Weg zu einer kybernetischen Anthropologie“ erschien. Diese Anthropologie lag paradoxerweise nicht der kybernetischen Forschungs- und Entwicklungsarbeit zugrunde und lieferte dieser nicht die Fragen für eine angewandte wissenschaftlich-technische Arbeit, sondern sie entwickelte sich erst aus der praktischen Anwendung und entsprach deren doppelter Zielsetzung: Wenn einzelne Geistesfunktionen technisch nachbildbar sind, dann können alle Geistesfunktionen zusammengekommen den menschlichen Geist im Prinzip im Ganzen nachbilden, womit der menschliche Geist vollständig erklärbar wird. Dann ist der Mensch nichts anderes als eine besonders komplexe nachrichtenverarbeitende Maschine.

Steinbuch formulierte den Grundgedanken der kybernetischen Anthropologie mit den Worten:

„Was wir an geistigen Funktionen beobachten, ist Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Abgabe von Informationen. Auf keinen Fall scheint es er-

62 Hilberg (wie Anm. 49), S. 28.

63 Siehe oben. Steinbuch, Maschinelle Intelligenz (wie Anm. 13), S. 210.

wiesen oder auch nur wahrscheinlich zu sein, dass zur Erklärung geistiger Funktionen Voraussetzungen gemacht werden müssen, welche über die Physik hinaus gehen. [...] Ich glaube, dass wir die Denkfunktionen ebenso rational analysieren können wie unseren Stoffwechsel oder unser Muskelspiel.“⁶⁴

Aus diesen Grundannahmen leitete Steinbuch seine „These der Kybernetik“ ab, die besagte, „dass das Lebensgeschehen und die psychischen Vorgänge aus der Anordnung und physikalischen Wechselwirkung der Teile des Organismus im Prinzip vollständig erklärt werden können“. Wichtig dabei war ihm besonders die Aufhebung einer Trennung von Subjekt und Objekt oder von Geist und Körper, kurz des psychophysischen Parallelismus: „Jedes subjektive Erlebnis entspricht einer physikalisch beschreibbaren Situation des Organismus.“⁶⁵ Geradezu als Kronzeuge seiner These führte Steinbuch die Technik ins Feld. Seine kybernetische These zog ihre Brisanz und Autorität aus der Erfahrung, „dass mit technischen Geräten Funktionen realisiert werden können, die bis vor kurzem als Monopol organischen, insbesondere menschlichen Verhaltens angesehen wurden“. Dabei sei es lediglich eine Frage des technischen Aufwands und kein prinzipielles Problem, „ein technisches System von der Größe und Komplexität des menschlichen Nervensystems“ herzustellen.⁶⁶ Steinbuch stellte aber klar, dass diese Überzeugung keine Geringschätzung des Menschen zur Folge habe. Was die Natur mit dem menschlichen Gehirn an Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Effizienz schuf, sei für den Techniker unerreichbar und lasse ihn nur bewundernd zurück. Und zur Vergleichbarkeit von Gehirn und Computer stellte er fest, dass beide sehr wenig gemeinsam hätten. „Weder die Substanz noch die Struktur, noch wesentliche Funktionseigenschaften haben bemerkenswerte Übereinstimmungen. Die einzige Übereinstimmung besteht darin, dass Rechenautomaten und Menschengehirne Leistungen vollbringen, die man als ‚geistige‘ Leistungen bezeichnen kann.“⁶⁷ Die Lernmatrix übernahm bei dieser These wiederum die Aufgabe eines Referenzmodells, weil sie besonders einfach die technische Imitation menschlicher Geistesleistungen darstelle.

Auch in dieser Argumentation lag die Crux verborgen, dass mit der Lernmatrix ein biowissenschaftlich schlecht fundiertes technisches System die funktionale Gleichartigkeit von organischer und technischer Informationsverarbeitung belegen sollte. Wenn die Maschine die gleiche Wirkung zeigte wie das menschliche Gehirn, musste das Gehirn auch funktionieren wie die Maschine, weil diese schließlich nach dem Vorbild des Gehirns konstruiert worden war. Eine umfassende zeitgenössische Kritik an kybernetischem Denken und der Entwicklung angeblich intelligenter Maschinen deckte diesen methodischen Trugschluss auf. Die theoretischen und experimentellen

64 Steinbuch, *Automat und Mensch* (wie Anm. 10), S. 2 u. 4.

65 Ebd., S. 7.

66 Ebd., S. 7f.

67 Ebd., S. 258.

Arbeiten, die die Analogie von Mensch und Maschine belegen wollten, folgten demnach allesamt einem *Circulus vitiosus* der darin bestand, „dass man ‚entdeckt‘, was man vorher bereits postuliert hat“.⁶⁸

Steinbuch explizierte mit seinen Thesen in *Automat und Mensch* die (populär-) philosophischen Grundlagen des kybernetischen Denkens, die in den meisten Veröffentlichungen und im öffentlichen Verständnis von der Kybernetik implizit mitgedacht wurden. Auch er selbst hatte schon in seinen früheren populärwissenschaftlichen Schriften adaptive Systeme zur Erklärung der Funktionsweise des Gehirns herangezogen und damit die Analogie des menschlichen und technischen Geistesverhaltens postuliert. Als besonders eindrucksvolles und leicht nachvollziehbares Beispiel eines adaptiven Systems zog er den „Autonomen Lernmatrix-Dipol“ heran.⁶⁹ Die Lernmatrix war zum Modell für menschliche Intelligenz und zum Symbol des kybernetischen Menschenbildes geworden.

Zusammenfassung

Die Lernmatrix war eine Schaltung, die die Technik der Rechenmaschinen durch Zuhilfenahme organischer Nachrichtenverarbeitung verbessern sollte. Schon bald spielte sie als technische Konstruktion keine Rolle mehr, weil die Modellierung von organischem Verhalten auf Hardware durch die Programmierung von Software abgelöst wurde. Ihr blieb aber der Charakter einer fragengenerierenden und netzwerkbildenden Kraft, sie wurde zum „technischen Ding“, das nach Hans-Jörg Rheinberger neue „epistemische Dinge“ hervorzu- bringen hilft.⁷⁰ Durch die Entwicklung von Modellen als „technischen Dingen“ wird der Erkenntnisprozess einerseits beschleunigt oder überhaupt erst ermöglicht, indem Informationsprozesse in Organismen oft nicht direkt zu analysieren sind und deren Funktionen erst durch Experimentieren an technischen Nachbildungen zutage treten. Andererseits wird der Erkenntnisprozess durch das technische Ding insofern begrenzt, als er nicht weiter fortschreiten kann, als es die Konstruktion des Modells zulässt. Beim Arbeiten mit dem Modell, das so charakteristisch ist für die Kybernetik, bedingt also Technik das wissenschaftliche Erkenntnisstreben buchstäblich und in zweifacher Hinsicht. Das technische Ding Modell stellt aber nicht nur ein analytisches Hilfsmittel für die Wissenschaft dar, so dass neue „epistemische Dinge“, also Erkenntnisse jeglicher Art produziert werden. Diese „epistemischen Dinge“ erscheinen darüber hinaus im nächsten Schritt als Grundlage, Vorbild oder Bedingung für die Weiterentwicklung des Modells, werden also zu techni-

68 Mortimer Taube, *Der Mythos der Denkmachine. Kritische Betrachtungen zur Kybernetik*, Reinbek 1966, S. 70.

69 Steinbuch, *Falsch programmiert* (wie Anm. 10), S. 46.

70 Siehe Hans-Jörg Rheinberger, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, ND Frankfurt a.M. 2006 (original Göttingen 2001), bes. S. 27-34.

schen Dingen für den technisch-epistemischen Prozess, in dem herausgefunden wird, wie eine Konstruktion zu entwickeln oder zu optimieren ist.

Im Erkenntnisstreben der Kybernetik sollten in diesem Sinne idealerweise einheitlich, gleichzeitig und in gegenseitiger Bedingtheit neues Wissen genauso wie neue technische Konstruktionen entstehen. Die Lernmatrix bildet ein anschauliches Beispiel, wie sich dieser epistemische Prozess vollzog, in dem die wissenschaftliche und die technisch-wirtschaftliche Sphäre personell, institutionell und inhaltlich in intensiver Wechselwirkung standen. Wissenschaft und Technik gingen in der Kybernetik Hand in Hand.

Allerdings ist im Fall der Lernmatrix auch ein wesentlicher Unterschied zwischen der wissenschaftlichen und der technischen Sphäre deutlich geworden, der in der Länge der Planungshorizonte, der Orientierung an der Verwertbarkeit und der Zirkulation des Wissen liegt. Während die technisch-industrielle Seite den Mechanismen der Markts unterlegen und auf finanziellen Gewinn ausgerichtet war, interessierte die wissenschaftlich-akademische Seite primär die Produktion von Wissen, Verfahren und Entwicklungen, deren wirtschaftliche Verwertbarkeit nur insofern relevant war, als die dadurch erzielten Gewinne weitere Forschung und Entwicklung garantierten. Auf der einen Seite wurden Ergebnisse eher geheimgehalten, weil die Exklusivität von Wissen einen Vorteil vor der Konkurrenz bedeutete, auf der anderen Seite bestand das Bestreben, Wissen in einem möglichst großen Kreis von Fachkollegen zirkulieren und transferieren zu lassen, weil die Produktion von Wissen dem Produzenten Reputation in der wissenschaftlichen Sphäre zusicherte.

Freier Wissenstransfer und das wirtschaftliche und militärische Interesse nach Exklusivität des Wissens waren konträre Bestrebungen der Akteure, die die wissenschaftlich-wirtschaftliche Kooperation scheitern ließen. Dieser Konflikt beherrschte die Entwicklung der Lernmatrix solange, wie sie als technische Entwicklung mit wirtschaftlich-militärischem Nutzversprechen angesehen wurde. Als sie aber auf die Bedeutung eines „technischen Dings“ reduziert war, das nur noch die Fragen und Bedingungen für weitere Forschung zu liefern hatte, war auch dieser Konflikt obsolet.

Anschrift des Verfassers: Philipp Aumann, Deutsches Museum, Museumsinsel 1, 80538 München, E-Mail: p.aumann@deutsches-museum.de