

Arbeitspapiere

AP_SCB9

Manfred E. A. Schmutzer

Vom Elfenbeinturm zum
Bildungskonzern

20

Kassel 1989



Arbeitspapiere des Wissenschaftlichen Zentrums für Berufs- und
Hochschulforschung an der Gesamthochschule Kassel

Nr. 20

Manfred E. A. Schmutzer

**Vom Elfenbeinturm zum
Bildungskonzern**
20

Kassel 1989

ARBEITSPAPIERE

Herausgeber: Wissenschaftliches Zentrum für
Berufs- und Hochschulforschung
an der Gesamthochschule Kassel

Redaktion: Gabriele Gorzka

© Alle Rechte vorbehalten

Wissenschaftliches Zentrum für
Berufs- und Hochschulforschung
Gesamthochschule Kassel
Henschelstraße 4
D-3500 Kassel
Tel.: 0561/804 2415

Vorwort

Im Wintersemester 1988/89 hat das Wissenschaftliche Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung der Gesamthochschule Kassel ein Colloquium zu neuen Problemen des Verhältnisses der Hochschulen zu verschiedenen Feldern ihrer gesellschaftlichen Umwelt mit externen und eigenen Referenten veranstaltet. Drei Anstöße haben uns zu dieser Themenstellung bewogen: Wir sehen auf vielen Feldern in der Lehre und in der Forschung bereits Reaktionen der Hochschulen auf neue Forderungen, erstens aus den anderen Bereichen des Wissenschaftssystems einschließlich der forschungsintensiven Unternehmen und zweitens seitens der Arbeitsmärkte und deren neuen Dimensionen, die sich durch zunehmende Internationalität, die Tendenz zu einer Graduierten-Studienstufe und zu einer stärkeren Beteiligung der Hochschulen an der Weiterbildung festmachen lassen. Dies geschieht teils mit, teils ohne politisch-administrative Ermunterung, immer jedoch im Rahmen real fast gleich hoch bzw. niedrig gebliebener Personal- und Sachhaushalte und Entscheidungsmargen.

Parallel zu diesen Entwicklungen ist drittens die Technisierung von Informationsverarbeitung und Kommunikation besonders in der Forschung, aber auch im gesamten Bibliotheks- und Publikationswesen und teilweise in der Lehre vorangeschritten. Trotz erheblicher Anstrengungen in diesen Feldern sind wir freilich dem in den USA und in Japan erreichten Entwicklungsstand noch nicht sehr nahe gekommen.

Ich bin mir nicht im klaren darüber, ob das Zurückbleiben in der hard- und software-Ausstattung unserer Hochschulen einschließlich deren Vernetzung eher eine Gefahr oder ein Segen ist. Mindestens erlaubt uns diese Ausstattungslücke aber die Nutzung der Vorteile des Nachzüglers, welche immerhin in der Wahl der angebotenen Mittel, in der Anforderungsspezifizierung bei deren Weiterentwicklung und in einer bewußten Folgenabschätzung bestehen. Falls wir uns aber mit den Potentialen der modernen Informationstechnologien für Forschung, Lehre und für die Institutionen des Wissens selbst weiterhin so unzureichend in der Bundesrepublik befassen wir bislang, kann aus einem dann wohl fälligen "crash-program" leicht ein "crash-landing" werden. e

Dr. Manfred E.A. Schmutzer (Institut für Technik und Gesellschaft der Technischen Universität Wien) ist einer der wenigen im deutsch-sprachigen Raum, die sich mit den möglichen Folgen des forcierten Einsatzes der modernen Informationstechnologie für die Hochschulen und für die Produktion und Reproduktion des Wissens generell in Ansehung der bereits realisierten Ansätze zu einer Satellite University in den USA beschäftigt haben. Sein hier veröffentlichter Beitrag birgt das Szenario für eine der möglichen Zukünfte der Hochschule in einer brave new world: das vollständig zur Ware gewordene Wissen, hergestellt von kapitalkräftigen, zu Bildungs- und Forschungsunternehmen mu-

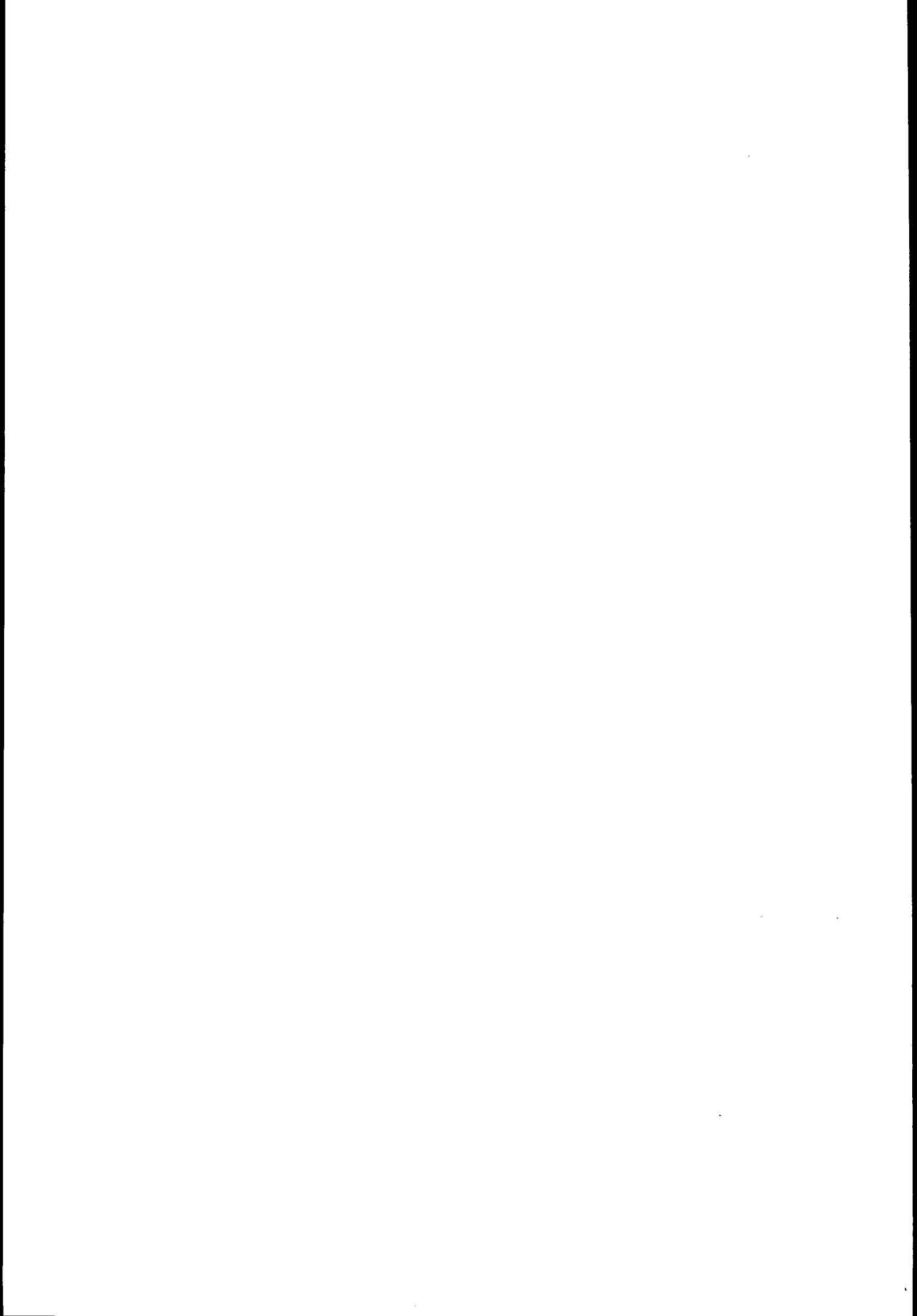
tierten Universitäten, welches weltweit über Satelliten vermarktet wird. Als Pendant dazu hätten wir uns die mehr oder weniger lebenslange Ausbildung als Teil der bezahlten Beschäftigung für die meisten der arbeitenden Erwachsenen vorzustellen. Ist das eine realistische Perspektive? Zumindest gelang es Schmutzer als Referent in unserem Colloquium, die Teilnehmer zu fesseln und in eine außerordentlich lebhaft Diskussions zu verwickeln.

Als Organisator des Colloquiums im Wintersemester 1988/89 freue ich mich, hier die überarbeitete Fassung von Schmutzers Vortrag vorstellen zu können. Ich hoffe, daß sein Beitrag mithilft, die hierzulande noch unterentwickelte Diskussion in diesem Bereich zu beleben.

Michael Buttgerit

Inhalt

1. Die Karriere des Computers - Vom Zahlenschipper zum Universitätsprofessor	9
Zahlenfresser	9
Datenbank	9
Netzwerke	9
Publikationen	10
Bibliotheken	10
Wissensbasierte Systeme	11
Wissenschaftliche Experimente	11
Die Metamorphose der Wissenschaft	12
Kunstwelten	13
Die neue Allianz von Forschung und Lehre	14
Computer in der Lehre	14
Vier Verwendungstypen	15
Resümee	16
2. Eine wissenschaftliche Revolution?	17
Die Bedeutung der Praxis	17
Die neue Praxis	18
Eine neue Gestalt	18
Forschung und Wirtschaft	19
Der Ursprung der Paradigmen	20
Gesellschaftsbezüge	20
Industrielle Produktion	22
3. Die industrielle Produktion der Bildung	23
Schritte der Industrialisierung	23
Die neue Industrie	24
Folgen der Bildungstechnologien	24
Kapitalisierung und intellektuelles Eigentum	25
Auflösung etablierter Ordnung	26
Zusammenfassung	27
Literatur	28



1. Die Karriere des Computers - Vom Zahlenschipper zum Universitätsprofessor

Computer sind selbst an europäischen Universitäten bereits weit verbreitet, und die Tendenz zu ihrer Allgegenwart ist auch hier abzusehen, ähnlich wie das an amerikanischen Universitäten der Fall ist. Diese Allgegenwart der Computer hat für Forschung und Lehre nicht zu unterschätzende Auswirkungen. Im folgenden wird der Versuch einer evaluierenden Analyse dieser Entwicklungen unternommen. Es ist daher angebracht, zunächst einmal die Entwicklungen selbst in vollem Umfang darzustellen. Detaillierte Darstellungen und ausführliche Belege dazu finden sich in früheren Arbeiten (Schmutzer 1986, 1987).

Zahlenfresser: Computer fanden ihren Eingang in die Universitäten zunächst als "Zahlenschlucker" oder mit anderen Worten, als Rechner, die vor allem in der Datenverarbeitung und in der Statistik Einsatz fanden. Lineare Programmierung war etwa 1951 imstande, bis zu 10 lineare Gleichungen zu bewältigen, 1965 waren es bereits 200 Gleichungen und Ungleichungen; heute gibt es Programme, die bis zu 12.000 Gleichungen, und lineare Modelle, die bis zu 10.000 Variablen bewältigen können. Allein daran kann man sehen, daß sich Wesentliches verändert hat, nicht nur in quantitativer Hinsicht. Diese quantitativen Veränderungen haben gleichzeitig auch qualitative nach sich gezogen.

War man früher genötigt, theoretische Konzepte so einfach wie möglich zu gestalten, vor allem wenn man sie in mathematischen Ansätzen formalisieren wollte, so ist diese Simplizität heute nicht mehr gefordert; Theorien können komplexeste Zusammenhänge beschreiben, ohne deshalb ihre numerische Präzision einbüßen zu müssen. Es deutet sich hier bereits an, daß diese Entwicklung inhaltliche und theoretische Folgewirkungen hat.

Datenbanken: Eine naheliegende Konsequenz der Verwendung von Computern für wissenschaftliche Zwecke der geschilderten Art lag darin, Daten nicht mehr in Statistiken und zahllosen Tabellen abzulegen, sondern sie in Form von Datenbanken bereits computergerecht zu speichern und verarbeitungsfähig zu machen.

Netzwerke: Die Einführung von Datenbanken und die routinemäßige Auswertung von Statistiken hat dabei nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern im selben Ausmaß in den Sozialwissenschaften, in der Psychologie und in interdisziplinären Forschungsbereichen ihre Anwendung gefunden. Wesentlich hat zu dieser Entwicklung beigetragen, daß Computer durch timesharing und lokal unabhängig gewordene Terminals von verschiedenen Orten gleichzeitig zugänglich wurden.

Diese auf der Basis von Telefonleitungen betriebene Kommunikation mit Rechenzentren erwies sich bald als unzureichend, da die Kapazität von Telefon-

leitungen dem Anfall binärer Datenmassen nicht gerecht wird. Aus diesem Grund wurde bereits 1969 ein eigenes Netzwerk, das sogenannte ARPANET, mit einer Kapazität von 56 Kilobaud vom Pentagon eingeführt. Dieses Netz konnte auch von Forschungsinstitutionen und verschiedenen Universitäten benutzt werden. Es ermöglichte, Files und riesige Datenmengen zu übertragen, Rechnerverbünde herzustellen und wurde schließlich auch als Kommunikationsmedium zwischen einzelnen Forschungseinrichtungen benutzt. Diese letzte, keineswegs geplante Form der Nutzung von Computernetzwerken bedeutete den Beginn der Computerpost, des "Electronic Mailing". Die damals entwickelten Netzkapazitäten sind heute allerdings bereits weit überholt. Es gibt heute Hochleistungsnetze, die im Bereich von 300 Megabaud arbeiten und die aufgrund dessen imstande sind, digitalisierte Texte, Bilder, Videos und Filme von Datenbanken zu diesem und auch zu Endbenutzern zu transportieren.

Publikationen: Textverarbeitung und der Austausch von ganzen Publikationen über Netzwerke wurden zu einer weitverbreiteten Möglichkeit, die auch intensiv genutzt wird. Solchen großen Netzwerken wurden im Laufe der Zeit kleinere, sogenannte Local Area Networks - LANs - angeschlossen, bei denen Personal Computer (PCs) miteinander vernetzt sind, die oft Zugang zu eigenen Files und eigenen Datenbanken haben, aber darüber hinaus auch über ein Hochleistungsnetzwerk zu Rechenzentren verbunden sind. Sie ermöglichen so den Zugang zu komplexen Programmen, solchen, die sie selbst nicht mehr zu bewältigen imstande sind, und bieten somit die Vorteile des eigenen kleinen Rechners ohne Wartezeiten, ohne aber den Zugang zu großen Kapazitäten aufzugeben.

Bibliotheken: Wesentliche Folgewirkungen der dargestellten Entwicklungen sind im Bereich der Bibliotheken zu finden. Bibliotheken wurden zu Transferstellen elektronisch gespeicherter Informationen. Kataloge wurden der elektronischen Datenverarbeitung gemäß umorganisiert, die Verwaltungsprozedur entsprechend verändert. Folgen sind einerseits eine Automatisierung des Umgangs mit Literatur und eine Ökonomisierung der Bibliotheken vor allem in räumlicher Hinsicht, andererseits auch eine Ökonomisierung durch Spezialisierung der Bibliotheken auf bestimmte Sachbereiche. Der verhältnismäßig leichte Zugang über elektronische Medien zu lokal distanzierten Bibliothekseinrichtungen sowie die Möglichkeit, Texte elektronisch zu übermitteln, erlauben es, manche Publikationen erst gar nicht mehr im Druck erscheinen zu lassen, sondern sie nur mehr in Datenbanken zu speichern und von dort abzurufen. Es mag sein, daß diese Entwicklung das Ende wissenschaftlicher Journale einläutet. Exemplarisch für diese Entwicklung ist etwa das ADONIS-Projekt. Blackwell, Pergamon, Springer, Elsevier und andere große Verlage sind hier involviert. Wöchentlich wird mindestens eine CD-ROM-Platte mit 200 Journalen produziert. Bekannte Bibliotheken, wie die British Library, arbeiten bereits damit. Bibliotheken nehmen demnach eine veränderte Rolle im Wissenschaftsbereich ein. Sie sind heute mehr als nur Aufbewahrungsplätze gedruckter Mate-

rialien, sie sind Zentren eines ständig wachsenden Wissenspotentials (Beyersdorff u.a. 1985, Hildreth 1987).

Wissensbasierte Systeme: Dabei darf nicht übersehen werden, daß Wissen selbst neue Qualitäten gewonnen hat. Über "wissensbasierte Systeme" (knowledge-based-systems), wie Expertensysteme, ist es heute möglich, nicht nur allgemeine Hilfestellung z.B. durch Nachschlagewerke, sondern für präzise Probleme präzise Lösungen zu erhalten. Wer heute beispielsweise Probleme mit irgendwelchen Infinitesimalrechnungsarten hat, braucht nicht wie früher in einem Katalog zu suchen, um den Typ seines Problems zu bestimmen und das Lösungsschema zu finden, sondern kann sich durch Aufrufen eines entsprechenden Expertensystems (etwa MACSYMA) die Lösung unmittelbar ausdrucken lassen. Analoges gilt beim Einsatz ähnlicher Verfahren im Bereich ingenieurmäßigen Designs - seien es architektonische Probleme oder die Entwicklung integrierter Schaltkreise - oder bei Fragen medizinischer Diagnose. Dabei ist anzumerken, daß es *nicht nur um das Design* etwa von Chips oder integrierten Schaltkreisen geht, sondern diese mit Hilfe entsprechender Modelle *auf ihre Brauchbarkeit getestet* werden können.

Wissenschaftliche Experimente: Damit nähern wir uns aber einem wichtigen Bereich wissenschaftlicher Tätigkeiten, nämlich dem der Experimente und der Versuche. Manche physikalische Experimente, z.B. in der Hochenergiephysik oder in der Geophysik, hatten stets einen so gewaltigen Datenanfall, daß es nicht nur naheliegend war, die Auswertung dieser Datenmassen über EDV zu betreiben, sondern daß ohne den Einsatz dieser Geräte die Experimente selbst nicht sinnvollerweise durchzuführen gewesen wären. Heute ist eine Reihe großangelegter naturwissenschaftlicher Experimente ohne EDV-Einsatz nicht mehr möglich.

Der Aspekt der Datenverarbeitung und des Datensammelns legt es allerdings nahe, die *Kontrolle der Meßgeräte* und die zeitliche und räumliche Koordination der komplexen Abläufe solcher Experimente selbst mit Hilfe eines entsprechenden Computerprogramms durchzuführen. Der Computer übernimmt also hier die Aufgabe eines *Organisators*. Viele Experimente etwa in der Biochemie wären ohne eine derartige organisatorische Hilfestellung ebenfalls nicht mehr zu leisten. Aus dieser Situation ergibt sich als naheliegender nächster Schritt, die gesamte *Versuchsplanung und Projektierung* eines Experiments zu computerisieren. Und da Experimente heute oft auch einen finanziellen Aufwand haben, der das Fehlschlagen eines solchen Experiments zu einem Verlust und Risiko macht, ist man in Großforschungsanlagen, wie etwa CERN in Genf, dazu übergegangen, von den Experimentatoren im vorhinein *computermäßig den Nachweis* erbringen zu lassen, daß ihre Experimente auch tatsächlich *durchführbar und erfolgversprechend* sind. Kann das Experiment in dieser Weise nicht erfolgreich simuliert werden, so wird es nicht zur Durchführung des Experiments kommen (Computer in the New Lab. 1981).

Das legt nahe, die Frage nach der Notwendigkeit von Experimenten zu stellen. Es gibt Forschungsbereiche, wo die Durchführung von Experimenten aus vielen Gründen entweder überhaupt unmöglich ist, wie etwa in der Tektonik oder in der Astronomie, oder aber mit derart großen Gefahren bzw. Zeitaufwendung verbunden ist, daß man Abstand nimmt, sie tatsächlich in experimenteller Form ablaufen zu lassen. Hier sind Simulationen angebracht. Allerdings ist festzuhalten, daß es auch in anderen Bereichen zunehmend üblich wird, Simulationen anstelle von Experimenten durchzuführen.

Der berühmte Mathematiker und Computerwissenschaftler John von Neumann (1963) hat früh darauf hingewiesen, daß Experimente in vielen Bereichen, etwa der Strömungslehre, nichts anderes sind als Methoden, um Meßergebnisse zu erhalten, die man aufgrund der Komplexität der mathematischen Gleichungen sonst nicht erhalten konnte. John von Neumann steht nicht an, einen guten Teil wissenschaftlicher Experimente als eine Art von Analogrechner zu betrachten, deren Einsatz in dem Augenblick überflüssig wird, wo leistungsfähige Digitalrechner, zum Teil mit geringerem Aufwand, dieselben Resultate erzeugen. Wenn also Experimente als Analogrechenverfahren verstanden werden, dann können sie durch Digitalrechner ersetzt werden. Gleichzeitig wird dadurch das gesamte Experimentalwesen in hohem Maß eingeschränkt. Diese Einstellung deutet sich seit längerem auch in anderen Disziplinen an, etwa in der Chemie (Vahl 1970).

Man ist versucht, die Hypothese zu formulieren, daß, langfristig betrachtet, Experimente aussterben, weil sie entweder die tatsächlichen, komplexen Sachverhalte nicht adäquat beschreiben oder weil sie durch exakte Rechenverfahren ersetzt werden können. Solche Rechenverfahren sind auch vermutlich ökonomischer. Im Laufe der Zeit mag es dann einfach nicht mehr 'chic' sein, Experimente durchzuführen, oder, um es anders zu formulieren, müssen Experimente nicht mehr Teil eines wissenschaftlichen Paradigmas sein. Hier deutet sich potentiell eine Entwicklung in den Wissenschaften an, der ein neues Wissenschaftsverständnis zugrunde liegt.

Die Metamorphose der Wissenschaft: Wenn wir etwa in der Mathematik feststellen müssen, daß durch Computereinsatz bislang ungelöste Probleme Lösungen zugeführt werden konnten, etwa beim "Vier-Farben-Problem", dann signalisiert das auch eine Änderung in der Auffassung von dem, was ein mathematischer Beweis ist. Da es aber darüber hinaus inzwischen zur Entwicklung neuer mathematischer Teildisziplinen, etwa den fraktalen Geometrien, gekommen ist, die ohne massiven Einsatz von Computern nicht existenzfähig wären, kann man annehmen, daß ähnliche Entwicklungen in anderen Bereichen ebenfalls Platz greifen werden.

Eine mögliche Perspektive in diesem Wandel formuliert der Physik-Nobelpreisträger K. Wilson, wenn er davon spricht, daß in Hinkunft qualitative, theo-

retische Modelle, die die Form von Programmen haben, durch quantitative Beispiele, die am Computer mit Hilfe dieser Modelle gerechnet werden, ihre Bestätigung finden werden (Wilson 1983).

Es geht also hier um eine neue Form der Beherrschung von Komplexität, wobei allerdings nicht übersehen werden darf, daß diese Form der Komplexitätsbeherrschung eine organisatorische Beherrschung ist, keineswegs aber deshalb schon bedeutet, daß die Komplexität auch kognitiv beherrscht wird. Die in komplexen Programmen und mannigfaltigen Computerverbänden gewältigte Komplexität ist nämlich nach wie vor schwer durchschaubar, noch weniger kritisierbar und auch kognitiv nicht beherrschbar. Wir nähern uns folglich einer Situation in den Wissenschaften, wo ein wesentliches Instrument wissenschaftlichen Fortschritts, nämlich das der kritischen Auseinandersetzung mit Hypothesen und Theorien, zunehmend schwieriger, wenn nicht unmöglich zu verwenden wird. Man kann sagen, daß die Überprüfbarkeit der Ergebnisse aufgrund der Komplexität der Programme, der Rechner und der Rechnerverbände verloren geht. Damit wird aber ein grundlegendes wissenschaftliches Prinzip in Frage gestellt.

Kunstwelten: Die Auseinandersetzung mit Komplexität findet aber auch eine andere Form. Datenmengen produzieren ja ihrerseits sehr oft Datenmengen am anderen Ende, die selbst wiederum nicht mehr leicht zu verarbeiten sind. Um mit derartigen Problemen zu Rande zu kommen, wurden neue Methoden entwickelt, wobei Computergraphik und später die Entwicklung von Computerfilmen einen wesentlichen Beitrag leisten.

Computergraphik ist noch relativ einfach zu verstehen, da es sich um bekannte statische, graphische Reproduktionen handelt. Bei der Einführung von Filmen entsteht neue Qualität. Obwohl bereits 1960 erste computergesteuerte Filme entstanden, hat es noch Jahre gedauert, bis sie eine weitverbreitete Forschungspraxis wurden. Das ist unter anderem darauf zurückzuführen, daß die Generierung computerproduzierter Filme selbst gewaltige Speicherkapazitäten benötigt.

Heute sind computergenerierte Filme in der Chemie, der Astronomie, Biologie und den Ingenieurwissenschaften bereits häufig eingesetzt. Wesentlichster Aspekt dieser Technik ist aber der, daß sie zu einem *Forschungswerkzeug sui generis* entwickelt wurde. Forscher, die mit dieser Technik arbeiten, behaupten, daß es oft erst über den Einsatz solcher Computerprogramme möglich ist, bestimmte Phänomene zu erkennen, die sonst, wenn nur mit den statistischen Methoden präsentiert, keineswegs festzustellen wären. Das trifft besonders für zeitliche Prozesse zu, wie sie z.B. in der Kristallographie oder der Biochemie erforscht werden. Somit werden aber Forschungserkenntnisse selbst Produkte eines komplexen Softwareapparates (siehe Computer Films 1978). Es handelt sich also um einen tiefgreifenden Wandel wissenschaftlicher Praxis, die nun

nicht nur im unmittelbaren Forschungsbereich Anwendung findet, sondern auch in deren Vorfeld.

Sogenannte "Demos", vorwegnehmende filmische Demonstrationen von Forschungsvorhaben, werden heute unter anderem dazu eingesetzt, Projektanträge so zu präsentieren, daß sie auch Nicht-Fachleuten verständlich werden. Die Überzeugungskraft der filmischen Präsentation ist so viel größer, daß Filme nicht nur als Erkenntnis-, sondern auch als Überzeugungswerkzeug verwendet werden können. Daraus entwickelt sich folgerichtig ein unmittelbarer Zugang der Forschung zur Lehre und Ausbildung, und folglich entstehen weitere Probleme der Glaubwürdigkeit und Überprüfbarkeit. Dieser Umstand läßt sich am Wandel eines bekannten "Slogans" ablesen: Heute spricht man in den USA kaum mehr von "Publish or Perish", sondern vielmehr von "Demo or Die".

Die neue Allianz von Forschung und Lehre: Somit sind wir letztlich zum zweiten Bereich universitärer Beschäftigung gelangt, denn auch in der Lehre finden Computer vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Anfänglich - und das ist naheliegend - wurden Computer benützt, um komplexe Systeme in Demonstrationen zu simulieren. Das Verhalten von Billardkugeln oder Atomen, volkswirtschaftliche Zusammenhänge und ähnliches kann mittels Computergraphik Studenten oft leichter und schneller nahegebracht werden als mit unbeweglichen Abbildungen. In der Zwischenzeit hat aber der Bedanke der Simulation neue Dimensionen gewonnen, die zwar aus der alltäglichen Situation der Universitäten verständlich sind, wissenschaftstheoretisch aber nachdenklich stimmen sollten.

In der naturwissenschaftlichen Ausbildung ist die Durchführung von praktischen Übungen mit vielen Studenten in Labors immer etwas problematisch. Labors sind nicht nur teuer, sie erfordern auch einen hohen verwaltungsmäßigen Einsatz und können darüber hinaus auch nicht zu unterschätzende Gefahren für Studenten und Umwelt bergen. Aus diesem Grund ist man heute bereits dazu übergegangen, Laborexperimente Studenten oft nur mehr in Form von Computersimulationen durchführen zu lassen. Es sei betont, daß computersimulierte Experimente komplex angelegt sein können, daß z.B. stochastische Meßergebnisse produziert werden können und anderes mehr. Nichtsdestotrotz wird dadurch der unmittelbare Umgang z.B. mit chemischen Substanzen und Geräten nur mehr simuliert, und das Studium bekommt dadurch eine andere, distanziertere Alltagsqualität.

Computer in der Lehre: Computer werden in der Lehre auch als eine neue Art von Lehrbuch verwendet. Das bedeutet, daß Multimedien-Verbünde geschaffen werden, also Text und Graphik, Animation und Lexikon verbunden werden. Wenn z.B. in der Neurophysiologie ein Student die Notwendigkeit fühlt, den Verlauf gewisser Nervenstränge im Gehirn oder in anderen Körperteilen zu rekapitulieren, so kann er auf oder über seinen PC ein Unterprogramm aufrufen, sich auf bestimmte Teilen der Bahnen spezialisieren, die Darstellungen

dreidimensional rotieren lassen und schließlich wieder zum ursprünglichen Text zurückkehren.

Diese Methode wird allerdings nicht nur beim individuellen Studium eingesetzt, sondern findet auch im Hörsaal Verwendung. Dabei wird der Computer eine "elektronische Tafel", wodurch die alten Unterscheidungen zwischen Vorlesungen, Übungen, Seminaren sich aufzulösen beginnen, weil sie simultan durchgeführt werden. An der Brown University (Providence, Rhode-Island) wurde ein Hörsaal, das sogenannte Gould-Laboratory, eingerichtet, in dem auf jedem Platz der Studenten ein PC steht und einer am Pult des Vortragenden. Diese PCs sind alle untereinander vernetzt. In einem solchen Hörsaal ist es möglich, diverseste pädagogische Mittel gleichzeitig zum Einsatz zu bringen. Die Studenten haben aber am Ende auch den gesamten Ablauf der Lehrveranstaltung auf Diskette und können diese mit nach Hause nehmen und dort auf ihrem eigenen PC noch einmal durchgehen (siehe van Dam).

Eine andere interessante und völlig neue Qualität ergibt sich beim Musikstudium. In der Komposition ist es heute für Studenten möglich, ihre eigenen Kompositionen einem Computerorchester vorzulegen und dieses selbst zu dirigieren. Eine solche Möglichkeit hat, außer in Ausnahmefällen, bis heute im Musikstudium nie bestanden.

Vier Verwendungstypen: Zusammenfassend kann man feststellen, daß Computer in der Lehre in vierfacher Weise verwendet werden.

- Zunächst wird der Computer als ein weiteres Werkzeug im Unterricht verwendet, ähnlich wie Tafel und Schaubilder. Das ist der unproblematischste Teil des Einsatzes von Computern in diesem Bereich.
- Hinterfragbarer wird ein Ausbildungsmodell, in dem ein "Computer als Tutor" fungiert. Dabei wird versucht, ein Modell der Studenten im Computer abzuspeichern und auf dieser Basis deren Lernprobleme zu entdecken. Der Computer soll dabei "verständnisvoll" den Studenten durch ein Lernprogramm führen, er soll helfen, Schwächen zu entdecken, notwendige Wiederholungen empfehlen u.ä. Naheliegend ist dabei, daß sich der Student allmählich auf den Computer einstellt, seine Kreativität zum Erahnen des Programms verwendet, um entweder dieses zu befriedigen oder zum Absturz zu bringen.
- Ein anderer Zugang ist jener, wie er von S. Papert (1980, 1984) propagiert wird, wobei der Computer als "Tutee" eingesetzt wird. Das bedeutet, daß nun der Computer die Rolle des Lernenden übernimmt und der Student den Instruktor spielt. Aufgrund einfacher Programmiersprachen (LOGO) ist es selbst Kindern möglich, ein solches Programm einzugeben. Auf dieser Basis arbeitend, behauptet Papert, sei es möglich, daß Kinder frühzeitig Verständ-

nis für komplexe mathematische Relationen entwickeln und kreativ damit umgehen lernen.

- Letztlich wird der Computer natürlich auch Verwalter von Prüfungsergebnissen, Tests und anderen schulisch-organisatorischen Aufgaben.

Resümee: Betrachtet man die geschilderte Entwicklung, so kommt man zur Feststellung, daß Forschungs- und Ausbildungspraktiken sich über den Einsatz von Rechnern und Rechnerverbänden annähern und zunehmend ähnlich werden. Labors werden in der Ausbildung ebenso ersetzt wie in der Realität der Forschung. Die Präsentation von Forschungsergebnissen beginnt jener von Lehrtexten ähnlich zu werden, die sich selbst auch nicht mehr den traditionellen Vorstellungen fügen. Es lösen sich einerseits die Unterschiede zwischen Theorie und Experiment auf und zusätzlich die Unterschiede und Grenzziehungen zwischen Forschung und Lehre und einzelnen Disziplinen. Ja selbst die Entwicklung neuer wissenschaftlicher Theorien in Prozessen der Induktion und Deduktion soll mittels Computerprogrammen erfolgen (Bradshaw u.a. 1983).

Wir können also resümierend feststellen, daß der Einsatz dieser Technologie zumindest in dem hier besprochenen Teil gesellschaftlicher Wirklichkeit - tatsächlich aber weit darüber hinaus - die horizontale Struktur der gesellschaftlichen Organisation obsolet werden läßt. Dabei wird unter horizontaler Organisation die Form der Arbeitsteilung, der Spezialisierung und der räumlichen Ordnung verstanden. In Anbetracht dieser Tatsache, daß analoge Phänomene auch im Produktionsbereich festgestellt werden können, ist begründet anzunehmen, daß es sich um ein viel allgemeineres Phänomen handelt, dem viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird.

2. Eine wissenschaftliche Revolution?

Die hier geschilderten Entwicklungen sind nicht unbemerkt vor sich gegangen. So wird z.B. im Bericht des amerikanischen "National Science Board" (Science Indicators 1985) euphorisch an den Präsidenten der Vereinigten Staaten und den Kongreß darüber berichtet und von einer neuen Dimension der Wissenschaft gesprochen. Diese Publikation, wie auch viele andere sprechen ausdrücklich von einem Paradigmenwandel, einer wissenschaftlichen Revolution oder von einer "New Frontier", also einem neuen, uneroberten Territorium, das sich nun die Wissenschaften zu erobern anschicken.

Sieht man von der werbewirksamen Euphorie ab, so bleibt der Anspruch der wissenschaftlichen Revolution und des paradigmatischen Wandels im Sinn von T.S. Kuhn (1962a). Kuhn unterscheidet zwischen einer sogenannten "normalen" und einer "revolutionären" Phase wissenschaftlichen Tuns. Die normale Phase wissenschaftlicher Tätigkeit wird dabei von Paradigmen geleitet, d.h. Modellen, die durch Ausbildung und Praxis sowie durch Literatur einen besonderen Status erlangen und beispielgebend sind für alle nachfolgenden Auseinandersetzungen mit unbekanntem Problemen. Es handelt sich folglich um Illustrationen unterschiedlicher Theorien und deren konzeptionelle, instrumentelle und beobachtungsmäßige Anwendung. Sie werden in der wissenschaftlichen Kommune durch tägliche Praxis weitergegeben, ohne daß es den ausgebildeten, fertigen Wissenschaftlern später bewußt wird, woher diese Modelle diesen hohen Status erhalten. Mit anderen Worten kann man sagen, daß es sich um sogenanntes "schweigendes Wissen" (Tacit Knowledge) im Sinn von M. Polanyi (1966) handelt. Diese Paradigmen können im Laufe einer wissenschaftlichen Revolution verändert werden und werden auch erst im Laufe einer solchen Revolution hinterfragt und bewußt gemacht.

Die Bedeutung der Praxis: Dieses - schweigende - Wissen ist schwer sprachlich in Regeln zu fassen, wodurch die normale wissenschaftliche Tätigkeit eher von Tradition geleitet wird bzw. von einem Selbstverständnis des Handelns, das in der wissenschaftlichen Praxis ruht. Ebenso gilt, daß eben die Überlieferung dieser Paradigmen im Zuge der Ausbildung von Wissenschaftlern ähnlich unbewußt geschieht. Man kann möglicherweise berechtigt sagen, daß es sich in diesem Prozeß um die Übermittlung schweigenden Wissens in Form eines "geheimen Lehrplanes" handelt.

Kuhn meint, daß Wissenschaftler niemals Begriffe, Gesetze und Theorien rein abstrakt lernen, sondern immer im Konnex eines historischen und pädagogischen Zusammenhanges. Genauso werden neue Theorien immer zusammen mit einem konkreten Naturphänomen in Zusammenhang gestellt. In einer solchen Weise werden sie auch in den Textbüchern dem zukünftigen Anwender vermittelt. Der Prozeß des Erlernens einer Theorie hängt folglich immer vom

Studium der Anwendungen inklusive der Methoden ab, Probleme zu lösen sowie mit Instrumenten im Laboratorium umzugehen.

Letztlich verweist Kuhn darauf, daß diese wissenschaftliche, von Paradigmen geleitete Praxis keine expliziten Regeln kennt bzw. daß erst in der Phase eines sich ankündigenden Umsturzes des Paradigmas die Notwendigkeit artikuliert wird, solche Regelsysteme zu erstellen und die alltägliche Praxis reflektiv zu hinterfragen. Es scheint auch hier die Eule der Minerva erst bei Anbruch der Dämmerung zum Fluge ansetzen.

Die neue Praxis: Kommen wir nun auf die oben gemachten Beobachtungen zurück, so müssen wir feststellen, daß die Praxis alltäglicher wissenschaftlicher Tätigkeit durch die massive Verwendung von Computern wesentlich verändert wird. Es ist z. B. heute in der Physik durchaus normal, daß Forscher etwa 40 Prozent ihrer Zeit für Programmierung u. ä. Tätigkeiten verwenden. Zweitens haben wir gesehen, daß auch die Ausbildung an den Universitäten sich dieser neuen wissenschaftlichen Praxis anschließt. Konzepte und Verfahren werden bereits und meistens unreflektiert in dieser Phase computergerecht vermittelt. Letztlich kann man begründet behaupten, daß gerade im Zusammenhang mit der Erstellung von Expertensystemen - die ja, wie wir gesehen haben, in der alltäglichen wissenschaftlichen Praxis zunehmend eine bedeutende Rolle spielen - die alten Regelsysteme studiert, analysiert und modifiziert werden. Also auch in dieser Hinsicht wäre die Kuhn'sche Vorgabe erfüllt. Akzeptieren wir also die Vorstellung einer paradigmatischen Revolution, die durch die massive Einführung von Computern an Universitäten bewirkt wird, so können wir darüber hinaus den Kuhn'schen Ansatz dazu benutzen, um Prognosen über die Folgewirkungen dieses Wandels zu versuchen.

Eine neue Gestalt: In Zeiten, wo die normalen wissenschaftlichen Traditionen sich verändern, muß nach Kuhn die Perzeption des Umgebungsfeldes des Wissenschaftlers umerzogen werden, und er muß in einigen sehr vertrauten Fällen lernen, eine "neue Gestalt" zu erkennen. Geleitet von einem neuen Paradigma, beginnen die Wissenschaftler, neue Phänomene zu sehen, sogar dann, wenn sie bekannte Instrumente verwenden, weil sie diese Instrumente in Zusammenhängen anwenden, die sie vorher niemals wahrgenommen haben. Sie entwickeln aber darüber hinaus auch neue Instrumente und beginnen, systematisch neue Gebiete zu erschließen. In seinem Studium der Kopernikanischen Revolution verweist er nachdrücklich darauf, daß sich Form und Inhalt des Wissens verändern, daß die Wissensinhalte neu organisiert werden und in der Folge auch neue Formen der Verständigung und neue Weltbilder entstehen.

Betrachten wir nun die im Zusammenhang mit der massiven Einführung von Computern in Forschung und Lehre artikulierten Erwartungen und Programme, so können wir analoge Aussagen finden. So schreibt der Nobelpreisträger für Physik von 1983, K.G. Wilson (1983), daß sich Computerwissen-

schaftler mit der "Neuorganisation von Fragestellungen" beschäftigen, die manchmal bereits Tausende von Jahren alt sind. Er fordert daher u. a. die Entwicklung von Lehrbüchern als neue Rahmen für die Organisation von Information. Wilson hält Programme für wünschenswert, die wie Lehrbücher zu lesen sind, was im Grunde nichts anderes bedeutet, als daß Bücher zu entwickeln sind, die wie Programme aussehen. Damit wird indirekt die Forderung nach der Entwicklung einer neuen Sprache erhoben, die nicht mehr nur für Computer, sondern auch für menschliche Kommunikation gedacht ist. Das drücken die Computerwissenschaftler H. Abelson und G. J. Sussman (1986, S. 1) wie folgt aus: "A computer language from this perspective is a novel form of medium for expressing ideas about methodology, not just a way to get a computer to perform operations. *Programs are being written for people to read, and only incidently for machines to execute.*" (Hv., M.S.)

In demselben Papier wird hervorgehoben, daß die Computerwissenschaft gar keine Wissenschaft sei, sondern daß ihre wahre Bedeutung ganz woanders liege. Die Computerrevolution sei eine Revolution in unserer Denkweise und in der Art, wie wir das, was wir denken, zum Ausdruck bringen. Es entwickelte sich eine neue Epistemologie, die Abelson/Sussman als prozedurale Epistemologie bezeichnen, womit sie zum Ausdruck bringen, daß es sich um das Studium von Wissensstrukturen aus einer imperativen Position handelt. Diese Befehlsstruktur steht im Gegensatz zu der einer deklarativen Position klassischer Wissenschaften.

Forschung und Wirtschaft: Diese Aussage kann man dahingehend interpretieren, daß es sich hier um einen Wandel handelt, der eminent praxis- und produktionsbezogen ist. Er reflektiert somit auch eine ganz bestimmte Vorstellung gesellschaftlicher Organisation.

Diese Position läßt sich mit einem weiteren Zitat des schon genannten Nobelpreisträgers Wilson belegen, wenn dieser schreibt: "This kind of change means, that the role of science and scientists in society is going to become quite different from what it has been in the past. Scientific operations should be much more integrated in business-operations. As business seeks to be informed and take advantage of basic research. The lead area where this is going to take place is computing, because it is here where the R&D-times are the shortest." (Wilson 1983, S. 179)

Das steht in hoher Übereinstimmung mit einer Auffassung, wie sie etwa in dem nahezu tausend Seiten umfassenden Studienbericht über "What can be automated?", der berühmten COSERS-Studie vom MIT, dargestellt wird. Dort ist zu lesen, "...software is better defined as logical doctrine for the harmonious cooperation of people and machines. Such doctrine takes the form of programs for hardware, and user's guides/operating instructions for people." (Arden 1980, S. 806)

Die konstatierte paradigmatische Revolution verspricht also einen grundlegenden Wandel nicht nur wissenschaftlichen Tuns, sondern auch wissenschaftlicher Sprache, der Fragestellungen und der gesamten Organisation unseres Wissens und letztlich auch der gesellschaftlichen Struktur. Solche grundlegenden Veränderungen und weitreichenden Folgewirkungen konstatiert T.S. Kuhn in seiner Analyse der Kopernikanischen Revolution ebenfalls. Man darf sich daher über die weitreichenden Folgen dieser Entwicklung nicht besonders wundern.

Der Ursprung der Paradigmen: So weit ist also die Kuhn'sche Analyse hilfreich und zeigt uns Perspektiven auf, die wir durch Darstellen der Faktizitäten alleine sicherlich nicht in derselben Form gewonnen hätten. Problematisch wird die Angelegenheit allerdings dann, wenn die Frage nach der Herkunft des Impetus für solche revolutionäre Entwicklungen gestellt wird. Kuhn lokalisiert ihn im Auftreten von Widersprüchen innerhalb eines wissenschaftlichen Bereiches und als Folge des Entdeckens von Anomalien. Er spricht jedoch im allgemeinen immer von spezifischen Fachgebieten wissenschaftlichen Handelns, etwa der Astronomie im Fall der Kopernikanischen Revolution, der Chemie im Fall der Entdeckung des Sauerstoffs, der Physik im Zusammenhang mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen u. ä.

Der von uns konstatierte Wandel bezieht sich aber mehr oder weniger simultan auf nahezu alle Wissensbereiche, von den Künsten, wie etwa der Musik, bis hin zur Physik, von den Sozialwissenschaften bis zur Mathematik, von der Literatur bis zur Biologie. Es wäre somit erstaunlich, wenn überall in diesen Gebieten und noch vielen anderen, die ich nicht genannt habe, ähnliche Widersprüchlichkeiten zur selben Zeit vorliegen würden, die darüber hinaus auch noch mit Hilfe desselben Instrumentariums gelöst werden könnten. Es stellt sich daher berechtigt die Frage, ob Kuhns Vorstellung begründet ist oder ob sich nicht wesentlich andere Erklärungsmuster entwickeln lassen.

Gesellschaftsbezüge: In der schon genannten ausführlichen Studie über die kopernikanische Revolution stellt sich Kuhn auch einfürend die Frage, woher die Paradigmen selbst wohl kommen. Im Versuch, diese Frage zu beantworten, verweist er auf weitläufige, aber grundlegende Einstellungen innerhalb einer Gesellschaft, mit anderen Worten auf Kosmologien, die das Denken der Menschen dieser Zeit und dieser Gesellschaft formen. Dieses Denken wird sprachlich tradiert und mythologisch fundiert. Im Falle der Kopernikanischen Revolution verweist er eben auf die Bedeutung des Neoplatonismus dieser Zeit oder auf die Bedeutung der Neupythagoräer. Genau betrachtet, handelt es sich aber wieder um damalige "wissenschaftsinterne" Positionen. Es waren Gelehrte der damaligen Zeit, die den Neoplatonismus aufbrachten und zur Diskussion stellten. Kuhn bleibt also wiederum im Rahmen eines wissenschaftsinternen Diskurses. Er geht mit keinem Wort auf die auch Kopernikus beschäftigende und motivierende Kalenderreform ein. Dieses offensichtlich außerhalb der In-

teressen der Wissenschaft liegende praktische Problem scheint ihm nicht von größerer Bedeutung zu sein. Aber gerade dieses Problem hat über Jahrhunderte die Astronomen motiviert und veranlaßt, Methoden zu entwickeln, den Lauf der Gestirne besser zu verstehen und so präzisere Kalenderwerke zu erstellen. Der Grund für das tiefe Interesse an einer Kalenderreform nährt sich aus zwei Quellen:

(1) Der Wunsch, in Übereinstimmung mit der göttlichen Ordnung zu sein, läßt die eine Seite des Bedürfnisses nach einem richtigen Kalender und dem damit verbundenen harmonischen Dasein erklären. Der Umstand, daß orientalische und europäische Christen gelegentlich Ostern zu verschiedenen Zeiten feierten, wurde als ein Abweichen von der göttlichen Ordnung und als ein Leben in Sünde erlebt (Kaltenbrunner 1876, 1877);

(2) hat sich allerdings als Folge der zunehmenden Akzeptanz von Zinsen innerhalb des christlichen Lehrgebäudes ein sehr reelles, pragmatisches Bedürfnis nach einem präzisen Kalender entwickelt. Der deutsche Gelehrte Regio Montanus hat etwa daraus ein recht lukratives Geschäft gemacht, daß er den maßgeblichen Handelshäusern, wie z. B. den Fuggern, Kalenderwerke anbot, die um vieles präziser waren als die üblichen klerikalen Kalender (ibid).

Kopernikus (1517, 1519, 1526) selbst war an der Kalenderreform interessiert, aber darüber hinaus auch an ökonomischen Sachverhalten, wie frühe Schriften und das von ihm entdeckte und später nach Gresham benannte Gesetz über die Ursachen der eskalierenden Inflation der damaligen Zeit beweisen. Bereits in diesem Zusammenhang forderte er einen sonnengleichen König, der im Zentrum steht und das wirtschaftliche Chaos regelt. Kopernikus war also offensichtlich nicht nur von den Widersprüchen innerhalb der Wissenschaft, sondern darüber hinaus auch in einem hohen Maß von den Widersprüchen innerhalb seiner Gesellschaft geprägt.

Paradigmatische Revolutionen erscheinen daher im Gegensatz zu jenen wissenschaftlichen Entdeckungen, die im Verlauf "normaler Wissenschaften" anfallen und die - wie Kuhn (1962b) in einem anderen Zusammenhang dargestellt hat - sich dadurch von den vorhergehenden unterscheiden, daß sie aufgrund einer Theorie bereits erwartete und vorhergesagte Entdeckungen darstellen, nicht so sehr als Resultat wissenschaftsinterner Widersprüche, sondern eher als das Resultat von Widersprüchen, die sich aus den Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft ergeben. Dieses Verhältnis wird ausführlich und stimulierend, ich meine erstmalig, von A. Sohn-Rethel (1970, bes. S. 105, S. 229) behandelt (Kuhn und Sohn-Rethel könnten einander wesentlich ergänzen; aber dieses Thema würde hier zu weit führen).

Industrielle Produktion: Wilson hat in dem oben angeführten Zitat bereits auf einen solchen Zusammenhang zwischen wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklung hingewiesen. Die zunehmende Bedeutung der Forschung für die industrielle Produktion, aber selbstverständlich auch für militärische Zwecke, hat einen grundlegenden Wandel wissenschaftlicher Tätigkeit im Rahmen der Forschung bewirkt (Culliton 1982). Man spricht in diesem Zusammenhang von der "Industrialisierung der Forschung". Diese Industrialisierung der Forschung, die nur in einem gesamtgesellschaftlichen Kontext zu begreifen ist, hat aber ihrerseits innerhalb der Institution Wissenschaft eine Kluft aufreißen lassen. Wurde Forschung zunehmend mehr ökonomischen, technischen und organisatorischen Zwängen unterworfen, so blieb die bis dahin mit der Forschung einträchtig verknüpfte Lehre in einer präindustriellen Form zurück. Dieser Umstand erklärt sich vermutlich u. a. daraus, daß keine entsprechenden technischen Mittel zur Verfügung standen, die eine parallele Industrialisierung der Lehre gestattet hätten. Die vorausseilende Industrialisierung der Forschung einerseits und die bestimmter Disziplinen andererseits erzeugten Widersprüche und Spannungen innerhalb des Wissenschaftssystems. Diese können nun aufgrund des Vorhandenseins einer neuen Technologie, die erlaubt, diese Widersprüche zu überblicken, ausgemerzt werden. Sie erlauben, das System in eine neue konsistente, normale Organisationsform von Wissen und Praxis, von Forschung und Lehre, von Sprache und Handlung bzw. Theorie und Experiment überzuleiten.

Wir gehen daher im folgenden davon aus, daß die treibende Kraft hinter den hier konstatierten Entwicklungen der Nachvollzug der in der Gesellschaft bestimmenden Produktionsweise im universitären Bereich ist. Dadurch werden Wissenschaft und Forschung - und die Universitäten als jene Institution, wo diese beiden Bereiche dominant praktiziert werden - mit dem Rest der Gesellschaft kompatibel, und diese Kompatibilität drückt sich auch in einer Kompatibilität der Formen und Inhalte von Forschung und Lehre sowie einer zwischen Forschung und Lehre, relativ zur alltäglichen Praxis, aus.

Unsere weitere Analyse konzentriert sich daher auf die Folgewirkungen der Industrialisierung der Lehre und Ausbildung, wobei aufgrund der Tatsache, daß das Phänomen der Industrialisierung der Forschung bereits weit mehr Beachtung gefunden hat, die Diskussion dieses Bereiches hier ausgespart bleiben soll (vgl. Stehr/König 1975; Hack/Hack 1985; Ravetz 1971 u. a.).

3. Die industrielle Produktion der Bildung

Mit "Industrialisierung" seien folgende wesentliche sechs Veränderungen in der Produktion gemeint, die in der gegebenen Reihenfolge auch grob als Abfolgen der historischen Entwicklung verstanden werden können. Manche Punkte werden allerdings gelegentlich auch anders gesehen, für unsere Analyse erscheint die gewählte Punktierung aber hilfreich.

Schritte der Industrialisierung: Der Beginn der Industrialisierung ist schon am ausgehenden Mittelalter zu setzen, und zwar, wie das W. Sombart (1913) darstellt, mit der Produktion von Luxusgütern für einen *anonymen Konsumentenmarkt*, d. h. mit der Etablierung von Kommerz statt Barter. Die Anonymisierung des Marktes war der erste wesentliche Schritt.

Der zweite wesentliche Schritt war der Beginn einer *Massenproduktion* im Verlagssystem. Diese Massenproduktion ist nicht mit der des 19. Jahrhunderts identisch, wie die Einführung der Serienproduktion von Gewehren in Amerika sie schuf. Unter Massenproduktion sei die Herstellung großer Mengen, etwa hochwertiger Wollstoffe, gemeint, die auch im Verlagssystem und in Manufakturen erzeugt wurden. Massenproduktion hatte u. a. die Trennung von Arbeit und Privatbereich zur Folge, d. h. die Auslagerung in eigene Produktionsbetriebe (Stromer 1980).

Wesentlicher nächster Schritt war die Einführung einer *kapitalintensiven Technik*. Dabei wurde zunehmend mehr Können in die Maschine verlegt, es entstand die sogenannte "*Einzweckmaschinerie*", die die alten Mehrzweckgeräte zum Verschwinden brachte (Hobsbawm 1975). Damit waren Kostenprobleme verbunden, die den Beginn des Endes der Kleinproduktion bedeuteten. Ein wesentlicher Faktor in dieser Entwicklung war, daß *nichtspezialisierte Arbeiter* - K. Marx (1847) spricht von der Bedeutung der Landstreicher in diesem Zusammenhang - eingestellt werden konnten, weil eben Kenntnisse der ausgebildeten Arbeiter in der Maschinerie materialisiert waren. Nichtspezialisierte Arbeiter mußten allerdings andere Persönlichkeitsmerkmale aufweisen als spezialisierte, nämlich Disziplin in einem Ausmaß, wie sie von hochausgebildeten Facharbeitern zuvor nicht gefordert wurde (Pollard 1967; Treiber/Steinert 1980 u. a.).

Ein weiterer Aspekt, der in der Folge wichtig wurde, war die neue Bedeutung von *Kapital*. Dadurch kam es zur Veränderung in der *Leitung der Betriebe* selbst, so daß eine kaufmännische Leitung und eine technisch-betriebsorganisatorische, ingenieurhafte Leitung entstanden (Stromer 1980). Letztlich darf man nicht übersehen, daß Industrialisierung überhaupt nur möglich war und ist, wenn sich das *räumliche Verteilungssystem* selbst grundlegend verändert. Im vorigen Jahrhundert bedeutete das den Wechsel von Kanälen auf die Eisenbahn, später auf LKWs u. ä., in unserer Phase jenen auf die elektronischen Medien (Chandler 1981).

Die neue Industrie: Gehen wir von der Hypothese aus, daß in der aktuellen Phase der Industrialisierung, jener der Ausbildung, ähnliche Entwicklungen durchschritten werden, so ist der geschichtliche Aufriß ein Modell, das als Analyseinstrument verwendet wird, um mit seiner Hilfe evaluieren zu können, was die möglichen Folgen der neuen Industrialisierung sein können.

Bildung kann als ein irreversibler Prozeß verstanden werden, sie war folglich bis jetzt immer ein Kapitalgut. In Zukunft, wenn diese tatsächlich industriell produziert werden sollte, wird sie wahrscheinlich ein Konsumgut werden. Bildung prägt Persönlichkeiten und zwischenmenschliche Beziehungen; sie werden in Zukunft industriell geprägt.

Wenn wir annehmen, daß bei der Industrialisierung der Bildung Analoges wie bei jener der materiellen Produktion passiert, dann muß man vorausschicken: Universitäten, unser Beispiel für Bildungsorganisationen, haben die ersten zwei Schritte, wie zuvor skizziert, bereits gesetzt, sie sind sozusagen heute bereits Ausbildungsmanufakturen. Der anonyme Konsument (Student) und Produzent (Lehrer) existieren mit Sicherheit an Universitäten, wo - wie in Wien - 60.000 Studenten inskribiert sind. Es ist aufgrund dessen sozusagen zu einer "manufakturrellen" Massenproduktion gekommen.

Folgen der Bildungstechnologien: Aber jetzt kommt der wichtige Schritt, wodurch sich die Situation grundlegend verändert: Technologie - und zwar kapitalintensive Technologie - wird eingeführt. Nun betreten wir die Kernphase der Industrialisierung. Was kann das wohl bedeuten?

Wird Anonymität noch weiter gesteigert, muß man sich darüber im klaren sein, daß alte, bis jetzt eben nicht hinterfragte Methoden der Lehre, d. h. der Didaktik, wahrscheinlich nicht mehr erfolgreich sind. Erfolgreiche Lehre war immer noch auch von persönlichkeitsbezogenen und affektiven Aspekten geprägt. Diese haben dazu beigetragen, bei Studenten Motivation zu erzeugen. Telekommunikation eliminiert solche Bezüge, weil sie technisch manipulierbar werden. Man muß zu Mitteln greifen, wie sie in Unterhaltung und Werbung Verwendung finden. Wegweisende Beispiele konnte man in Frankfurt bei der ersten Sprachmesse im Dezember 1988 reichlich finden, aus denen einiges von dem, was auf uns zukommt, abzulesen ist. Beispielhaft sind etwa die Produkte der "Gesellschaft für ganzheitliches Lernen" mit ihrem sogenannten "Superlearning"-Programm. Mit klassischer Musik im Hintergrund lernen die Studenten angeblich im Schlaf.

Zunehmende Massenproduktion erfordert auch einen entsprechenden Markt, der zu schaffen ist. Daraus ergibt sich konsequenterweise die Schaffung eines internationalen Marktes, wobei die bereits genannte, gleichzeitig sich entwickelnde Verteilungstechnologie Bedeutung hat. In Zukunft werden weder Bücher noch Manuskripte materiell versandt, sondern alles Material zirkuliert über Satelliten, Glasfaser und ähnliches.

Das bedeutet, daß unter anderem "Satellitenuniversitäten" kulturelle Grenzen nicht respektieren werden und auch nicht respektieren können. Es bedeutet für die Lehre einen bis heute nicht dagewesenen internationalen Wettbewerb, als dessen Resultat nur jene Institutionen überleben werden, die über jene Technologien verfügen, d. h. über genug Kapital. Finanziell schwache und kleine Universitäten werden diesen Wettbewerb so wenig überleben, wie der Laden am Eck überlebt hat. Eine zweite Expansionsmöglichkeit für diesen Massenmarkt deutet sich auch lauthals an. Sie liegt in der Vorstellung, den Lernprozeß über alle Lebensalter auszudehnen, und zwar in beide Richtungen: Es gibt heute in den USA Programme für 1 1/2-jährige Kinder (Williams 1983), und natürlich gibt es welche für Senioren. Damit beginnt sich so etwas wie eine Obsoleszenz des Wissens zu entwickeln. Wer sein Leben lang neues Wissen aufnehmen muß, beginnt es zu relativieren, und Identifikation mit oder durch Wissen und die Entfaltung der Persönlichkeit durch das, was man weiß und erlernt hat, d.h. was man kann, beginnt in hohem Maß in Frage gestellt zu werden. Dazu kommt, daß der Markt mit hoher Wahrscheinlichkeit jene Möglichkeiten nützen wird, die auch in der materiellen Produktion genützt werden, nämlich künstlich Güter obsolet zu machen, d.h. Wissen als Modeartikel in dem Augenblick aus dem Gebrauch zu ziehen, wo das Gut - weil unmodern - als Statussymbol unbrauchbar geworden ist.

Mit anderen Worten, es herrscht nicht nur ein Zwang, große Märkte zu entwickeln und so lebenslanges Lernen zu forcieren, sondern dieser Umsatz wird beschleunigt durch Einführung von Modecharakteristika. Es ergibt sich, daß das, was heute unter dem Begriff Bildung verstanden wird, verschwindet und eine nachhaltige Tendenz besteht, daß Erziehung nicht mehr Erziehung von Menschen, sondern von Maschinen wird.

Nicht unerwähnt bleiben darf, daß Massenproduktion ja selbst eine "Maschine" benötigt, in diesem Fall Software, die teuer ist. Diese Software ist Wissen, und zwar Produktionswissen und als solches allen Beschränkungen von Produktionswissen unterworfen. Im Interesse der Produzenten muß es geheim bleiben - zumindest über gewisse Zeit -, obwohl gerade Software leicht zu kopieren wäre. Das bedeutete aber das Ende des neuen kommerziellen Marktes. So müssen neue Mechanismen entwickelt werden, um das zu verhindern. Die Verwendung kapitalintensiver Technik in der Lehre erfordert von vielen Universitäten, die Produzenten solchen Wissens sind, folglich genau wie bei materieller Produktion, Fusionen. Wollen kleine Universitäten überleben, müssen sie zu Konzernen werden, um hohe Kapitaleinsätze überhaupt aufzubringen und zu amortisieren.

Kapitalisierung und intellektuelles Eigentum: Diese hohe Kapitalintensität hat weiter zur Folge, daß die Produktion dieser "teachware" nicht mehr in derselben Weise geschieht wie heute, wenn z.B. Skripten auf einer Schreibmaschine verfaßt werden, zu denen ein paar Blätter Papier und eine kleine Bibliothek

benötigt werden. Um adäquat produzieren und vermarkten zu können, werden diese Technologien eine *conditio sine qua non*. Das heißt aber, daß der Produzent nicht mehr Kapitaleigner seiner Produktionsmittel ist, sondern an Kapitaleigner herantreten muß, die nun ihrerseits nicht nur an den Einkünften beteiligt sein wollen, sondern auch sicherstellen, daß das, was produziert wird, marktgerecht ist. Über diesen Kapitaleinsatz ergibt sich erwartungsweise ein hohes Engagement der Wirtschaft, d.h. eine *de facto* Kontrolle dessen, was als "teachware" produziert und vertrieben wird. Im Zeitalter der großen Oligopole ist das ein bedenkenswerter Umstand. Intellektuelles Eigentum ist in den USA bereits ein brandheißes Thema.

Ein wichtiger Punkt bei der Entwicklung der Industrie war die neue Möglichkeit, unausgebildete Arbeitskräfte einzusetzen. In unserem Fall ergibt sich daraus ein hübscher Widerspruch, denn es bedeutet ja nicht weniger, als unausgebildete Lehrer zu erwarten. Und genau das tritt ein. Zwei Tendenzen sind zu beobachten, nämlich zunächst Ausbildung über "teachware plus Tutoren". Tutoren sind aber jene unausgebildeten Lehrer, die mit den Programmen umgehen können, von der Sache selbst aber nur wenig verstehen. Die zweite Option, die genauso forciert wird, besteht im Selbststudium. Konsument und Produzent werden identisch - analog der Hobby-Produktion oder Einbaumöbeln, die über Anleitung in Komsumarbeit selbst aus einem "Baukasten" zusammengebastelt werden - er wird "Selbstbediener". Schule oder Universität werden wie die Endfertigung in den Privathaushalten verlegt.

Fünfter Punkt der Entwicklung war die Aufspaltung von technischem und kaufmännischem Management. Auch diese Entwicklung ist bereits an amerikanischen Universitäten zu erkennen. Manche Professoren werden zu Ingenieuren für "teachware", andere versuchen noch, inhaltlich zu arbeiten, sind aber häufig jene, die kaum Karriere machen. Daneben expandiert eine neue Universitätsverwaltung als neues Management. Hier darf nicht übersehen werden, daß dieses Management nicht nur den Verkauf von teachware, sondern jenen von Forschung, die ja, wie wir gesehen haben, auch computerintensiv produziert wird, zu organisieren hat und die Verwaltung von Patenten, Lizenzen u.ä. mit allen Finanztransaktionen zu tätigen haben wird. Die Notwendigkeit für ein kommerzielles Management ergibt sich zwangsweise, denn diese Aufgaben wären von einem oder mehreren Professoren nebenberuflich nicht mehr zu leisten. Damit ergibt sich als letzter Punkt zwangsläufig folgendes:

Auflösung etablierter Ordnung: Nicht allein die etablierte, horizontale Gliederung innerhalb der Universität zwischen diversen Disziplinen, zwischen Lehre und Forschung, Labor und Vorlesung usw. verschwindet, sondern auch längerfristig gesehen der Unterschied zwischen Universität und Fabrikbetrieb. Somit wird die Universität "endlich" das, was sie bis heute unter Kritik nicht war - ein weiterer angepaßter Produzent innerhalb eines hochindustrialisierten Systems.

Persönlichkeitsstrukturen der Absolventen, von seiten der Industrie bislang immer kritisiert, werden aufgrund der neuen Produktionsweisen - d.h. einer neuen Praxis im Sinn von T.S. Kuhn - den industriellen Vorgaben angepaßt sein, weil die Ausbildung selbst industriell erfolgt und nicht mehr wie bisher anachronistisch quasi handwerklich. Somit hat sich ein historischer Konflikt aufgehoben.

Abschließend ist zu sagen, daß darüber hinaus zu erwarten ist, daß Ausbildung nicht nur ein neuer Konsumartikel, sondern auch eine neue Form von Arbeit wird. Es ist zu erwarten, daß es in Zukunft Ausbildungsfelder geben wird, für deren Absolvierung man bezahlt wird, Lohn erhält, und andere für den Konsum. Auch hier verschwindet eine etablierte Differenz. Der Unterschied zwischen Arbeit und Konsum, zwischen Bildung und Arbeit, Unterhaltung und Arbeit wird weggewaschen, eine neue, nicht notwendig bessere Welt kündigt sich an.

Zusammenfassung: Kehren wir noch einmal zum Anfang zurück. Die neuen Technologien verändern Forschung und Lehre an Universitäten (aber vermutlich auch weit darüber hinaus) grundlegend. Dadurch wird ein innerer Konflikt, der Konflikt zwischen einer industrialisierten Forschung und einer an präindustriellen Methoden und Wertvorstellungen orientierten Lehre, gelöst. Damit wäre das Kuhn'sche Modell validiert. Doch der Konflikt wird von außen, vom gesellschaftlichen Umfeld, in die Wissenschaften und in die Universitäten hineingetragen. Es handelt sich also um einen von außen initiierten "inneren Widerspruch". Und dieser Widerspruch wird durch eine Technologie behoben, nicht durch eine neue Theorie. Um eine neue "Sache" entsteht eine neue gesellschaftliche Organisation, die alte Widersprüche und Konflikte zum Verschwinden bringt, indem sie unzeitgemäß werden. Diese Situation ließe sich auch als "Sachdominanz in Sozialstrukturen" beschreiben (Linde 1972).

Literatur

- ABELSON, H. und SUSSMAN, G.J. (1986): *Computation: An Introduction to Engineering Design*. MIT, Comp. Lab. (unv. Ms.).
- ARDEN, B.W. (Hg.) (1980): "What Can Be Automated? The Comp. Science & Eng. Research Study." In: MIT-Press, Mass.
- BEYERSDORFF u.a. (1985): *Bibliothekenverbund und lokale Systeme*. Berlin: Dt. Bibliotheksinstitut.
- BRADSHAW, G.F., LANGLEY, P.W. und SIMON, H.A. (1983): "Studying Scientific Discovery by Computer Simulation." In: *Science*, Nr. 222.
- CHANDLER, A.D. (1981): *The Visible Hand - The Managerial Revolution in American Business*. Harvard, Mass.
- "Computer Films: Adding an Extra Dimension to Research." In: *Science*, 1978, Nr. 200.
- "Computer in the New Lab. - 'Where will the Revolution end?'" In: *Nature*, 1981, Nr. 190.
- CULLITON, J.B. (1982): "The Academic-Industrial Complex." In: *Science*, Nr. 216/217, S. 960-962, S. 1295-1296.
- DAM, A. van: *The Electronic Classroom - Workstation for Teaching*. Brown University: Dpt. of Computer Science (unv. Ms.).
- HACK L. und HACK I. (1985): *Die Wirklichkeit, die Wissenschaft - zum wechselseitigen Begründungsverhältnis von "Verwissenschaftlichung der Industrie" und "Industrialisierung der Wissenschaft"*. Frankfurt/M.
- HILDRETH, Ch. R. (1987): *Library Automation in North America*. München, New York.
- HOBSBAWM, H.J. (1975): *The Age of Capital*. New York.
- KALTENBRUNNER, F. (1876): *Die Vorgeschichte der gregorianischen Kalenderreform*. Wien.
- Ders. (1877): *Die Polemik über die Kalenderreform*. Wien.
- KOPERNIKUS, N. (1517, 1519, 1526): "Denkschriften". In: SOMMERFELD, E. (Hg.) (1978): *Die Geldlehre des Nicolaus Copernicus*. Vaduz
- KUHN, T. S. (1957): *Die Kopernikanische Revolution*. Braunschweig, Wiesbaden 1981.
- KUHN, T. S. (1962a): *The Structure of Scientific Revolutions*. Univ. of Chicago 1970.
- KUHN, T. S. (1962b): "Historical Structure of Scientific Discovery." In: *Science*, Nr. 136, S. 760 ff.
- LINDE, H. (1972): *Sachdominanz in Sozialstrukturen*. Tübingen.
- MARX, K. (1847): *Das Elend der Philosophie*. Berlin 1971.
- NEUMANN, J. v. und GOLDSTINE, H. H. (1963): "Principles of Large Scale Computing Machines." In: NEUMANN, J. v.: *Collected Works*, Bd. 5. New York, S. 1-32.
- PAPERT, S. (1980): *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. New York.
- Ders. (1984): "New Theories for New Learnings". In: *School Psych. Review*, Oktober.

- POLANYI, M. (1966): *The Tacit Dimension*. London 1967.
- POLLART, S. (1967): "Die Fabrikdisziplin in der industriellen Revolution." In: FISCHER, W. und BAJOR, G. (Hg.): *Die Soziale Frage*. Stuttgart.
- RAVETZ, J. R. (1971): *Die Krise der Wissenschaft - Probleme der industrialisierten Forschung*. Berlin 1973.
- SCHMUTZER, M. E. A. (1986): "Die Universität der Zukunft." In: *Technik und Gesellschaft*, 1. Sonderheft. Wien: Technische Universität.
- SCHMUTZER, M. E. A. (1987): *Paradigma Informatik*. Wien.
- Science Indicators (1985): *Report of the National Science Board*.
- SOHN-RETHEL, A. (1970): *Geistige und körperliche Arbeit - Zur Theorie der gesellschaftlichen Synthesis*. Frankfurt/M. 1972.
- SOMBART, W. (1913): *Luxus und Kapitalismus*. München, Leipzig 1922.
- STEHR, N. und KÖNIG, R. (Hg.) (1975): *Wissenschaftssoziologie*. Opladen.
- STROMER, W. v. (1980): "Eine 'Industrielle Revolution' des Spätmittelalters." In: TROITZSCH, U. und WOHLAUF, G. (Hg.): *Technikgeschichte*. Frankfurt/M.
- TREIBER, H. und STEINERT, H. (1980): *Die Fabrikation des zuverlässigen Menschen*. München.
- VAHL, D. (1970): "Chemistry without Chemicals." In: *New Scientist*, 30. April.
- WILLIAMS, F. (1983): *Communications Revolution*. California: Sage Publ.
- WILSON, K. G. (1983): "Theoretical Science and the Future of Largescale Computing." In: *CERN-Courier*, Nr. 23.

