

Verwissenschaftlichung als sozialer Prozeß: zum Einfluß der Naturwissenschaft auf die Organisation und Ziele technischer Entwicklung

Böhle, Fritz

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:

SSG Sozialwissenschaften, USB Köln

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Böhle, F. (1997). Verwissenschaftlichung als sozialer Prozeß: zum Einfluß der Naturwissenschaft auf die Organisation und Ziele technischer Entwicklung. In D. Bieber (Hrsg.), *Technikentwicklung und Industriearbeit: industrielle Produktionstechnik zwischen Eigendynamik und Nutzerinteressen* (S. 153-179). Frankfurt am Main: Campus Verl. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-237825>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Verwissenschaftlichung als sozialer Prozeß

Zum Einfluß der Naturwissenschaft auf die Organisation und Ziele technischer Entwicklungen

1. Neue Fragen in der sozialwissenschaftlichen Technikforschung

Die von Wengenroth dargelegte Differenz zwischen Wissenschaft und Technik in der historischen Entwicklung wirft für sozialwissenschaftliche Forschungen zur Technikgenese neue Fragen auf: Weder kann Technikentwicklung umstandslos als eine praktische Anwendung (Vergegenständlichung) naturwissenschaftlicher Erkenntnisse angesehen werden, noch - und hierin liegt die eigentliche Brisanz - steht die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für eine beständige Steigerung von Effizienz und Innovationen in der Technikentwicklung. Die historischen Untersuchungen von Wengenroth verweisen hier nicht nur auf die - auch anderweitig aufgedeckte - empirisch- und erfahrungsgeleitete Entwicklung von Produktionstechnik (vgl. Kalkowski, Manske 1993; König 1989); vielmehr wird die begrenzte und partielle Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnis keineswegs als ein Defizit, sondern als ein eigenständiges Potential für technische Innovationen gesehen. Pointiert wird dies in der These formuliert, daß nicht allein in der forcierten „Verwissenschaftlichung“, sondern nur in ihrer Verbindung mit anderen Ressourcen, wie sie z.B. historisch in der Verschränkung von Wissenschaft und Kunst in der Renaissance gegeben war, zukünftig die notwendigen Innovationspotentiale mobilisiert und gefördert werden können. Die Notwendigkeit wie Nützlichkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse wird damit keineswegs bestritten, jedoch werden deren Leistungen erheblich relativiert - insbesondere hinsichtlich innovativer Technikentwicklung.

Knüpft man an solche Ergebnisse und Thesen historische Untersuchungen an, zeigen sich für die soziologische Analyse zwei bisher noch kaum

beachtete, geschweige denn bearbeitete Forschungsdefizite: Zum einen wurde bisher nicht systematisch analysiert, auf welchen anderen als wissenschaftlichen „kognitiven Ressourcen“ technische Innovationen beruhen. Bezeichnungen wie „praxisorientierte Innovationsmuster“ oder „empirisch und erfahrungsgeleitete Technikentwicklung“ oder auch „Kunst“ sind hier primär phänomenologische Beschreibungen und verbinden sich - nach vorherrschender Lesart - mit Assoziationen, die - vor allem, was die Entwicklung von Technik angeht - eher auf Unzulänglichkeiten oder bestenfalls pragmatische Nützlichkeit verweisen und nicht auf eigenständige, durch wissenschaftliche Erkenntnisse nicht ersetzbare Wissensformen und Verfahren. Auch der Hinweis, daß wissenschaftliche Erkenntnisse in der Technikentwicklung immer durch besondere praktische Kenntnisse der Anwendungsfelder ergänzt werden müssen (vgl. Lutz, Veltz 1989, S. 258 ff.; Hirsch-Kreinsen 1993, S. 33 ff.), benennt zwar wichtige Unterschiede zwischen (natur-)wissenschaftlichem und technologischem Wissen, läßt es aber weithin offen, ob es sich hier nur um eine Konkretisierung und Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse handelt, die im Paradigma der „Verwissenschaftlichung“ grundsätzlich vorgesehen sind (wenngleich auch praktisch oft vernachlässigt!), oder ob hier das notwendige „praktische Wissen“ ein „besonderes Wissen“ darstellt, das außerhalb des Bezugsrahmens wissenschaftlich begründeter Erkenntnis liegt. Zu erinnern ist hier daran, daß die neuzeitlichen Naturwissenschaften sich nicht auf allgemeine „Theorie“ reduzieren lassen: Zum einen definieren sich naturwissenschaftlich begründete Gesetzmäßigkeiten zwar als „abstrakte“, aber gleichwohl reale, universell gültige Prinzipien, die konkreten empirischen Gegebenheiten zugrundeliegen; zum anderen ist (daher) die Ergänzung (Auffüllung) der allgemeinen gültigen Prinzipien bei ihrer praktischen Anwendung durch jeweils konkrete Anwendungsbedingungen (Anwendungsfelder) im Selbstverständnis naturwissenschaftlicher Kenntnisse enthalten.

Entscheidend ist daher nicht die Ergänzung naturwissenschaftlicher Erkenntnis durch besondere anwendungsbezogene Praxiskenntnisse, sondern die Beurteilung und Bewertung des hierfür erforderlichen Wissens. Im Bezugsrahmen naturwissenschaftlicher Erkenntnis erscheinen das empirische Wissen zwar notwendig, die hierfür erforderlichen kognitiven Leistungen aber als untergeordnet bzw. „einfach“. Entsprechend wird der Wert des sog. „Erfahrungswissens“ oder „praktischen Wissens“ auch keineswegs bestritten, jedoch wird ein solches Wissen auf den unteren Rängen menschlicher Wissensformen plaziert (Böhme 1980, S. 27 ff.).

Mit dem Verweis auf die Verschränkung von „Wissenschaft und Kunst“ verläßt Wengenroth den Bezugsrahmen einer solchen Betrachtung: Hier geht es nicht mehr nur um praktische Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und deren Voraussetzung, sondern um die Verschränkung wissenschaftlich fundierten Wissens mit anderen Formen der Erfassung und des Umgangs mit materiell-technischen Gegebenheiten. Festzuhalten ist hier zunächst, daß in den Sozialwissenschaften die Prämisse, daß für die Erkenntnis wie praktische Nutzung materiell organischer Gegebenheiten naturwissenschaftliche Methoden und Erkenntnisse gegenüber anderen - historisch vorfindbaren - Erkenntnis- und Wissensformen nicht nur überlegen, sondern auch der „Natur der Sache“ angemessen sind, bisher kaum ernsthaft angezweifelt und kritisch reflektiert wurde. Fraglos übernommen wird damit auch die Auffassung, daß die Weiterentwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnis nicht nur zu einer quantitativen und qualitativen Steigerung von Wissen führt, sondern daß diese auch für einen evolutionären Prozeß der Herausbildung „richtigen“ Wissens steht. Die Trennung von Wissenschaft und Kunst in der neuzeitlichen Entwicklung geht solchermaßen einher mit einer Relativierung des Erkenntnis- und Wahrheitsanspruchs künstlerischer Tätigkeiten und einer Monopolisierung des Wissens über die Welt „so wie sie ist“ (bzw. menschlicher Erkenntnis grundsätzlich zugänglich ist) durch Wissenschaft. Doch gerade der damit verbundene Gültigkeits- und Leistungsanspruch von Wissenschaft wird - zumindest was deren praktische Anwendung im Bereich der Technikentwicklung betrifft - von Wengenroth in Frage gestellt. Tangiert wird damit aber nicht nur das Selbstverständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnis, sondern ebenso auch deren sozialwissenschaftliche Deutung.

Zum anderen - und dies ist eine zweite, sich aus der historischen Analyse ergebende Konsequenz - stellt sich die Frage, welche Auswirkungen die Verwissenschaftlichung auf technische Entwicklungen hat, in einer anderen als der bisher gewohnten Weise: Verwissenschaftlichung kann nicht mehr fraglos als notwendige Voraussetzung für die Steigerung von Effizienz und Innovationsfähigkeit interpretiert werden, wobei es dann lediglich darum geht, die Prozesse, durch die die Verwissenschaftlichung hervorgebracht und gesellschaftlich durchgesetzt wird (welche Hemmnisse dem entgegenstehen, welche Voraussetzungen hierfür erfüllt sein müssen etc.), zu analysieren; zentral wird vielmehr die Frage, ob und in welcher Weise durch die Verwissenschaftlichung die gesellschaftliche Organisation ebenso wie die Inhalte und Ziele technischer Entwicklung in spezifi-

scher Weise gesteuert werden. In dieser Sicht wäre Verwissenschaftlichung nicht nur eine Voraussetzung für technische Entwicklungen schlechthin, sondern ein Medium der gesellschaftlichen Steuerung, durch das maßgeblich die Richtung technischer Entwicklungen beeinflusst und - dies ist entscheidend - andere mögliche Alternativen, deren Leistungen und Tragfähigkeit nicht a priori geringer sind, verhindert oder zumindest eingeschränkt werden. Auf eine solche Fragestellung ist die sozialwissenschaftliche Technikgeneseforschung bisher kaum vorbereitet. Zwar gehört mittlerweile die Frage nach alternativen Entwicklungspfaden in der technischen Entwicklung und deren Untersuchung zum Repertoire sozialwissenschaftlicher Forschung, doch werden diese nicht oder bestenfalls implizit auf Prozesse der Verwissenschaftlichungen und deren Auswirkungen bezogen (Noble 1984; Hirsch-Kreinsen 1993; Knie 1991). Gleichwohl liegen aber Analysen vor, die zeigen, daß speziell die Entwicklung der Mikroelektronik und deren praktische Anwendungen für die Automatisierung von Produktionstechnik ohne massive Forcierung und Nutzung wissenschaftlich organisierter Technikentwicklung im Sinne einer „Industrialisierung von Wissenschaft“ und Verwischung der Grenzen zwischen grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung kaum möglich gewesen wären (vgl. Halfmann 1984; Kreibich 1986; Hack 1988; Bieber, Möll 1993).

Während somit der Prozeß der Verwissenschaftlichung durchaus Aufmerksamkeit erfahren hat, wurde die Frage, was hiermit ggf. eingeschränkt und verhindert wurde (wird), nicht nur nicht beantwortet, sondern erst gar nicht gestellt. Eine solche Frage erscheint banal, da ihre Beantwortung bestenfalls einem auf Bewahrung und Beharrung ausgerichteten Sozialkonservatismus entgegen kommt. Doch der Preis hierfür ist nicht unbeträchtlich: Denn auch wenn mit Akribie die Verflechtung der Verwissenschaftlichung mit ökonomischen oder militärischen Interessen nachgewiesen wird, entpuppen diese sich gleichwohl als „Promoter“ des wissenschaftlich-technischen Fortschritts (sofern dieser nicht gänzlich in Frage gestellt wird). In dieses Dilemma waren von jeher polit-ökonomisch orientierte Analysen der Technikentwicklung insbesondere im Bereich der Produktionstechniken verstrickt. Angesichts zunehmend offensichtlich werdender natürlicher Zerstörungen, ebenso wie auch von Grenzen technisch-wissenschaftlicher Naturbeherrschung und mobilisierbarer Innovationskraft, kann sich jedoch die Immunisierung der „Verwissenschaftlichung“ gegenüber kritischer Reflexion als höchst verhängnisvoll erweisen. Zumindest wird die Frage ausgeblendet, in welcher Weise Ver-

wissenschaftlichung selbst (und nicht nur ihre Anwendung bzw. Instrumentalisierung) keineswegs eine gegenüber historisch entwickelten polit-ökonomischen Strukturen und Interessen indifferente, ahistorische Dimension gesellschaftlicher Entwicklung darstellt und daher ebenso wie politische, soziale und ökonomische Strukturen und Prozesse in die kritische Analyse einzubeziehen wäre.

Die in unseren Arbeiten im Sonderforschungsbereich begonnene Auseinandersetzung mit der Verwissenschaftlichung von Technikentwicklung greift Fragen, wie sie soeben umrissen wurden, auf. Die Deutung der historischen Entwicklung, wie sie Wengenroth vorgestellt hat, bekräftigt u.E. sowohl die Dringlichkeit als auch den Reiz und möglichen Ertrag, die sich mit einer solchen Überschreitung bisher etablierter Forschungsgrenzen verbinden. Für die soziologische Forschung geht es hierbei nicht nur um eine Ausweitung des Forschungsfeldes, sondern vor allem um eine Erweiterung des kategorialen Rahmens, durch den ein neuer Blick auf die Verwissenschaftlichung und die sozialen wie kognitiven Grundlagen technischer Entwicklungen möglich wird. Es versteht sich von selbst, daß beim gegenwärtigen Stand der Forschung derzeit noch keine gesicherten Ergebnisse hierzu vorgelegt werden können. Jedoch scheint es möglich, hierzu konzeptuell und empirisch begründete Thesen zu formulieren und zur Diskussion zu stellen. Ziel ist, damit Überlegungen, wie sie von Wengenroth anhand der historischen Entwicklung umrissen wurden, weiterzuführen und sichtbar zu machen, welche Konsequenzen sich hieraus ergeben, wenn man solche Befunde nicht nur als „Geschichte“ liest, sondern als Hinweise auf grundlegende, gesellschaftliche Konstitutionsbedingungen der Technikentwicklung „ernst“ nimmt. In dieser Perspektive zeigen sich bemerkenswerte Kongruenzen zwischen der von Wengenroth aufgezeigten Differenz zwischen Wissenschaft und Technik einerseits und den von uns thematisierten Grenzen wissenschaftlich-technischer Naturbeherrschung andererseits. Dies sei im folgenden zunächst unter Bezug auf Ergebnisse von Untersuchungen zur Unterscheidung zwischen einem objektivierenden und subjektivierenden Arbeitshandeln (Abschnitt 2) sowie anhand neuer Probleme bei der Technikanwendung (Abschnitt 3) näher erläutert. Daran anschließend sei ein Bündel von Thesen formuliert, die sich auf die soziale Steuerung technischer Entwicklungen durch „Verwissenschaftlichung“ richten. Thematisiert werden dabei sowohl die soziale Organisation (Abschnitt 4) als auch die Inhalte und Ziele der Entwicklung von Produktionstechniken (Abschnitt 5). Im Rahmen unseres Forschungsprogramms geht es hier insbe-

sondere darum aufzuzeigen, in welcher Weise Prozesse der Verwissenschaftlichung zu einer Entkopplung der Technikentwicklung gegenüber ihrer praktischen Anwendung führen bzw. wie solche Entwicklungen in spezifischer Weise durch die Verwissenschaftlichung abgestützt und mit hervorgebracht werden. In einem letzten Abschnitt (6.) sollen vor diesem Hintergrund ein Bezugsrahmen für die Analysen einer Ergänzung und Alternativen zur Verwissenschaftlichung angedeutet werden.

2. Tacit Knowledge und das Konzept subjektivierenden Arbeitshandeln

Im letzten Teil seiner Ausführungen bezieht sich Wengenroth auf die Bedeutung des sog. „tacit knowledge“ für die Technikentwicklung. Es zeigen sich hier deutliche Parallelen zu unseren Untersuchungen zur Arbeit mit hochtechnisierten Systemen. In ihnen konnte nachgewiesen werden, daß sich bei der Arbeit mit hochautomatisierten technischen Systemen Anforderungen ergeben, die weder durch eine einfache, weitgehend routinierbare und regelgeleitete Bedien- und Überwachungstätigkeit noch durch qualifizierte primär planende und dispositive „geistige“ Arbeit zu bewältigen sind. Ausschlaggebend hierfür sind Unregelmäßigkeiten im Prozeßverlauf wie auch in den Wirkungen und der Funktionsfähigkeit der technischen Systeme selbst, die weder exakt prognostizierbar noch eliminierbar sind. Sie nehmen mit fortschreitender Technisierung nicht ab, sondern eher zu, insbesondere im Zusammenhang mit einer zunehmenden Komplexität der technischen Systeme, ihrer Vernetzung und der gleichzeitigen Flexibilisierung von Produkten und Verfahren (Böhle, Rose 1992, S. 39 ff.). Offensichtlich werden hieran systematische Grenzen der wissenschaftlich-technischen Beherrschung konkreter Produktionsprozesse, d.h. die Erfassung physikalisch-organischer Gegebenheiten mittels objektivierbarer Merkmale und regelhafter gesetzmäßiger Wirkungszusammenhänge; ihre Modellierung stellt letztlich immer nur einen „selektiven“ Zugriff auf konkrete Gegebenheiten dar. Die Neutralisierung des hierdurch Nichterfaßten kann bestenfalls unter Laborbedingungen, in der betrieblichen Praxis aber - wenn überhaupt - immer nur partiell gelingen. Des weiteren zeigen die durchgeführten Untersuchungen, daß es sich hier nicht nur um das Problem einer „einfachen“ Ergänzung bzw. Anpassung der wissenschaftlich geleiteten Erfassung und Modellierung handelt. Neben dem wissenschaftlichen Zugriff sind vielmehr ande-

re „Methoden“ der Auseinandersetzung mit praktischen Gegebenheiten (Produktionsbedingung, Technik) notwendig, die sich auf Eigenschaften und Wirkungszusammenhänge richten, die sich einem auf Objektivierung, Berechenbarkeit und Regelmäßigkeit ausgerichteten Zugriff entziehen. Sofern solche Anforderungen an menschliches Arbeitsvermögen in Praxis wie Wissenschaft registriert werden, wird zumeist eher pauschal und im Sinne einer Residualkategorie auf das notwendige „Erfahrungswissen“ hingewiesen, ohne daß allerdings genauer geklärt wäre, worin die Besonderheit eines solchen Wissens besteht. Aufschlußreicher sind daher auch eher einzelne Phänomene, die hier in den Blick geraten, wie z.B. das Gefühl für eine Anlage, das Wahrnehmen einer Unregelmäßigkeit und von Störungen, noch bevor die technischen Anzeigen dies signalisieren, blitzschnelle Entscheidungen ohne langes Nachdenken, die Orientierung an Geräuschen u.ä.

Mit dem Konzept „subjektivierendes Arbeitshandeln“ wurde ein systematischer sozialwissenschaftlicher Zugang zu solchen Arbeitspraktiken eröffnet. Mittlerweile liegt hierzu eine Reihe von Untersuchungen vor, in denen diese Erweiterung in der Analyse von Arbeit sowohl konzeptuell als auch empirisch in verschiedenen Produktionsbereichen vertieft und ausgearbeitet wurde (Böhle, Milkau 1988; Böhle, Rose 1990; 1992; Bolte 1993; Schulze, Carus 1995; Carus, Schulze 1995). Diese Untersuchungen belegen, daß beim Umgang mit technischen Systemen neben einem technisch-wissenschaftlich geleiteten, objektivierenden Handeln Qualifikationen und Arbeitsweisen notwendig sind, die sich einem Verständnis von Arbeit als „zweckrationales“ Handeln entziehen. Sie beruhen auf einer anderen Handlungsstruktur und -logik. Das sog. „Erfahrungswissen“ bzw. Phänomene wie Gespür für die Anlage u.ä. beruhen demnach auf der Verbindung einer komplexen sinnlichen Wahrnehmung, auf wahrnehmungs- und verhaltensnahen Formen des Denkens (assoziatives anschauliches Denken etc.), dialogisch-interaktiven und explorativen Vorgehensweisen sowie einer persönlichen und emotional gefärbten Beziehung zu Arbeitsmitteln und Materialien. Subjektive Faktoren wie Gefühle und Empfindungen sind hier keine störenden bzw. verzerrenden Elemente, sondern vielmehr zentrale Grundlagen kognitiver Prozesse und praktischen Handelns. Ein solches „subjektivierendes Arbeitshandeln“ erfordert spezifische Kompetenzen (Wahrnehmungsfähigkeit, Vorstellungsvermögen u.ä.), die ebenso herangebildet und erlernt werden müssen wie das sog. Fachwissen, oder auch analytisches Denken, systematisch-planmäßiges Vorgehen u.ä. Doch während letzteres primär in for-

malisierten Ausbildungswegen erfolgt (bzw. hier berücksichtigt wird), bleibt das „subjektivierende Arbeitshandeln“ überwiegend der beruflichen Praxis überlassen, d.h. dem „learning by doing“, der praktischen Demonstration durch Kollegen und informellen Weitergabe einzelner Arbeitspraktiken u.ä.

3. Neue Probleme beim Einsatz und bei der Nutzung von Produktionstechnik

Vor dem Hintergrund der hier referierten Befunde werden bisher kaum beachtete Probleme der Technikentwicklung sichtbar, die sich bei fortschreitender Technisierung und Automatisierung - so wie sie sich gegenwärtig vollzieht - zunehmend verschärfen. Die technischen Systeme sind - insbesondere an der Mensch-Maschine-Schnittstelle - auch dann, wenn ergonomische Gesichtspunkte berücksichtigt werden, überwiegend auf ein technisch-rationales, objektivierendes Arbeitshandeln ausgelegt. Seinen Niederschlag findet dies in der Mediatisierung des Verhältnisses der Arbeitenden zu den Produktionsabläufen durch eine wissenschaftlich strukturierte Informations- und Eingriffsstruktur. Signale, Zahlen und Zeichen sowie planmäßig sequentiell durchzuführende Operationen sind hierfür charakteristisch. Das in der Praxis notwendige subjektivierende Arbeitshandeln wird hierdurch zugleich zurückgedrängt und erschwert. In der Praxis ergeben sich hieraus erhebliche „Anwenderprobleme“; sie führen für die Arbeitskräfte zu neuartigen Belastungen und für die Betriebe zu neuen Risiken in der Prozeßbeherrschung und Qualitätssicherung.¹

Bei der Frage nach den Ursachen für solche Entwicklungen scheint bemerkenswert: Auch dann, wenn die Arbeit mit technischen Systemen in den Betrieben als qualifiziert und verantwortungsvoll definiert wird, ist insbesondere auf höheren Ebenen des Managements die Annahme vorherrschend, daß im sog. Normallauf - also nach dem Anfahren, Ingangsetzen eines Systems - die notwendige Arbeitsleistung überwiegend in einer eher passiven, mitlaufenden Kontrolle besteht, und sofern Eingriffe notwendig sind, diese aus vergleichsweise einfachen, regelgeleiteten

1 Vgl. zur Arbeit mit CNC-Maschinen Rose, Lennartz 1995, S. 83 ff.; zur Arbeit an komplexen Anlagen mit Prozeßleitsystemen Böhle u.a. 1993, S. 67 ff.

Operationen bestehen. Verantwortungsvolles und qualifiziertes Arbeitshandeln wird somit vor allem darin gesehen, daß nicht systemwidrig eingegriffen wird und die geforderten Operationen - sofern notwendig - zuverlässig (vorschriftsmäßig) ausgeführt werden. Eine solche Einschätzung beruht wesentlich auf der Annahme, daß beim vorschriftsmäßigen Umgang mit den technischen Systemen und der Einhaltung der geforderten Rahmenbedingungen (Verfügbarkeit der erforderlichen Materialien etc.) der Prozeßverlauf und die Wirkungsweise der technischen Systeme antizipierbar und auf dieser Basis beherrschbar sind. Speziell in Verbindung mit dem Einsatz rechnergestützter Informations- und Steuerungstechnologien und den damit eröffneten neuen Möglichkeiten der Automatisierung führt dies zur Tendenz, die Funktionsfähigkeit technischer Systeme zu überschätzen und die in der Praxis auftretenden Imponderabilien und Unregelmäßigkeiten zu unterschätzen. Diese Tendenz ist auch dort anzutreffen, wo die Automatisierung von vornherein nur schrittweise vorangetrieben oder grundsätzlich begrenzt werden soll und die Notwendigkeit menschlichen Arbeitsvermögens auch von technischer Seite grundsätzlich anerkannt und berücksichtigt wird. So zeigen sich in der Praxis teils erhebliche Diskrepanzen zwischen den ex ante erfaßten Prozeßparametern und der Modellierung realer Abläufe einerseits und den tatsächlichen Gegebenheiten auf Produktionsebene andererseits. Solche Diskrepanzen bleiben im betrieblichen Gesamtsystem jedoch vielfach verdeckt, d.h., sie werden zwar durchaus auf Produktionsebene erfahren und teilweise auch thematisiert, jedoch schlagen sie nicht notwendigerweise auf der Ebene der technischen Planung und Entwicklung durch (Böhle, Rose 1992, S. 35 ff.).

Mit der Tendenz zur Überschätzung der Möglichkeiten einer technischen Beherrschung von Produktionsprozessen verbindet sich zugleich die Tendenz einer Unter- und Fehleinschätzung der Leistungen menschlichen Arbeitsvermögens. Dies betrifft vor allem die Rolle des Erfahrungswissens. In der betrieblichen Praxis und insbesondere auf den unteren Ebenen des Managements ist zwar durchaus die Bedeutung von Erfahrungswissen bekannt. Aber selbst dort, wo man sich der Notwendigkeit des Erfahrungswissens bewußt ist, werden die genannten Probleme seines Erwerbs wie seiner Anwendung (s.o.) nicht gesehen. Auch dann, wenn Erfahrungswissen als notwendig angesehen wird, betrachtet man es entweder eher als eine besondere persönliche Fähigkeit der Arbeitskräfte oder als selbstverständliche Leistung, die stillschweigend vorausgesetzt wird. Aus einer solchen Unterschätzung des sog. Erfahrungswissens fol-

gen auch einseitige und teils unzutreffende Einschätzungen dessen, was die Stärke und Schwäche menschlichen Arbeitsvermögens im Umgang mit technischen Systemen ausmacht. Sieht man die Leistungen menschlichen Arbeitsvermögens primär in einer an objektivierbaren Kriterien und algorithmisierbaren Verfahren orientierten Aufnahme und Verarbeitung von Informationen wie Ausübung technischer Operationen, so erweist sich die technische Ersetzung menschlichen Arbeitsvermögens nicht nur als möglich, sondern vielfach auch als die zuverlässigere effizientere Lösung. Der Mensch erscheint hier gegenüber der Technik leicht als unzuverlässig, fehlerhaft und ggf. als Störquelle, die es - soweit möglich - technisch zu ersetzen gilt. Zugleich laufen die Arbeitskräfte Gefahr, daß ihr subjektivierendes Arbeitshandeln einerseits, solange es zum technischen Funktionieren der Systeme beiträgt, kaum geachtet wird und andererseits, sofern damit Störungen nicht vermieden oder behoben werden können, gerade solche Arbeitspraktiken als Indiz für menschliche Unzulänglichkeit und Fehlverhalten angesehen werden.

Nun scheint es jedoch unzulänglich und verkürzt, die Ursachen für die hier umrissenen Probleme bei der Technikentwicklung auf ein fehlendes Wissen oder auf allgemein ökonomische und herrschaftsbedingte Interessen zurückzuführen. Im folgenden sei daher die Frage diskutiert, in welcher Weise solche Probleme aus strukturellen Bedingungen technischer Entwicklungen resultieren und welchen Einfluß hierauf speziell die „Verwissenschaftlichung“ der Technikentwicklung hat.

4. Verwissenschaftlichung und die soziale Organisation der Technikentwicklung

Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen ist die These, daß die Verwissenschaftlichung technischer Entwicklungen - so wie sie speziell in der neueren Entwicklung sowohl gefordert als auch realisiert wird - nicht nur zu einer Steigerung der Effizienz technischer Innovationen führt, sondern zugleich eine spezifische soziale Steuerung der Technikentwicklung beinhaltet, durch die eine Autonomisierung der Entwicklung von Produktionstechniken gegenüber den praktischen Erfordernissen bei ihrer Anwendung forciert wird. Das Problem der Verwissenschaftlichung reduziert sich dabei jedoch nicht auf die (einfache) Frage des Verlustes oder der (Wieder-)Herstellung eines Praxisbezuges. Aus der Perspektive

der Verwissenschaftlichung wird die praktische Anwendung technischer Artefakte nicht einfach negiert und vernachlässigt. Als sehr viel problematischer erweist sich, daß diese sehr wohl berücksichtigt wird, dabei aber Annahmen und Sichtweisen vorherrschen, durch die - trotz Berücksichtigung - zugleich wichtige Aspekte der Praxis nicht gesehen oder/und nicht angemessen beurteilt werden können. Pointiert ausgedrückt: Praxis muß durch das Nadelöhr der „Objektivierung“ und „Berechenbarkeit“. Betriebliche Produktionseinheiten weisen jedoch eine Vielzahl von Konstellationen auf, die nicht vollständig mit objektivierbaren (meßbaren) Parametern und Algorithmen abbildbar und damit auch nur begrenzt berechenbar und prognostizierbar sind. Es bedarf daher jeweils spezifischer Ergänzungen des wissenschaftlichen Zugriffs. Diese werden jedoch im Prozeß der Verwissenschaftlichung zugleich selbst zunehmend ausgegrenzt bzw. durch wissenschaftsbasierte Organisationsformen substituiert.

Ausgangspunkt der hiermit umrissenen Analyse der Verwissenschaftlichung der Technikentwicklung ist, daß die „Verwissenschaftlichung“ auf einem Konzept der Naturbeherrschung beruht, das durch folgende Prämissen charakterisiert ist (vgl. Böhle 1995, S. 76):

- Unterscheidung zwischen subjektiven und objektiven Sachverhalten bzw. Subjekt und Objekt. Insbesondere materielle Gegebenheiten sind demnach von sog. subjektiven Gegebenheiten grundsätzlich verschieden.
- Grundlage der Erkenntnis ist eine verstandesmäßig (intellektuell) geleitete Analyse. Wissen und Kenntnisse werden in Form eines kategorialen und formalisierten Wissens dargelegt, wobei davon ausgegangen wird, daß sich die Eigenschaften und Bewegungen insbesondere von physikalisch-organischen Gegebenheiten durch ein solches Wissen umfassend beschreiben lassen.
- Die sinnliche Wahrnehmung hat sich darauf zu richten, möglichst exakt objektive Informationen aufzunehmen. Dies gelingt um so eher, als sie vom subjektiven Empfinden getrennt wird und die einzelnen Sinne - ähnlich wie technische Instrumente - jeweils isoliert und spezialisiert eingesetzt werden. Insbesondere die visuelle Wahrnehmung erweist sich hier - im Unterschied zu den sog. Nahsinnen - als am ehesten für eine objektive und verstandesgemäße Wahrnehmung geeignet. Die Wahrnehmung praktischer Gegebenheiten wird

damit nicht ausgegrenzt - jedoch gerät sie nur soweit ins Blickfeld, als sie sich durch objektivierbare Kriterien erfassen, definieren und beurteilen läßt.

- Dieser Form der Erkenntnis entspricht, daß die Gewinnung von Wissen vom unmittelbar praktischen Handeln abgelöst wird und im Vollzug praktischer Handlungen der Planung vorgeschaltet ist. Planung und praktische Realisierung sind dabei zwei getrennte und sowohl sequentiell als auch hierarchisch einander zugeordnete Prozesse.

Die genannten Merkmale wissenschaftlich geleiteter Methodik sind dabei nicht notwendigerweise identisch mit konkret beobachtbaren Arbeitsweisen im Rahmen wissenschaftlich organisierter Arbeitsprozesse. Sie sind eher „idealtypische“ Merkmale, an denen sich wissenschaftlich geleitete Arbeit orientiert - unabhängig davon, in welcher Weise dies auch faktisch eingelöst wird bzw. werden kann. Die Verwissenschaftlichung technischer Entwicklung beschreibt - so unsere These - einen Prozeß, in dem solche Handlungsprinzipien zu strukturierenden Momenten der sozialen Organisation technischer Entwicklung werden. Die „Verwissenschaftlichung“ der Technikentwicklung beinhaltet daher nicht nur auf einer kognitiven Ebene die Anwendung naturwissenschaftlichen Wissens; es verbindet sich hiermit auch eine umfassende gesellschaftliche Strukturierung technischer Innovationsprozesse. Dabei erscheinen vier Aspekte der betrieblichen und gesellschaftlichen Organisation von Innovationsprozessen bedeutsam:²

(1) *Die organisatorisch-institutionelle Trennung zwischen Entwicklung und Fertigung:* Die Trennung zwischen Entwicklung und Fertigung, die zu einer der grundlegenden Merkmale betrieblicher Organisation geworden ist, beinhaltet nicht nur eine funktionale Ausdifferenzierung, sondern zugleich auch eine spezifische hierarchische Zuordnung. In vielen Betrieben wird sie heute als ein neues Problem erkannt, und es wird nach neuen Wegen der Kooperation und des Informationsaustauschs zwischen Fertigung und Entwicklung gesucht. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch, daß eine solche Organisation in spezifischer Weise der naturwissenschaftlichen Methodik entspricht und hierdurch abgestützt wird. Sie entspricht sowohl der Trennung als auch sequentiellen und hier-

2 Im folgenden und in Abschnitt 5 werden Überlegungen aufgegriffen und weitergeführt, wie sie bereits in Böhle 1995 umrissen wurden.

archischen Zuordnung von Planung und Ausführung. Anwendungsbedingungen und Probleme erlangen in dieser Perspektive die Funktion praktischer Tests (Überprüfung) unter der Annahme, daß solche Gegebenheiten sich grundsätzlich durch wissenschaftlich definierbare und nutzbare Parameter beschreiben lassen. Die Berücksichtigung der praktischen Anwendung beinhaltet somit - aus der Sicht der Verwissenschaftlichung - nicht, daß Planungsprozesse offengehalten und eine technische Weiterentwicklung im Rahmen praktischer Anwendung vorgesehen ist.

(2) *Methodisches Entwickeln und Konstruieren*: Für die Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeit führt die Verwissenschaftlichung nicht nur zur praktischen Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, sondern vor allem auch zur Orientierung an einem systematisch-methodischen Vorgehen bei der Suche nach technischen Lösungen. Damit sollen vor allem ein lediglich praktisches Experimentieren sowie sog. „intuitive“ Entscheidungen überwunden werden. Die wissenschaftliche Methodik wird damit umstandslos als eine Voraussetzung für die Steigerung der Effizienz von Innovationsprozessen angesehen. Dies mag für die Organisation kontextunabhängiger Innovationsprozesse, die aus der Distanz zur Praxis weitergetrieben und arbeitsteilig gesteuert und kontrolliert werden können, zutreffend sein. Fraglich ist aber, ob durch die wissenschaftliche Methodik in gleicher Weise auch die für technische Innovation notwendige Kreativität sowie ein explorativ-experimentelles Vorgehen bei der Suche nach neuen Lösungen gefördert werden. Doch gerade hierin scheint derzeit ein neuralgischer Punkt in der Technikentwicklung zu liegen; zumindest wird speziell die Förderung der Innovationsfähigkeit in der neueren Diskussion als eine wichtige Voraussetzung für die Sicherung der Überlebensfähigkeit von Unternehmen thematisiert. Kaum beachtet wird dabei jedoch die Frage, in welcher Weise zugleich die fortschreitende Verwissenschaftlichung zu Arbeits- und Organisationsformen führt, durch die die Freisetzung von Innovationspotentialen eher behindert als gefördert wird.

(3) *Akademisierung des technischen Personals*: Insbesondere in Zusammenhang mit der Bildungsexpansion der 70er Jahre zeigt sich eine deutliche Tendenz, das technische Personal nicht (mehr) aus der Produktion, sondern zunehmend aus Hochschulen zu rekrutieren. Damit werden zugleich traditionelle Aufstiegswege von Facharbeitern aus der Fertigung eingeschränkt (vgl. Drexel 1993). Ein unmittelbarer Transfer von Kenntnissen über die konkreten Anwendungsbedingungen von Produktions-

techniken in die Technikentwicklung wird hierdurch erschwert. Doch besteht - so unsere These - das Problem der „Akademisierung“ hier nicht darin, daß akademisch sozialisierte Ingenieure keine konkreten Kenntnisse über die Anwendungsfelder von Technik mitbringen. Auch ein Ingenieur, der zunächst als Facharbeiter tätig war und in die Entwicklungsabteilung wechselt, hat nach einigen Jahren keine Kenntnisse (mehr) über die jeweils konkreten Anwendungsbedingungen. Entscheidend sind daher nicht nur Kenntnisse im Sinne eines „konkreten Kontext-Wissens“. Zentral erscheinen vielmehr die Erfahrung und die Sensibilität für die Grenzen wissenschaftlicher Methodik in der Erfassung konkreter Gegebenheiten und Abläufe beim Einsatz technischer Systeme und der Arbeit mit ihnen.

Des weiteren wird durch die Akademisierung die Tendenz verstärkt, Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben nicht nur aus dem Zuständigkeitsbereich von Produktionsarbeit auszugrenzen, sondern diese auch qua Definition als qualifikatorisch ungeeignet einzustufen. Das für technische Entwicklungen notwendige und angewandte Wissen wird solchermaßen berufsspezifisch monopolisiert. Anstöße aus der Fertigung und praktischen Anwendung von Technik treffen damit auf spezifische Kommunikations- und Akzeptanzbarrieren. Obwohl in der betrieblichen Praxis derzeit unterschiedliche Versuche unternommen werden, die Kommunikation und Kooperation zwischen technischem Personal und der Fertigung zu intensivieren (z.B. durch den Aufbau von Projektgruppen usw.), werden die hiermit angesprochenen Kooperationsbarrieren kaum beachtet. Sofern solche Probleme registriert werden, verbindet sich mit der Verwissenschaftlichung zugleich ein einseitiger „Anpassungsdruck“ an das Werkstattpersonal, ihre Erfahrungen und Kenntnisse in wissenschaftsbasierte Sprach- und Kommunikationsformen zu transformieren.

(4) *Technisierung von Entwicklung und Konstruktion*: Die Technisierung von Entwicklungsprozessen war lange Zeit auf Hilfswerkzeuge begrenzt. Erst in neueren Entwicklungen wurde auf der Basis von CAD-Systemen eine umfangreiche technische Unterstützung des Konstruktions- und Entwicklungshandelns angestrebt. Deren Einfluß auf die Arbeitsorganisation und auf das Arbeitshandeln besteht jedoch weniger als ursprünglich erwartet in einer Taylorisierung der Ingenieurarbeit, sondern vielmehr - so die These - in einer Forcierung ihrer Ausrichtung auf eine wissenschaftsbasierte Methodik. Von Bedeutung erscheinen hier vor allem die Sammlung und Aufbereitung eines ex ante gespeicherten Wissens

über praktische Gegebenheiten sowie hierauf bezogene technische Lösungen. Technikentwicklung vollzieht sich auf dieser Basis unter Anwendung von Kombination und Modifizierung vorhandener „Bausteine“, die ihrerseits eine eigene „Realität“ und Anwendungsdynamik generieren.

5. Verwissenschaftlichung und die Gestaltung von Technik

Mit der im vorangehenden umrissenen sozialen Strukturierung der Technikentwicklung verbindet sich - so unsere These - auch eine spezifische inhaltliche Steuerung technischer Entwicklungen. Sie findet ihren Ausdruck in spezifischen Leitbildern für den „technischen Fortschritt“, dem Bild von Arbeitskraft bzw. im Verhältnis von Technik und menschlichem Arbeitsvermögen sowie der stofflichen Struktur von Technik. Es sei versucht, auch diese These kurz näher zu erläutern und zu begründen, jedoch nicht - wie auch im vorangehenden - in der Absicht, zu einer abschließenden Beurteilung zu gelangen, sondern eher um die Richtung der Fragestellungen zu präzisieren, die bei einer solchen Diskussion der Verwissenschaftlichung aufzugreifen und weiter zu bearbeiten wären.

(1) *Abstraktion von konkreten Anwendungsbedingungen*: Verwissenschaftlichung von Technik begünstigt eine Technikentwicklung, die aus der Distanz zur Praxis erfolgt. Die Anwendungsbedingungen in der Praxis werden nicht negiert, jedoch besteht die Tendenz, sie auf generalisierbare, betriebs- und situationsübergreifende Bedingungen auszurichten. Dies gelingt um so mehr, als praktische Gegebenheiten selbst in diese Richtung gestaltet und transformiert werden. Die Standardisierung nicht nur technischer Lösungen, sondern auch der Anwendungsfelder beschreibt solchermaßen einen wechselseitigen Anpassungsprozeß, der der Verwissenschaftlichung von Technik entspricht. Technische Artefakte werden - in der Tendenz - zu Objekten, die ohne spezifische raum-zeitliche Einbindung in konkrete Gegebenheiten Geltung beanspruchen. In der neueren Entwicklung ist hier etwa der PC ein sehr eindrucksvolles Beispiel. Es wird eine Technik zuwege gebracht, die von ihrem konkreten Verwendungszusammenhang abstrahiert und damit für unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten „offen“ ist. Diese Vielfalt in der Einsetzbarkeit ist jedoch nur möglich, sofern in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen universell gültige Bedingungen gegeben oder notfalls geschaffen werden (s.o.). Damit verbindet sich einerseits eine Generalisie-

rung (Universalisierung) der Anwendbarkeit von Technik, andererseits entstehen jedoch entweder massive Anpassungserfordernisse in der konkreten Anwendung, oder/und der Einsatz von Technik induziert (erzwingt) eine - auf universelle Prinzipien bezogene - Standardisierung von Anwendungsbedingungen. Hieraus resultiert die eigentümliche Dialektik von fortschreitender Pluralität der Anwendungsfelder und gleichzeitiger Tendenz ihrer Vereinheitlichung nach Maßgabe der Anforderungserfordernisse von Technik.

(2) *Automatisierung als technisches Leitbild*: Es ist eine weitverbreitete Annahme, daß die Tendenz zur Automatisierung eine quasi immanente „Sachlogik“ technischer Entwicklungen darstellt. Demgegenüber sei hier die These formuliert, daß die Automatisierung als Leitbild für technische Innovationen einem wissenschaftlich geprägten Technikverständnis entspricht und hierdurch in der historischen Entwicklung hervorgebracht und begründet wird. Sie korrespondiert mit einem Begriff von Technik als eigenständigem gegenüber menschlichen Eingriffen abgeschottetem Wirkungszusammenhang nach dem Modell einer nach eigenen, objektiven Gesetzmäßigkeiten ablaufenden „Objektwelt“, die in keiner unmittelbaren Interaktion mit menschlichem Handeln steht. Der naturwissenschaftlich fundierte Begriff von „Natur“ wird solchermaßen auch zum Ideal für die technisch reproduzierte „zweite Natur“. Kriterium für den „technischen Fortschritt“ ist demnach die Realisierung bzw. Annäherung an das technische Konzept des „geschlossenen Regelkreises“. Ein Verständnis von Technik als „Werkzeug“, das den Anwender von Technik nicht als tendenziell zu „eliminierende Restgröße“ begreift, sondern als Akteur, der die Wirkungen von Technik (mit-)beeinflußt, erscheint in dieser Perspektive nicht erstrebenswert, sondern eher als Stadium einer (noch) nicht voll ausgereiften Technik. Hinzuweisen ist hier darauf, daß in der historischen Entwicklung sich keineswegs eine - wie oft unterstellt - lineare Weiterentwicklung von manuell zu steuernden Maschinen zu Automaten findet, sondern - wie z.B. im Werkzeugmaschinenbau - sowohl automatisch als auch manuell zu steuernde Maschinen technisch weiterentwickelt werden (vgl. Ruby 1995; Benad-Wagenhoff 1993).

(3) *Technik und menschliches Arbeitsvermögen*: Soweit Arbeitsvermögen nicht eliminiert wird, erscheint in der Perspektive der Verwissenschaftlichung menschliches Arbeitsvermögen entweder als planende und kontrollierende oder ausführende praktische Arbeit. Die planende Arbeit entspricht der wissenschaftlichen Tätigkeit. Sie gilt daher auch als höherwertigste bzw. erstrebenswerteste Form menschlicher Arbeit. Ihr „Ideal“

ist, technische Systeme sowie deren Anwendung zu planen, ohne jedoch selbst in den Prozeß praktischer Anwendung eingebunden zu sein. Soweit in der konkreten Handhabung von Technik Arbeit nicht eliminierbar ist, entspricht der Verwissenschaftlichung die Kontrolle und Überwachung technischer Systeme, ergänzt durch eine (grundsätzlich) begrenzte Regulierung und Steuerung. Sie bezieht sich auf ein Verständnis von Technik als - in der Tendenz - selbststeuerndes automatisch vollziehendes System; im unmittelbar konkreten Umgang mit Technik fällt dementsprechend menschlicher Arbeit primär nur die Aufgabe zu, darüber zu wachen, daß die Systeme so ablaufen, wie es geplant ist. Menschliches Arbeitsvermögen hat sich dabei darauf zu richten, möglichst exakt und zuverlässig Informationen wahrzunehmen und gemäß rational vollziehbarer Regeln zu interpretieren. Dies entspricht der Rolle sinnlicher Wahrnehmung im Rahmen wissenschaftlich geleiteten Handelns. Subjektive Deutungen und Empfindungen ebenso wie diffuse, nicht präzise definierbare Informationsquellen (wie z.B. Geräusche, Farbveränderungen usw.) gelten demgegenüber als unzuverlässig. Die Dominanz visueller Wahrnehmung bei Überwachungstätigkeiten ist solchermassen kein „technischer Sachzwang“. Die visuelle Wahrnehmung eignet sich vielmehr in besonderer Weise für den Zweck der Objektivierung und verstandesmäßigen Kontrolle und Anleitung sinnlicher Wahrnehmung; sie findet daher auch im Kontext der Herausbildung neuzeitlicher Naturwissenschaften eine besondere Beachtung (vgl. Kutschmann 1986; Klauf 1990).

Infolge eines solchen Gebrauchs der Sinne werden Überwachungs- und Kontrolltätigkeiten daher auch eher der „geistigen Arbeit“ zugerechnet und gegenüber einem direkten körperlich-praktischen Umgang mit Arbeits- und Produktionsmitteln unterschieden. Diese erscheint weithin als eine „geistlose“ ausführende Arbeit. Ihre Anleitung und Kontrolle gilt daher sowohl sachlich notwendig als auch legitim. Exemplarisch findet dies seinen Niederschlag in der Definition der körperlich-ausführenden Arbeit im Konzept der wissenschaftlichen Betriebsführung bei Taylor. Körperlich-praktische Arbeitsverrichtungen zählen demnach - überspitzt formuliert - nicht zu den eigentlich menschlichen Anteilen von Arbeit, sondern zur „Objektwelt“, die es instrumentell einzusetzen und zu nutzen gilt (dies kann sich sowohl auf den eigenen als auch „fremden“ Umgang mit dem Körper und den Sinnen beziehen). Der sog. Taylorismus, der eine Anwendung ingenieur- und naturwissenschaftlicher Prinzipien auf die Betriebs- und Arbeitsorganisation darstellt, veranschaulicht die hier umrissene Definition menschlichen Arbeitsvermögens. Jedoch darf

er nicht mit der Anwendung naturwissenschaftlicher Prinzipien schlechthin gleichgesetzt werden. Dies ist ebenso eine Verkürzung wie die Festbeschreibung der Naturwissenschaften auf ein einfaches „mechanistisches“ Weltbild. Modifikation und Weiterentwicklungen in Richtung kybernetischer Systeme, Selbststeuerung bis hin zur Chaostheorie werden hier z.B. ausgeblendet; in gleicher Weise besagt die Auflösung tayloristischer Betriebs- und Arbeitsformen noch keineswegs, daß damit auch die Sicht des menschlichen Arbeitsvermögens durchbrochen wird; Veränderungen wie der Abbau von Hierarchien, Requalifizierungen usw. können vielmehr gerade auch als neue Formen einer technisch-wissenschaftlichen Organisation von Arbeit interpretiert werden (vgl. Böhle 1994, S. 187 ff; S. 200 ff.; Böhle, Schulze 1996).

(4) *Entstofflichung von Technik*: Entsprechend einer „Geschichte der Sieger“ liegt es nahe, den Übergang von mechanischer zu elektrischer bzw. elektronischer Steuerung und die Entwicklung der Mikroelektronik als eine immanente Logik technischer Weiterentwicklung zu begreifen. Demgegenüber sei hier die These formuliert, daß die hiermit einhergehenden Veränderungen in der „Stofflichkeit“ von Technik in engem Zusammenhang mit der Verwissenschaftlichung technischer Entwicklungen stehen - und zwar in einer zweifachen Weise: Zum einen erscheinen in der Sicht wissenschaftlichen Zugriffs stoffliche Qualitäten und Ausformungen von nachrangiger Bedeutung; sie sind Konkretionen allgemeiner Prinzipien und nicht selbst von substantieller Bedeutung. Pointiert formuliert: Stofflich-konkrete Bedingungen erscheinen primär als „widerständig“ und „Störgrößen“ bzw. „Unbestimmtheiten“, die es zu beherrschen, zu kontrollieren und zu eliminieren gilt. Die Vergegenständlichung „abstrakter“ Gesetzmäßigkeiten - so unsere These - gelingt dabei um so mehr, als die stoffliche Struktur von Technik selbst „abstrakt“ wird; d.h. eine materiale Gestalt annimmt, deren Eigenschaften und Wirkungen berechenbar, prognostizierbar und gegenüber raum-zeitlichen Invarianzen immunisierbar sind. Des weiteren hat die Verwissenschaftlichung aber auch Auswirkungen auf die Wahl und Definition der technisch zu bearbeitenden Probleme. Präferiert werden - so unsere These - Gegenstandsbereiche, die günstige Voraussetzungen für die wissenschaftlich geleitete Bearbeitung, Beherrschung und Manipulation aufweisen. So gesehen wird durch die Verlagerung technischer Entwicklungen auf die Be- und Verarbeitung von Informationen ein Gegenstandsbereich eröffnet, der sich in besonderer Weise für eine Gestaltung nach formal-logischen Prinzipien und objektivierbaren Merkmalen eignet und daher

weitreichende Gestaltungs- und Innovationspotentiale eröffnet.³ Allerdings setzt dies voraus, daß Informationen als eindeutig definierbare und von der Einbindung in konkret stoffliche Bedingungen abgelöste Zeichen und Signale definiert werden bzw. nur das als verwertbare Information gilt, was sich in dieser Form ausdrücken und erfassen läßt.

Die Entwicklung rechnergestützter Informations- und Steuerungssysteme richtet sich demnach sowohl auf eine stoffliche Struktur technischer Systeme als auch auf die des zu bearbeiteten „Materials“, bei denen die im wissenschaftlichen Zugriff auf konkrete Bedingungen vollzogenen Objektivierungen, Abstraktionen und Modellierungen unmittelbar eine „Vergegenständlichung“ erfahren. Brüche und Anpassungen in der Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in praktische Gegebenheiten können auf diese Weise bei der Technikentwicklung selbst weitgehend ausgeschaltet werden. Oder anders ausgedrückt: Die Auseinandersetzung mit konkret-stofflichen Bedingungen, die z.B. nicht nur bei der Anwendung, sondern auch beim Bau von Maschinen und technischen Anlagen eine wichtige Reibungsfläche darstellen, wird im Rahmen der Technikentwicklung selbst minimiert. Die Entwicklung technischer Systeme wird damit zur Domäne „geistiger“ Arbeit. Einen unmittelbar sicht- und erfahrbaren Ausdruck erhält dies u.a. in dem rapid anwachsenden Anteil der „Software“ an der Technikentwicklung und einer damit einhergehenden Verlagerung beruflicher und institutioneller Zuständigkeiten (Software-Entwickler versus Maschinenbauer) (vgl. Lutz, Veltz 1989). Doch - so unsere These - werden damit zugleich die Differenzen zwischen der wissenschaftlichen Modellierung einerseits und den konkreten Bedingungen andererseits von der Technikentwicklung auf die Ebene der Technikanwendung verschoben. Mit den Entwicklungen im Rahmen rechnergestützter Informations-, Kommunikations- und Steuerungstechniken wurden zwar für technische Innovationen neue Bereiche und Märkte eröffnet. Zugleich wird damit jedoch eine Technikentwicklung forciert, deren Schwergewicht sich zunehmend auf die Technisierung von Informations- und Steuerungsprozessen verlagert. Damit verbindet sich nicht nur die Tendenz zu einer Vernachlässigung des auf die Be- und Verarbeitung stofflich materieller Gegebenheiten bezogenen Maschinen- und Anlagenbaus, sondern auch die Tendenz, Investitionsentscheidungen der Anwender von Produktionstechniken auf die Steuerungstechnik

3 Vgl. zu der hier umrissenen Entsprechung zwischen Informatisierung und Verwissenschaftlichung Schmiede 1992; Hollin, Kempin 1989.

u.ä. zu lenken. (Dementsprechend konzentriert sich z.B. bei der Beurteilung von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen die Diskussion vornehmlich auf die Programmierverfahren und die Optionen, die durch die Steuerungstechnik angeboten werden. Die Leistungen der Maschinen bei der Metallbearbeitung und insbesondere deren Handhabung durch die Arbeitskräfte erscheinen demgegenüber als eher nachrangig.)

6. Verwissenschaftlichung und andere Ressourcen der Technikentwicklung

Eine Auseinandersetzung mit der Verwissenschaftlichung von Technik, wie sie zuvor umrissen wurde, läuft Gefahr, etwas zu kritisieren, was als unabwendbar gilt bzw. nur in der Polarität zwischen Rückschritt und Fortschritt diskutierbar erscheint. Um aus einer solchen, für kritische Analysen der Verwissenschaftlichung typischen Diskussionslage herauszukommen (vgl. Abschnitt 1), ist es u.E. notwendig, zumindest ansatzweise die Möglichkeit „anderer“ kognitiver Ressourcen und institutioneller Formen zur Förderung technischer Entwicklungen zu umreißen und zu begründen. Hierzu wären forschungsstrategisch zwei miteinander verschränkte Fragestellungen weiter zu verfolgen. In diesem Beitrag ist nicht beabsichtigt, dies weiter auszuformulieren, jedoch sei die Richtung angedeutet, in der hier weitere Arbeiten zu gehen hätten.

(1) *Verwissenschaftlichung und gesellschaftliche Interessen*: Eine erste Frage richtet sich auf den Zusammenhang zwischen Prozessen der Verwissenschaftlichung und gesellschaftlicher Interessen. Zu erinnern ist hier an die bereits von Ullrich (1977) herausgestellte „strukturelle Affinität“ zwischen den Prinzipien neuzeitlicher Naturwissenschaften einerseits und der Logik der Kapitalverwertung andererseits. Schmiede verweist in diesem Zusammenhang ebenfalls auf eine Korrespondenz zwischen Informatisierung, formaler Rationalität und den Prinzipien einer auf Kapitalverwertung beruhenden Ökonomie (Schmiede 1992). Doch scheint uns hier die These von einer „Instrumentalisierung“ von Wissenschaft zu kurz zu greifen. Verwissenschaftlichung wäre u.E. vielmehr als ein Medium zu begreifen, über das Erfordernisse der Kapitalverwertung in die Formung und Handhabung stofflich-materieller Gegebenheiten umgesetzt werden. Eine solche Interpretation knüpft einerseits an die Tradition polit-ökonomischer Analysen an, erfordert andererseits aber eine Er-

weiterung des kategorialen Rahmens. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind hier nicht mehr - so wie es im Marxschen Theoriegebäude noch dezidiert formuliert wird - eine revolutionäre Dimension gesellschaftlicher Entwicklung (vgl. Müller 1994, S. 73), sondern in die kapitalistische Ökonomie eingebunden und durch sie geprägt, und zwar nicht nur in ihrer Anwendung, sondern auch in ihren erkenntnisleitenden Methoden und Prämissen. Vor allem letzteres wird auch dort, wo Zusammenhänge zwischen Verwissenschaftlichung und Kapitalverwertung thematisiert werden, nicht systematisch aufgegriffen. Daher geraten das Spannungsverhältnis zwischen verwissenschaftlichter Technik und realen Produktionsprozessen bzw. die Grenzen und Widersprüche technisch-wissenschaftlicher Beherrschung von Produktionsprozessen nicht in den Blick; die im Selbstverständnis und der gesellschaftlichen Deutung neuzeitlicher Naturwissenschaft begründeten „Geltungsansprüche“ bleiben damit letztlich unberührt. Demgegenüber wäre jedoch in der von uns umrissenen Perspektive der Frage nachzugehen, in welcher Weise der in der polit-ökonomischen Tradition formulierte Doppelcharakter des Produktionsprozesses als „Verwertungsprozeß“ und stofflich-materieller „Arbeitsprozeß“ sich nicht nur in der Dualität stofflich-materieller Produktion und ihrer ökonomischen Formung darstellt, sondern zugleich seinen Ausdruck in der Dualität und im Spannungsverhältnis zwischen der technisch-wissenschaftlichen Modellierung und Beherrschung von Produktionsprozessen einerseits und den konkret-stofflichen Bedingungen realer Produktionsabläufe und den Wirkungsweisen technischer Systeme andererseits erhält.

Weiterführend könnten bei einer solchen Fragestellung Überlegungen sein, die eine Affinität zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und Kapitalverwertung nicht unmittelbar im Produktionsprozeß ansiedeln, sondern in der Transformation stofflich-konkreter Gegebenheiten in „Waren“.⁴ Verwissenschaftlichung von Technik richtet sich demnach nicht primär auf die Beherrschung konkreter Produktionsprozesse, ihre zentralen Effekte wie auch Impulse liegen vielmehr in der Transformation technischer Artefakte in „Waren“. Die zuvor umrissenen Merkmale der Verwissenschaftlichung von Technik erscheinen in dieser Perspektive nicht „defizitär“, sondern verkörpern und formulieren genau jene Bedingungen, die die „Warenförmigkeit“ von Technik erfordert (Abstraktion von konkreten Anwendungsbedingungen, Trennung zwischen Technik-

4 Vgl. Sohn-Rethel 1972 und hieran anknüpfend Böhle 1992.

entwicklung und -anwendung, allgemeine und objektivierbare Definition der Wirkungsweise usw.). Die Verwissenschaftlichung der Technikentwicklung und ihre praktische Anwendung stehen in dieser Interpretation in Zusammenhang mit der Transformation einer primär „produktionsbezogenen“ in eine primär „marktbezogene“ Technikentwicklung. Der „Gebrauchswert“ von Technik wird damit nicht gegenstandslos bzw. negierbar, jedoch wird er zunehmend durch die Imperative der „Warenförmigkeit“ überlagert und kann nur mehr hierüber vermittelt zur Geltung kommen. Daß damit beim konkreten Einsatz von Produktionstechniken Probleme entstehen, und zwar nicht nur für die, die unmittelbar damit arbeiten, sondern auch für die Betriebe, die sie einsetzen, ist in dieser Perspektive Ausdruck spezifischer Spannungen und Konflikte zwischen marktorientierten Hersteller- und produktionsbezogenen Anwenderinteressen.

Unabhängig oder ergänzend zu solchen polit-ökonomisch orientierten Analysen und deren Erweiterung wäre aber auch der Frage nachzugehen, in welcher Weise die Verwissenschaftlichung eine eigene Dynamik aufweist, die wesentlich durch die sozio-kulturelle Strukturierung wissenschaftlicher Erkenntnis hervorgebracht und geprägt wird. Die Verwissenschaftlichung von Technik wäre in dieser Perspektive rückzubeziehen auf die Bestandsvoraussetzungen und Interessen wissenschaftlicher Einrichtungen und Forschungsinstitute bis hin zu dem beruflichen Selbstverständnis und Interessen der Akteure, die Wissenschaft betreiben und/oder sie im Rahmen von Technikentwicklung praktisch anwenden. Innerhalb des betrieblichen Systems wäre hier z.B. an Konzepte der Mikropolitik anzuknüpfen (vgl. Ortman 1995; Lullies u.a. 1993). Verwissenschaftlichung erscheint hier als eine besondere Formierung von Technik, durch die ihre Entwicklung ebenso wie ihre Verwendung spezifischen gesellschaftlichen „Gruppen“ zugänglich und verfügbar gemacht werden. Verwissenschaftlichung begründet damit spezifische Ausgrenzungen und Selektionen, und zwar sowohl was mögliche technische Lösungen als auch die sozialen Akteure und Institutionen, die für technische Entwicklungen als zuständig und kompetent erachtet werden, betreffen. In der historischen Entwicklung wären hierfür z.B. die Tendenz zur Monopolisierung der Technikentwicklung durch von der Technikanwendung abgeordnete Experten und Institutionen sowie die damit einhergehende Professionalisierung und Akademisierung der Ingenieur Tätigkeit exemplarisch.

(2) *Zur Systematik „anderer“ Ressourcen der Technikentwicklung:* Ein Ausgangspunkt der vorangegangenen Überlegungen war die von Wengenroth formulierte Differenz zwischen Wissenschaft und Technikentwicklung. Vor dem Hintergrund der skizzierten Thesen zur gesellschaftlichen Steuerung der Technikentwicklung durch ihre Verwissenschaftlichung sei daher abschließend nochmals die Frage nach den Grundlagen und der Systematik nicht-wissenschaftlich geleiteter Vorgehensweisen oder Wissensbestände aufgegriffen. Die zentrale Frage ist in dem hier umrissenen Zusammenhang, in welcher Weise Prozesse der Verwissenschaftlichung nicht - wie dies zumeist unterstellt wird - nur auf eine „unvollkommene“ wissenschaftliche Fundierung treffen, sondern vielmehr auf eigenständige Ressourcen für technische Innovationen. Unsere These ist, daß dabei Wissens- und Handlungsformen, wie sie in der Anwendung technischer Systeme speziell bei der Auseinandersetzung und Bewältigung von Unbestimmbarkeiten und Unwegbarkeiten zum Tragen kommen, auch bei der Technikentwicklung eine wichtige Rolle spielen, die jedoch im Zuge der Prozesse der Verwissenschaftlichung eher zurückgedrängt als systematisch genutzt werden. Das Konzept „subjektivierenden Arbeitshandelns“ könnte demnach nicht nur für den Umgang mit technischen Systemen, sondern auch für die Technikentwicklung einen analytischen Bezugsrahmen darstellen, mit dem „Abweichungen“ von der wissenschaftlich geleiteten Methodik einer systematischen sozialwissenschaftlichen Analyse zugänglich werden. Aufschlußreich ist hier - in den von Wengenroth bereits aufgeführten Beispielen -, daß in der historischen Entwicklung Abgrenzungen der Ingenieur Tätigkeit gegenüber den Naturwissenschaften u.a. durch die „Rückbindung an die unendliche Vielgestalt und Unregelmäßigkeit der technischen Wirklichkeit“ begründet werden (Dienel 1992, S. 35 sowie S. 122).

Zu betonen ist in diesem Zusammenhang, daß in der Perspektive eines „subjektivierenden Arbeitshandelns“ auch physikalisch-organische Gegebenheiten und Gegenstände grundsätzlich Eigenschaften und Verhaltensweisen aufweisen, die nicht voll berechenbar, prognostizierbar und beherrschbar sind. Sie werden daher sowohl im kognitiven als auch im praktischen Umgang nicht primär wie berechenbare und instrumentell beherrschbare „Objekte“, sondern als bzw. wie „Subjekte“ wahrgenommen.

Eine systematische Analyse der Technikentwicklung auf dieser (konzeptuellen) Grundlage liegt derzeit (noch) nicht vor. Doch scheint eine sol-

che Analyse insbesondere in einer zweifachen Richtung weiterführend und erfolgversprechend. Zum einen ergibt sich hieraus ein erweiterter Zugang zur Analyse der Ingenieur Tätigkeit bzw. des Ingenieurhandelns. Es liegt eine Reihe von Hinweisen dazu vor, daß im konkreten Arbeitshandeln neben der wissenschaftlich geleiteten Methodik in der Praxis andere Vorgehensweisen wie intuitive Problemlösungen oder bildhaft-gegenständliches und assoziatives Denken eine wichtige Rolle spielen. Sie scheinen - nach vorliegenden Berichten aus der Praxis - gerade auch im Kontext „verwissenschaftlichter“ Arbeitsprozesse von Bedeutung, bleiben hier jedoch gleichwohl eher verdeckt und rangieren außerhalb dessen, was „offiziell“ als sachgemäß gilt. Die hierzu vereinzelt bereits vorliegenden Untersuchungen, etwa zur Rolle visuell-bildhaften Denkens (Ferguson 1992), verweisen ebenfalls nachdrücklich auf die (vermutete) Bedeutung subjektivierenden Arbeitshandelns in der Technikentwicklung. Zum anderen wäre - ebenso wie der Prozeß der Verwissenschaftlichung - die Rolle eines subjektivierenden Handelns nicht nur auf die Ingenieur Tätigkeit (im engeren Sinn) zu beziehen. Zu fragen wäre vielmehr, in welcher Weise durch die Systematik eines subjektivierenden Handelns auch eine spezifische soziale Organisation der Technikentwicklung wie auch deren inhaltliche Gestaltung hervorgebracht wird. Dies kann und soll hier nicht weiter ausgeführt und vertieft werden. (Erste Ansätze hierzu finden sich bei Böhle 1995, S. 95 ff.) Die von Wengenroth umrissene Forderung einer neuen Verschränkung von Wissenschaft und „Kunst“ wäre in dieser Perspektive nicht nur auf der Ebene der konkreten Entwicklungsarbeit, d.h. Qualifikation und Arbeitsweise jener, die Technik entwickeln, zu lokalisieren, sondern hätte zugleich auch weitreichende Konsequenzen für die soziale Organisation technischer Entwicklungen und deren Leitbilder. Fragwürdig werden damit sowohl das Konzept der Automatisierung als auch die Entstofflichung und Entsinnlichung von Technik als quasi immanente Logik technischer Entwicklung; zur Debatte steht damit auch nicht nur die Annahme der Berechenbarkeit und Beherrschbarkeit naturhafter physikalisch-organischer Gegebenheiten, sondern ebenso auch technischer Systeme selbst.

Folgt man der hier umrissenen Fragestellung, so läßt sich das Problem der Entkopplung technischer Entwicklungen gegenüber ihrer Anwendung nicht durch die „einfache“ (Wieder-)Herstellung bestimmter Rückkopplungsmechanismen lösen. Erforderlich wäre vielmehr zugleich eine Ergänzung und Modifizierung der Prozesse der Verwissenschaftlichung durch die Systematik „subjektivierenden Handelns“. Die Verwissen-

schäftlichung von Technik hat hier - ganz ähnlich wie bei der Technikanwendung - die weithin unbeachtete „Nebenfolge“, daß im Interesse der Steigerung von Innovationsfähigkeit wichtige Ressourcen für technische Innovationen eher zerstört als gefördert werden. Doch zieht man dabei die zuvor umrissene Einbindung von Prozessen der Verwissenschaftlichung in spezifische gesellschaftliche Interessen in Betracht, so wird erkennbar, daß es sich hier eben nicht nur um eine Frage der Sicherung und Steigerung der Innovationsfähigkeit handelt, sondern diese zutiefst mit Entscheidungen über die Richtung des „technischen Fortschritts“ verknüpft ist.

Literatur

- Benad-Wagenhoff, V.: Industrieller Maschinenbau im 19. Jahrhundert - Werkstattpraxis und Entwicklung spanabhebender Werkzeugmaschinen im deutschen Maschinenbau 1870-1914, Stuttgart 1993.
- Bieber, D.; Möll, G.: Technikentwicklung und Unternehmensorganisation - Zur Rationalisierung von Innovationsprozessen in der Elektroindustrie, Frankfurt/New York 1993.
- Böhle, F.: Grenzen und Widersprüche der Verwissenschaftlichung von Produktionsprozessen - Zur industriesoziologischen Verortung von Erfahrungswissen. In: Th. Malsch; U. Mill (Hrsg.): ArBYTE - Modernisierung der Industriesoziologie? Berlin 1992, S. 87-132.
- Böhle, F.: Auf der Suche nach dem „Knöpfchendrucker“ - Arbeit an CNC-Maschinen bei flexibler Produktion und Massenfertigung. In: LTA-Forschung (Landesmuseum für Technik und Arbeit), Heft 10, Mannheim 1993, S. 41-65.
- Böhle, F.: Negation und Nutzung subjektivierenden Arbeitshandelns bei neuen Formen qualifizierter Produktionsarbeit. In: N. Beckenbach; W. van Treeck (Hrsg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit, Soziale Welt, Sonderband 9, Göttingen 1994, S. 183-206.
- Böhle, F.: Technikentwicklung zwischen Verwissenschaftlichung und Erfahrung - Zur Begründung eines neuen Forschungs- und Entwicklungsfeldes. In: H. Rose (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement, Frankfurt/New York 1995, S. 69-102.
- Böhle, F.; Milkau, B.: Vom Handrad zum Bildschirm - Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß, Frankfurt/New York 1988.
- Böhle, F.; Moldaschl, M.; Rose, H.; Weishaupt, S.: Neue Belastungen und Risiken bei qualifizierter Produktionsarbeit. In: ISF-München u.a. (Hrsg.): Jahrbuch Sozialwissenschaftliche Technikberichterstattung 1993 - Schwerpunkt: Produktionsarbeit, Berlin 1993, S. 67-137.

- Böhle, F.; Rose, H.: **Erfahrungsgel leitete Arbeit bei Werkstattprogrammierung - Perspektiven für Programmierverfahren und Steuerungstechniken.** In: H. Rose (Hrsg.): **Programmieren in der Werkstatt, Frankfurt/New York 1990, S. 11-95.**
- Böhle, F.; Rose, H.: **Technik und Erfahrung - Arbeit in hochautomatisierten Systemen, Frankfurt/New York 1992.**
- Böhle, F.; Schulze, H.: **Subjektivierendes Arbeitshandeln - zur Überwindung einer gespaltenen Subjektivität.** In: Ch. Schachtner (Hrsg.): **Technik und Subjektivität, Frankfurt 1996.**
- Böhme, G.: **Alternativen der Wissenschaft, Frankfurt 1980.**
- Bolte, A.: **Planen durch Erfahrung - Arbeitsplanung und Programmerstellung als erfahrungsgel leitete Tätigkeiten von Facharbeitern mit CNC-Werkzeugmaschinen, Kassel 1993.**
- Braverman, H.: **Die Arbeit im modernen Produktionsprozeß, Frankfurt/New York 1977 (1. Auflage 1974).**
- Carus, U.; Schulze, H.: **Leistungen und konstitutive Komponenten erfahrungsgel leiteter Arbeit.** In: H. Martin (Hrsg.): **CeA - Computergestützte erfahrungsgel leitete Arbeit, London/Berlin/Heidelberg etc. 1995, S. 48-82.**
- Carus, U.; Schulze, H.: **Technikbedarf aus der Perspektive erfahrungsgel leiteter Arbeit in der industriellen Produktion.** In: H. Rose (Hrsg.): **Nutzerorientierung im Innovationsmanagement, Frankfurt/New York 1995a, S. 123-149.**
- Dienel, H.L.: **Herrschaft über Natur - Naturvorstellungen deutscher Ingenieure 1891-1914, Stuttgart 1992.**
- Drexel, I.: **Das Ende des Facharbeiteraufstiegs? - Neue mittlere Bildungs- und Karrierewege in Deutschland und Frankreich - ein Vergleich, Frankfurt/New York 1993.**
- Ferguson, E.S.: **Engineering and the Mind's Eye, Cambridge/London 1992.**
- Hack, L.: **Vor Vollendung der Tatsachen - Die Rolle von Wissenschaft und Technologie in der dritten Phase der industriellen Revolution, Frankfurt 1988.**
- Halfmann, J.: **Die Entstehung der Mikroelektronik, Frankfurt/New York 1984.**
- Hirsch-Kreinsen, H.: **NC-Entwicklung als gesellschaftlicher Prozeß - Amerikanische und deutsche Innovationsmuster der Fertigungstechnik, Frankfurt/New York 1993.**
- Hollin, E.; Kempin, P.: **Identität, Geist und Maschine - Auf dem Weg zur technologischen Zivilisation, Reinbek b. Hamburg 1989.**
- Kalkowski, P.; Manske, F.: **Innovation im Maschinenbau - Ein Beitrag zur Technikgeneseforschung.** In: SOFI-Mitteilungen, Nr. 20, Göttingen 1993, S. 62-85.
- Kern, H.; Schumann, M.: **Das Ende der Arbeitsteilung? - Rationalisierung in der industriellen Produktion, München 1984.**
- Kern, H.; Schumann, M.: **Industriearbeit und Arbeiterbewußtsein, (1. Auflage 1970), Frankfurt 1985.**

- Klauß, H.:** Zur Konstitution der Sinnlichkeit in der Wissenschaft - Eine soziologische Analyse der Wandlungen des Subjekt-Objekt-Verhältnisses, Rheda-Wiedenbrück 1990.
- Knie, A.:** Diesel - Karriere einer Technik, Genese und Formierungsprozesse im Maschinenbau, Berlin 1991.
- König, W.:** Konstruieren und Fertigen im deutschen Maschinenbau unter dem Einfluß der Rationalisierungsbewegung. In: Technikgeschichte, Band 56, Heft 3, 1989, S. 183-204.
- Kreibich, R.:** Die Wissenschaftsgesellschaft, Frankfurt 1986.
- Kutschmann, W.:** Der Naturwissenschaftler und sein Körper, Frankfurt 1986.
- Lullies, V.; Bollinger, H.; Weltz, F.:** Wissenslogistik - Über den betrieblichen Umgang mit Wissen bei Entwicklungsvorhaben, Frankfurt/New York 1993.
- Lutz, B.; Veltz, P.:** Maschinenbauer versus Informatiker - Gesellschaftliche Einflüsse auf die fertigungstechnische Entwicklung in Deutschland und Frankreich. In: K. Düll; B. Lutz (Hrsg.): Technikentwicklung und Arbeitsteilung im internationalen Vergleich, Frankfurt/New York 1989, S. 213-285.
- Müller, S.:** Phänomenologie und philosophische Theorie der Arbeit, Band II, Freiburg/München 1994.
- Noble, D.F.:** Forces of Production - A Social History of Industrial Automation, New York 1984.
- Ortmann, G.:** Formen der Produktion - Organisation und Rekursivität, Opladen 1995.
- Rose, H.; Lennartz, K.D.:** Bedarf und Perspektiven zur technischen Unterstützung erfahrungsgeleiteter Arbeit. In: H. Martin (Hrsg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit, Berlin/Heidelberg/New York etc. 1995, S. 83-94.
- Ruby, J.:** Maschinen für die Massenfertigung, Stuttgart 1995.
- Schmiede, R.:** Information und kapitalistische Produktionsweise. In: Th. Malsch; U. Mill (Hrsg.): ArBYTE - Modernisierung der Industriesoziologie? Berlin 1992.
- Schulze, H.; Carus, U.:** Systematik und Topologie kritischer Arbeitssituationen. In: H. Martin (Hrsg.): CeA - Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit, Berlin/Heidelberg/New York etc. 1995, S. 30-47.
- Schumann, M.; Baethge-Kinsky, V.; Kuhlmann, M.; Kurz, C.; Neumann, U.:** Trendreport Rationalisierung - Automobilindustrie, Werkzeugmaschinenbau, Chemische Industrie, Berlin 1994.
- Sohn-Rethel, A.:** Geistige und körperliche Arbeit, Frankfurt 1972.
- Ullrich, O.:** Technik und Herrschaft - Vom Handwerk zur verdinglichten Blockstruktur der industriellen Produktion, Frankfurt 1977.
- Wood, S.:** Neue Technologien, Arbeitsorganisation und Qualifikation: Die britische Labour-Process-Debatte. In: Prokla 62, März 1986, S. 74-104.