

Technikentwicklung zwischen Verwissenschaftlichung und Erfahrung - Zur Begründung eines neuen Forschungs- und Entwicklungsfeldes

1. Technikentwicklung und betriebliche Praxis - neue Probleme
2. Verwissenschaftlichung von Technikentwicklung als sozialer Prozeß
3. Erfahrung und subjektivierendes Handeln - Grundlagen einer "anderen" Systematik technischer Innovationen
4. Aufgaben und Perspektiven für die Untersuchung und praktische Gestaltung betrieblicher Technikentwicklung

1. Technikentwicklung und betriebliche Praxis - neue Probleme

Speziell im Bereich der Produktionstechnik bestand bisher ein weitgehendes "Vertrauen" darauf, daß unternehmerische Interessen sowie Markt- und Konkurrenzbeziehungen nicht nur technische Innovationen hervorbringen und beschleunigen, sondern auch deren konkrete Gestaltung so beeinflussen, daß sie den Produktionserfordernissen und -zielen von (Anwender-)Betrieben entsprechen. So gibt es hier kaum eine nennenswerte gesellschaftspolitische Diskussion darüber, ob bestimmte technische Vorhaben weiterentwickelt werden oder deren Entwicklung "gestoppt" werden soll (wie dies z.B. bei großtechnischen Projekten im Bereich der Energieversorgung und des Verkehrs der Fall ist); auch blieb hier bislang die Frage nach alternativen Ansätzen für technische Innovationen (wie z.B. im Bereich der Diskussion alternativer Energien) bestenfalls auf einige Ansätze begrenzt.

In der betrieblichen Praxis zeigt sich demgegenüber jedoch gegenwärtig ein neues, eher unerwartetes Problem: Auf dem Markt werden Produktionstechniken angeboten, die den Erfordernissen und -bedingungen bei Anwenderbetrieben nicht oder nur begrenzt entsprechen. Ist es im Bereich der Konsumgüterindustrie z.B. seit langem ein bekanntes Phänomen, daß am Markt vorbei produziert wird, so war dies speziell im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus bislang kaum bekannt. Vor allem in Zusammenhang mit der Weiterentwicklung und Nutzung der Mikroelektronik hat jedoch gerade hier seit gut einem Jahrzehnt eine Entwicklung eingesetzt, die sich zwar einerseits als "technischer Fortschritt" ausweisen läßt, die andererseits aber weit weniger als erwartet auf einen entsprechenden Bedarf in der betrieblichen Praxis trifft. Dabei sind Einbrüche auf dem Absatzmarkt zwar ein wichtiges, aber keineswegs das einzige Indiz; sehr weitreichende, aber vielfach eher verdeckt bleibende Probleme ergeben sich vor allem beim praktischen Einsatz solcher neuen Produktionstechniken. Die "Allianz" zwischen ökonomischen Interessen von Herstellerbetrieben einerseits und Anwenderbetrieben andererseits wird hierdurch empfindlich gestört. Anwenderbetriebe sind - infolge mangelnder Alternativen - auf den Einsatz von Produktionsmitteln angewiesen, die sich nur für einzelne ihrer Produktionsaufgaben eignen oder/und die unter den bestehenden Produktionserfordernissen und -gegebenheiten schwer handhabbar und in ihrer Leistungsfähigkeit nur begrenzt ausnutzbar sind. Die Erfahrungen, die mittlerweile bei der Entwicklung von CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen ebenso wie anderer rechnergestützter Planungs- und Systemtechniken (PPS etc.) bis hin zu umfassenden CIM-Konzepten und -Systemen vorliegen, liefern hierfür zahlreiche Belege, die auch in vorliegenden Untersuchungen dokumentiert sind.¹

Auch wenn mittlerweile Visionen der Vollautomatisierung ("mannlose Fabrik") als wenig realistisch erkannt wurden (CIM-Ruinen), garantiert

1 Dargelegt sind solche arbeits- und produktionstechnischen Probleme beim Einsatz neuer Produktionstechniken z.B. für den Bereich CNC-gesteuerter Werkzeugmaschinen in Martin 1995; Böhle u.a. 1993, S. 14 ff.; für den Bereich der PPS-Technologie in Manske, Wobbe 1987; Hildebrandt, Seltz 1989; für Entwicklungen im Bereich von Expertensystemen, soweit sie als facharbeitergemäße Unterstützung für die Fehlerdiagnose der Produktion konzipiert sind, in Fischer u.a. 1992, S. 219 ff., sowie für den Bereich der Prozeßleittechnik in Böhle, Rose 1992; vgl. hierzu auch den Beitrag von Carus, Schulze, S. 123 ff., in diesem Band.

dies (allein) noch keineswegs, daß hiermit die Anwender- und Nutzerprobleme beim Einsatz neuer Produktionstechniken gelöst sind.

Betriebliche Innovationsprozesse sind damit gegenwärtig mit einem zweifachen Problem konfrontiert: Zum einen führen Veränderungen auf dem Absatzmarkt zu einer Verschärfung der Konkurrenz und zu neuen und höheren Anforderungen einer Differenzierung und Flexibilisierung der Produkte. Es ergibt sich hieraus ein "Rationalisierungsdruck" zur Einsparung von Kosten und Entwicklungszeiten, ebenso aber auch ein besonderer "Innovationsdruck", um mit neuen Entwicklungen auf dem Markt präsent zu sein bzw. zu bleiben. Zum anderen führen aber die Beschleunigung und die Forcierung technischer Innovationsprozesse ebenso wie neue Entwicklungen und Produkte keineswegs per se auch zur Sicherung oder gar Verbesserung der Position auf den Absatzmärkten; es ist damit offenbar noch keineswegs gewährleistet, daß auch die für Anwender und Nutzer notwendigen technischen Produktionsmittel hergestellt und angeboten werden.

Die hiermit angesprochenen Probleme lassen sich nicht mehr allein mit den bisher praktizierten Strategien zur Steigerung der Effizienz technischer Innovationsprozesse bewältigen. Diese richten sich bislang primär auf eine forcierte Durchsetzung und Verbreitung natur- und ingenieurwissenschaftlich begründeter Erkenntnisse und Methoden. Damit werden betriebliche Innovationsprozesse zwar gestützt und gefördert, doch besteht zugleich die Gefahr, daß die zuvor angesprochenen Probleme nicht nur nicht gelöst, sondern weiter verschärft werden. Ihre Bewältigung - so unsere grundlegende These - setzt eine neue Auseinandersetzung mit den Folgen und Grenzen der Verwissenschaftlichung technischer Innovationsprozesse voraus.

Im Rahmen eines Entwicklungsvorhabens zur Überwindung arbeits- und produktionstechnischer Defizite bei den vorherrschenden technischen Konzepten von CNC-Werkzeugmaschinen (Martin 1995) ergaben sich auch aufschlußreiche Hinweise auf Ursachen für eine ungenügende Berücksichtigung der praktischen Nutzung von Produktionstechniken im Prozeß der Technikentwicklung. Als besonders bedeutsam erwiesen sich Diskrepanzen zwischen den Annahmen über die technischwissenschaftliche Beherrschbarkeit konkreter Produktionsabläufe einerseits und den tatsächlichen Gegebenheiten in der betrieblichen Praxis andererseits. Speziell in Verbindung mit rechnergestützten Technologien zeigt sich die Tendenz, bei der Technikentwicklung die Möglichkeit für eine systematische

Erfassung und Beschreibung der relevanten Parameter und Wirkungszusammenhänge in konkreten Produktionsabläufen zu überschätzen. Probleme und Grenzen, die hier in der Praxis auftreten, werden entweder nicht gesehen oder wenn, dann als vorübergehende Entwicklungs- und Anpassungsprobleme eingeschätzt oder auf Bedienungs- und Anwendungsfehler im Umgang mit Maschinen und Anlagen zurückgeführt. Auch wenn grundsätzlich die Unersetzbarkeit des Menschen anerkannt und berücksichtigt wird, ist (bleibt) die Annahme, daß - zumindest im Prinzip - eine vollständige systematische Erfassung und Beschreibung konkreter Produktionsabläufe mittels eindeutiger und exakter Kriterien sowie Wirkungszusammenhänge (Regeln bzw. Gesetzmäßigkeiten) möglich ist, ein weithin vorherrschendes Leitbild bei der Technikentwicklung.

In diesem Beitrag soll gezeigt werden, in welcher Weise wichtige Ursachen für Diskrepanzen zwischen Annahmen, die bei der Entwicklung von Produktionstechniken leitend sind, und den tatsächlichen Gegebenheiten bei der Technikanwendung in spezifischen kognitiven und organisatorischen Strukturen liegen, die in Verbindung mit der Verwissenschaftlichung betrieblicher Technikentwicklung hervorgebracht und als sachlich "richtig" und "effizient" ausgewiesen werden. Dies besagt zweierlei: zum einen, daß die Entstehung solcher Diskrepanzen in Zusammenhang steht mit der Herausbildung sog. "wissenschaftsbasierter" Innovationsmuster, und zum anderen, daß durch die Verwissenschaftlichung die betriebliche Technikentwicklung nicht nur eine besondere "wissensmäßige" Fundierung erfährt, sondern hierdurch auch die Organisation betrieblicher Technikentwicklung beeinflusst und geprägt wird. Die Berücksichtigung der Praxis, d.h. der konkreten Erfordernisse und Bedingungen bei der Anwendung von Produktionstechniken, wird hierdurch sowohl kognitiv als auch institutionell-organisatorisch in spezifischer Weise gefiltert und selektiert.

Im folgenden sei versucht, dies näher zu begründen. Hierzu werden in einem ersten Schritt systematische Zusammenhänge zwischen der "Verwissenschaftlichung" technischer Innovationen einerseits und der Organisation betrieblicher Innovationsprozesse andererseits umrissen. Auf dieser Basis wird in einem weiteren Schritt der Frage nachgegangen, in welcher Weise sog. "Abweichungen" von wissenschaftsbasierten Innovationsmustern ihrerseits eine Systematik aufweisen, in der wichtige Ansatzpunkte liegen, die im Zuge der Verwissenschaftlichung nicht aufzugeben, sondern vielmehr in gleicher Weise (weiter-)zuentwickeln wären.

2. Verwissenschaftlichung von Technikentwicklung als sozialer Prozeß

2.1 Verwissenschaftlichung und Praxis - Grundlagen der Technikentwicklung

Es ist ein weitverbreiteter Grundsatz, daß Technik auf der Anwendung von Naturgesetzen beruht. Dies gilt auch dann, wenn bei der Entwicklung (Erfindung) technischer Produktionsmittel (Werkzeuge, Maschinen, Anlagen) solche Naturgesetze weder explizit bekannt noch bewußt sind. Auf dieser Grundlage liegt die Annahme nahe, daß durch das Erkennen von Naturgesetzen und durch die Anwendung des hierüber gewonnenen Wissens technische Innovationen forciert, wenn nicht erst in umfangreicherem Maße ermöglicht werden. In modernen Industriegesellschaften wird ein solches Wissen speziell durch die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften und der hierdurch begründeten technischen Disziplinen bereitgestellt. Wissenschaftlich gewonnene Erkenntnisse beruhen dabei - etwa im Unterschied zu praktischen Erfahrungen und zum Alltagswissen - auf spezifischen Methoden der Erkenntnis und unterliegen spezifischen Kriterien, nach denen ihr Wahrheitsgehalt beurteilt wird. Auf diese Weise sind in der Geschichte industrieller Gesellschaften naturwissenschaftlich begründete Erkenntnisse vielfach an die Stelle "nicht-wissenschaftlich" gewonnenen und begründeten Wissens getreten und haben dieses ersetzt, korrigiert und erweitert. Technischer Fortschritt beruht - so gesehen - wesentlich auf der Vertiefung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und ihrer Anwendung. Mängel, die bei der konkreten Realisierung von Innovationsprozessen auftreten, sind demzufolge auch am ehesten durch eine intensivere und systematischere Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse oder/und deren Vertiefung zu bewältigen.

Untersuchungen zur historischen Entwicklung betrieblicher Innovationsprozesse zeigen, daß sich die systematische Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in den verschiedenen Branchen industrieller Produktion mit jeweils unterschiedlichem Gewicht und unterschiedlicher Beschleunigung vollzieht (Bieber, Möll 1993, S. 99 ff.; König 1989). So sprechen sozialwissenschaftliche Untersuchungen zu betrieblichen Innovationsprozessen im Maschinenbau noch nach dem Zweiten Weltkrieg von der Dominanz eines sog. "praxisorientierten Innovationsmusters" (vgl. die

Beiträge von Manske, S. 103 ff., und Hirsch-Kreinsen, S. 11 ff., in diesem Band). Charakteristisch hierfür ist eine enge Beziehung zu den Anwendern; fertigungstechnische Entwicklungen im Maschinenbau unterliegen sehr direkt den "Anforderungen" der Anwender. Es entstehen auf diese Weise sog. "angeleitete Innovationen", da der Anwender die Entwicklung von Produktionsmitteln anregt wie auch kontrolliert. Auch nach dem Verkauf der Produkte erhalten die Konstrukteure Informationen der Anwender über positive wie negative Erfahrungen (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 5). Ein weiteres Merkmal sind Kontakte und teils Kooperationen zwischen technischer Entwicklung und Fertigung. Trotz organisatorischer und räumlicher Ausdifferenzierung erhalten und nutzen Konstrukteure Informationen aus der Werkstatt als Anstöße für Entwicklungen wie auch für deren Korrektur und Verbesserung.² Des Weiteren wird - trotz Rekrutierung akademisch ausgebildeten Personals - ein Großteil der in technischen Büros eingesetzten Arbeitskräfte aus dem Bereich von Facharbeitern und einer entsprechenden beruflichen Sozialisation rekrutiert. Grundlage hierfür sind innerbetriebliche Aufstiegswege sowie spezielle Bildungseinrichtungen und -wege, durch die Facharbeiter aus den gewerblich-technischen Berufen zusätzliche Qualifizierungsmöglichkeiten erhalten (Drexel 1993, S. 129 ff.; Hirsch-Kreinsen 1993, S. 197 ff.). Damit wird sowohl ein spezielles "Produktionswissen" in die technische Entwicklung einbezogen als auch eine soziale Nähe zwischen Entwicklung und Produktion gewährleistet.

Wie vorliegende Untersuchungen zeigen, scheint jedoch spätestens seit Anfang der 80er Jahre das traditionelle "praxisorientierte Innovationsmuster" im Maschinenbau angesichts neuer Anforderungen und Konkurrenz auf den Märkten, ebenso aber auch hinsichtlich seiner qualifikatorischen Basis, an Grenzen zu stoßen. Es vollziehen sich in den Betrieben Veränderungen, die sich summarisch als Tendenz zu einem stärkeren "wissenschaftsorientierten Innovationsmuster" bezeichnen lassen (Kalkowsky, Manske 1993). Speziell die IuK-Technologien führen hier z.B. zu einer Situation, in der das traditionelle Wissen der Maschinenbauer als unzureichend erscheint und durch andere, sehr viel stärker akademisch orientierte Disziplinen ergänzt werden muß. Entsprechend wird u.a. die Tendenz zur

2 Vergleiche hierzu z.B. die Darstellung einer "innovativen Gesamtorganisation" in einem mittelständischen Betrieb des Maschinenbaus bei Asdonk u.a. 1991, S. 296 f.

"Akademisierung" des technischen Personals weiter forciert, was auch durch die Reformen im öffentlichen Bildungssystem gefördert wird (vgl. z.B. Lutz, Kammer 1975). Doch scheinen die Ergebnisse dieser Veränderungen bisher (noch) nicht eindeutig fixiert. Zutreffend scheint vielmehr: "Die Unternehmen befinden sich noch in einer Phase des Ausprobierens von unterschiedlichen ... Konzepten, die zur Steigerung der Innovationsfähigkeit beitragen sollen. Der Ausgang dieser Experimente ist noch offen. Grundsätzlich ist es aber für den Maschinenbau ein unabweisbares Erfordernis, vermehrt Theoretiker und Spezialisten für die Bewältigung ihrer Innovationsvorhaben zusammenzubringen". Dies aber wiederum - so die Feststellung - macht es zugleich für die Betriebe notwendig, "mit Hilfe organisatorischer Maßnahmen zu verhindern, daß Theorie und Praxis zu weit auseinanderdriften" (Kalkowsky, Manske 1993, S. 83).

Unsere These ist, daß damit ein sehr weitreichendes Problemfeld angesprochen ist. Die hier hervorgehobene notwendige Verbindung von "Theorie" und "Praxis" läßt sich weder durch eine einfache "Rückkehr" zu einem "praxisorientierten Innovationsmuster" bewältigen noch durch die bloße Etablierung neuer Organisationsformen, durch die z.B. eine Kommunikation und Kooperation zwischen Entwicklung und Fertigung intensiviert und soziale und räumliche Distanzen abgebaut werden. Solche Lösungen greifen zu kurz. Notwendig ist eine sehr viel grundlegender und tiefer ansetzende Auseinandersetzung mit den Prämissen (Grundsätzen), durch die die Verwissenschaftlichung technischer Innovationen geleitet wie auch begründet wird. Das Kernproblem liegt dabei nicht einfach darin, daß die Verwissenschaftlichung zu einer Distanz gegenüber der Praxis führt und daher "die Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in technische Artefakte immer der Ergänzung und Korrektur durch Praxis und Erfahrung bedarf" (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 36). Es trifft nicht zu, daß Verwissenschaftlichung grundsätzlich zu einem Verlust des Praxis- und Erfahrungsbezuges führt - wie es z.B. in vielzitierten Gegenüberstellungen von Theorie und Praxis suggeriert wird. So definieren sich gerade die Naturwissenschaften als empirische Erfahrungswissenschaft, und speziell die Ingenieurwissenschaften haben - trotz Akademisierung - nicht nur traditionell, sondern auch noch gegenwärtig eine sehr starke Ausrichtung auf die Lösung praktischer Probleme. Das Problem der Verwissenschaftlichung reduziert sich daher nicht auf die (einfache) Frage des Verlusts oder der (Wieder-)Herstellung eines Praxisbezugs. In Frage steht vielmehr der "Begriff" von Praxis und deren Einschätzung aus der Perspektive der

Verwissenschaftlichung. Unsere Behauptung ist, daß aus der Perspektive der Verwissenschaftlichung die praktische Anwendung von Technik sehr wohl berücksichtigt wird, es sind dabei aber Annahmen und Sichtweisen vorherrschend, durch die - trotz Berücksichtigung - wichtige Aspekte der Praxis nicht gesehen oder/und nicht angemessen beurteilt werden.

Im folgenden wird versucht, dies näher zu begründen.

2.2 Verwissenschaftlichung und die Systematik objektivierenden Handelns

Die Verwissenschaftlichung technischer Innovationsprozesse beinhaltet nicht nur auf einer kognitiven Ebene die Anwendung eines bestimmten Wissens; es verbindet sich hiermit auch eine sehr umfassende soziale Strukturierung technischer Innovationsprozesse. Wissenschaftsbasierte Vorgehensweisen bei der Technikentwicklung charakterisieren sich durch eine besondere "Handlungsstruktur", die sich als "objektivierendes Handeln" bezeichnen läßt. Betont wird damit die Orientierung an objektiven, personen- wie situationsunabhängigen Methoden, Wissen und Regeln. Systematisch lassen sich hier vier Merkmale eines solchen wissenschaftlich geleiteten Vorgehens bestimmen:

- Wissen und Kenntnisse werden in Form eines kategorialen und formalisierbaren Wissens dargelegt und kommuniziert. Es wird davon ausgegangen, daß sich insbesondere die Eigenschaften und Bewegungen von physikalisch-organischen Gegebenheiten durch ein solches Wissen umfassend beschreiben lassen. Des weiteren beruhen wissenschaftliche Erkenntnisse und ihre Anwendung auf einer primär verstandesmäßigen, intellektuellen Analyse.
- Die sinnlich-praktische Erfahrung wird dabei jedoch nicht - wie fälschlicherweise oft unterstellt - ausgegrenzt; entscheidend ist, daß ihr eine spezifische Funktion zugewiesen und sie hierauf ausgerichtet wird. Die sinnliche Wahrnehmung hat sich darauf zu richten, möglichst exakt Informationen aufzunehmen (zu registrieren) und sie der verstandesmäßigen Verarbeitung zuzuführen oder/und theoretisch gewonnene Kenntnisse empirisch zu überprüfen. Gefordert wird, daß sich die sinnliche Wahrnehmung auf objektiv überprüfbare und definierbare Eigenschaften bezieht und subjektive Deutungen ausgeschaltet wer-

den. Sinnliche Wahrnehmungen und Erfahrungen müssen demzufolge vom subjektiven Empfinden abgelöst und der verstandesmäßigen Kontrolle und Anleitung untergeordnet werden. Dies gelingt um so mehr, als die einzelnen Sinne - nach dem Modell technischer Instrumente - wechselseitig voneinander isoliert und spezialisiert werden. Der Praxisbezug wird dabei nicht ausgegrenzt, jedoch wird er "objektiviert" oder anders ausgedrückt: Praxis gerät nur dann und soweit ins Blickfeld, als sie sich durch objektivierbare Kriterien erfassen, definieren und beurteilen läßt (vgl. Kutschmann 1986).

- Die Gewinnung von Erkenntnissen (Wissen) wird dabei von unmittelbar praktischem Handeln getrennt. Praktisches Handeln erhält primär die Funktion der "Anwendung" von (wissenschaftlichen) Erkenntnissen bzw. der "Ausführung" der auf einer Basis formulierten (Handlungs-)Ziele, Pläne, Regeln und Verfahrensweisen. Dies besagt, daß wissenschaftlich geleitetes Vorgehen zwar keineswegs - wie ebenfalls oft falsch unterstellt - unmittelbar praktisches Handeln ausgrenzt; entscheidend ist aber, daß die Gewinnung von Erkenntnissen und die Planung einerseits sowie die praktische Realisierung andererseits als zwei getrennte und sequentiell aufeinanderfolgende sowie hierarchisch zueinander geordnete Prozesse organisiert sind. Diese Trennung und Abfolge gelten auch dann, wenn organisatorisch und personell Planung und praktische Realisierung zusammengefaßt sind. Auch bei einer Rückkopplung von Erfahrungen, die bei der praktischen Realisierung gewonnen werden, ist diese Handlungsstruktur leitend, so daß sich gerade auch ein wissenschaftlich geleitetes Vorgehen durch beständige empirische Rückkopplungen mit der Praxis nicht nur verträgt, sondern dies hierfür geradezu konstitutiv sein kann. Entscheidend ist daher nicht, ob ein Bezug zur Praxis besteht, sondern in welcher Weise dieser erfolgt ist (s.o.).
- Grundlegend ist schließlich die Unterscheidung zwischen Subjekt und Objekt. Insbesondere materielle Gegebenheiten sind demnach von sog. subjektiven Gegebenheiten grundsätzlich verschieden, was speziell in der Unterscheidung zwischen dem "Subjektiven" als spezifisch "Menschlichem" und dem "Objektiven" als spezifisch "Gegenständlich-Naturhaften" zum Ausdruck kommt. Ausgangspunkt hierfür ist, daß naturhaft Gegenständliches durch objektiv erfaßbare (meßbare) Eigenschaften und Gesetzmäßigkeiten bestimmt ist und sich daher

auch der kognitive und praktische Umgang mit ihnen hierauf beziehen muß. Subjektivität erscheint demgegenüber als primär menschliches intentionales Handeln oder psychisch-emotionales Empfinden u.ä., die bei einem "objektiven" und "sachgemäßen" Umgang mit "Gegenständen" weitmöglichst auszuschalten ist.

Unsere These ist, daß im Zuge der Verwissenschaftlichung von Technikentwicklung betriebliche Innovationsprozesse sowohl auf kognitiver als auch auf institutionell-organisatorischer Ebene durch die Systematik "objektivierenden Handelns" geprägt werden und hierdurch in besonderer Weise der Bezug zur betrieblichen Praxis (Technikanwendung) geformt bzw. umgeformt wird. Ziel der folgenden Ausführungen ist es, einen analytischen Bezugsrahmen und Thesen zu (systematischen) Zusammenhängen zwischen der Verwissenschaftlichung und den institutionell-organisatorischen Strukturen betrieblicher Innovationsprozesse zu umreißen.

2.3 Organisation betrieblicher Technikentwicklung - Einfluß der Verwissenschaftlichung

Der (systematische) Zusammenhang zwischen der sozialen Organisation betrieblicher Innovationsprozesse und Verwissenschaftlichung der Technikentwicklung sei anhand von fünf Charakteristika betrieblicher Innovationsprozesse näher ausgeführt und begründet. Es sind dies: (1) die Trennung und Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung, (2) die externe Rekrutierung und Akademisierung des technischen Personals, (3) die Automatisierung als Leitbild und Zielsetzung für technische Innovationen, (4) das wissenschaftlich geleitete methodische Entwickeln und Konstruieren sowie (5) der Einsatz rechnergestützter Technologien bei Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten.

Damit wird nicht behauptet, daß konkrete betriebliche Innovationsprozesse vollständig hierdurch geprägt sind. Aufgegriffen werden vielmehr bestimmte Prinzipien und Tendenzen, durch die in der bisherigen Entwicklung Veränderungen in der Organisation betrieblicher Innovationsprozesse maßgeblich geprägt werden (bzw. wurden). Sie werden gegenwärtig zumindest teilweise auch als Hemmnisse für betriebliche Innovationsprozesse begriffen (z.B. Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung), doch werden sie dabei nicht in ihrem Zusammenhang mit der Verwissen-

schafftlichung von Technikentwicklung gesehen. Eine Folge hiervon ist, daß einerseits zwar nach neuen Organisationsformen gesucht wird, andererseits aber wichtige Hemmnisse wie auch Voraussetzungen für ihre Realisierung und praktischen Erfolge nicht verändert, sondern eher in gleicher Weise wie bisher durch eine weitergehende Verwissenschaftlichung technischer Innovationen forciert werden.

(1) Trennung und Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung

Es ist ein seit langem zu beobachtendes Prinzip der Organisation industrieller Innovationsprozesse, daß technische Entwicklungen nicht unmittelbar mit Produktionsarbeit verbunden sind und aus ihr hervorgehen, sondern hierfür eigenständige betriebliche Abteilungen geschaffen werden (vgl. zur historischen Entwicklung König 1989). Organisatorisch entsteht damit eine Trennung und Spezialisierung gegenüber der Produktion. Betriebsübergreifend wird dies ergänzt durch Nutzung und Kooperation mit universitären oder universitätsnahen wissenschaftlichen Instituten (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 191 ff.). Diese institutionell-organisatorische Trennung und Ausdifferenzierung folgt in besonderer Weise der zuvor dargestellten Logik wissenschaftlich-objektivierenden Handelns und wird hierdurch begründet. Sie entspricht der Trennung von Planen und Ausführen. Es handelt sich hier daher auch nicht nur um einen einfachen Prozeß der Ausdifferenzierung - wie dies etwa system-theoretisch orientierte Analysen komplexer Organisationen nahelegen würden; vielmehr erfolgt zugleich eine hierarchische Unterordnung der Fertigung unter die technische Entwicklung. Die "ursprüngliche" Integration von Fertigung und technischer Entwicklung wird damit nicht nur getrennt, sondern auch in ihrem Verhältnis zueinander neu geordnet.

Verwissenschaftlichung - so die These - stützt damit die Herausbildung betrieblicher Organisationsformen, bei der die Fertigung auf bloße "Ausführung" reduziert wird. Rückkoppelungen der Entwicklung mit der Fertigung werden damit zwar nicht ausgeschlossen, jedoch werden sie grundsätzlich sowohl in ihrer Gültigkeit als auch praktischen Relevanz von der Beurteilung durch die Entwicklung und Konstruktion abhängig. Erfahrungen, die in der Fertigung gewonnen werden, können damit zwar als Anstöße für technische Entwicklungen oder ggf. Korrekturen fungieren, jedoch hängt dies grundsätzlich davon ab, ob diese den von der Entwicklung und Konstruktion vorgegebenen Kriterien entsprechen, d.h. durch sie akzeptiert werden bzw. überhaupt zur Kenntnis genommen werden.

Die Praxis muß dabei durch das "Nadelöhr" der "Objektivierung", um bei technischen Innovationsprozessen Berücksichtigung zu finden. Zugleich wird der Bezug zur Praxis durch die Prämisse ihrer wissenschafts-methodischen Erkennbarkeit und damit auch Reproduzierbarkeit bestimmt. Praxis muß demnach nicht immer wieder in neuer Weise erkannt und erforscht werden; vielmehr scheint es möglich, sich auf der Basis eines bestimmten Kanons an Wissen ein ausreichendes Bild über praktische Gegebenheiten zu verschaffen und sich hieran zu orientieren. Die Prämisse der Berechenbarkeit physikalisch-organischer Prozesse bietet zugleich die Gewißheit, mittels bestimmter Ausgangsdaten prognostisch konkrete Abläufe und Wirkungen zu bestimmen, ohne diese erst empirisch realisieren und beobachten zu müssen.

Die Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung kann daher auch nicht verhindert oder überwunden werden, wenn einerseits zwar organisatorisch die Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung reduziert wird (z.B. Projektgruppen, räumliche Zusammenlegung), andererseits aber das hierarchische Verhältnis zwischen technischer Entwicklung (Planung) und Fertigung grundsätzlich aufrecht erhalten bleibt.

(2) Externe Rekrutierung und Akademisierung des technischen Personals

Die Tendenz, das für Konstruktion und Entwicklung zuständige technische Personal nicht mehr nur aus der Produktion, sondern vermehrt aus Hochschulabgängern zu rekrutieren ("Akademisierung", vgl. 2.1), verstärkt einerseits die organisatorisch-institutionelle Trennung zwischen Entwicklung und Fertigung, sie wird andererseits aber hierdurch auch erst ermöglicht und gestützt. Die organisatorisch-institutionelle Trennung findet hierdurch ihren personellen Ausdruck in Form einer spezifischen Arbeitsteilung zwischen unterschiedlichen Arbeitskräfte- und Qualifikationsgruppen. Der Trennung zwischen Planen und Ausführen - gemäß der Logik "objektivierenden Handelns" - entspricht hier die personelle Unterscheidung zwischen planend-dispositiven "geistigen" und primär "ausführenden" körperlichen Arbeiten. Praktische Tätigkeit und Erfahrungswissen des Werkstattpersonals zählen dementsprechend primär (nur) zur Ausführung und sind grundsätzlich wissenschaftlich fundiertem Wissen unter- und nachgeordnet. Die Beteiligung des Werkstattpersonals an technischen Innovationen - die über deren praktischen Test hinausgeht - entbehrt aus dieser Sicht jeglicher qualifikatorischen Grundlage. Zugleich

verbindet sich mit der wissenschaftlichen Ausbildung auch der - implizite oder explizite - Anspruch, konkrete Produktionsgegebenheiten in der betrieblichen Praxis "ex ante" systematisch erfassen und beschreiben zu können. Hilfestellungen durch das Werkstattpersonal erscheinen unter dieser Prämisse sehr schnell als Versagen und Unzulänglichkeit des technischen Personals.

Die - in der Praxis durchaus anzutreffende - Weigerung des technischen Personals, überhaupt mit Produktionsarbeitern zu diskutieren und deren Vorschläge anzuhören, ist hier nur eine mögliche, aber keineswegs zwangsläufige Folge. Die soziale Distanz besteht ebenso auch bei direkter Kooperation, wenn von einer grundsätzlichen Überlegenheit wissenschaftlich basierten Vorgehens gegenüber dem bloßen "Erfahrungswissen" der Produktionsarbeiter ausgegangen wird. In bisherigen Diskussionen hierzu wird z.B. vorrangig auf die Notwendigkeit der technisch-wissenschaftlichen Qualifizierung der Produktionsarbeit als Voraussetzung für eine Kommunikation mit dem technischen Personal hingewiesen.

Demgegenüber belegen neuere Untersuchungen, daß das sog. Erfahrungswissen des Werkstattpersonals eine spezifische Form des Wissens darstellt, das auf besonderen Methoden des sinnlich-praktischen Umgangs mit Arbeitsmitteln und -gegenständen beruht und das weder dem wissenschaftlich fundierten Wissen (grundsätzlich) unterlegen noch durch dieses ersetzbar ist (siehe hierzu ausführlicher unter 3.2). Unsere These ist daher, daß Kooperations- und Kommunikationsprobleme zwischen Werkstatt und technischer Entwicklung nicht primär im fehlenden Wissen des Werkstattpersonals, sondern in unterschiedlichen Methoden liegen, mit denen praktische Gegebenheiten erfaßt und beurteilt werden. Diese sind zugleich in jeweils sozio-kulturell und biographisch unterschiedlichen Handlungsmustern eingebettet. Kooperations- und Kommunikationsprobleme zwischen Werkstatt und technischer Planung resultieren in dieser Sicht aus einer wechselseitigen Abgrenzung und Abschottung unterschiedlicher beruflicher Kulturen, die sich nur sehr begrenzt auf ein Repertoire von gemeinsamen Kommunikations- und Interaktionsformen beziehen können. Eine Folge hiervon ist, daß auch dann, wenn Kontakte zwischen dem (akademisch ausgebildetem) technischen Personal und Fachkräften in der Werkstatt bestehen (oder aufgebaut werden), das Werkstattpersonal - wenn überhaupt - nur sehr begrenzt seine Sichtweise und Kenntnisse der Praxis einbringen und verständlich machen kann. Wichtige Informationen

gehen auf diese Weise verloren oder werden erst gar nicht artikuliert, weil sie nicht oder nur begrenzt dem technischen Personal mitteilbar sind. Aus der Sicht des technischen Personals bestätigt dies wiederum, daß seitens des Werkstattpersonals kaum neue verwertbare Erkenntnisse eingebracht wurden. So kommt es gerade auch in der Kooperation zwischen dem (akademisch ausgebildetem) technischen Personal und Werkstattpersonal zu einem zirkularen Aufschaukeln wechselseitiger Kommunikations- und Verständnisprobleme, die eher zur Bestätigung als zur Veränderung und Integration unterschiedlicher Sichtweisen und Kenntnisse praktischer Gegebenheiten führen.

(3) Automatisierung als Leitbild

Es ist eine weitverbreitete Annahme, daß sich das Niveau der technischen (Weiter-)Entwicklung von Maschinen und Produktionsanlagen daran bemißt, inwieweit es gelingt, menschliche Arbeitskraft zu ersetzen. Die vollständige Automatisierung der Arbeits- und Produktionsabläufe ist demnach das höchste Stadium der Technisierung. Sie ist daher auch ein wichtiges Leitbild für technische Innovationen (z.B. geschlossener Regelkreis). Nach dieser Auffassung ist die Tendenz zur Automatisierung ein grundlegendes Merkmal der technischen Entwicklung. In der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Technik und den zahlreichen Versuchen, Technik zu definieren, finden sich für diese Auffassung zahlreiche Belege.³

Auf der Basis historischer Untersuchungen zur Technikentwicklung erscheint eine solche Definition von Technik jedoch keineswegs zwingend. Speziell an der Entwicklung von Werkzeugmaschinen lassen sich vielfältige technische Innovationen nachweisen, die auf die Bewältigung produktionstechnischer Anforderungen abzielten, ohne damit zugleich auch menschliche Arbeitskraft einzusparen. Exemplarisch hierfür sind technische Innovationen im Bereich manuell gesteuerter, universal einsetzbarer Werkzeugmaschinen. Ferner zeigt sich, daß für bestimmte Produktionsaufgaben Automaten schon sehr früh entwickelt wurden, diese aber weder

3 Exemplarisch hierfür sind der geschlossene Regelkreis als "Ideal" der technischen Entwicklung in Natur- und Technikwissenschaften, die Definition von Technik als Organersatz in der Technikphilosophie, etwa bei A. Gehlen (1986), oder die Definition von Technisierung als Einsparung menschlicher Arbeit in der industriesoziologischen Forschung, z.B. bei Kern, Schumann 1985.

die (Weiter-)Entwicklung manuell gesteuerter Maschinen ersetzt haben, noch - technisch gesehen - die Automaten gegenüber manuell gesteuerten Maschinen ein "höheres Niveau" aufwiesen (Ruby 1993, S. 3 ff.). Erst in Zusammenhang mit dem Einsatz der Mikroelektronik wird demgegenüber die Automatisierung zu einem allumfassenden "Leitbild" bei technischen Innovationen im Bereich von Werkzeugmaschinen (Böhle u.a. 1993, S. 19).

Unsere These ist, daß Automatisierung ein Leitbild für technische Innovationen darstellt, das sich nicht aus dem "Wesen" von Technik schlechthin begründet; es resultiert vielmehr aus der Anwendung der Prämissen (natur-)wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden für technische Entwicklungen. Der Verwissenschaftlichung technischer Innovationen entspricht ein Begriff von Technik als eigenständige, gegenüber menschlichen Eingriffen abgeschottete, technische System- und Wirkungszusammenhänge (Böhle 1992, S. 87 ff.). Automatisierung ist die Realisierung von Technik gemäß einer nach eigenen, objektiven Gesetzmäßigkeiten ablaufenden "Objektwelt", die in keiner unmittelbaren Interaktion mit menschlichem Handeln steht (Subjekt-Objekt-Trennung). Soweit das Ideal eines sich selbst steuernden Systems (noch) nicht erreicht ist, wird die notwendige (technisch noch nicht ersetzte) menschliche Arbeit in gleicher Weise definiert und beurteilt wie die technischen Systeme selbst: als ausführende Arbeit, die bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegt. Menschliche Arbeit, die in direkter Interaktion mit technischen Systemen steht und für ihre Funktionsfähigkeit notwendig ist, gehört demnach selbst primär zur "Objektwelt" und ist entsprechend "subjektlos". Die Standardisierung von Arbeitsvollzügen, ihre Organisation nach technisch-wissenschaftlichen Prinzipien bis hin zur weitestmöglichen Ausschaltung der Arbeitenden als Subjekte sind ein konsequenter Ausdruck einer solchen (natur-)wissenschaftlich begründeten Sicht physikalisch-organischer Prozesse und Gegebenheiten. Die in dieser Weise zur Technik gehörende Arbeit ist demzufolge auch nicht nur ausführende, sondern auch primär körperliche Arbeit. Abgesondert hiervon ist die eigentlich menschliche Arbeit im Sinne planender dispositiver geistiger Tätigkeit. Der Umgang mit Technik ist hier - entsprechend dem Verhältnis Mensch/Natur - primär durch "Beherrschung" und "instrumentelle Nutzung" charakterisiert. Kritik an den inhumanen Bedingungen einer zum Funktionieren von Technik (noch) notwendigen ausführenden Arbeit bezieht sich demnach primär auf die fehlenden und eingeschränkt planenden, dispositiven, geistigen Anteile von

Arbeit. Bemühungen, technische Entwicklungen zur Verbesserung und Humanisierung von Arbeit zu nutzen und weiterzutreiben, orientieren sich dementsprechend primär an dem Kriterium, die "ausführende" praktisch sinnliche Arbeit zu reduzieren und die Anteile "planend dispositiver" geistiger Aufgaben auszuweiten.

Auf diesem Hintergrund wird erkennbar, daß negative Erfahrungen mit Bestrebungen zur Vollautomatisierung (z.B. CIM-Ruinen) oder zur Reduzierung menschlicher Arbeit auf einfache Maschinenbedienung (Taylorismus) nur dann zu neuen Ansätzen einer humanorientierten Arbeits- und Technikgestaltung führen, wenn auch grundlegende Prämissen der Verwissenschaftlichung von Technik mit zur Diskussion gestellt werden. So macht es z.B. einen erheblichen Unterschied, ob empirisch auftretende Grenzen der Automatisierung durch aktuell bestehende technische, wissenschaftliche oder auch ökonomische Probleme begründet werden oder ob grundsätzlich eine vollständige technisch-wissenschaftliche Beherrschung konkreter Produktionsabläufe als fraglich angesehen wird. Letzteres hätte z.B. zur Folge, daß auch die Kriterien für die Definition des "technischen Fortschritts" neu zu definieren wären. Und ebenso macht es auch einen erheblichen Unterschied, ob die Kriterien für eine menschenwürdige Arbeit primär an den geistig-dispositiven und planenden Anteilen von Arbeit orientiert sind oder ob in gleicher Weise auch sinnlich praktische Erfahrungen als besondere und unverzichtbare menschliche Fähigkeiten beurteilt und berücksichtigt werden. Wird dies nicht beachtet, erweisen sich - wie oft in der Geschichte - vermeintlich "neue Lösungen" letztlich nur als modifizierte und an neue Bedingungen angepaßte Strategien zur Realisierung der "alten" Ziele.

(4) Methodisches Entwickeln und Konstruieren

Die (natur-)wissenschaftliche Fundierung technischer Entwicklungen findet ihren besonderen Niederschlag in der Herausbildung der sog. Ingenieurwissenschaften und deren institutionellen Verankerung an den technischen Universitäten und universitätsnahen wissenschaftlichen Instituten. Die ingenieurwissenschaftliche Fachrichtung des Maschinenbaus bildet dabei neben der Fachrichtung Elektrotechnik den historischen "Kern" der technischen Hochschulen (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 209). Ein Ziel der wissenschaftlichen Fundierung technischer Entwicklungen ist nicht nur die praktische Anwendung und Nutzung naturwissenschaftlicher Erkenntnis-

se, sondern vor allem auch die Entwicklung eines systematisch-methodischen Vorgehens bei der Suche nach (neuen) technischen Lösungen (Oelsner 1992; 1992a; Müller 1990). Das hierbei anvisierte methodische Vorgehen versteht sich als eine Überwindung eines nur praktischen Experimentierens und/oder sog. "intuitiver" Entscheidungen. Es sollen Vorgehensweisen entwickelt und angewandt werden, die unabhängig von einem praktischen Probieren und persönlichen Einfällen die Lösung eines technischen Problems garantieren. Damit werden Grundlagen geschaffen, um technische Innovationen gerade auch unabhängig von jeweils aktuellen praktischen Anwendungserfordernissen weiterzutreiben; des weiteren reduziert sich bei der Suche nach neuen technischen Lösungen die Abhängigkeit von der Kreativität und dem Engagement individueller "Erfinderpersönlichkeiten" zugunsten der Institutionalisierung kontinuierlicher planmäßig und systematisch ablaufender Forschungs- und Entwicklungsprozesse.

Eine solche wissenschaftlich begründete Systematisierung der Innovationsprozesse geht davon aus, daß Technik auf der praktischen Anwendung von "Naturgesetzen" beruht und Technikentwicklung dementsprechend sich auch nach den Prinzipien eines planmäßigen, wissenschaftlich geleiteten, objektivierenden Handelns vollzieht. Formen von Technikentwicklung, die dem nicht voll entsprechen, sind aus dieser Sicht entweder defizitär oder Stufen in einem allmählich voranschreitenden Prozeß der wissenschaftlichen Fundierung technischer Entwicklungen. Ohne gezielte Anwendungen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und eines planvoll methodischen Vorgehens finden dementsprechend technische Entwicklungen nicht oder nur in einem grundsätzlich beschränkten Rahmen statt.

Unsere These ist, daß die Interpretation technischer Innovationsprozesse als planmäßig systematisches Handeln auf der Grundlage naturwissenschaftlicher Methoden und Erkenntnisse den tatsächlichen Verlauf von Innovationsprozessen und ihrer Voraussetzungen nicht adäquat erfaßt. Abweichungen von wissenschaftlich-systematisch geleiteten Innovationsprozessen - wie z.B. sog. intuitive Einfälle oder ein eher pragmatisches Experimentieren - sind nicht a priori defizitär oder - sofern sie zu Erfolgen führen - eher Zufallsprodukte; ihre Bedeutung kann jedoch aus der Sicht der Verwissenschaftlichung und Logik "objektivierenden Handelns" nicht angemessen erkannt und beurteilt werden. Die Verwissenschaftlichung des Ingenieurhandelns führt daher auch nicht per se und allumfassend zu einer

Steigerung der Effizienz technischer Innovationen. Ermöglicht und forciert werden damit primär nur bestimmte Effekte - wie z.B. die Organisation kontextunabhängiger Innovationsprozesse, die aus der Distanz zur Praxis weitergetrieben werden und sich zugleich als objektivierbare Prozesse in eine betriebliche Kontrolle und Verwaltung einbinden lassen. Fraglich ist jedoch, ob sich damit auch die für technische Innovation ebenso notwendige Kreativität und (subjektives) Engagement ausreichend mobilisieren und nutzen lassen.

Ein weiteres hier zu nennendes Problem der Verwissenschaftlichung des Ingenieurhandelns ist die Abhängigkeit von "gesichertem Wissen". Etwas überspitzt formuliert, besagt dies, daß technische Lösungen nur dann und insoweit gefunden werden können, als sie auf gesicherten Erkenntnissen über die Wirkungsweise technischer Prinzipien und ihrer Funktionen beruhen. Der praktische Test erfüllt hierbei die Funktion der Überprüfung (Bestätigung) bestimmter Annahmen. Sofern bei der Planung richtig vorgegangen wird, ist auch ein bestimmtes praktisches Ergebnis zu erwarten. Damit wird aber das Entwicklungs- und Konstruktionshandeln selbst primär "nur" zu einer Anwendung eines bestimmten Wissenskanons und entsprechend technischer Regeln. Die Suche nach technischen Lösungen wird hierdurch geprägt. Technische Lösungen, die sich auf wissenschaftlich ungesichertes Terrain begeben und deren praktische Ergebnisse begrenzt exakt prognostizierbar sind, werden auf diese Weise ausgegrenzt.

Auf diesem Hintergrund stellt sich die Frage, in welcher Weise nicht gerade durch das Bestreben zu einer zunehmenden wissenschaftlichen Fundierung technischer Innovationsprozesse entscheidende Differenzen zwischen wissenschaftlich geleitetem Vorgehen einerseits und praxis- sowie anwendungsbezogenen Ingenieurhandeln andererseits einseitig zugunsten wissenschaftlicher Methoden aufgelöst werden.⁴

(5) Forcierung der Verwissenschaftlichung durch technische Unterstützung

Die Technisierung von Entwicklungs- und Innovationsprozessen war lange Zeit auf Hilfswerkzeuge begrenzt. Erst in der neueren Entwicklung wurde

4 Vergleiche hierzu z.B. die Gegenüberstellung von Maschinenbauern und Informatikern im Hinblick auf die zukünftige Technikentwicklung bei Lutz, Veltz 1989, S. 213 ff.

auf der Basis von CAD-Systemen eine umfassendere technische Unterstützung des Konstruktions- und Entwicklungshandelns angestrebt. Als positiver Effekt wird insbesondere eine Entlastung von sog. Routineaufgaben herausgestellt. Als negativer Effekt wurde demgegenüber eine stärkere Taylorisierung des Ingenieurhandelns prognostiziert. Diese (negativen) Erwartungen sind jedoch nach vorliegenden Untersuchungen nicht oder wenn, dann nur begrenzt eingetreten (Wolf u.a. 1992, S. 190). Vielmehr zeigt sich, daß trotz Computerisierung spezifische Formen auftragsbezogener Gruppenarbeit in der Konstruktion ebenso ihre Bedeutung behalten wie insgesamt die zentralen objektbezogenen Aufgabenstellungen und Zuordnungen mitsamt den jeweils geforderten Qualifikationskomponenten (ebd., S. 293). Das entscheidend "Neue" scheint demgegenüber primär die Einbindung von Konstruktion und Entwicklungsarbeit in einen umfassenden Prozeß "systemischer Rationalisierung" zu sein. Der Einsatz von CAD-Systemen in Konstruktion und Entwicklung ist demzufolge im Kontext einer umfassenden Neustrukturierung des betrieblichen Informationssystems insgesamt zu sehen. CAD-Systeme sind daher nicht nur als "technische Werkzeuge" von Konstruktion und Entwicklung zu betrachten, sondern ebenso auch als Basis für die Technisierung des Informationsflusses zwischen technischer Planung und Produktion.

Unsere These ist, daß gegenwärtig die vorherrschenden CAD-Systeme primär nach der Logik der Verwissenschaftlichung konzipiert sind. Damit wird in Verbindung mit dem Einsatz solcher Systeme der umrissene Einfluß der Verwissenschaftlichung auf technische Innovationsprozesse in besonderer Weise gestützt und forciert. Dies umfaßt sowohl die organisatorische personelle Trennung von Entwicklung und Produktion als auch das Entwicklungs- und Konstruktionshandeln selbst. Der Umgang mit CAD-Systemen führt daher bei Entwicklern und Konstrukteuren nicht - wie vermutet - primär zu einer "Taylorisierung" geistiger Arbeit. Eine wesentliche Auswirkung ist vielmehr, daß die Arbeit mit diesem System eine Anpassung an die Methodik wissenschaftlich-methodischen Handelns forciert bzw. erzwingt. Sofern technische Innovationsprozesse und Ingenieurhandeln als wissenschaftlich geleitetes Handeln begriffen werden, entsprechen solche technischen Konzepte durchaus dem Ziel, diese Prozesse technisch zu unterstützen und deren Effizienz zu steigern. Reduziert man demgegenüber jedoch technische Innovationsprozesse nicht nur auf die Systematik eines "objektivierenden Handelns", so erweist sich eine solche technische Unterstützung als in hohem Grade "einseitig". Ebenso wird er-

kennbar, daß den in der Praxis auftretenden Problemen, sei es im direkten Umgang mit CAD-Systemen oder bei deren Vernetzung mit anderen betrieblichen Teilprozessen, nicht allein auf dem Weg arbeitsorganisatorischer Anpassungsmaßnahmen oder ergonomischer Verbesserungen zu begegnen ist. Zu fragen ist vielmehr, in welcher Weise durch CAD-Systeme wichtige Ressourcen und Voraussetzungen technischer Entwicklungs- und Innovationsprozesse behindert werden und wie eine gezielte technische Unterstützung jener Prozesse und Charakteristika von Innovationsprozessen aussehen müßte, die von der Logik der Verwissenschaftlichung abweichen.

3. Erfahrung und subjektivierendes Handeln - Grundlagen einer "anderen" Systematik technischer Innovationen

3.1 Grenzen der Verwissenschaftlichung und offene Fragen

Empirisch lassen sich durchaus "Abweichungen" von den zuvor genannten Merkmalen betrieblicher Technikentwicklung finden. Es fehlt jedoch bislang eine systematische Begründung dafür, daß hierzu nicht nur Defizite, sondern wichtige Voraussetzungen für technische Innovationen liegen. Soweit dies vermutet wird, verweist man zumeist eher pauschal auf die Bedeutung der praktischen Erfahrung, die durch die Verwissenschaftlichung nicht ersetzt werden kann. Doch bleiben die Fragen unbeantwortet, weshalb der praktischen Erfahrung offenbar eine solche Bedeutung zukommt und welche Differenzen hier zu der wissenschaftlich geleiteten Berücksichtigung praktischer Anwendungsbedingungen und Erfordernisse von Technik bestehen.

Hirsch-Kreinsen kommt hier z.B. in einer neueren Untersuchung über die Entwicklung NC-gesteuerter Werkzeugmaschinen zu dem Schluß: "Insgesamt muß von einem mehr oder weniger ausgeprägten Spannungsverhältnis zwischen der Logik der Verwissenschaftlichung und den Erfordernissen praktisch-technischer Anwendung ausgegangen werden" (1993, S. 36). Es ist zu vermuten, daß eine solche Feststellung durchaus auf weite Zustimmung stößt. Kaum jemand bestreitet ernsthaft, daß die praktische Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse (zusätzlich) bestimmte Kennt-

nisse über das jeweilige Praxisfeld und den spezifischen Anwendungszusammenhang erfordert. Trotz des - hier weithin unterstellten - Konsens' sei jedoch behauptet, daß dabei zugleich wichtige Grundlagen, Voraussetzungen und Ressourcen technischer Innovationen nicht angemessen erkannt und berücksichtigt werden. Der Hinweis auf die notwendige praxisbezogene Ergänzung und Korrektur wissenschaftlicher Erkenntnis stellt letztlich die aus der Sicht der Wissenschaft formulierte Bedeutung und Überlegenheit wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden für technische Innovationsprozesse nicht in Frage. Sie müssen praxisbezogen ergänzt und ggf. korrigiert werden, jedoch gilt als weithin unbestritten, daß z.B. ein systematisch-methodisches Vorgehen bei der Suche nach technischen Lösungen angemessener und effektiver ist als ein bloßes praktisches Experimentieren oder sog. intuitive Entscheidungen.

Demgegenüber sei hier die These vertreten, daß neben wissenschaftlichen Methoden und Kenntnissen noch andere Formen des Wissens eine unverzichtbare Grundlage für technische Innovationen sind. Diese sind mehr als nur eine bloße Ergänzung und Korrektur der Verwissenschaftlichung, sie sind vielmehr eine eigenständige Grundlage und Ressource für technische Innovationsprozesse. Empirische Belege in der Geschichte der Technikentwicklung und der betrieblichen Praxis für technische Innovationen, die nicht oder nur sehr begrenzt durch die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden zustandekommen (bzw. kamen), wären demzufolge nicht umstandslos Ausdruck von (nur) vor-wissenschaftlichen Innovationsprozessen, deren Leistungsfähigkeit durch eine sukzessive Substitution durch wissenschaftlich basierte Kenntnisse und Methoden gesteigert wird. Zu fragen ist vielmehr, in welcher Weise sich hierin auch Formen des Wissens und methodischen Vorgehens zeigen, die auf einer anderen Systematik als der der Verwissenschaftlichung beruhen und deren Leistungen zwar durch Verwissenschaftlichung ergänzt, aber keineswegs umstandslos ersetzt werden können. Die historisch zweifellos beobachtbaren Leistungen der Verwissenschaftlichung technischer Innovationsprozesse beruhen in dieser Sicht primär in der "Ergänzung" anderer Methoden, nicht aber in ihrer Substitution. Verwissenschaftlichung erweist sich demnach jedoch in dem Maße als äußerst problematisch und kontraproduktiv, als sie zu einem alleinigen bzw. dominanten Muster für die Gestaltung technischer Innovationsprozesse wird. Dies muß nicht notwendigerweise eine vollständige Ersetzung anderer Formen des Wissens und der Vorgehensweisen beinhalten, entscheidend ist vielmehr deren Unterord-

nung unter die Prinzipien der Verwissenschaftlichung. Als entscheidende Frage stellt sich damit nicht, ob und in welcher Weise wissenschaftliche Erkenntnisse durch Praxis und Erfahrung ergänzt und korrigiert werden müssen; zentral wird vielmehr die Auseinandersetzung damit, was unter Praxis und Erfahrung hierbei verstanden wird und welchen Stellenwert sie im Prozeß der Technikentwicklung erhalten.

Eine solche Diskussion der Technikentwicklung richtet sich nicht gegen die Verwissenschaftlichung. Im Vordergrund steht vielmehr die systematische Analyse und Berücksichtigung dessen, was durch die Verwissenschaftlichung ausgegrenzt und substituiert wird. Erst auf dieser Basis stellt sich dann die Frage, welche Rückwirkungen dies auf Prozesse der Verwissenschaftlichung und deren konkrete Gestaltung hat. Des weiteren geht es hier auch nicht um eine nostalgische Verklärung und praktische Erneuerung sog. praxisbezogener Innovationsmuster, wie sie in der Geschichte der Technikentwicklung z.B. speziell im Bereich des Maschinenbaus aufgezeigt wurden (vgl. Kalkowski, Manske 1993). Einmal abgesehen von der Frage, in welcher Weise sie sich überhaupt praktisch wieder "rückgängig" machen lassen, würde ein solches Unterfangen ja von der Annahme ausgehen, daß die Lösung aktueller und zukünftiger Probleme lediglich durch einen Rückgriff auf bereits historisch entwickelte Lösungsmuster möglich wäre. Ziel der folgenden Überlegungen ist demgegenüber, Prinzipien der Organisation von Innovationsprozessen aufzuzeigen, die weder bloße "Abweichungen", "Vorstufen" oder "Ergänzungen" wissenschaftsbasierter Organisationsformen sind, sondern die eine eigenständige "Systematik" aufweisen und die in gleicher Weise wie die "Verwissenschaftlichung" als eine zentrale Grundlage der Technikentwicklung zu begreifen sind und daher systematisch zu fördern und (weiter-)zuentwickeln wären. Im folgenden sei ein konzeptueller Rahmen für eine solche Analyse "nicht-wissenschaftlich" geleiteter Innovationsprozesse vorgestellt.

3.2 Erfahrung und die Systematik subjektivierenden Handelns

Im Zentrum der folgenden Überlegungen steht ein erweitertes Verständnis von "Erfahrung" und "Subjektivität". Ausgangspunkt ist, daß Erfahrung und Subjektivität im praktischen Handeln weit mehr umfassen, als ihnen aus der Logik eines "objektivierenden Handelns" zugestanden wird. Dies gilt gerade auch für ein zielgerichtetes Handeln im Umgang mit Ge-

genständen. In der neueren wissenschaftlichen Diskussion wurde hier im Unterschied zu der Logik eines wissenschaftlich geleiteten "objektivierenden Handelns" das Konzept "subjektivierenden Handelns" entwickelt (Böhle, Milkau 1988). Dieses Konzept richtet sich darauf aufzuzeigen und zu begründen, in welcher Weise sog. nicht-objektivierbare und nicht-rationale Handlungskomponenten - wie z.B. intuitiv assoziatives Denken, gefühlsmäßig emotionale sinnliche Wahrnehmung und Empfindungen u.ä. - in einem systematischen Zusammenhang stehen und eine spezifische Handlungslogik konstituieren. Sie richtet sich - ebenso wie die Prinzipien objektivierenden Handelns - sowohl auf kognitive Prozesse als auch auf den praktischen Umgang mit Gegenständen. Im Unterschied zu den Prinzipien objektivierenden Handelns erlangen hier die sinnliche Erfahrung ebenso wie sog. subjektive Faktoren sowohl eine andere Ausprägung als auch einen anderen Stellenwert. Sie sind nicht nur eher untergeordnete und tendenziell störende Elemente, sondern sie sind vielmehr eine konstitutive Grundlage für den Erwerb von Kenntnissen ebenso wie für praktisches Handeln.

Ein Ausgangspunkt des Konzepts "subjektivierenden Handelns" ist, daß gerade auch physikalisch-organische Gegebenheiten Eigenschaften aufweisen, denen einerseits für praktisches Handeln hohe Bedeutung zukommt, die andererseits aber nicht oder nur sehr begrenzt nach den vorherrschenden Kriterien der "Objektivität" exakt definierbar und beschreibbar sind. Auch "Gegenstände" weisen demnach Eigenschaften und Verhaltensweisen auf, die nicht voll berechenbar, prognostizierbar und beherrschbar sind. Sowohl im kognitiven als auch im praktischen Umgang hiermit ergeben sich hieraus Ähnlichkeiten zu Eigenschaften und Verhaltensweisen von "Subjekten". Des weiteren wird davon ausgegangen, daß sich die kognitiven Leistungen von sog. subjektiven Faktoren wie Gefühl und Empfindungen nicht nur auf das beschränken, was ihnen aus der Perspektive eines "objektivierenden Handelns" zugesprochen wird. Betont wird insbesondere die Erkenntnisleistung der Sinne - insbesondere hinsichtlich der Wahrnehmung vielschichtiger, komplexer und nicht präzise beschreibbarer Eigenschaften und Wirkungszusammenhänge.

Mit dem Begriff "subjektivierend" wird betont, daß zum einen sog. subjektive Faktoren wie Gefühle, Empfindungen nicht ausgeschaltet werden, sondern wichtige Bestandteile sind, und zum anderen, daß auch solche Eigenschaften und Wirkungsweisen von der Umwelt als erkenntnis- und

handlungsrelevant berücksichtigt werden, die sich nicht "objektivieren" lassen. Im Vordergrund stehen damit nicht nur Eigenschaften und Wirkungsweisen, die personen- und kontextunabhängig sind, sondern ebenso auch solche, die primär nur in einem spezifischen situativen Kontext Geltung haben.

Mittlerweile liegen Untersuchungen vor, die belegen, daß ein "subjektivierendes Handeln" gerade auch im Arbeitsprozeß im Umgang mit technischen Arbeitsmitteln notwendig ist (vgl. Institut für Arbeitswissenschaft der GhK Kassel 1992; Böhle, Rose 1990; Böhle, Rose 1993; Bolte 1993; Schulze, Carus 1995; Carus, Schulze 1995 sowie den Beitrag von Carus, Schulze in diesem Band, S. 123 ff.).

Charakteristisch für ein subjektivierendes Handeln - insbesondere im Unterschied zu einem wissenschaftlich geleiteten objektivierenden Handeln - sind demnach: Formen sinnlicher Wahrnehmung, die vom subjektiven Empfinden nicht getrennt, sondern hiermit eng verbunden sind. Dabei beschränkt sich die sinnliche Wahrnehmung nicht nur auf (physiologische) Sinneseindrücke, sondern umfaßt ebenso auch (sinnliche) Abstraktionen und Strukturierungen (Gestalten). Dies beinhaltet auch Verknüpfungen zwischen dem, was konkret wahrgenommen wird mit (sinnlichen) Vorstellungen über (aktuell nicht wahrnehmbare) Gegebenheiten (Imagination). Eine solche sinnliche Wahrnehmung ist verbunden mit wahrnehmungs- und verhaltensnahen Formen menschlichen Denkens. Beispiel hierfür ist ein sog. "anschauliches" ebenso wie ein assoziatives, ganzheitliches Denken, dessen Systematik nicht auf formal-logischen Regeln, sondern auf ihrer Gegenstands- und Erlebnisbezogenheit beruht. Die zumeist vorherrschende geringere Bewertung von sog. anschaulichem gegenüber formal-logischem Denken unterschätzt, daß die hierfür notwendige Vorstellungskraft ("Imaginationsfähigkeit") ihrerseits wiederum auf der Fähigkeit zur komplexen und vielschichtigen sinnlichen Wahrnehmung beruht. Gefühle und subjektives Involvement sind hierbei nicht ausgeschlossen, sondern ein wichtiger Bestandteil. Wahrnehmen und Erkennen beruhen auf der subjektiven "Nähe" bei einer sympathetischen Verbundenheit mit der Umwelt. Anstelle der Distanz zwischen "Subjekt" und "Objekt" wird eine Einheit hergestellt und von Gemeinsamkeiten ausgegangen. Auf dieser Basis kann sich Wahrnehmen und Erkennen durch Identifikation bzw. mimetisch-identifikatorischen Nachvollzug vollziehen. "Anderes" wird anhand eigener Erfahrungen entschlüsselt und interpretiert. Dem entspricht

auch, daß kognitive Prozesse und praktisches Handeln nicht getrennt, sondern unmittelbar miteinander verschränkt sind. Erkennen vollzieht sich durch praktisches Handeln. Grundlage hierfür sind dialogisch-interaktive Handlungsweisen, bei denen nicht einseitig (aktiv) agiert oder (passiv) reagiert wird, sondern durch eine Gleichzeitigkeit von Aktion und Reaktion, Wirkung und Rückwirkung Eigenschaften und Wirkungsweisen der Umwelt erkundet ebenso wie beeinflußt und gestaltet werden.

Ein für die folgenden Überlegungen wichtiger Befund der hierzu durchgeführten empirischen Untersuchungen ist, daß auch bei fortschreitender Technisierung der Produktion ein "subjektivierendes Arbeitshandeln" unverzichtbar bleibt. Auf dieser Grundlage wird erkennbar, daß eine zentrale Leistung qualifizierter Fachkräfte gerade darin besteht, Prinzipien eines objektivierenden und subjektivierenden Handelns je nach Arbeitsanforderung und -gegebenheiten zu nutzen und zu verbinden. Des weiteren zeigen empirische Untersuchungen, daß - ebenso wie bei einem wissenschaftlich geleiteten, objektivierenden Handeln - die generellen Merkmale und Prinzipien eines subjektivierenden Handelns in konkreten Handlungszusammenhängen eine jeweils unterschiedliche Ausformung erlangen. Die bisher hierzu durchgeführten Untersuchungen konzentrieren sich auf unterschiedliche Formen von qualifizierter Produktionsarbeit (Arbeit an konventionellen und CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen, Überwachung und Kontrolle komplexer technischer Systeme in der Prozeßindustrie).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen führen zu einem erweiterten Verständnis des sog. "Erfahrungswissens" von Arbeitskräften. Sie zeigen, daß dieses weit mehr umfaßt als ein bloßes Ausführungs- und Bedienungswissen oder/und detailliertere Kenntnisse der konkreten praktischen Gegebenheiten. Es handelt sich vielmehr um eine besondere Form des Wissens und seiner Anwendung, die auf spezifischen "Methoden" des Umgangs mit konkreten Gegebenheiten beruht (subjektivierendes Handeln).

Auf dieser Grundlage zeigt sich eine folgenreiche Widersprüchlichkeit gegenwärtiger Prozesse der Technisierung. Die im vorangegangenen umrissene Dynamik der Verwissenschaftlichung von Technik korrespondiert mit einer fortschreitenden wissenschaftlichen Durchdringung der Produktionsprozesse, in denen Technik eingesetzt und genutzt wird. Mit dieser Entwicklung verbindet sich eine - aus der Logik der Verwissenschaftlichung folgende - Tendenz zu einer Überschätzung der wissenschaftlich-

technischen Beherrschbarkeit von Produktionsabläufen und einer Unterschätzung sowie falschen Beurteilung des notwendigen subjektivierenden Arbeitshandelns. Offenkundig wird dies u.a. an Entwicklungen technischer Systeme, die - trotz ergonomischer Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle - das (subjektivierende) Arbeitshandeln qualifizierter Fachkräfte behindern, zurückdrängen und gefährden. In weiteren, hierauf aufbauenden Forschungsvorhaben konnte nachgewiesen werden, daß eine solche Entwicklung keineswegs eine unabwendbare "Sachgesetzlichkeit" des sog. technischen Fortschritts darstellt, sondern daß technische (Weiter-)Entwicklungen möglich sind, durch die ein subjektivierendes Arbeitshandeln nicht zurückgedrängt, sondern - im Gegenteil - in besonderer Weise gestützt und ermöglicht wird (Institut für Arbeitswissenschaft der GhK Kassel 1992; Bolte, Martin 1993; Martin 1995). Eine solche Technikentwicklung und -gestaltung setzt jedoch voraus, daß die im Umgang mit technischen Systemen notwendige menschliche Arbeit nicht allein nach den Kriterien eines objektivierenden Handelns beurteilt wird und die in der Praxis auftretenden Grenzen für die technisch-wissenschaftliche Beherrschung von Produktionsprozessen anerkannt und berücksichtigt werden.

Vor diesem Hintergrund sei die These formuliert, daß die Ergänzung und Korrektur wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden nur dann und so weit gelingen kann, als auch der Prozeß der Technikentwicklung selbst nicht nur nach der Systematik eines objektivierenden, sondern ebenso auch nach den Prinzipien eines subjektivierenden Handelns gestaltet ist. Technikentwicklung vollzieht sich demnach ebenso wie der praktische Umgang mit Technik keineswegs nur nach den Prinzipien eines wissenschaftlich geleiteten objektivierenden Handelns; vielmehr ist hierbei in gleicher Weise auch ein "subjektivierendes Handeln" eine wichtige Grundlage. Technische Systeme wären demnach nicht umstandslos eine praktische Anwendung naturwissenschaftlich begründeter Regeln und Gesetzmäßigkeiten; vielmehr wäre Technik ebenso auch durch die für ein subjektivierendes Handeln geltenden Prinzipien der Nicht-Objektivierbarkeit und Berechenbarkeit bestimmt.

Es sind damit zwei miteinander verschränkte Thesen formuliert, die in weiteren Untersuchungen näher zu prüfen wären: zum einen, daß ein subjektivierendes Handeln eine wichtige Voraussetzung für eine praxisbezogene Technikentwicklung ist, und zum anderen, daß hierdurch - in ähnli-

cher Weise wie durch die Verwissenschaftlichung - sowohl die soziale Organisation technischer Innovationsprozesse als auch deren Resultate beeinflusst werden. Subjektivierendes Handeln wäre demnach in ähnlicher Weise wie die Verwissenschaftlichung ein umfassendes Strukturierungsprinzip bei der Gestaltung betrieblicher Innovationsprozesse, durch die sowohl die Beziehung zwischen Entwicklung und Fertigung als auch die personelle Zuordnung technischer Innovation sowie die Leitbilder der Technik und schließlich auch die Methoden von technischer Unterstützung von Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit in spezifischer Weise geprägt werden. Es sei versucht, einige Merkmale betrieblicher Innovationsprozesse zu benennen, die hier von Bedeutung sind bzw. von denen zu vermuten ist, daß sie mit der Systematik eines subjektivierenden Handelns korrespondieren.

3.3 Organisation betrieblicher Innovationsprozesse nach der Systematik subjektivierendes Handelns

(1) Organisatorische Verschränkung von Planung und Ausführung

Im Kontext subjektivierenden Handelns sind Planung und Ausführung keine voneinander getrennten Prozesse, sondern unmittelbar miteinander verbunden. Gemäß diesem Prinzip kann es daher auch weder eine organisatorisch noch personell strikte Trennung geben, in denen diese Prozesse zeitlich sequentiell und hierarchisch zugeordnet werden. In dieser Perspektive wäre in historischen Untersuchungen zu prüfen, in welcher Weise - z.B. bei der sog. "Meisterkonstruktion" (König 1989) - nicht nur Fertigung und Entwicklung eine personelle und organisatorische Einheit bildeten und/oder bei organisatorischer Trennung eine intensive und wenig formalisierte Kommunikation bestand, sondern dabei auch Entwicklung und Fertigung in einem weithin gleichberechtigtem, wechselseitigen Verhältnis zueinander standen und in der praktischen Tätigkeit nicht klar von einander geschieden waren. Bei Formen der Technikentwicklung, die trotz organisatorischer und personeller Trennung durch vergleichsweise starke Rückkopplungen zwischen Entwicklung und Fertigung geprägt sind (vgl. Asdonk u.a. 1991; Manske 1994), wäre danach zu fragen, in welcher Weise hierbei nicht nur "Top-down"- und "Bottom-up"-Beziehungen bestehen, sondern ob zugleich anstelle hierarchisch-sequentieller Kommunikations- und Kooperationsbeziehungen ein schrittweises-dialogisches Vorgehen auf der Basis eher horizontaler Kooperation und Kommunikation zwi-

schen Entwicklung und Fertigung praktiziert wird. Hinsichtlich aktueller und zukünftiger Entwicklungen der Unternehmensorganisation stellt sich die Frage, in welcher Weise Bestrebungen zur Überwindung einer - insbesondere im Kontext zentralistisch-tayloristischer Formen der Arbeits- und Unternehmensorganisation entstandenen - Distanz zwischen Entwicklung und Fertigung durch neue Organisationsformen (Abbau von Hierarchien etc.) nicht nur eine größere räumliche und soziale "Nähe" herstellen, sondern auch das eingespielte hierarchische-sequentielle Verhältnis zwischen Entwicklung und Fertigung aufgelöst wird. Unsere Analyse verweist hier darauf, daß dies nur soweit gelingt, als dabei nicht nur bisher geltende organisatorische Grundsätze aufgegeben, sondern auch die Prämissen, auf denen diese beruhen, zur Diskussion gestellt werden. Die Förderung eines Abbaus von Hierarchien bleibt daher weithin nur eine Programmatik, wenn nicht zugleich im Unterschied zu den Prämissen der Verwissenschaftlichung die Fertigung nicht nur ein empirisches Testfeld für die "richtige" Planung ist, sondern als ein notwendiges Erfahrungsfeld angesehen wird, das auch zur Gewinnung von Anstößen und Erkenntnissen für die Planung und Suche nach technischen Lösungen anerkannt wird. Speziell hieran zeigt sich z.B. nachdrücklich, daß ein solches Zusammenspiel von Planung und Praxis letztlich nur dann besteht, wenn die Planung selbst der Logik eines subjektivierenden Handelns folgt.

(2) Qualifizierung und Rekrutierung technischen Personals

Hinsichtlich der personellen Besetzung, Rekrutierung und Qualifizierung für Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben ist zu vermuten, daß durch den "traditionellen" Aufstieg aus der Werkstatt (mit zusätzlicher Weiterbildung etc., Drexel 1993) auch wichtige im Kontext von Produktionsarbeit erworbene Kompetenzen für ein subjektivierendes Arbeitshandeln in die Technikentwicklung eingebracht und hierfür genutzt wurden (bzw. werden). Dies bezieht sich nicht nur (vordergründig) auf die Kenntnis praktischer Gegebenheiten in der Fertigung, sondern vor allem auf den Erwerb spezifischer Methoden des sinnlich-praktischen Umgangs mit den Unwägbarkeiten und Unberechenbarkeiten konkreter Produktionsbedingungen und ihrer Bewältigung. Die aus der Distanz zur Praxis mögliche "Abstraktion" wird damit qualifikatorisch rückgebunden an das Wissen über die konkreten Bedingungen und damit auch von Diskrepanzen zwischen "Modell" und "Realität". Die Erfahrung der Praxis ist hierbei nicht sekundär und theoriegeleitet, sondern umgekehrt: Wissenschaftlich fun-

dierte Erkenntnisse und Methoden können auf eigenständigen praktischen Erfahrungen aufbauen und auf dieser Basis auch beurteilt werden.

Vor diesem Hintergrund wird gegenwärtig zunehmend die Frage virulent, in welcher Weise überbetriebliche wie betriebliche (Weiter-)Bildungsprozesse nicht nur auf die systematische Förderung von Kompetenzen für ein wissenschaftlich geleitetes, objektivierendes Handeln abzielen müßten, sondern ebenso auch auf die systematische Förderung von qualifikatorischen Grundlagen für eine erfahrungsbezogene subjektivierende Auseinandersetzung mit praktischen Gegebenheiten. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß die Fähigkeit zu einer komplexen sinnlichen Wahrnehmung und Imaginationen über konkrete Gegebenheiten ebenso wie zu intuitiv-assoziatives Denken als wichtige menschliche Kompetenzen erkannt werden, die es im Rahmen von Ausbildungs- und Qualifizierungsprozessen in gleicher Weise zu entwickeln gilt wie systematisch-analytisches Denken und ein entsprechendes methodisches Vorgehen (vgl. (4)). Eine solche Ergänzung von Ausbildungsprozessen ist nicht gleichbedeutend mit einem stärkeren Praxisbezug der Ausbildung, so wie er vielfach gefordert und teils praktiziert wird. Es geht hier nicht primär darum, mehr und detailliertere Kenntnisse über die praktischen Anwendungsfelder von Technik zu erwerben; entscheidend ist vielmehr die Möglichkeit zu einer Auseinandersetzung mit praktischen Gegebenheiten, die - neben wissenschaftlich geleiteten Methoden und Wissen - den Erwerb und die Anwendung anderer Methoden praktischer Auseinandersetzung ermöglichen. Nicht der Erwerb konkreter, spezifischer Kenntnisse über die betriebliche Praxis steht hier also im Vordergrund, sondern die Praxis als ein "komplexes Experimentier- und Erfahrungsfeld". Da jedoch gerade konkrete betriebliche Produktionsprozesse die hierfür notwendigen "Spielräume" zunehmend einschränken, kann hier nicht mehr nur umstandslos auf eine notwendige ergänzende betrieblich-praktische Ausbildung verwiesen werden.

(3) Leitbilder und Ziele technischer Entwicklung

Auf der Grundlage subjektivierenden Handelns werden physikalisch-organische Gegebenheiten als grundsätzlich offen und nicht vollständig determiniert und berechenbar aufgefaßt. Sie werden daher eher wie "Subjekte" begriffen, deren Wirkungsweise und Reaktionen auf das eigene Handeln nicht vollständig antizipierbar und kontrollierbar sind. Es ist zu vermuten, daß eine solche Auffassung über die Berechenbarkeit und Beherrschbar-

keit konkreter physikalisch-organischer Gegebenheiten auch die Zielvorstellungen und Leitbilder für technische Innovationen beeinflusst. Dies beschränkt sich nicht nur auf eine größere Skepsis gegenüber einer vollständigen technischen Beherrschung und dem Leitbild der Automatisierung. Zu fragen ist auch, in welcher Weise sich aus der Logik subjektivierenden Handelns andere Konzepte für technische Innovationen und damit auch die Richtungen des "technischen Fortschritts" ergeben. So wäre etwa zu prüfen, ob die zumeist als historische Reihenfolge dargestellte Entwicklung vom Werkzeug zur Maschine und zum Automaten nicht jeweils unterschiedliche Konzepte von Technik repräsentiert, die jeweils in unterschiedlicher Weise mit der Logik subjektivierenden und objektivierenden Handelns korrespondieren. Das Konzept von Technik als "Werkzeug" wäre demnach keine historische rückständige Form der Technikentwicklung, sondern vielmehr ein spezifisches Technik-Konzept bzw. Leitbild (Böhle u.a. 1993). Charakteristisch hierfür wäre damit nicht ein bestimmtes Niveau der technischen Entwicklung (z.B. Handwerkszeug), sondern das notwendige Zusammenwirken zwischen technischem System und menschlichem Arbeitshandeln, das auf unterschiedlichen Niveaus der Technikentwicklung und in unterschiedlichen Formen seine konkrete Ausformung erlangen kann.

(4) Methoden und Vorgehensweisen bei Entwicklung und Konstruktion

Noch weit mehr als der praktische Umgang mit technischen Systemen im Produktionsprozeß gelten speziell die Planung und Entwicklung von technischen Systemen als spezifische Formen "geistiger" Arbeit, die durch planmäßiges und systematisches Vorgehen sowie kategoriales und formalisierbares Wissen charakterisiert sind.

Doch liegen durchaus auch Befunde vor, durch die sich die Thesen von der Bedeutung subjektivierenden Handelns in technischen Innovationsprozessen bekräftigen lassen. Empirische Untersuchungen im Produktionsbereich haben gezeigt, daß ein subjektivierendes Handeln gerade auch bei sog. planend-geistigen Tätigkeiten - wie z.B. dem Programmieren - eine wichtige Rolle spielt (bzw. spielen kann!) und dies sowohl die konkrete Gestaltung als auch ihre Effekte (Erfolge) nachhaltig beeinflusst (Bolte 1993). Des weiteren wurde z.B. in einer Untersuchung bei Bauingenieuren ein hoher "Subjektivitätsbedarf" nachgewiesen, der speziell für die Bewältigung nicht exakt beherrschbarer und prognostizierbarer Planungs- und

Realisierungsbedingungen notwendig ist (Ekaradt u.a. 1988). Neuere Untersuchungen zum Ingenieurhandeln verweisen darauf, daß das sog. empirische Entwickeln und Konstruieren auf Methodiken und Wissensformen beruhen, die sich von der Logik eines objektivierenden Handelns grundlegend unterscheiden und die zugleich Merkmale aufweisen, die der Logik eines subjektivierenden Handelns entsprechen (Ferguson 1992). Des Weiteren haben Gespräche und Diskussionen mit Ingenieuren der Fertigungswie Verfahrenstechnik im Rahmen von Weiterbildungsveranstaltungen nachdrücklich ein Phänomen deutlich gemacht, das auch im Produktionsbereich beim Umgang mit technischen Systemen zu beobachten ist: Offiziell wird ein Vorgehen nach Kriterien technischer Rationalität als handlungsleitend, notwendig und sachgemäß ausgewiesen; zugleich wird aber auch - soweit hierauf angesprochen - eine Reihe von Beispielen dafür angeführt, daß in der täglichen Praxis hiervon abgewichen wird und daß man es eigentlich "auch anders macht". Diese "Abweichungen" werden aber überwiegend "individualisiert", d.h., man betrachtet sie zwar für die eigene Bewältigung der Arbeitsanforderungen als wichtig, zugleich aber "offiziell" als nicht sachgemäß und nicht akzeptabel.

Wichtige Merkmale eines durch subjektivierendes Handeln geprägten Vorgehens beim Entwickeln und Konstruieren wären demnach:

- ein komplexes und differenziertes sinnliches Vorstellungsvermögen über die konkrete Gestaltung ebenso wie die Anwendungsbereiche und -bedingungen technischer Produkte. Voraussetzung hierfür ist eine ebenso differenzierte und komplexe sinnliche Wahrnehmung konkreter Einsatz- und Anwendungsfelder, die sich nicht nur auf objektivierbare eindeutig und exakt bestimmbare Gegebenheiten konzentriert, sondern gerade auch Ungewißheiten sowie Unwägbarkeiten erfaßt und diese nicht nur als marginale, sondern konstitutive Bedingungen der Technikanwendung einzuschätzen weiß;
- anschaulich-bildhafte und assoziative mentale Prozesse bei der Suche nach technischen Lösungen;
- pragmatische und experimentelle Vorgehensweisen, bei denen Planen, Entwerfen und praktisches "Ausprobieren" eng miteinander verbunden sind und die Praxis nicht nur als Bestätigung und Überprüfung

fung der Planung (Theorie), sondern auch als Generierung neuer Erkenntnisse begriffen und genutzt wird;

- die Entwicklung und Herstellung einer persönlichen emotionalen Beziehung zu technischen Produkten, durch die diese nicht nur als für sich eigenständige und isolierte Objekte erscheinen, sondern in ihrer konkreten Beziehung und Eingebundenheit in praktisches Handeln.

(5) Technische Arbeitsmittel

Hinsichtlich der technischen Unterstützung von Entwicklungs- und Konstruktionsprozessen wäre der Frage nachzugehen, in welcher Weise die gegenwärtig vorherrschenden CAD-Systeme einer sehr viel grundsätzlicheren Ergänzung und Modifizierung bedürfen, als dies bislang erkannt und diskutiert wird. Ausgangspunkt ist hier die Vermutung, daß im Umgang mit CAD-Systemen - so wie sie gegenwärtig konzipiert sind - nicht nur in spezifischer Weise ein wissenschaftlich geleitetes Vorgehen forciert wird, sondern damit zugleich die Möglichkeiten für ein subjektivierendes Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren beeinträchtigt werden. Nicht die Taylorisierung geistiger Arbeit u.ä. wäre demnach das Problem, sondern die Vereinseitigung der Ingenieurarbeit in Richtung eines wissenschaftlich geleiteten objektivierenden Handelns. Die hieraus resultierenden neuartigen Einschränkungen und Belastungen bei Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeit bleiben gegenwärtig überwiegend verdeckt und werden individualisiert, da in diesen Tätigkeitsbereichen - noch weit mehr als im Produktionsbereich - die Orientierung an dem technisch-rationalen und wissenschaftlich geleiteten Vorgehen verankert ist. Die Arbeit mit CAD-Systemen entspricht dem, was "offiziell" als richtig und fortschrittlich anerkannt ist. Entsprechend wird Kritik weitgehend verdrängt oder/und überwiegend nur dort artikuliert, wo der Einsatz von CAD-Systemen unmittelbar mit tayloristisch geprägten Rationalisierungsprozessen verbunden ist. Doch finden sich auch Hinweise darauf, daß gerade beruflich vergleichsweise abgesicherte technische Angestellte darauf abzielen, die Art der Computernutzung ihren spezifischen Arbeitsanforderungen und auch ihrer individuellen Arbeitsweise anzupassen oder diese auf andere Angestelltengruppen abzuwälzen (Wolf u.a. 1992, S. 210 f., 279 ff., 292). Genauer zu klären wären hier also die spezifischen "Konfliktzonen" zwischen den im Umgang mit CAD-Systemen geforderten Arbeitsweisen einerseits und den bei konkreten Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben (tatsächlich) praktizierten notwendigen und effektiven Vorgehens-

weisen andererseits. Da bisher jedoch zu letzterem bislang kaum systematische empirische Erkenntnisse vorliegen, lassen sich daher auch - so die These - die eigentlich gravierenden Auswirkungen von CAD-Systemen auf das Entwicklungs- und Konstruktionshandeln und deren Folgen für die Arbeitskräfte - wie auch Produkt- und Technikentwicklung - nicht angemessen erfassen und beurteilen. Die Vermutung ist, daß ähnlich wie im Umgang mit technischen Systemen im Produktionsbereich bei Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten technische Systeme erforderlich sind, die sich nicht nur an der Logik eines objektivierenden wissenschaftlich geleiteten Handelns, sondern ebenso auch an den Prinzipien eines subjektivierenden erfahrungsgeliteten Vorgehens orientieren. In dieser Perspektive werden z.B. technische Hilfsmittel und Medien, die einen unmittelbaren, direkten Kontakt zu den praktischen Gegebenheiten herstellen, weit nützlicher als die Perfektionierung der Simulation technischer Entwürfe, bei denen ihre Einbindung in konkrete Funktions- und Wirkungszusammenhänge weitgehend ausgeblendet bleibt. Anstelle einer Veranschaulichung des "technischen Entwurfs" sowie der Erleichterung seiner Modifikationen käme es hier somit darauf an, vor allem die Herstellung einer Beziehung zwischen dem "technischen Entwurf" einerseits und "konkreten Anwendungsbedingungen" andererseits (technisch) zu ermöglichen und zu unterstützen.

4. Aufgaben und Perspektiven für die Untersuchung und praktische Gestaltung betrieblicher Technikentwicklung

Auf der Basis der skizzierten Überlegungen stellen sich insbesondere drei näher zu klärende Forschungs- und Entwicklungsaufgaben. Es sind dies:

(1) Die Untersuchung von Auswirkungen der Verwissenschaftlichung auf die Gestaltung und Probleme der Technikentwicklung: Leitend hierfür wären die in Abschnitt 2. formulierten Thesen. Weiter zu prüfen und zu belegen wäre, daß die Bewältigung neuer Anforderungen an technische Innovationsprozesse (nur) durch eine einseitige Forcierung der Verwissenschaftlichung nicht zu bewerkstelligen ist. Eine zentrale Gefahr ist, daß damit nicht nur die Bewältigung neuer Herausforderungen verfehlt, sondern zugleich auch wichtige, in der Vergangenheit vorhandene Grundlagen und Ressourcen technischer Innovationsprozesse (weiter) aufgelöst

werden. Zu zeigen ist, in welcher Weise die Dynamik der Verwissenschaftlichung selbst einen Prozeß in Gang setzt, durch den ihrerseits wichtige Grundlagen, auf denen sie "aufsitzt" und ihre Leistungsfähigkeit entfalten konnte, gefährdet werden.

(2) Die Untersuchung der eigenständigen Prinzipien von Innovationsprozessen, die von der Systematik wissenschaftlich geleitetem Vorgehens "abweichen": Leitend hierfür ist die in Abschnitt 3. umrissene These, daß sich in solchen "Abweichungen" Ansätze und Potentiale einer anderen Systematik und Logik der Technikentwicklung, die auf den Prinzipien eines "subjektivierenden Handelns" beruhen, zeigen. Voraussetzung für eine zukunftsorientierte Gestaltung technischer Innovationsprozesse wäre demnach, diese bislang kaum beachteten Grundlagen und Ressourcen für technische Innovationen systematisch zu bestimmen und Perspektiven für ihre weitere Entwicklung aufzuzeigen. Zu berücksichtigen sind dabei unterschiedliche Aspekte der Technikentwicklung und ihr wechselseitiger Zusammenhang (Ingenieurhandeln, Organisationsstrukturen, Leitbilder für Technik, Qualifizierung und Rekrutierung, technische Unterstützung).

(3) Entwicklung neuer praktischer Ansätze zur Überwindung von Problemen der "Verwissenschaftlichung": Zu fragen ist hier, in welcher Weise in Zusammenhang mit den gegenwärtig sich in der betrieblichen Praxis vollziehenden Umformungen und Umstrukturierungen betrieblicher Organisation auch Ansätze für die umrissene (notwendige) eigenständige Ergänzung der Verwissenschaftlichung betrieblicher Innovationsprozesse entwickelt und diskutiert werden. Aufbauend auf solchen ggf. empirisch vorfindbaren Ansätzen, wären die Prinzipien einer wissenschaftlich- und erfahrungsgeleiteten (objektivierenden und subjektivierenden) Organisation von Technikentwicklung zu bestimmen und im Rahmen der Um- bzw. Neustrukturierung von Unternehmensorganisationen praktisch umzusetzen.