

## Institutionelle Differenzierung des produktionstechnischen Innovationsmusters

Hirsch-Kreinsen, Hartmut

Veröffentlichungsversion / Published Version

Sammelwerksbeitrag / collection article

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

SSG Sozialwissenschaften, USB Köln

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Hirsch-Kreinsen, H. (1997). Institutionelle Differenzierung des produktionstechnischen Innovationsmusters. In D. Bieber (Hrsg.), *Technikentwicklung und Industriearbeit: industrielle Produktionstechnik zwischen Eigendynamik und Nutzerinteressen* (S. 73-86). Frankfurt am Main: Campus Verl. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-237941>

### 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.*

## **Institutionelle Differenzierung des produktionstechnischen Innovationsmusters**

### **1. Genereller Wandel von Innovationsprozessen und Besonderheiten von Produktionstechnik**

Gegenstand der folgenden Ausführungen ist der Wandel des produktionstechnischen Innovationsmusters in Deutschland. Ausgangspunkt sind dabei die Thesen Rammerts (s. den Beitrag von Rammert in diesem Band), mit denen er einen als generell angenommenen Wandel innovatorischen Handelns als fortlaufenden Prozeß der Differenzierung und Systembildung begreift und diesen Wandel als „einen Fall von reflexiver Modernisierung“ ansieht. Danach beginnt sich unter dem Druck der Globalisierung der Produktion und der Beschleunigung von Innovationsprozessen das traditionelle Innovationsmuster aufzulösen, es bilden sich neue Innovationszusammenhänge, wobei der Erfolg oder der Mißerfolg zukünftigen innovatorischen Handelns nicht zuletzt von der Fähigkeit abhängt, die gewandelten institutionellen Bedingungen „reflexiv“ zu bearbeiten.

Diese Thesen stehen im Kontext der - nicht zuletzt von Rammert selbst vorangetriebenen - techniksoziologischen Theoriediskussion, die darauf zielt, ein generelles Entwicklungs- und Durchsetzungsmuster von Technik zu identifizieren, das sich auf einen der evolutionstheoretischen Entwürfe gesellschaftlicher Entwicklung beziehen läßt. Das allerdings schwer lösbare Problem hierbei ist, daß der Prozeß von Technikentwicklung und -verbreitung in ganz unterschiedlichen sozialen Feldern und Bedingungszusammenhängen, in verschiedener Weise verläuft und ebenso verschiedenartige Effekte nach sich zieht (Lutz 1987). Allenfalls lassen sich daher auf einer generellen Ebene Gemeinsamkeiten von Entwicklungsverläufen unterschiedlicher Techniken benennen, die aufgrund ihrer Allgemeinheit dann allerdings nur noch von begrenzter Aussagekraft

für die Erklärung relevanter Entstehungszusammenhänge, prognostischer Aussagen über mögliche Technikfolgen oder gar steuerungspolitische Hinweise sind.

Mit dem Rückgriff auf das Konzept der reflexiven Modernisierung wird nun allerdings versucht, in historischer Perspektive Veränderungen technischer Innovationsprozesse zu bezeichnen, denen - resümiert man neuere techniksoziologische Arbeiten der verschiedensten Provenienz<sup>1</sup> - offenbar generelle Relevanz zukommt und die als Ausdruck der gegenwärtigen gesellschaftlichen Umbruchsituation gedeutet werden können. Rammert zufolge ist zentrales Merkmal dieser Situation, daß die Folgen der Differenzierung, Leistungssteigerung und Verselbständigung der Innovationssysteme eben selbst zum Gegenstand innovatorischen Handelns werden (müssen).

Diese generelle Tendenz zeigt sich deutlich auch im Bereich produktionstechnischer Entwicklung, wobei allerdings ihren Besonderheiten Rechnung zu tragen ist: Produktionstechnik ist als Produktionsmittel zentrales Element im Prozeß industriell-kapitalistischer Rationalisierung und muß sich ständig unter ökonomischen Anwendungsbedingungen „bewähren“. Diese Techniken müssen so beschaffen sein, daß sie eine kosten- wie zeitmäßig konkurrenzfähige Produktion von Waren hinreichender Qualität erlauben. Ihre Anwendung und ihre Innovation stehen unter dem Druck des Rentabilitätskalküls der Anwender, das auf die Minimierung von Innovationskosten und die Amortisierung vorhandener Maschinen und Anlagen drängt. Vorherrschend sind daher in der industriellen Produktion Prozesse „schleichender“ Rationalisierung, die auf eine nur schrittweise und allmähliche Weiterentwicklung und Modifizierung technischer Anlagen und Systeme setzen. Entwicklungssprünge oder „technologische Paradigmenwechsel“ (Dosi 1982), die durch die Nutzung von neuem wissenschaftlichen und technologischen Wissen oder von grundlegend neuen industriellen Rationalisierungsstrategien angestoßen werden, sind eher die Ausnahme, und produktionstechnische Entwicklung weist einen ausgeprägt inkrementellen Charakter auf.

---

1 Vgl. beispielsweise das Resümee neuerer techniksoziologischer Studien von Kubicek und Seeger (1994), die einen Wandel von institutionellen Innovationsbedingungen, verbunden mit dem Problem einer „Organisationslücke“ bei Innovationen, konstatieren. Gemeint sind damit neuartige und offensichtlich generell auftretende Koordinationsprobleme bei Innovationsprozessen.

**Aufgrund dieses besonderen Charakters von Produktionstechniken sind ihre Entwicklungsprozesse auf den verschiedenen Stufen relativ direkt dem Einfluß von Anwenderinteressen und -problemen ausgesetzt, und es finden sich enge Rückkopplungsprozesse zwischen Entwicklung und Anwendung. Sofern produktionstechnische Entwicklung überhaupt Gegenstand der bisherigen sozialwissenschaftlichen Technikforschung war, wurde sie deshalb als organisationsinterner und organisationsexterner „rekursiver“ Prozeß (Asdonk u.a. 1991) oder als „Kreislaufprozeß zwischen Entwicklung, Herstellung, Anwendung und Weiterentwicklung“ (Hirsch-Kreinsen 1993) begriffen.**

Diese Rückkopplungsprozesse verlaufen nun innerhalb und zwischen Entwicklern, Herstellern und Anwendern. In intra-organisatorischer Perspektive, innerhalb von Entwickler- und Herstellerunternehmen, handelt es sich um das Zusammenspiel verschiedener Abteilungen wie Forschung und Entwicklung, Konstruktion und Fertigung. In interorganisatorischer Perspektive geht es um die Konstellation von Entwicklern, Herstellern, Anwendern und - wie noch genauer zu zeigen ist - um weitere Organisationen. Diese interorganisationalen Arrangements kollektiver und korporativer Akteure wurden an anderer Stelle auch als „produktionstechnische Innovationsmuster“ gefaßt (Hirsch-Kreinsen 1993, S. 48 ff.).

Unsere These ist nun, daß im Verlauf der Industrialisierung Innovationsmuster produktionstechnischer Entwicklung in einem Prozeß fortlaufender institutioneller Differenzierung begriffen sind. Folge ist die ständige Gefahr einer Verselbständigung der Institutionen der Technikentwicklung gegenüber den Erfordernissen der industriellen Praxis und den Interessen der Technikanwender. Historisch gesehen besteht ein beständiges Spannungsverhältnis zwischen den Institutionen der Technikentwicklung und den Erfordernissen der industriellen Praxis, das durch stets neue Formen von Rückkopplungsprozessen beherrschbar gemacht werden muß. Industrielle Praxis umfaßt dabei ein weites Feld kontingenter Bedingungen, die von den stofflichen Unwägbarkeiten eines Produktionsprozesses bis hin zu nichtantizipierbaren sozialen Einflüssen reichen. Wie im einleitenden Beitrag von Bieber angedeutet, zeigten die Rückkopplungsprozesse in der Vergangenheit eine hohe Funktionsfähigkeit, während sie gegenwärtig erodieren.

## **2. Funktionierende Rückkopplung im Rahmen eines „praxisorientierten“ Innovationsmusters**

Historisch sind im Zuge der Industrialisierung schon frühzeitig Tendenzen einer Ausdifferenzierung der an produktionstechnischer Entwicklung beteiligten Institutionen und Organisationen erkennbar. Rosenbergs (1975) instruktive Analyse der Entstehung des amerikanischen Werkzeugmaschinenbaus belegt diese Tendenz der Ausdifferenzierung schon für das letzte Jahrhundert. Zu nennen sind auf der Entwicklerseite Momente wie die Ausgründung eigenständiger Konstruktionsabteilungen und später selbständiger Maschinenbaufabriken, das Aufkommen von Forschungsinstitutionen und der Ingenieurwissenschaften und generell die massive Zunahme technisch und wissenschaftlich gebildeten Personals. Auf der Anwenderseite korreliert dies mit einem Prozeß gleichfalls fortschreitender Ausdifferenzierung der Einsatzbedingungen von Technik durch die zunehmende Arbeitsteiligkeit von Produktionsprozessen und dem Aufkommen neuer Anwenderbranchen.

Im Verlauf der fortschreitenden Industrialisierung wurde diese Dynamik der Ausdifferenzierung der Akteure von Technikentwicklung durch funktionierende Rückkopplungsmechanismen überbrückt; produktionstechnische Entwicklung blieb an die Bedingungen der industriellen Praxis gebunden. Es erhielt sich über viele Jahrzehnte hinweg ein prekäres Gleichgewicht zwischen den tendenziell autonom gesetzten Zielen und Kriterien der produktionstechnischen Entwicklung einerseits und den Erfordernissen industrieller Praxis andererseits. Dies gilt - zumindest für die Nachkriegszeit - für die Technikentwicklung in Deutschland, wo von einem in der Vergangenheit vorherrschenden „praxisorientierte“ Innovationsmuster gesprochen werden kann. Knapp zusammengefaßt lassen sich die Rückkopplungsmechanismen wie folgt beschreiben:

(1) Erstens existieren seit langem relativ stabile „Maschinenbaukulturen“, die sich nach Anwendungsfeldern wie Serienmaschinen für bestimmte Einsatzfelder mit weitgehend homogenen Anwendungsbedingungen und Sondermaschinen für spezielle Anwendungsfälle unterscheiden. Daneben spielen die verschiedensten technologischen Verfahren der Bearbeitung wie Drehen, Fräsen, Schleifen etc. eine unterscheidende Rolle. Auf's Ganze gesehen haben sich jedoch über Jahrzehnte hinweg relativ stabile Hersteller-Anwender-Beziehungen eingespielt. Einbezogen sind in der Regel ingenieurwissenschaftliche Institute, durch die häu-

fig in direktem Auftrag einzelner Werkzeugmaschinenhersteller spezialisierte Innovationsressourcen bereitgestellt werden. Basis für diese vergleichsweise enge Verschränkung der verschiedenen Akteure ist ein hohes Maß an wechselseitiger Kenntnis ihrer jeweiligen Interessen und Bedingungen - soziologisch kann von „Vertrauen“ gesprochen werden (vgl. z.B. Mahnkopf 1994).

(2) Zweitens basieren diese Kooperationsbeziehungen auf Personalstrukturen, die interorganisatorisch eine hohe Kompatibilität und wechselseitige Durchlässigkeit aufweisen. Wichtige personell-qualifikatorische Basis dieser kooperativen Rückkopplungsschleifen ist ein fertigungspraktisch erfahrenes, zugleich aber auch wissenschaftlich gebildetes Entwicklungspersonal. Dies zeigt sich beispielsweise an dem hohen Anteil von Fachschul- bzw. Fachhochschulabsolventen, der im Maschinenbau seit den 60er Jahren bei durchschnittlich zwei Dritteln aller Ingenieure liegt (VDMA 1988). Der kontinuierliche Wissensfluß wird außerdem auch durch industrienaher Karrieremuster von Ingenieurwissenschaftlern gesichert. So ist bekanntlich bisher der berufliche Werdegang von Maschinenbauprofessoren an erfolgreiche Karriereabschnitte in der Industrie gebunden. Wichtige Bedingung hierfür ist insbesondere die Fachrichtungsstruktur der Ingenieurwissenschaften, die ihre Entsprechung in den Konstruktionsbereichen der Werkzeugmaschinenbauer wie auch in vielen Anwendungsfeldern hat.

(3) Drittens ist die vermittelnde Funktion von Verbänden und ingenieurwissenschaftlichen Communities der verschiedensten Art zu nennen, die eine dauerhafte Kooperation zwischen den Organisationen der Technikentwicklung sicherstellt. Zu nennen sind hier die bekannten Verbände wie der VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.), der vor etwa 100 Jahren von der Industrie und von Vertretern von Hochschulen gegründete VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V.), der VDI (Verein Deutscher Ingenieure) wie auch die AIF (Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsgemeinschaften). Die Verbände bieten bis heute im Rahmen fest etablierter Treffen und Gremien, an denen gleichermaßen Betriebsvertreter wie auch Wissenschaftler teilnehmen, die Möglichkeit zu kontinuierlichem Austausch von Erfahrungen und Know-how sowie zur Herstellung von Kontakten, aus denen dauerhafte FuE-Beziehungen hervorgingen und hervorgehen. Über die zum Teil staatlich finanzierte AIF werden finanzielle Mittel für anwendungsorientierte FuE-Projekte bereitgestellt, die in enger Kooperation

zwischen wissenschaftlichen Instituten und Werkzeugmaschinenbetrieben bearbeitet werden.

Dieses - hier in seinen Grundzügen skizzierte - praxisbestimmte Innovationsmuster herrscht in der Bundesrepublik teilweise bis heute vor. Mit Sicherheit dominiert es die produktionstechnische Entwicklung bis weit in die 80er Jahre hinein. In seinem Rahmen wurden zuverlässig jene Produktionstechniken bereitgestellt, die sowohl für die Großunternehmen der Massen- und Serienfertigung als auch für eine große Zahl mittlerer und kleinerer Betriebe etwa aus dem Maschinenbau benötigt werden (vgl. auch Kalkowski u.a. 1995).

### **3. Erosion der Rückkopplungsmechanismen**

Spätestens seit den 80er Jahren beginnen die Strukturen dieses praxisorientierten Innovationsmusters produktionstechnischer Entwicklung jedoch zu erodieren. Seine Rückkopplungsmechanismen, die bisher das prekäre Gleichgewicht zwischen den auf Autonomie drängenden Entwicklungsprozessen und den Erfordernissen der industriellen Praxis sichern, verlieren zunehmend an Wirksamkeit. Die Ursachen sind struktureller Natur und finden sich sowohl auf der Entwickler- und Herstellerseite als auch auf der Anwenderseite. Es handelt sich dabei um Entwicklungsmomente, die schon seit längerem beobachtbar sind, die sich aber erst im Verlauf der letzten Jahre im Zusammenhang mit der ökonomischen Krise zu Beginn der 90er Jahre zu wirksamen Faktoren bündeln.

#### **3.1 Einfluß von Wissenschaft und Technologie**

Auf der Entwickler- und Herstellerseite liegen die Ursachen in den rasant wachsenden Nutzungspotentialen von Wissenschaft und Technologie, die sowohl den Charakter von Produktionstechnik als auch die damit verbundenen Entwicklerkonstellationen beträchtlich zu verändern beginnen. Zu nennen sind hier nicht nur die rasante Entwicklung der Informatik und Computertechnologie, sondern auch die neuen, zu den bisherigen ingenieurwissenschaftlichen Fachrichtungen gleichsam querliegenden Disziplinen wie Mikrosystemtechnik, Optik, Sensorik und die neuen Materialwissenschaften (z.B. Meyer-Krahmer 1993). Diese Einflußgrö-

Ben induzieren einen Innovationsschub und eine erhebliche Komplexitätssteigerung von Produktionstechnik. Die Entwicklung größerer wissenschaftlicher Potentiale und neuer Techniken läßt sich einmal - im Sinne eines „technology push“ - auf die in den letzten Jahrzehnten sich verstärkende „Eigendynamik“ technischer Entwicklungsprozesse und der wissenschaftsimmanenten Generierung neuen Wissens zurückführen. Diese Prozesse stehen in Zusammenhang mit dem eingangs angedeuteten, generellen Prozeß der „Industrialisierung der Wissenschafts- und Technikentwicklung“ und der Effektivierung ihrer Methoden und Verfahren, die zur Ausweitung und Komplexitätssteigerung der Wissensbestände führte und führt. Dieser Prozeß wird freilich verstärkt - ganz im Sinne eines „demand pull“ - von neuen Strategien der Rationalisierung und des Technikeinsatzes vieler Anwender, die sich in den letzten Jahren durchzusetzen beginnen. Diese gewandelten, „systemisch“ auf den Gesamtprozeß der Produktion und der Wertschöpfungskette insgesamt gerichteten Rationalisierungsstrategien erfordern neue Produktionstechniken, die Bearbeitungs- und Organisationsfunktionen miteinander verbinden, Teilprozesse beschleunigen und sie zugleich informationstechnisch zu einem betrieblichen Gesamtsystem verknüpfen. Voraussetzung hierfür sind die umfassende Ausschöpfung der Potentiale der Informatik und der Computertechnologie, die Ausnutzung der immer billigeren und leistungsfähigeren Systemkomponenten und ihre Verknüpfung mit den herkömmlichen konventionellen Produktionstechniken.

Folge ist, daß sich die bisherige Akteurskonstellation der Technikentwicklung ausdifferenziert. Neben den Werkzeugmaschinenbau und die bisherigen ingenieurwissenschaftlichen Maschinenbauinstitute treten Entwickler aus der Computer- und Software-Industrie wie auch wissenschaftliche Institutionen der Grundlagenforschung. Dies korreliert mit einer tiefgreifenden Erosion der bislang relativ homogenen und praxisorientierten Strukturen des technischen Personals, der wachsenden Bedeutung theoretisch ausgebildeter Ingenieure und der daraus resultierenden Blockierung des Wissenstransfers zwischen Praxis und Entwicklung (vgl. VDMA 1988; Kalkowski u.a. 1995).

### **3.2      Veränderte Hersteller-Anwender-Beziehungen**

Der Prozeß der Ausdifferenzierung des Innovationsmusters wird spätestens seit Beginn der 90er Jahre von den ökonomischen Krisentendenzen

beschleunigt, die nachhaltig die im Maschinenbau gewachsenen Hersteller-Anwender-Beziehungen zu verändern beginnen. Folgt man vorliegenden empirischen Befunden,<sup>2</sup> so sind hier widerspruchsvolle Entwicklungstendenzen beobachtbar:

Einerseits verlieren viele Hersteller ihren traditionellen und stabilen Bezug zur Anwendungspraxis. Zentrale Ursache hierfür ist die Tendenz zur Dezentralisierung von Unternehmen und zur Verringerung der Fertigungstiefe vieler Produktionsprozesse. Frühere Hersteller-Anwender-Beziehungen mit wenigen Partnern beginnen sich in Netzwerke mit einer tendenziell wachsenden Zahl von Akteuren zu wandeln. Verstärkend spielt hierbei die beschleunigte Internationalisierung der Produktion, d.h. die Tendenz zur Verlagerung von Produktionsstätten in die neuen Wachstumszonen der globalen Ökonomie, eine wichtige Rolle. Dadurch weiten sich Absatzfelder des Werkzeugmaschinenbaus räumlich beträchtlich aus, die internationale Konkurrenz nimmt zu und die Anwendungsbedingungen variieren aufgrund der wachsenden Bedeutung divergierender national- und regionspezifischer Produktionsmodelle zunehmend.

Andererseits findet durch die verstärkte Einbindung einzelner Werkzeugmaschinenhersteller in Zuliefernetzwerke großer Anwenderunternehmen eine Abschottung sich neu etablierender Hersteller-Anwender-Beziehungen statt, die kaum mehr zugänglich sind für weitere Akteure. Teilweise finden sich neuerdings sehr intensive Beziehungen zwischen Herstellern und Anwendern, die unter dem Einfluß dominanter Großanwender von Fertigungstechniken etwa aus der Automobilindustrie oder auch aus dem Maschinenbau geradezu exklusiven Charakter gewinnen. Dies betrifft nicht nur den bisherigen Sondermaschinenbau, sondern auch jene Bereiche, in denen früher Werkzeugmaschinen standardmäßig hergestellt wurden.

In Zusammenhang mit der Heterogenisierung der Anwendungsfelder steht der beschleunigte Wandel von Rationalisierungsprinzipien und -zielen, der die früheren, als allgemein verbindlich akzeptierten, teilweise normativ sanktionierten Rationalisierungsmethoden und damit einhergehenden Grundsätze des Technikeinsatzes abgelöst hat. Darüber hinaus

---

2 Vgl. hierzu die Ergebnisse eines gerade am ISF abgeschlossenen empirischen Projektes über Strukturveränderungen des Marktes für Produktionstechniken (Bieber u.a. 1997).

unterliegen die Innovationsprozesse konkurrenz- und krisenbedingt einem ständig wachsenden Druck auf die Verkürzung der Innovationszeiten und -zyklen. Notwendig wird eine Abkehr von den vorherrschenden linear-sequentiellen Prozessen der Technikentwicklung zugunsten simultaner und parallel verlaufender Teilprozesse der Innovation. Dies betrifft nicht nur die herstellerinternen Abläufe, sondern vor allem auch die interorganisatorischen Beziehungen zwischen den einzelnen Herstellern. Denn die notwendige Konsequenz ist eine Erweiterung der bisher dominanten vertikalen und auf wenige Akteure begrenzten Kooperationsformen durch horizontale und zeitlich parallele Beziehungen zu anderen Maschinenherstellern, Lieferanten und weiteren Unternehmen und Institutionen (Rose 1995, S. 198 f.).

Zusammenfassend lassen sich folgende Problemlagen erkennen, die die Funktionsfähigkeit produktionstechnischer Innovationsprozesse nachhaltig in Frage stellen: Erstens ist die fortschreitende institutionelle und organisatorische Differenzierung des Innovationsmusters bislang nicht von einer entsprechenden Anpassung und Veränderung der Abstimmungs- und Rückkopplungsprozesse zwischen den beteiligten Akteuren begleitet. Erforderlich sind sowohl in vertikaler wie horizontaler Richtung komplexere Rückkopplungsmechanismen, die die bisherige zentrale, steuernde Rolle des Werkzeugmaschinenbaus im Rahmen der institutionellen Arrangements ersetzen. Im Rahmen dieser neuen Rückkopplungsprozesse müssen zudem die immer kürzeren Innovationszeiten und Innovationszyklen für die Entwickler und Hersteller beherrschbar bleiben. Zweitens ist die Voraussetzung hierfür die Überwindung der neuen Segmentationslinien zwischen einzelnen neuen Teilarrangements von Akteuren: horizontal zwischen den voneinander abgeschotteten neuen Marktsegmenten, die unter der Dominanz einiger weniger Großanwender stehen; in vertikaler Hinsicht die Distanz zwischen relevanten Entwicklern und Herstellern auf der einen Seite und den Anwendern auf der anderen Seite. Verstärkend wirken hier die disziplinären Grenzen zwischen den verschiedenen jetzt an Technikentwicklung beteiligten Wissenschaftsdisziplinen, die einen problemlosen Personen- und Wissenstransfer immer unwahrscheinlicher machen. Drittens fehlen angesichts der zunehmenden Breite technologischer Potentiale und technischer Gestaltungsalternativen Orientierungswissen und neue Leitbilder zukünftiger Technikentwicklung, über die divergierende Entwicklungsperspektiven gebündelt und eine neue Verständigungsbasis der heterogenen Akteure der Technikentwicklung geschaffen werden können.

Insgesamt ist daher davon auszugehen, daß die in der Vergangenheit bewährten und eingespielten Rückkopplungsschleifen zwischen produktionstechnischer Entwicklung und Anwendung erodieren. Entscheidend für die zukünftige Funktionsfähigkeit produktionstechnischer Innovationsprozesse ist mithin die Anpassung des bisherigen Innovationsmusters, besonders eben neue Formen von Austauschprozessen, die diese Probleme bewältigen und effiziente Rückkopplungsmechanismen zwischen Technikentwicklung und industrieller Praxis wiederherstellen.

#### **4. Folgeprobleme und neue Fragen**

Diese hier nur sehr knapp skizzierten Befunde lassen sich abschließend mit Rammerts Thesen verknüpfen: Folgt man seiner Argumentation, so sind die Ausweitung und Intensivierung von Innovationsnetzwerken im Sinne eines Wandels von bilateraler zu multilateraler Kooperation zentrales Merkmal des derzeitigen Wandels und der tendenziellen Reflexivität von Innovationsprozessen. Außer acht bleiben dabei allerdings unterschiedliche Ausprägungsformen und Entwicklungsstufen von Netzwerken wie auch Probleme der Wandlungsfähigkeit von Netzwerken.

Festzuhalten ist zunächst einmal, daß dem Modell von kooperativen Austauschbeziehungen in Netzwerken grosso modo das praxisorientierte Innovationsmuster der Produktionstechnik in Deutschland sehr nahe kommt. Es erwies seine Leistungsfähigkeit unter den sozioökonomischen Bedingungen der 70er und 80er Jahre insbesondere auf dem expandierenden Werkzeugmaschinenmarkt in Westeuropa. Mehr oder weniger frictionslos wurde beispielsweise die NC-Technik in die existierenden produktionstechnischen Konzepte integriert und damit einer wachsenden Anwendernachfrage nach Lösungen flexibler Automatisierung nachgekommen. Dies war fraglos eine der wesentlichen Voraussetzungen für den ökonomischen Erfolg des westdeutschen Werkzeugmaschinenbaus in den 80er Jahren. Die kooperativen Grundstrukturen des praxisorientierten Innovationsmusters gelten daher auch im internationalen Vergleich als besonderer Innovationsvorteil des westdeutschen Werkzeugmaschinenbaus. Beispielsweise werden die Schwierigkeiten des französischen Werkzeugmaschinenbaus seit dem Ende der 70er Jahre und der rasante Schrumpfungsprozeß des amerikanischen Werkzeugmaschinenbaus in den 80er Jahren unter anderem darauf zurückgeführt, daß in diesen

Ländern kooperative Innovationsstrukturen weitgehend fehlten (March u.a. 1989; Maurice, Sorge 1990; Hirsch-Kreinsen 1993).

Offensichtlich stößt der Erfolgsweg der Vergangenheit, Innovationen arbeitsteilig und zugleich kooperativ zu bewältigen, an eine Grenze, die Resultat seiner vergangenen Effizienz ist. Netzwerkstrukturen waren in der Vergangenheit die Voraussetzung für die hohe Lernfähigkeit der beteiligten Akteure und die ständige Verbesserung technischer Innovationen durch die immer weitergehende Ausschöpfung wissenschaftlicher und technologischer Potentiale. Sie bildeten damit eine wichtige Voraussetzung für den Prozeß der industriellen Entwicklung und des ökonomischen Wachstums vor allem in der Zeit der Nachkriegsprosperität. Forciert durch die ökonomischen Krisentendenzen erreichen nun aber Arbeitsteiligkeit, Komplexität und Verwissenschaftlichung der technischen Lösungen ein Maß, das die bisherigen Rückkopplungs- und Koordinationsmechanismen überfordert und auf den Wandel der bestehenden Netzwerkstrukturen drängt.

Insofern liegt der Rückgriff auf das Konzept der reflexiven Modernisierung mit seinem krisentheoretischen Gehalt nahe, als damit die Notwendigkeit bezeichnet wird, daß die Kumulierung der Folgeprobleme und der Mangel bisheriger Modernisierungsprozesse Reaktionen zu ihrer Bewältigung erzwingen. Freilich vernachlässigt Rammert diese krisenhafte Situation allzu vorschnell, indem er davon ausgeht, daß die Folgeprobleme der bisherigen Innovationsstrukturen durch ihre bloße Fortschreibung bewältigbar sind. Denn seiner Ansicht nach sind nicht Entdifferenzierung, nicht zentrale Steuerung und auch nicht neue Formen der Verschränkung von Teilsystemen die Entwicklungsperspektive, sondern eben die (Weiter-)Entwicklung von Innovationsnetzwerken hin zu umfassenden Innovationssystemen mit multilateralen Netzwerkstrukturen. Folgt man jedoch den skizzierten Befunden wie auch zentralen Ergebnissen der bisherigen sozialwissenschaftlichen Netzwerkdiskussion über die Anpassungs- und Veränderungsfähigkeit von Netzwerken,<sup>3</sup> ist aber kaum davon auszugehen, daß sich eine solche Entwicklung problemlos und widerspruchsfrei einspielt.

Besonders ist dabei auf die Probleme der Anpassungs- und Veränderungsfähigkeit von Netzwerken hinzuweisen. Wie skizziert, zeichneten

---

3 Vgl. z.B. die zusammenfassende Diskussion der Grenzen der Netzwerksteuerung bei Messner (1994).

sich im Fall der produktionstechnischen Entwicklung bislang die Netzwerkstrukturen durch die Kooperation mehr oder weniger gleichberechtigter Akteure aus, die ihre Interessen im Rahmen eingespielter und vielfach von Verbänden moderierter Verhandlungsprozesse zum Ausgleich brachten. Diese Verhandlungsprozesse erwiesen sich in der Vergangenheit als vorteilhaft, da sie eine kontinuierliche Zusammenarbeit trotz widersprüchlicher Interessen der Beteiligten gewährleisteten. Sie sind offensichtlich aber kaum in der Lage, einen Prozeß institutioneller Veränderung in Gang zu setzen, ohne daß nach wie vor notwendige kooperative Beziehungen auseinandergerissen werden. Denn politikwissenschaftliche Analysen belegen, daß Ergebnisse von Verhandlungsprozessen nicht selten strukturkonservierenden Charakter haben. Verhandlungsprozesse neigen gegenüber Veränderungserfordernissen aufgrund eingespielter Macht- und Interessenkonstellationen zu Trägheit und möglicherweise zu Blockaden von notwendigen Entscheidungen (z.B. Mayntz 1992). Anders ausgedrückt: Einmal eingespielte Beziehungen fördern zwar Innovationen entlang der von den Akteuren als mehr oder weniger verbindlich akzeptierten Pfade und auf der Basis ihrer je gegebenen Wissensbestände, sie sperren sich jedoch gegen nachhaltige Veränderungen, sei es in Form der Integration neuen Wissens und neuer Akteure, seien es „Sprunginnovationen“, die zu neuen Innovationspfaden führen sollen. Veränderungen sind insofern nur als krisenhafter Bruch der bisherigen Netzwerkstrukturen denkbar, ohne daß sich allerdings zugleich neue kooperative Mechanismen einstellen (vgl. den Beitrag von Kern in diesem Band).

Die Frage nach der Lösung dieser Koordinationsprobleme, d.h. der Weiterentwicklung der Netzwerkstrukturen, läßt sich dabei nur zureichend mit Blick auf den Einfluß makrostruktureller Bedingungen angehen. Wie die produktionstechnische Entwicklung zeigt, spielen divergierende Einflußfaktoren eine Rolle, von denen widersprüchliche Impulse auf die Ebene der kollektiven und korporativen Akteure ausgehen: Einerseits ist ein weiter wachsender Einfluß insbesondere des Wissenschaftssystems mit seinen verschiedenen disziplinär voneinander geschiedenen Akteuren auf technische Entwicklung unverkennbar; der Prozeß der Ausdifferenzierung der Entwicklerkonstellation schreitet fort, verbunden mit der Notwendigkeit, ein immer breiteres Feld von Wissensbeständen und Technologien im Innovationsprozeß zu kombinieren (Fritsch 1996). Andererseits gewinnen im Zusammenhang mit den generellen industriellen und ökonomischen Turbulenzen Anwendungsfelder und Absatzmärkte einen immer heterogeneren Charakter mit der Folge, daß zunehmend

speziellere und zugleich auseinanderdriftende Anwenderinteressen an Einfluß auf die Technikentwicklung gewinnen bzw. von den Entwicklern berücksichtigt werden müssen.

Welche Formen von Innovationsnetzwerken in Zukunft besondere Bedeutung erlangen werden, ist daher schwer zu sagen. Die von Voskamp und Wittke (1994) geprägte Formel der „virtuellen Kooperation“ im Bereich von Innovationsprozessen der Halbleiterentwicklung zeigt möglicherweise eine relevante Entwicklungsperspektive auf. In dieser Perspektive sind zeitlich nur begrenzte, auf ganz bestimmte Innovationsvorhaben gerichtete Kooperationsbeziehungen denkbar. Nicht auszuschließen sind aber auch sich vertiefende Prozesse der Segmentierung und Abschottung einzelner, spezialisierter Innovationsnetzwerke, deren technische Entwicklungskonzepte nur mit großem Anpassungsaufwand weitere Verbreitung finden können. Es ist außerdem nicht auszuschließen, daß sich etwa in Form einer gegenüber der bisherigen Praxis deutlich ausgeweiteten und intensivierten staatlichen Technologiepolitik ein neues Steuerungszentrum produktionstechnischer Innovationen herausbildet, über das sich hierarchische Formen von Rückkopplungsprozessen zwischen den ausdifferenzierten Akteuren auf Dauer einspielen.

In allen Fällen ist es offen, ob die Innovationsprozesse mit der vielfach gewünschten Effizienz verlaufen und insofern einen substantiellen Beitrag für die weitere industrielle Entwicklung und für die industrielle Beschäftigung leisten. Bezeichnet werden damit offene Fragen, die über den bisherigen Stand der techniksoziologischen Diskussion hinausweisen und als Gegenstand einer sozialwissenschaftlichen Innovationsforschung begriffen werden können.

## Literatur

- Asdonk, J.; Bredeweg, U.; Kowol, U.: Innovation als rekursiver Prozeß - Ein theoretisches Modell zur Technikgenese im Bereich der Produktionstechnik. In: Zeitschrift für Soziologie, Heft 20, 1991, S. 290-304.
- Bieber, D.; Deiß, M.; Hirsch-Kreinsen, H.; Schmierl, K. (Hrsg.): Neue Strukturen des Technikmarktes - Zur Entwicklung und Auslegung von Rechnersystemen für die industrielle Produktion, hektogr. Bericht, München 1997.
- Dosi, G.: Technological Paradigms and Technological Trajectories. In: Research Policy, no. 11, 1982, pp. 147-162.

- Fritsch, M.:** Arbeitsteilige Innovation - Ein Überblick über neuere Forschungsergebnisse. In: D. Sauer; H. Hirsch-Kreinsen (Hrsg.): Zwischenbetriebliche Arbeitsteilung und Kooperation - Ergebnisse des Expertenkreises „Zukunftsstrategien“ Band III, Frankfurt/New York 1996.
- Hirsch-Kreinsen, H.:** NC-Entwicklung als gesellschaftlicher Prozeß - Amerikanische und deutsche Innovationsmuster der Fertigungstechnik, Frankfurt/New York 1993.
- Kalkowski, P.; Mickler, O.; Manske, F.:** Technologiestandort Deutschland - Produktinnovationen im Maschinenbau: traditionelle Stärken - neue Herausforderungen, Berlin 1995.
- Kubicek, H.; Seeger, P.:** Technikgenese: Entwicklungspfade und Koordinationsprobleme. In: Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung, Mitteilung 12, Juli 1994, S. 12-41.
- Lutz, B.:** Das Ende des Technikdeterminismus und die Folgen - Soziologische Technikforschung vor neuen Aufgaben und neuen Problemen. In: B. Lutz (Hrsg.): Technik und sozialer Wandel, Frankfurt/New York 1987, S. 34-52.
- Mahnkopf, B.:** Markt, Hierarchie und soziale Beziehungen - Zur Bedeutung reziproker Beziehungsnetzwerke in modernen Marktgesellschaften. In: N. Beckenbach; W. van Treeck (Hrsg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit, Soziale Welt, Sonderband 9, Göttingen 1994, S. 65-84.
- March, A. u.a.:** The US Machine Tool Industry and its Foreign Competitors. In: The MIT Commission on Industrial Productivity (ed.): Working Papers of the MIT Commission on Industrial Productivity, vol. 2, Cambridge/Mass./London 1989.
- Maurice, M.; Sorge A.:** Industrielle Entwicklung und Innovationsfähigkeit der Werkzeugmaschinenhersteller in Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland. Discussion Papers No. FS I 90-11, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Berlin 1990.
- Mayntz, R.:** Modernisierung und die Logik von interorganisatorischen Netzwerken. In: Journal für Sozialforschung, Heft 1, 32. Jg., 1992, S. 19-32.
- Messner, D.:** Fallstricke und Grenzen der Netzwerksteuerung. In: PROKLA 97, Netzwerke zwischen Markt und Staat, Heft 4, 1994, S. 563-596.
- Meyer-Krahmer, F.:** Welche Technologiepolitik braucht der Standort Deutschland? In: Wirtschaftsdienst, November 1993, S. 8-12.
- Rose, H.:** Herstellerübergreifende Kooperation und nutzerorientierte Technikentwicklung als Innovationsstrategie. In: H. Rose (Hrsg.): Nutzerorientierung im Innovationsmanagement, Frankfurt/New York 1995, S. 195-218.
- Rosenberg, N.:** Technischer Fortschritt in der Werkzeugmaschinenindustrie 1840-1910. In: R. Rürup; K. Hansen (Hrsg.): Moderne Technikgeschichte, Köln 1975, S. 216-242.
- VDMA:** Ingenieur-Erhebung im Maschinen- und Anlagenbau - Ergebnisse der VDMA-Studie, hektogr. Manuskript, Frankfurt 1988.
- Voskamp, U.; Wittke, V.:** Von „Silicon Valley“ zur „virtuellen Integration“ - Neue Formen der Organisation von Innovationsprozessen am Beispiel der Halbleiterindustrie. In: J. Sydow; A. Windeler (Hrsg.): Management interorganisationaler Beziehungen, Opladen 1994, S. 212-243.