

# Vernetzte Innovationen - innovative Netzwerke

Airbus, Personal Computer, Transrapid<sup>1</sup>

*Johannes Weyer*

## 1. Einleitung: Die Krise der Forschungspolitik

Das bislang vorherrschende Paradigma der interventionistischen F&T-Politik befindet sich in einer Krise. Der Planungsoptimismus, der von den ersten staatlichen Großforschungsprojekten in den 40er Jahren (Peenemünde, Manhattan Project) bis hin zu den sozialreformerischen Programmen der 60er und 70er Jahre vorherrschte, ist verflogen. Die Annahme, daß staatliche Interventionen in den Prozeß der Erzeugung von Wissen und Technik nicht nur möglich sind, sondern sich auch produktiv auswirken, wird immer stärker in Zweifel gezogen. Zunächst erwiesen sich die Anfangserfolge in der Raketentechnik und der Kernenergie als ein schlagkräftiges Argument zur Unterstützung eines Politikmodells, das Technikgenese als einen linear-sequentiellen Prozeß auffaßt, der durch entsprechende Angebote vorangetrieben und beschleunigt werden kann. Dem zentralstaatlichen Akteur und den von ihm inszenierten und alimentierten Projekten kam damit eine Schlüsselstellung zu; angesichts wenig rezeptiver Märkte gehörte es zum Selbstverständnis staatlicher Forschungsförderung, eine Vorreiterfunktion zu übernehmen, um so Modernisierungsprozesse voranzutreiben.

Dieses Modell wurde von fast allen entwickelten Industriestaaten - mehr oder minder blind - kopiert, was im Kontext der globalen Systemauseinandersetzung zu einer fast ausschließlichen Fixierung auf die Entwicklung prestigehaltiger und machtpolitisch nutzbarer Staatstechnik führte, deren ziviler oder kommerzieller Nutzen mehr als fraglich war. Die bevorzugte Organisationsform für diese Form staatlicher F&T-Politik waren *klientelistische Netzwerke*, die aus dem zentralstaatlichen Akteur (in der Regel dem Forschungsministerium), den staatlichen Großforschungseinrichtungen sowie den Forschungszentren von Großunternehmen im Bereich strategischer Schlüsselindustrien gebildet werden (vgl. Abb. 1).

Abb. 1: Paradigmen der Forschungs- und Technologiepolitik			
Zeit- raum	Akzent	Politikmuster	soziale Organisation
1940ff.	Staatstechnik; Großforschung	interventionis- tisch	klientelistische Netzwerke
1975ff.	zivilindustrielle Zukunftstechnologien	Steuerungsver- zicht	korporatistische Netzwerke
1980ff.	Weltmarkt	Deregulierung	
1990ff.	öffentliche Güter; gesellschaftliche Nachfrage	partizipativ	pluralistische Netzwerke

Die Großprojekte, die die Identität des Politikfeldes in den 40er Jahren schufen und den Stil der F&T-Politik der meisten kapitalistischen Industriestaaten bis weit in die 70er Jahre prägten, sind jedoch überwiegend gescheitert: Sowohl in der Atomkraft als auch in der Raumfahrt häuften sich die Fehlschläge. Als Beispiele seien genannt: der Schnelle Brüter in Kalkar, der niemals in Betrieb genommen wurde, und die internationale Raumstation Freedom (neuerdings Alpha), deren Realisierung mehrfach hinausgeschoben wurde und mittlerweile immer fraglicher wird. Den immensen Kosten dieser Projekte stand kein nennenswerter Nutzen gegenüber; die F&T-Politik geriet zusehends in Rechtfertigungszwänge. Die Sicherheitsprobleme und die langfristigen gesellschaftlichen Folgekosten führten darüber hinaus zu einem deutlichen Legitimationsverlust staatlicher Politik, der sich in Technikkritik und Technikkontroversen niederschlug. Das Deutungs- und Definitionsmonopol des Staates wurde dadurch gebrochen, daß sich eine technologiepolitische Streitkultur entwickelte, in der sich die konfligierenden Parteien gleichermaßen auf wissenschaftliche Experten stützen. Zudem gilt es mittlerweile als selbstverständlich, daß sich Laien und Betroffene an Technikkontroversen beteiligen (vgl. Radkau 1988, Conrad 1994, Mai 1994).

Diese Legitimationskrise konnte auch dadurch nicht überwunden werden, daß sich in den 70er Jahren in Form der Förderung zivilindustrieller Zu-

kunftstechnologien ein eigenständiger zweiter Entwicklungspfad der F&T-Politik entwickelte, der neben die Förderung der Staatstechnik trat (vgl. Bruder/Dose 1986, Ruivo 1994, Rilling 1994). Ziel war es nunmehr, eine „aktive Strukturpolitik“ (Hauff/Scharpf 1975: 14) zu betreiben und so den Strukturwandel von Wirtschaft und Gesellschaft zu beschleunigen. Die Förderung zivilindustrieller Zukunftstechniken sollte vorrangig mit indirekten Mitteln erfolgen; dies beinhaltete konsequenterweise einen Verzicht auf die aktiv-programmatische Steuerung von Forschung und Technik durch den zentralstaatlichen Akteur. Das traditionelle Muster der Förderung staatlicher Großtechniken ließ sich auf diesen Bereich nur schwer übertragen; neue institutionelle Formen der Förderung zivilindustrieller Techniken mußten erst entwickelt und erprobt werden, erwiesen sich aber oftmals als wenig geeignet, selektiv und prospektiv zu steuern.

Die Orientierung auf weltmarktfähige Hochtechnologien führte somit notwendigerweise zu einer „Zurücknahme ... (des) politischen Gestaltungsanspruchs“ (Rilling 1994: 63), da die Möglichkeiten des Staates, Einfluß auf die Erzeugung marktfähiger Technologien durch global operierende Unternehmen zu nehmen, zwangsläufig begrenzt sind. Edgar Grande spricht daher von der „Erosion des staatlichen Steuerungspotentials“ (1994). Zudem kam es in den späten 70er und den 80er Jahren zu einer Überlastung der F&T-Politik, die sich aus der zeitlichen Parallelität der Realisierung der Großprojekte (v.a. in der Kernenergie und der Raumfahrt) mit der Inangriffnahme neuer Förderprogramme ergab. Die Handlungsfähigkeit des Staates wurde (und wird bis heute) durch die selbst geschaffenen Sachzwänge erheblich eingeschränkt.

In den 80er Jahren wurde die sozialdemokratische Planungs- und Steuerungsrhetorik von der neoliberalen Deregulierungsdiskussion abgelöst, die den Steuerungsverzicht zum Programm erhob und die Zieldefinition und die Programmformulierung vollends an korporatistische Interessenskartelle delegierte, in denen der Staat nur noch ein Mitspieler unter vielen war. Es war jedoch eine zweifelhafte Strategie, die Defizite staatlicher Politik dadurch kompensieren zu wollen, daß Entscheidungen über Zukunftstechnologien in die Privatwirtschaft verlagert wurden, die angesichts von Planungsunsicherheiten in international verflochtenen Märkten mit ähnlichen Prognoseproblemen zu kämpfen hat wie der Staat (vgl. Grande 1994). Die verbreitete Orientierungslosigkeit führte daher zu einer hektischen Suche nach neuen Zielen und Projekten, die sich in einer „picking the winners“-Bewegung nieder-

schlag, welche jedoch selbst mit ausgefeiltesten Instrumenten lediglich in der Lage war, die Gewinner von gestern zu identifizieren, nicht aber die von morgen (vgl. Klodt 1987, Freeman 1987). Das Problemlösungspotential dieser Variante von F&T-Politik blieb ebenfalls beschränkt.

Die gegenwärtige Orientierungskrise der staatlichen F&T-Politik<sup>2</sup>, die sich in den Dauerdebatten um neue Technologien und den „Standort Deutschland“ niederschlägt, kann also auf das Scheitern der Staatstechnik einerseits, die offensichtlichen Probleme einer staatlichen Steuerung privatwirtschaftlicher Technikentwicklung andererseits zurückgeführt werden. Trotz einer intensiven Suche nach neuen Zukunftsperspektiven gibt es momentan wenig klare Antworten auf die Frage, wie die Rolle des Staates in der Technikförderung neu zu bestimmen sei. „Runde Tische“ gelten als eine Zauberformel, was auf die verbreitete Wahrnehmung verweist, daß Perspektiven der F&T-Politik in der Öffnung der Arena sowie der Durchführung diskursiver Verfahren gesehen werden. Am Paradigma einer angebotsorientierten Technologiepolitik hat sich jedoch bislang kaum etwas geändert. Immer noch dominiert eine f&t-politische Konzeption, die von einer Technology-push-Orientierung geprägt ist: Der Innovationsprozeß wird als eine lineare, kaskadenförmige Sequenz betrachtet, die „von vorne“, d.h. durch Anstöße aus Forschung und Technik angetrieben wird. Technologische Durchbrüche werden als Schlüssel zum Erfolg gesehen. Dem Staat wird in diesem Modell daher nach wie vor die Rolle des Initiators von Innovationen bzw. des Beschleunigers von Diffusionsprozessen zugeschrieben. Er soll die Rolle des Technologietreibers und -promotors spielen, dessen Förderaktivitäten den Schlüssel für die künftige ökonomische Leistungsfähigkeit bilden.

Das Gegenmodell einer nachfrage- und bedarfsorientierten Technikentwicklung gewinnt zwar langsam Konturen; Alternativkonzeptionen, die den Innovationsprozeß vom Ende her denken, indem sie, von Problemformulierungen ausgehend, sozio-technische Problemlösungen suchen, haben im Rahmen der bestehenden institutionellen Strukturen jedoch bislang nur geringe Realisierungschancen. Denn die Vorstellung einer sozialen Gestaltung technischer Innovationen in offenen, pluralistischen Aushandlungsprozessen erfordert auch neue institutionelle Arrangements, die eine breite Beteiligung potentieller Nutzer und Betroffener gewährleisten, eine Offenheit für Alternativen beinhalten sowie eine dezentrale Suche nach angepaßten Lösungen ermöglichen.

Der bislang vorherrschenden, push-orientierten Konzeption von F&T-Politik liegt ein problematisches Verständnis von Technikgenese zugrunde, das die soziale Logik des technischen Wandels nicht hinreichend berücksichtigt und daher auch nicht in der Lage ist, zukunftsweisende politische Perspektiven zu entwickeln. *Will man politische Alternativen wie die einer dezentralen, partizipativen F&T-Politik entwickeln, so bedarf es auch eines Neuansatzes in der Techniksoziologie.* Im Folgenden wird daher vorgeschlagen, Technikgenese als einen mehrstufigen Prozeß der sozialen Konstruktion von Technik zu begreifen, welcher von wechselnden Akteurkonstellationen getragen wird (Kap. 2). Die sozialen Netzwerke, die Träger und Motor der Technikentwicklung sind, stehen im Mittelpunkt dieser Konzeption, mit deren Hilfe Ansatzpunkte für alternative Strategien der Technikgestaltung identifiziert werden sollen (Kap. 3).<sup>3</sup>

## 2. Technikgenese in netzwerktheoretischer Perspektive

### 2.1 Zum Stand der Diskussion in der sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung

Die Technikgeneseforschung war mit dem dezidierten Anspruch angetreten, durch eine soziologische Analyse des Innovationsprozesses einen Beitrag zur praktischen Politik zu leisten. Sowohl bei Nelson/Winter (1977) als auch bei Dierkes (1989) - um nur einige prominente Vertreter der Community zu nennen - war diese Verknüpfung von Technikgenese- und Technikfolgenforschung ein programmatisches Kernelement (vgl. auch Rammert 1988, 1994). Damit wurde unterstellt, daß bereits in der Frühphase einer Technik Schlüsselentscheidungen fallen, die den gesamten Prozeß der Technikentwicklung prägen.<sup>4</sup> Die Frage, *wie sich die soziale Prägung der Technik konkret vollzieht*, wird innerhalb der techniksoziologischen Forschung unterschiedlich beantwortet, wenngleich es mittlerweile zur Standardargumentation gehört, „technische Artefakte und Systeme ... als Resultate von gesellschaftlich-politischen Entscheidungsprozessen und Akteur- bzw. Interessenkonstellationen“ (Hellige 1993: 187) zu begreifen. Der soziale Mechanismus der Technikgenese wird jedoch recht unterschiedlich beschrieben, wobei im wesentlichen folgende Varianten unterschieden werden können:

- Das Konzept der diskursiven Schließung sozialer Aushandlungsprozesse („Closure“) fokussiert im wesentlichen auf die rhetorischen Strategien von Technikkonstruktoren in der Entstehungsphase und untersucht, wie die von ihnen favorisierten Konzepte sich gegenüber Alternativen durchsetzen (vgl. u.a. Pinch/Bijker 1987, Dierkes 1989, Knie 1989).
- Das Modell der sozialen Evolution von Technik rückt - in Analogie zu Theorien der Wissenschaftsdynamik (Kuhn, Lakatos) - Ingenieurcommunities sowie Paradigmen bzw. Regimes in den Mittelpunkt, deren Abfolge einen evolutionären Prozeß mit sich zyklisch wiederholenden Stadien ergeben (vgl. u.a. Nelson/Winter 1977, Dosi 1982, Tushman/Rosenkopf 1992, Rammert 1992).
- Die Policynetzwerk-Analyse sieht institutionelle Strukturen als wesentliche Determinanten der Technikentwicklung und konzentriert sich auf die (vergleichende) Analyse von Technisierungsprozessen in nationalstaatlichen Politikarenen (vgl. u.a. Mayntz/Schneider 1988, Schneider/Werle 1991).
- Das Aktandenmodell rückt demgegenüber den Netzwerk-Konstrukteur und dessen Fähigkeit, andere Akteure für seine Vision zu gewinnen und zu mobilisieren, in den Mittelpunkt des Interesses (vgl. u.a. Callon/Law 1989, Latour 1988).

Trotz einer Reihe von Übereinstimmungen kommen die genannten Ansätze zu recht unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich der Frage, wie sich der Prozeß der Technikgenese vollzieht und an welchen Punkten sich Möglichkeiten für gestaltende Eingriffe ergeben.<sup>5</sup> Vor allem das Closure-Konzept leidet unter der problematischen Annahme, daß bereits in den frühen „Schließungs- und Konsolidierungsprozessen“ eine Techniklinie „unumkehrbar ... festgeschrieben“ werde (Knie/Hård 1993: 234), die später dann „nicht mehr oder nur noch rudimentär verändert werden“ könne (Knie 1994: 34).<sup>6</sup> Diese Diagnose einer „Versteinerung“ der Technik zieht einen Steuerungs- pessimismus geradezu zwangsläufig nach sich (vgl. ebd.: 35).

Es ist jedoch zweifelhaft, ob man aus den Anfängen der Technikgenese spätere Folgewirkungen extrapolieren kann (vgl. Hellige 1993, König 1993). Die Gefahr einer Rückkehr des Technikdeterminismus in die Techniksoziologie ist unverkennbar, wenn mit linearen Modellen einer unmittelbaren und unumkehrbaren Durchschlagskraft der Frühphase in spätere Nutzungs- und Anwendungsphasen operiert wird. Die technologiepolitischen Schlußfolge-

rungen müssen zwangsläufig problematisch sein, da Eingriffsmöglichkeiten nur in Form verpaßter Chancen in der Vergangenheit gesehen werden. Gestaltungsoptionen in späteren Phasen werden damit ausgeblendet - eine problematische und keineswegs zwingende Schlußfolgerung, die sich die Frage gefallen lassen muß, wie unter der Diktatur des Alten überhaupt Neues entstehen kann (vgl. Schot et al. 1994). Auch wird keineswegs klar, aufgrund welcher struktureller Faktoren die Vergangenheit offener für Innovationen war als die Gegenwart.

## 2.2 Die soziale Dynamik der Technik

Im Gegensatz zum Closure-Konzept gehen die folgenden Ausführungen davon aus, daß die Schließung sozialer Aushandlungsprozesse über Technik kein einmaliger Akt ist, durch den bereits in frühen Phasen der Charakter einer Technik sowie deren Folgewirkungen ein für allemal festgeschrieben werden, wie etwa Pinch/Bijker (1987) und Knie (1989, 1994) dies unterstellen. Technikgenese wird vielmehr als ein mehrstufiger Prozeß der sozialen Konstruktion von Technik betrachtet; dies setzt voraus, daß die Akteurkonstellationen, die eine technische Innovation tragen, wie auch die Nutzungsvisionen im Laufe der Entwicklung mehrfach wechseln. Man kann diesen Prozeß als eine Abfolge sozialer Schließungen beschreiben, der sich grob und idealtypisch in die drei Phasen „Entstehung“, „Stabilisierung“ und „Durchsetzung“ (sowie die damit verbundenen Phasenübergänge) untergliedern läßt. Damit sei unterstellt, daß Technikprojekte in den verschiedenen Phasen von unterschiedlichen sozialen Netzwerken getragen werden, in denen Akteure mit unterschiedlichen Motiven und Nutzungsvisionen agieren und interagieren - und so soziale Schließungen erreichen, die für die Technikgenese folgenreich sind. Erst diese Sequenz von Konstruktionsleistungen und prägenden Entscheidungen macht den Verlauf einer technischen Innovation nachvollziehbar und erklärbar.<sup>7</sup>

Der Kerngedanke des konstruktivistischen Ansatzes, Technikgenese auf soziale Aushandlungsprozesse zu beziehen, wird damit bewahrt, zugleich aber um einige Komponenten erweitert, die dem Modell der sozialen Evolution von Technik entlehnt werden, insbesondere die Idee einer Phasen-Entwicklung sowie einer Abfolge von Öffnungs- und Schließungsprozessen. Über den „radikalen“ Sozialkonstruktivismus hinaus weist die Annahme, daß

auch nach erfolgter Schließung Handlungs- und Eingriffsmöglichkeiten bestehen, die zu einer erneuten Öffnung des Netzwerkes und damit zu einer grundlegenden Modifikation des Kurses des Innovationsprozesses führen können. Der Prozeß der sozialen Prägung der Technikentwicklung geht also weiter, wobei die bereits geschaffenen Tatsachen als (einschränkende wie auch Möglichkeiten eröffnende) Randbedingungen für die Produktion neuer Problemlösungen fungieren.

Die Idee einer Sequentialisierung von Technikgenese impliziert nicht notwendigerweise eine Rückkehr zum traditionellen, linearen Kaskadenmodell technischer Innovation; es sei lediglich unterstellt, daß das traditionelle Innovationsmodell zwei bewahrenswerte Kerngedanken enthält, nämlich

- die Vorstellung, daß Innovationsprozesse sich in mehreren Schritten vollziehen, in denen jeweils spezifische Leistungen erbracht werden, die für den Erfolg des Gesamtprozesses unabdingbar sind, und
- die Annahme, daß diese Prozesse nicht nur einen Anfang haben, sondern auch über eine kritische Hürde müssen, die dadurch definiert wird, daß neue Technik sich ihren Markt und damit ihren Verwendungskontext schaffen muß, um erfolgreich bestehen zu können.

Trotz aller berechtigter Kritik an naiven Vorstellungen eines linear-sequentiellen Innovationsprozesses läuft die sozialwissenschaftliche Technikgeneseforschung Gefahr, das Kind mit dem Bade auszuschütten, wenn sie sich auf Einzelaspekte dieses Gesamtprozesses fixiert, wie dies beispielsweise das Closure-Modell, aber auch das Innovationsnetzwerke-Konzept tun.<sup>8</sup> Im Gegensatz wird hier angenommen, daß der Innovationsprozeß aus mehreren, aufeinander bezogenen Schritten besteht und nicht lediglich eine chaotische Ansammlung völlig beliebiger Konstruktionsakte darstellt, die immer wieder bei „Null“ beginnen. Insofern wird im Folgenden die Bezeichnung „Pfad“ bzw. „Trajektorie“ verwendet, um anzudeuten, daß in den einzelnen Phasen spezifische Leistungen erbracht werden, die a) aneinander anknüpfen, ohne deterministisch aufeinander zu folgen, und b) ein Schlüsselproblem bewältigen müssen, nämlich die Erzeugung kontextfrei funktionierender technischer Artefakte bzw. sozio-technischer Systeme, die genutzt und rekombiniert werden können, ohne daß die soziale Erzeugungslogik - stets von Neuem - nachvollzogen werden muß. Eine technische Innovation, die dieses Stadium der Dekontextualisierung nicht erreicht, wird daher als unvollständige Innovation bezeichnet.<sup>9</sup>

**Abb. 2: Phasen der Technikgenese**

Phase	ENTSTEHUNG	STABILISIERUNG	DURCHSETZUNG
Akteur-konstellation	unstrukturiert	"enge" soziale Netzwerke: Kopplung heterogener Akteure	"weite" soziale Netzwerke: Rekonfiguration des Netzwerkes
sozialer Mechanismus	informelle Kommunikation	soziale Schließung	soziale Schließung
Leistung	sozio-technischer Kern	Prototyp	dominantes Design; Dekontextualisierung; Konstruktion des Bedarfs
<b>Empirische Fallbeispiele</b>			
Personal Computer	Homebrew-Szene (1974-77)	Netzwerk um Apple (1977-1980)	Netzwerk um IBM (1981-1985)
Airbus	Techniker und Industrielle (1965-1967)	Regierungen und Herstellerunternehmen (1967-1978)	Regierungen, Herstellerunternehmen, Luftverkehrsgesellschaften (1978-1980)
Transrapid	Einzerlerfinder, Reichsbahn (1922-1969)	BMT, Industrie, bis 1975: BMW (1969-1987)	BMV, Industrie, DB, Bundesländer (seit 1987)
TV-Satellit	Visionäre, NASA, Militär (1945-1964)	Intelsat, Eutelsat, ESA (1964-1987)	SES/Privat-TV/Geräteindustrie/Werbewirtschaft (1983-1994)

### 2.3 Technikgenese als mehrstufiger Prozeß der sozialen Konstruktion von Technik - ein Phasenmodell

#### Entstehungsphase

Innovationen entstehen meist nicht als Reaktion auf bestehende Nachfragen; in der Regel werden sie von Außenseitern hervorgebracht, die abseits der etablierten Strukturen der Forschung und/oder abseits der etablierten Marktstrukturen operieren und vom Establishment (in Forschung und Industrie) meist nicht ernstgenommen werden.<sup>10</sup> Der Prozeß der Erfindung (i.e. der Kreation der Vision und der Identifikation der technischen und sozialen Komponenten, welche die Realisierung der Vision ermöglichen sollen) ist ein Vorgang, der von einer Reihe von Zufällen abhängt, die von außen kaum beeinflussbar sind. Der chronisch geldknappe Computerbastler Wozniak, der sich einen Intel-Mikroprozessor nicht leisten konnte, war beispielsweise 1976 zufällig auf einer Computermesse auf ein Sonderangebot von MOS-Tech gestoßen, das ihm die Konstruktion des ersten Apple-Computers erlaubte - ein höchst folgenreicher Zufall.<sup>11</sup>

Private Bastler- und Erfinderclubs in subkulturellen Nischen spielen in dieser Phase oftmals eine bedeutende Rolle, da sie einen Informationsaustausch zwischen den - häufig isolierten - Anhängern der neuen Vision ermöglichen und so unkonventionellen Problemlösungen den Weg bahnen. Ein Beispiel ist der Homebrew Computerclub, der in den 70er Jahren diese Funktion für die kalifornische PC-Gemeinde erfüllte. Die Akteurkonstellation der Frühphase ist jedoch meist unstrukturiert, die Kommunikation informell, die Teilnehmerschaft wechselnd, die Verpflichtungsfähigkeit der Akteure gering. Trotz dieser „lockeren“ Form trägt die Interaktion in dieser frühen Phase dazu bei, die Konkretisierung von diffusen Ideen zu beschleunigen.

Die Leistung, die in dieser Phase erbracht wird, besteht in der *Generierung des sozio-technischen Kerns*, der - im Lakatosschen Sinne - die Identität der technischen Innovation begründet und über wechselnde Ausprägungen (in konkreten Technikprojekten) hinweg erhält. Als sozio-technischer Kern sei - in Abgrenzung von Knie (1989)<sup>12</sup> - ein (paradigmatisches) Modell bezeichnet, das zwei miteinander verknüpfte Elemente enthält:

- eine technisch-instrumentelle Konfiguration (in Form eines allgemeinen Konstruktionsprinzips) sowie

- eine soziale Konfiguration (in Form eines antizipierten Arrangements der beteiligten Akteure).

Der sozio-technische Kern des Personal Computers besteht beispielsweise aus (a) der offenen Architektur des Gerätes, das (b) für individuelle Anwender konzipiert ist, und (c) der vertikalen Desintegration der Hersteller. Im Falle des Airbus wird der sozio-technische Kern aus dem Konzept der (a) europäischen Gemeinschaftsproduktion eines (b) technisch fortgeschrittenen und (c) wirtschaftlich konkurrenzfähigen Verkehrsflugzeuges gebildet. Beim Transrapid geht es um ein (a) spurgeführtes, aber berührungsfreies, (b) Hochgeschwindigkeitsverkehrsmittel für (c) Punkt-zu-Punkt-Verbindungen als (d) Alternative zu bestehenden Verkehrsträgern.

Der sozio-technische Kern stellt ein allgemeines Orientierungsmuster für die Such- und Problemlösungsstrategien der Technikkonstruktoren dar, das ihre konkreten Entscheidungen und Alternativwahlen beeinflusst, keinesfalls aber deterministisch festlegt. Zwar werden auch in dieser Phase Nutzungsvisionen entwickelt und Verwendungskontexte antizipiert; eine Reduktion des sozio-technischen Kerns auf diese beiden Elemente griffe jedoch zu kurz. Denn die Nutzungsvisionen der Frühphase besitzen vorrangig die Funktion der (Selbst-)Mobilisierung der beteiligten Akteure; in späteren Phasen verlieren sie schnell an Bedeutung und werden gegen andere Visionen ausgetauscht (vgl. auch König 1993: 251).

Zu klären bleibt somit die Frage, was eine Innovation als „neu“ auszeichnet. Als *radikal bzw. nicht-inkremental* sollen innovative Ideen, Konzepte, Visionen gelten, welche ein sozio-technisches System begründen, das ein bestehendes System erfolgversprechend herausfordern oder gar verdrängen kann, also in der Lage ist, einen „Systemwettstreit“ (Hellige 1993) zu inszenieren. In Anlehnung an Lakatos (1974) wird die Radikalität einer Innovation also an das systemische Problemlösungspotential gebunden und nicht an den isolierten Vergleich einzelner Komponenten. Die Fähigkeit zur Konstruktion eines neuen sozio-technischen Systems setzt dabei voraus, daß nicht nur eine innovative Vision erzeugt wird, sondern auch die technischen und sozialen Komponenten identifiziert werden, die die Realisierung der Innovation ermöglichen.

Außenseiter, Newcomer und Quereinsteiger unterliegen nicht den Zwängen, die sich aus paradigmagelenkter Forschung und der organisationalen Einbindung von F&E-Prozessen ergeben - beides führt typischerweise zu

inkrementalen Innovationen (vgl. Tushman/Rosenkopf 1992); sie können neue Ideen und Konzepte generieren bzw. ausprobieren und riskieren dabei „nur“ ihr individuelles Scheitern. Die Wahrscheinlichkeit unkonventioneller Erfindungen nimmt dadurch zu.

Die Entstehungsphase einer neuen Technik ist also dadurch charakterisiert, daß innovative Akteure durch radikale Abweichungen von etablierten Mustern und Routinen „Neues“ schaffen. Mit dem sozio-technischen Kern legen sie den Grundstein für ein neues sozio-technisches System und produzieren so Orientierungsmuster, die auch in den folgenden Phasen eine wichtige Rolle spielen. Obwohl in der Frühphase der Technikgenese die Weichen für den weiteren Verlauf der Entwicklung gestellt werden, ist der Prozeß der Technikonstruktion an diesem Punkt keineswegs abgeschlossen. Es folgen vielmehr weitere Phasen, in denen wiederum prägende Entscheidungen getroffen werden, deren soziale Logik es zu rekonstruieren gilt, will man den Prozeß der Technikgenese in seiner Gesamtheit verstehen.

#### *Stabilisierungsphase*

Für den Übergang vom amateurhaften Bastlerstadium zur Phase der systematischen Exploration einer neuen Technik ist ausschlaggebend, ob ein soziales Netzwerk geschaffen werden kann, welches das visionäre Projekt über eine gewisse „Durststrecke“ hinweg stützt und so die Entwicklung von Prototypen ermöglicht. Soziale Netzwerke entstehen durch die Kopplung der Handlungsprogramme heterogener Akteure, die trotz unterschiedlicher Orientierungen ein gemeinsames Interesse, z.B. an der Durchführung eines innovativen Technikprojekts, entwickeln. Ein prominentes Beispiel aus der Geschichte der Raketentechnik ist das Arrangement, das die Gruppe der Raketenforscher um Wernher von Braun 1932 mit dem deutschen Heereswaffenamt schloß, aus dem schließlich die Heeresversuchsanstalt Peenemünde hervorging, in der die V 2-Rakete bis zur Serienreife entwickelt wurde. Die Interessen des Heereswaffenamtes, den Versailler Vertrag zu unterlaufen, und die Interessen der Raketenforscher an der Exploration der Technik der Flüssigstoff-Rakete ließen sich derart ineinander übersetzen, daß ein exklusives Netzwerk entstand, welches eine enorme Leistungssteigerung ermöglichte und beiden Partnern „Gewinne“ brachte, die sie allein nicht hätten erzielen können. Auch das Netzwerk aus Regierungen und Herstellerunter-

nehmen, welches das Airbus-Projekt trotz geringer Marktresonanz durch die 70er Jahre trug, oder das Netzwerk aus Forschungsministerium und Industrie, welches den Transrapid gegen den Widerstand von Bundesbahn und Verkehrsministerium ein gutes Jahrzehnt lang stützte, sind illustrative Beispiele für den Mechanismus der *Stabilisierung einer technischen Innovation durch soziale Vernetzung* - in turbulenten, oftmals sogar feindlichen Umwelten.

Auch Beispiele aus privatwirtschaftlicher Technikerzeugung bestärken diese These: Im Fall des Personal Computers erfolgte die Stabilisierung der technischen Innovation durch ein soziales Netzwerk, das sich in Form vertikal desintegrierter Komponentenlieferanten um das Unternehmen Apple herum gruppierte. Damit wurde der PC aus seinem Entstehungskontext, der eher diffusen Homebrew-Szene, gelöst und in einen organisationalen Kontext überführt, der die ökonomisch gewinnbringende Produktion von PCs für einen breiteren Anwenderbereich möglich machte. Hierfür war die Kooperation einer Reihe von Firmen erforderlich, die trotz ihrer eigennützigen Orientierungen ein gemeinsames Interesse hatten.

Die Beispiele zeigen, daß mit dem Übergang zur Stabilisierungsphase erstmals *strategiefähige Akteure* auftreten, d.h. Akteure, die Verhandlungs- und Verpflichtungsfähigkeit besitzen (vgl. Mayntz 1993a). Die Vernetzung strategiefähiger Akteure ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal gegenüber der Entstehungsphase, die durch informelle, nicht-verpflichtende Kommunikation geprägt ist. Der Vergleich der beiden Phasen zeigt zudem, daß das Technikprojekt aus seinem Ursprungskontext gelöst wird und eine Reihe von Akteuren aus anderen sozialen Sphären (z.B. Politik, Militär, Wirtschaft) hinzutreten. *In der Stabilisierungsphase findet also eine Rekombination der Komponenten statt*, und zwar sowohl der technisch-apparativen als auch der sozialen Komponenten, während der sozio-technische Kern erhalten bleibt. Im Unterschied zur eher diffusen Akteurkonstellation der Entstehungsphase formiert sich nun ein soziales Netzwerk, in dem eine exklusive Zahl strategiefähiger Akteure miteinander interagiert und kooperiert; es findet eine Kopplung heterogener Handlungsprogramme statt, d.h. eine grenzüberschreitende Kooperation zwischen Akteuren, die unterschiedlichen Bereichen entstammen und unterschiedliche Interessen verfolgen. Die *operationale und soziale Schließung des Netzwerks* erfüllt dabei folgende Funktionen:

- Sie reduziert die Unsicherheit, d.h. sie schafft - durch wechselseitige Abstimmung der Strategien der Beteiligten - Erwartungssicherheit und erlaubt damit eine Konzentration auf Schlüsselprobleme (reverse salients). Dies ermöglicht eine enorme Leistungssteigerung, was zur Konstruktion eines funktionsfähigen Prototyps führen kann.
- Zugleich verringert sich die informationale Offenheit, d.h. die Beteiligten können externe Anforderungen wie etwa Bedarfs- und Nachfragestrukturen oder die Interessen ausgeschlossener Dritter oder mögliche Folgedimensionen zumindest solange ignorieren, wie die Exploration des Potentials der neuen Technik noch nicht abgeschlossen ist.

Mit der rekursiven Schließung immunisiert sich das Netzwerk also gegenüber externen Störungen und entfaltet so seine Leistungsfähigkeit. Zugleich findet eine Auswahl aus dem Pool der verfügbaren technischen Optionen statt. In dieser Phase werden beispielsweise die verschiedenen Varianten einer Magnetschwebbahn, die zuvor gleichberechtigt nebeneinander bestanden, auf eine erfolversprechende Option reduziert; auch die große Zahl der möglichen Konfigurationen des Personal Computers oder die Alternativkonzepte für ein europäisches Mittelstrecken-Großraumflugzeug werden nun zugunsten eines Prototyps selektiert.

Soziale Netzwerke sind die soziale Basis für die Stabilisierung technischer Innovationen; sie ermöglichen es, Projekte zu verfolgen, die quer zu den bestehenden Nutzungsstrukturen liegen und für die es daher keinen Bedarf gibt.<sup>13</sup> Die Stabilisierung von Innovationen erfolgt nach einer sozialen Logik (vgl. Tushman/Rosenkopf 1992); entscheidend ist, ob es gelingt, „einen wechselseitigen Austausch von Ressourcen“ (Callon/Law 1989: 72) zwischen den beteiligten Akteuren zu etablieren und dauerhaft aufrechtzuerhalten. Die wechselseitige Anschlußfähigkeit der Strategien von Partnern, die unterschiedliche Interessen besitzen, ist also eine maßgebliche Bedingung der Möglichkeit, sozio-technische Innovationen voranzutreiben.

Aufgrund der Abstimmungs- und Kompromißerfordernisse, die sich in Verhandlungsnetzwerken notwendigerweise ergeben, entfalten soziale Netzwerke mit der Zeit ihre eigene Logik, die bestimmte Anschlußoperationen wahrscheinlicher macht als andere. Es entwickelt sich eine - von den beteiligten Akteuren nur partiell kontrollierbare - Eigendynamik des Netzwerks, die richtungsweisend für die Such- und Problemlösungsstrategien wird. Die Festlegung auf das offene Konzept des Apple-Computers führte beispiels-

weise zu einer Selbstbindung sowohl der Firma Apple als auch der Komponentenhersteller, die aus Gründen der Kompatibilität gezwungen waren, ihre Produkte und ihre Produktionsstrategien aufeinander abzustimmen. Ähnlich erzwang das - politisch symbolträchtige - Konzept einer europäischen Kooperation im Flugzeugbau geradezu zwangsläufig die Berücksichtigung britischer (statt amerikanischer) Triebwerkhersteller.

Diese von den jeweiligen Netzwerken produzierten Anschlußzwänge schränken den Spielraum möglicher Alternativen einerseits ein, indem sie die Aktivitäten der Beteiligten auf Ziele richten, die mit der Logik des Netzwerks vereinbar sind. Andererseits ist gerade diese wechselseitige Limitierung das Moment, das die enorme Beschleunigung des Prozesses der Technikerzeugung ermöglicht. Denn die Existenz wechselseitiger Anschlußzwänge ermöglicht eine viel präzisere Definition von „missing links“; als dies bei nicht-gekoppelten Handlungen der Fall ist, die immer mit hoher Unsicherheit konfrontiert sind. Soziale Netzwerke bilden somit aufgrund der Reduktion der Unsicherheit einerseits, der Definition von Problemfeldern und Suchkorridoren andererseits die Basis für eine rekursive Stimulierung der Aktivitäten der Beteiligten, die zu technologischen Durchbrüchen führen kann.

In welchem Maße die *Logik des Netzwerkes* in der Stabilisierungsphase den Kurs der Technikgenese fixiert und damit den Spielraum der möglichen Suchstrategien einengt, belegen die Versuche verschiedener Computerhersteller (selbst der führenden Anbieter Apple und IBM), PCs mit geschlossenen Architekturen anzubieten. Diese scheiterten ebenso wie die wiederholten - und allesamt fehlgeschlagenen - Versuche einzelner Flugzeughersteller, aus dem Airbus-Konsortium auszubrechen. Die Außerkraftsetzung der Netzwerk-Dynamik ist eine riskante und in der Regel erfolglose Strategie.

Soziale Netzwerke besitzen allerdings einen Doppelcharakter: Einerseits bilden sie die Basis für die Stabilisierung (radikaler) sozio-technischer Innovationen; andererseits bergen sie jedoch auch ein großes Konfliktpotential, das allen Beteiligten ein hohes Maß an Flexibilität und Anpassungsbereitschaft abverlangt. So mußten die deutschen Flugzeugbauer beispielsweise „die Kröte schlucken“; daß die Franzosen mit dem Cockpit und die Briten mit dem Triebwerk sich die attraktivsten Stücke des Airbus sicherten und den Deutschen nur unbedeutende, kleinere Beiträge überließen, vor allem aber die begehrte „Systemführerschaft“ (i.e. die Gesamt-Projektleitung) nicht aus den Händen gaben. Die Alternative für die deutschen Herstellerunter-

nehmen wäre gewesen, sich aus dem Projekt auszuklinken und weiterhin Sport- und Regionalflugzeuge in nationaler Regie zu bauen, was allerdings wesentlich unattraktiver gewesen wäre. Die Rationale des (hochriskanten) Spiels war die Sicherung der eigenen Beteiligung an dem Gemeinschaftsprojekt sowie die Wahrung des sozio-technischen Kerns, der nur im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit erhalten werden konnte.

Die Stabilisierungsphase einer Technik erfüllt also eine wichtige Funktion für den Prozeß der Technikgenese: *Durch Kopplung der Handlungsstrategien heterogener Akteure entsteht ein soziales Netzwerk, das zum Träger und Motor der Technikentwicklung wird.* Durch die soziale und operationale Schließung des Netzwerks wird eine enorme Leistungssteigerung möglich; die Potentiale der Technik werden soweit ausgelotet, daß ein funktionierender Prototyp entsteht. Dieser basiert auf dem sozio-technischen Kern, der sich in der Entstehungsphase herausgebildet hatte; zugleich wird jedoch aus der Vielzahl der möglichen Optionen, die der sozio-technische Kern zuläßt, eine Variante ausgewählt und erhärtet.

Im Unterschied zu den in der Techniksoziologie vorherrschenden Closure-Modellen, die den Prozeß der Technikgenese an diesem Punkt enden lassen, geht der hier ausgebreitete Ansatz davon aus, daß mit der Stabilisierung einer Technik nur ein - zweifellos recht wichtiger - Zwischenschritt getan ist, dem jedoch weitere Schritte der sozialen Konstruktion von Technik folgen müssen, bis die Technik einen Zustand erreicht hat, an dem sie auch außerhalb des Trägernetzwerks funktioniert. Ein Projekt, das in der Stabilisierungsphase endet, ist eine *unvollständige*, weil an ihren Ursprungskontext gebundene, *Innovation*; prominente Beispiele sind der Hochtemperaturreaktor oder Überschallverkehrsflugzeuge wie die Concorde, aber auch das senkrechtstartende Flugzeug Do 231, das in den 60er Jahren in Westdeutschland entwickelt wurde und im Museum landete.

### *Durchsetzungsphase*

Was traditionellerweise als Prozeß der Diffusion „fertiger“ Technik bezeichnet wird, betrachtet das vorliegende Modell als einen weiteren Prozeß der netzwerkgestützten Technikerzeugung, dessen Funktion es ist, die Märkte zu finden (meist jedoch zu schaffen), um die sich die Technikkonstrukteure in der Stabilisierungsphase oftmals nicht gekümmert hatten. Für die Techniken,

die von sozialen Netzwerken generiert wurden, existiert in der Regel kein nennenswerter Bedarf. Potentielle Nutzer reagierten oftmals mit Skepsis und Ablehnung (vgl. Mayntz 1993b: 102). Im Fall des Transrapid war (und ist) beispielsweise die „geringe Netzbildungsfähigkeit“ (Rath 1993: 302) eine entscheidendes Handicap, das es für die Deutsche Bahn wenig plausibel macht, ein Mischsystem aus Rad-Schiene- und Magnetschwebe-Technik zu betreiben.

Als weiteres Problem kommt hinzu, daß die Leistungsfähigkeit eines neuen sozio-technischen Systems zum Zeitpunkt der Verfügbarkeit funktionierender Prototypen allenfalls im „Labor“-Maßstab erprobt ist, nicht aber in der alltäglichen Praxis (vgl. Krohn/Weyer 1989). Aus der Sicht potentieller Nutzer spricht somit wenig dafür, sich auf das Risiko des Neuen einzulassen, solange die bewährte Technik zuverlässig funktioniert. *Die Durchsetzung einer sozio-technischen Innovation kann also weder aus Angebots- noch aus Nachfragefaktoren erklärt werden;* denn der technology push der Technikerzeuger reicht nicht aus, um die Innovation über die kritische Schwelle zu bringen, und ein nennenswerter demand pull existiert in der Regel zu dem Zeitpunkt noch nicht, an dem eine neue Technik als serienreifer Prototyp vorliegt.

Als These sei daher formuliert: Die Durchsetzung einer technischen Innovation zu einer gesellschaftsweit verbreiteten, kontextfrei handhabbaren Technik, die von einer eigendynamischen Nachfrage getragen wird und auf ihre Träger-Netzwerke nicht mehr angewiesen ist, ist ein eigenständiger Innovationsakt, der wiederum von einem sozialen Netzwerk vollzogen wird (vgl. auch Simonis 1995). Die „Konstruktion von Verwendungskontexten“ (Krohn 1995) wird oftmals von anderen Netzwerken vollzogen als denen der Stabilisierungsphase. Dabei lassen sich zwei Muster unterscheiden: Meist wird der Kreis der Akteure erweitert, so daß Nutzerinteressen eine stärkere Rolle spielen als zuvor (Typ A); in anderen Fällen treten völlig neue Netzwerke auf den Plan, die mit neuartigen Nutzungsvisionen operieren und die alten Netzwerke verdrängen bzw. ablösen (Typ B). In beiden Fällen findet eine Rekombination der sozialen, aber auch der technisch-apparativen Komponenten statt. Zwar wird an die Leistungen der vorangegangenen Phasen angeknüpft und insbesondere der sozio-technische Kern bewahrt; die Entwicklung des dominanten Designs, die Dekontextualisierung der Technik sowie die Produktion von Nachfragestrukturen ist jedoch ein eigenständiger

Innovationsakt, der erst die Voraussetzungen für eine eigendynamische, inkrementale Technikentwicklung schafft.

Ein Beispiel für Typ A ist der Airbus: Während die Stabilisierung des Airbus-Projekts von einem „engen“ sozialen Netzwerk vollbracht wurde, in dem die Interessen von Politik und (Hersteller-)Industrie dominierten, basierte die Durchsetzung des Airbus auf einer Öffnung des Netzwerks, das vor allem um den Mitspieler „Luftverkehrsgesellschaften“ erweitert wurde. Auf diese Weise erhielten Nutzerinteressen eine immer stärkere Bedeutung bei der Auslegung der Flugzeugtypen, was dem Projekt eine neue Richtung gab. Im Fall des Transrapid ist diese Öffnung hingegen bislang nicht gelungen.

Ein Beispiel für Typ B ist die Konstruktion von Märkten und Bedarfsstrukturen beim Personal Computer. Hier war es vor allem das Verdienst von IBM, mit seinem Image als führender Hersteller von Bürogeräten das Büro als weltweiten Massenmarkt für den PC erschlossen und so völlig neue Bedarfsstrukturen geschaffen zu haben, die sich mit großer Dynamik weiterentwickeln. IBM übernahm die Idee einer offenen Architektur des Personal Computers, die den sozio-technischen Kern des PC ausmacht, und ermöglichte so die Entfaltung der produktiven Potentiale des Netzwerks von Komponentenherstellern (u.a. Intel, Microsoft, Lotus). Die wechselseitige Abhängigkeit der unterschiedlichen Komponenten erwies sich als ein entscheidender Motor der Dynamik der PC-Entwicklung, die vor allem durch die wechselseitige Stimulierung von Hard- und Softwareentwicklung vorangetrieben wurde. Auf diese Weise ergab sich eine immer engere Abstimmung der Herstellerstrategien - mit der Folge, daß sie zunehmend von der Kooperationsbereitschaft der Partner abhängig wurden. Diese Reduktion von Unsicherheit führte zu einer „Verdichtung“ der Alternativoptionen mit der Folge, daß der IBM-PC zum Industriestandard wurde - ohne daß dies als Resultat einer intentionalen Strategie von IBM gewertet werden kann. Es handelte sich vielmehr um einen eigendynamischen Prozeß, der durch das positive Image von IBM beschleunigt wurde; denn jeder Beteiligte verließ sich darauf, daß der IBM-PC sich verkaufen werde. IBM hatte zu keinem Zeitpunkt die Kontrolle über die Entwicklung, was die Vielzahl von Klones beweist; aber gerade dies ist das Erfolgsgeheimnis des PC, daß seine offene Architektur es erlaubt, die kreativen und innovativen Potentiale eines vertikal desintegrierten Hersteller-Netzwerks zu nutzen. Die Dynamik, die dieses Netzwerk entfaltet, ermöglichte die Dekontextualisierung der technischen Innovation,

deren Weiterentwicklung mittlerweile immer stärker vom Markt bzw. von neuen Netzwerken getragen wird.

Die Beispiele zeigen, in wie geringem Maße sich die Innovation in dieser Phase auf der rein technisch-apparativen Seite vollzieht; entscheidend ist vielmehr die *intelligente Rekombination verfügbarer technisch-apparativer und sozialer Komponenten zu einem sozio-technischen System*, das neuartige Verwendungszusammenhänge antizipiert (und konstruiert) und in dieser Richtung optimiert ist. Es reicht also nicht mehr aus, phantasievolle Nutzwendungen zu erträumen (wie in der Entstehungsphase) oder in künstlichen Schutzräumen bzw. Nischen zu erproben (wie in der Stabilisierungsphase); die Nutzungsvisionen müssen vielmehr so beschaffen sein, daß eine Reihe von Pilotanwendern gefunden werden, mit deren Hilfe das Projekt über die kritische Schwelle hinweg gebracht werden kann, jenseits derer es sich eigendynamisch weiterentwickelt. In dieser Phase findet daher typischerweise eine Kopplung von Technikherstellern und Technikanwendern statt. Nur auf diese Weise gelingt es, eine technische Innovation in bestehende Märkte zu integrieren bzw. neue Märkte zu schaffen und so einen Bedarf nach der neuen Technik zu produzieren.

Auch in der Durchsetzungsphase erfüllen soziale Netzwerke also die Funktion, durch soziale Schließung eine Situation der Unsicherheit zu bewältigen, die sich jedoch nicht aus den - technischen und sozialen - Risiken der Realisierung eines innovativen Entwurfs (wie in der Stabilisierungsphase), sondern im wesentlichen aus den Risiken der Markteinführung einer neuen Technik ergeben (vgl. Kowol/Krohn 1995). Die Trägernetzwerke der Stabilisierungsphase hatten aufgrund der geringen Zahl beteiligter Interessen einen zu „engen“ Horizont, um diese Leistung zu vollbringen; sie waren operational und sozial geschlossen - aber dies war durchaus funktional für die Exploration des Potentials der neuen Technik. Mit der Rekonfiguration des Netzwerks werden die Voraussetzungen dafür geschaffen, diesen „engen“ Horizont zu überschreiten und eine Reihe weiterer Positionen und Interessen mit einzubeziehen, deren Berücksichtigung für die Stabilisierung und Dekontextualisierung der Innovation unabdingbar ist. Die spezifische Leistung dieser Phase besteht darin, den *Kreis der Akteure zu erweitern*, in dem beispielsweise Betroffene oder potentielle Nutzer mit einbezogen werden. Die operationale Schließung „weiter“ Netzwerke ist kein trivialer Prozeß, da eine Reihe widersprüchlicher Interessen integriert werden müssen. Wenn diese

Schließung jedoch gelingt, kann dies zum „take-off“ der Innovation beitragen, weil nun Bedarfsstrukturen und Märkte entstehen.

Der Prozeß der Technikgenese kommt damit zu einem vorläufigen Ende, an dem die neue Technik nunmehr kontextfrei verfügbar ist und sich nach einer neuen Logik entwickelt, die nicht mehr von den ursprünglichen Trägernetzwerken bestimmt wird und von den Initialakteuren nicht mehr kontrolliert werden kann. Damit eröffnen sich verschiedenartige Entwicklungsperspektiven (die hier nur knapp angedeutet werden können):

- Wenn eine kontextfrei nutzbare Technik zur Verfügung steht, kann diese von unterschiedlichsten Nutzern (Endverbrauchern) angeeignet und verwendet werden, ohne daß sie in der Lage sein müssen, die soziale Erzeugungslogik nachzuvollziehen. Zudem gibt es keine zwanghaften/diktatorischen Nutzungsprofile, so daß „eigensinnige“ (Braun 1989) Anwendungen möglich sind.
- Ein dominantes Design eröffnet zudem eine Reihe von Möglichkeiten der inkrementalen Weiterentwicklung der neuen Technik, die meist von der unsichtbaren Hand des Marktes getrieben wird (vgl. Tushman/Rosenkopf 1992).
- Schließlich eröffnet die Dekontextualisierung auch die Möglichkeit, die verfügbaren Artefakte bzw. Systeme zu neuen Systemen zu rekombinieren. Falls diese Innovation durch ein soziales Netzwerk stabilisiert werden kann, beginnt eine neue Geschichte.

Das Fazit lautet somit: Von erfolgreichen Innovationen sollte dann gesprochen werden, wenn in einem mehrstufigen Prozeß der sozialen Konstruktion von Technik *gesellschaftliche Lernprozesse* angestoßen werden, die über die sozialen Netzwerke hinausreichen, welche ursprünglich Träger und Motor der Technikentwicklung waren. Der Prozeß der Technikgenese ist mit einer einmaligen Schließung in der Frühphase einer Technik nicht beendet; es folgen vielmehr eine Reihe weiterer Konstruktionsakte, durch die schließlich der Verwendungskontext der innovativen Technik geschaffen und so deren *Dekontextualisierung* (im Sinne einer Loslösung aus dem Herstellungskontext und einer Einbettung in neue Nutzungskontexte) ermöglicht wird.

### 3. Perspektiven einer neuen F&T-Politik

Das traditionelle Modell einer staatlich forcierten, angebotsorientierten Techniksteuerung ist nicht in der Lage, technische Innovationen zum Erfolg zu führen, da eine wesentliche Innovationsleistung nicht zustandegebracht wird: die Schaffung neuer Märkte (vgl. Kowol/Krohn 1995, Krohn 1995). Das Hauptmanko der traditionellen, push-orientierten F&T-Politik besteht darin, die Förderpolitik weitgehend auf frühe Phasen der Technikgenese (in der Sprache des Phasenmodells: auf den Übergang von Phase 1 zu Phase 2) zu konzentrieren; zudem wird Technikentwicklung vorrangig über die staatliche Inszenierung und Alimentierung „enger“, elitistischer Netzwerke betrieben. Die Dekontextualisierung von Innovationen kann auf diesem Wege jedoch allzu oft nicht erreicht werden. Wenn die Phase 3 - etwa bei Transfer-Programmen - überhaupt in den Blick kommt, dann meist unter der Perspektive der Steigerung der Rezeptivität des Marktes für „fertige“ Lösungen.

Vor allem die Konflikthaftigkeit und die mangelnde Durchsetzungsfähigkeit technischer Infrastrukturprojekte hat immer deutlicher die Grenzen des traditionellen Verfahrens der Technikerzeugung durch geschlossene, elitistische Netzwerke aufgezeigt. Alexander Rath weist beispielsweise in seiner Studie zum Transrapid darauf hin, daß technologische Großprojekte „ohne eine breite Akzeptanz in der Bevölkerung“ (1993: 293) nicht mehr zu realisieren sind, und schlägt daher ein taktisches Arrangement mit den Bürgerinitiativen vor. Allerdings konzidiert er auch, daß Bürgerinitiativen oft „auf besondere Umstände hinweisen, an die während der Planung nicht gedacht wurde“. Und er erwähnt ausdrücklich, daß „bei groben Trassenplanungen im Maßstab 1:25000 häufig regionale Besonderheiten nicht erkannt werden“ (291).

Andere Fallbeispiele weisen über dieses rein taktische Beteiligungskonzept hinaus; sie demonstrieren vielmehr die grundsätzlichen Vorteile partizipativer Verfahren, etwa im Fall der Neugestaltung des Donauraums bei Wien (Sieverts 1989) oder im Fall der Planung neuer Abfallbeseitigungsanlagen in Neuss (Fietkau/Weidner 1994) und in Bielefeld (Herbold/Krohn/Weyer 1991). Das zentrale Charakteristikum des neuen Paradigmas einer partizipativen Technikgestaltung ist die Einbeziehung der Interessen potentieller Nutzer und Betroffener bereits vor der flächendeckenden Verbreitung einer neuen Technik, etwa in Form von Hearings, Mediation-Verfahren, Planungszellen oder Konsensus-Konferenzen (vgl. Diemel 1977, Hennen 1994, TAB

1995, AFTA 1995). Es geht also darum, eine Vielzahl heterogener Akteure vorab an einen Tisch zu bringen und Lösungen auszuhandeln, mit denen sich möglichst viele Interessenpositionen identifizieren oder zumindest arrangieren können. Mögliche Schwachstellen und Risiken können durch einen breiten Diskurs identifiziert und im Entwurf der neuen Technik berücksichtigt werden. *Das soziale Risiko des Aushandelns wird bewußt in Kauf genommen, um spätere Risiken - ökologischer oder ökonomischer Art - zu vermeiden.* Durch diese Rückkopplung zwischen Technikanwendern und Technik-erzeugern entstehen Produkte, die sich auf einen breiten Konsens stützen können und somit eine größere Realisierungschance haben.

Im Sinne einer alternativen F&T-Politik erscheint es daher plausibel, den Akzent stärker auf Phase 3 bzw. auf die Bewerkstelligung des Übergangs von Phase 2 zu Phase 3 zu legen. Der Schwerpunkt verlagert sich von der Generierung eines *Produkts* zur Gestaltung bzw. Moderation des *Prozesses* der sozialen Einbettung sozio-technischer Systeme. Der Innovationsprozeß wird gleichsam „von hinten“ aufgerollt: Im Mittelpunkt steht nicht mehr die Erzeugung von Technikangeboten, sondern die soziale Gestaltung von Innovationen in partizipativen Prozessen, die von gesellschaftlichen Problemformulierungen und nicht von technischen Problemlösungen ausgehen.

Die praktische Umsetzung einer derart konzipierten alternativen F&T-Politik müßte über Pilotvorhaben und Demonstrationsprojekte erfolgen, beispielsweise in Form der Umstellung einer mittelgroßen Stadt auf erneuerbare Energien. Mit derartigen experimentellen Implementationen läßt sich zum einen die kritische Schwelle leichter überwinden, jenseits derer sich neue Techniken eigendynamisch (d.h. aufgrund einer sich selbst tragenden Nachfrage) entwickeln (vgl. auch Hellstern/Wollmann 1983); zum anderen besteht die Erwartung, daß Großversuche zur Identifikation von Wissensdefiziten und technologischen Lücken beitragen und somit eine Rückwirkung auf die Phase 2 erzeugen können.<sup>14</sup>

Zusammenfassend läßt sich also festhalten: Mit dem Phasenmodell, das Technikgenese als einen mehrstufigen Prozeß der sozialen Konstruktion von Technik versteht, lassen sich die Möglichkeiten von Technikgestaltung und steuernden Eingriffen in den Prozeß der Technikentwicklung bestimmen. Technikgestaltung vollzieht sich nicht als normative Steuerung derart, daß ein übergeordneter Akteur („der Staat“) autoritativ Ziele formuliert, die von den anderen Akteuren befolgt werden müssen. Technikgestaltung vollzieht sich in sozialen Netzwerken, in denen die Akteure durch Aushandlung und

wechselseitige Abstimmung Resultate erzeugen, die für den Verlauf der Technikentwicklung folgenreich sind. Alternativen können sich folglich nur durch eine Veränderung oder Erweiterung der sozialen Netzwerke ergeben, also durch das Hinzutreten weiterer Spieler, die andere Interessen verfolgen. Der Erfolg von Alternativstrategien hängt jedoch ebenfalls davon ab, ob es gelingt, eine operationale und soziale Schließung eines alternativen Netzwerks zu erreichen.

## Anmerkungen

- 1 Mein Dank geht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die ein Projekt gefördert hat, auf dessen Ergebnissen das vorliegende Manuskript basiert. An den Projektarbeiten waren neben dem Autor dieses Textes Ulrich Kirchner, Lars Riedl und Johannes F.K. Schmidt beteiligt.
- 2 Zur Diagnose von Krise und Umbruch in der F&T-Politik vgl. auch FES 1992, Ahreweiler et al. 1994, Martinsen/Simonis 1995.
- 3 Dieser Ansatz wird ausführlich entwickelt in Weyer et al. 1996. Dort finden sich auch detaillierte Ausführungen zur Theorie sozialer Netzwerke, ferner die Fallstudien zum Airbus (Ulrich Kirchner), zum Personal Computer (Johannes F.K. Schmidt), zum Transrapid (Ulrich Kirchner/Johannes Weyer) sowie zum Astra-Fernsehsatelliten (Lars Riedl).
- 4 Die Nähe zum sozialkonstruktivistischen Closure-Konzept ist unverkennbar; vgl. u.a. Dierkes 1987: 15f. und Knie 1994: 65, FN 13, die den Bezug explizit herstellen.
- 5 Dieser Aspekt kann hier nicht vertieft werden; vgl. Weyer et al. 1996, Kap. 2.
- 6 Vgl. ähnlich Rammert, der vom „Erbmaterial“ spricht, das einer Technik bereits „in den frühen Phasen der Genese ... mit auf den Weg gegeben wird“ (1992: 22).
- 7 Vgl. auch Rammert, der „technischen Wandel ... als mehrstufigen Selektionsprozeß konzipiert“ (1992: 21), dabei allerdings zu große Hoffnungen in die Erklärungskraft der Evolutionstheorie setzt.
- 8 Letzteres konzentriert sich vornehmlich auf die Rekursionen zwischen Herstellern und Anwendern in späten Phasen der Entwicklung von Techniken für Nicht-Massenmärkte (vgl. Kowol/Krohn 1995).
- 9 An diesem Punkt sind Mißverständnisse möglich, da Wolfgang Bonß, Rainer Hohlfeld und Regine Kollek (1992) den Prozeß der sozialen Einbettung von Technik als Kontextualisierung beschreiben (vgl. auch Simonis 1995), während hier von Dekontextualisierung die Rede ist, obwohl ein ähnlicher Vorgang beschrieben wird. Adäquat wäre zweifellos der Begriff „Um-Kontextualisierung“, denn es geht darum, daß eine technische Innovation aus ihrem Ursprungskontext gelöst und in einen anderen Kontext, den ihrer Verwendung, übertragen wird.

- 10 Vgl. auch Hughes 1987, Freeman 1987, Dierkes 1989, Tushman/Rosenkopf 1992, König 1993, Hellige 1993.
- 11 Es versteht sich von selbst, daß es jede Menge Zufälle gibt, die folgenlos bleiben.
- 12 Knie betrachtet den technischen Kern in erster Linie in Bezug auf seine limitierenden Funktionen, während hier - im Sinne Lakatos' - sowohl die positive als auch die negative Heuristik berücksichtigt werden, die in einer paradigmatischen Grundentscheidung enthalten ist.
- 13 Vgl. Knie/Hård 1993: 233, Nelson/Winter 1977: 56; Callon/Law 1989: 72.
- 14 Dies provoziert die Frage, ob eine alternative F&T-Politik in der dritten Phase nicht zu spät einsetzt und ob sie ihre Eingriffs-Chancen steigern könnte, wenn sie früher ansetzt, z.B. bereits in Phase 2. Hier könnte man - so ließe sich argumentieren - durch möglichst frühzeitige Intervention alternative Pfade eröffnen und so Techniken hervorbringen, deren negative Folgewirkungen durch Antizipation minimiert sind. Grundsätzlich spricht nichts gegen ein frühzeitiges Eingreifen; allerdings kann - so die Lehren aus dem Phasenmodell - nicht mit hinreichender Sicherheit prognostiziert werden, welche Wirkungen sich aus der Stabilisierung einer (alternativen) technischen Innovation für die folgende Phase ergeben. Der Prozeß ist grundsätzlich ergebnisoffen und nur partiell durch die Intentionen der Akteure kontrollierbar. Die Wirkungen von Partizipation in der Stabilisierungsphase sind also einerseits tiefgreifender, andererseits unspezifischer. Dies gilt erst recht für die Entstehungsphase.

## Literatur

- [AFTA 1995] Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (Hg.): Bürgergutachten. Biotechnologie/Gentechnik - eine Chance für die Zukunft?, Stuttgart Ahrweiler, G., et al., (Hg.), Memorandum Forschungs- und Technologiepolitik 1994/95. Gestaltung statt Standortverwaltung, Marburg: BdWi-Verlag
- Bijker, W.E./Hughes, T.P./Pinch, T.J., (eds.), 1987: The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology, Cambridge (Mass.): MIT Press
- Bonß, W./Hohlfeld, R./Kollek, R., 1992: Risiko und Kontext. Zur Unsicherheit in der Gentechnik, in: G. Bechmann/W. Rammert (Hg.): Großtechnische Systeme und Risiko (Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 6), Frankfurt/M.: Campus, 141-174
- Braun, I., 1989: Body Computer Management. Oder: Was ist CIB, CAIM, MSD?, in: W. Rammert et al. (Hg.), Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 5, Frankfurt/M.: Campus, 190-205
- Bruder, W./Dose, N., 1986: Forschungs- und Technologiepolitik in der Bundesrepublik Deutschland, in: W. Bruder (Hg.), Forschungs- und Technologiepolitik in der Bundesrepublik Deutschland, Opladen: Westdeutscher Verlag, 11-75

- Callon, M./Law, J., 1989: On the Construction of Sociotechnical Networks: Content and Context Revisited, in: Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Science Past and Present 8: 57-83
- Conrad, J., 1994: AKW revisited - 50 Jahre danach. Substantielle und prozedurale Effekte von Technikfolgenabschätzung, in: Weyer 1994a: 35-50
- Dienel, P.C., 1977: Versuche mit neuen Beteiligungsverfahren, in: R. Jungk/A. Weyer (Hg.), Die Grenzen der Resignation. Ein Versuch der Ermutigung und der Kritik, Wuppertal: Hammer Verlag, 97-112
- Dierkes, M., 1987: Technikgenese als Gegenstand sozialwissenschaftlicher Forschung - erste Überlegungen, in: Verbund Sozialwissenschaftliche Technikforschung. Mitteilungen 1/1987: 154-170
- Dierkes, M., 1989: Technikgenese in organisatorischen Kontexten. Neue Entwicklungslinien sozialwissenschaftlicher Technikforschung, WZB-paper FS II 89-104
- Dosi, G., 1982: Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change, in: Research Policy 11: 147-162
- [FES 1992] Innovative Technologiepolitik für den Standort Deutschland. Ein Diskussionsbeitrag des Gesprächskreises Humane Technikgestaltung der Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn (Forum Humane Technikgestaltung, Heft 8)
- Fietkau, H.-J./Weidner, H., 1994: Mediationsverfahren im Kreis Neuss, in: F. Claus/P. Wiedemann (Hg.): Umweltkonflikte. Vermittlungsverfahren zu ihrer Lösung - Praxisberichte -, Taunusstein: Blottner Verlag, 99-118
- Freeman, C., 1987: Technology Policy and Economic Performance. Lessons from Japan, London: Frances Pinter
- Grande, E., 1994: Die Erosion des staatlichen Steuerungspotentials in der Forschungs- und Technologiepolitik, in: W. Fricke (Hg.), Jahrbuch Arbeit und Technik 1994, Bonn: Dietz, 243-253
- Hauß, V./Scharpf, F.W., 1975: Modernisierung der Volkswirtschaft. Technologiepolitik als Strukturpolitik, Frankfurt/Köln: EVA
- Hellige, H.D., 1993: Von der programmatischen zur empirischen Technikgeneseforschung: Ein technikhistorisches Analyseinstrument für die prospektive Technikbewertung, in: Technikgeschichte 60: 186-223
- Hellstern, G.M./Wollmann, H. (Hg.), 1983: Experimentelle Politik - Reformstrohfeuer oder Lernstrategie: Bestandsaufnahme und Evaluierung, Opladen: Westdeutscher Verlag
- Hennen, L., 1994: Technikkontroversen. Technikfolgenabschätzung als öffentlicher Diskurs, in: Soziale Welt 45: 454-479

- Herbold, R./Krohn, W./Weyer, J., 1991: Technikentwicklung als soziales Experiment, in: Forum Wissenschaft, 8, H. 4: 26-32
- Hughes, T.P., 1987: The Evolution of Large Technological Systems, in: Bijker/Hughes/Pinch 1987: 51-82
- Klodt, H., 1987: Wettlauf um die Zukunft. Technologiepolitik im internationalen Vergleich, Tübingen: Mohr (Kieler Studien 206)
- Knie, A., 1989: Das Konservative des „technischen Fortschritts“: Überlegungen zu einer sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung, Berlin (WZB FS II 89-101)
- Knie, A., 1994: Der Fall des Wankel-Motors, in: WZB-Mitteilungen, H. 66: 33-36
- Knie, A./Hård, M., 1993: Die Dinge gegen den Strich bürsten. De-Konstruktionsübungen am Automobil, in: Technikgeschichte 60: 224-242
- König, W., 1993: Technik, Macht und Markt. Eine Kritik der sozialwissenschaftlichen Technikgeneseforschung, in: Technikgeschichte 60: 243-266
- Kowol, U./Krohn, W., 1995: Innovationsnetzwerke. Ein Modell der Technikgenese, in: J. Halfmann/G. Bechmann/W. Rammert (Hg.), Technik und Gesellschaft, Jahrbuch 8, Frankfurt/M.: Campus, 77-105
- Krohn, W., 1995: Innovationschancen partizipatorischer Technikgestaltung und diskursiver Konfliktregulierung, Bielefeld (IWT-Paper 9/95)
- Krohn, W./Weyer, J., 1989: Gesellschaft als Labor. Die Erzeugung sozialer Risiken durch experimentelle Forschung, in: Soziale Welt 40: 349-373
- Lakatos, I., 1974: Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme, in: I. Lakatos/A. Musgrave (Hg.), Kritik und Erkenntnisfortschritt, Braunschweig: Vieweg Verlag, 89-189
- Latour, B., 1988: Mixing Humans and Nonhumans together: The Sociology of a Door-Closer, in: Social Problems 35: 298-310
- Mai, M., 1994: Technikbewertung im Parlament. Gesellschaftlicher Steuerungsbedarf und parlamentarische Eigenrationalität, in: Weyer 1994a: 51-68
- Martinsen, R./Simonis, G., (Hg.), 1995: Paradigmenwechsel in der Technologiepolitik?, Opladen: Leske + Budrich
- Mayntz, R., 1993a: Policy-Netzwerke und die Logik von Verhandlungssystemen, in: A. Héritier (Hg.), Policy-Analyse. Kritik und Neuorientierung, Opladen: Westdeutscher Verlag (PVS-Sonderheft 24), 39-56
- Mayntz, R., 1993b: Große technische Systeme und ihre gesellschaftstheoretische Bedeutung, in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 45: 97-108
- Mayntz, R./Schneider, V., 1988: The dynamics of system development in a comparative perspective: Interactive videotex in Germany, France and Britain, in: R. Mayntz/T.P. Hughes (eds.), The Development of Large Technical Systems, Frankfurt/M.: Campus, 263-298

- Nelson, R.R./Winter, S.G., 1977: In search of useful theory of innovation, in: Research Policy 6: 36-76
- Pinch, T.J./Bijker, W.E., 1987: The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other, in: Bijker/Hughes/Pinch 1987: 17-50
- Radkau, J., 1988: Hiroshima und Asilomar. Die Inszenierung des Diskurses über Gentechnik vor dem Hintergrund der Kernenergie-Kontroverse, in: Geschichte und Gesellschaft 14: 329-363
- Rammert, W., 1988: Technikgenese - Ein Überblick über Studien zum Entstehungszusammenhang neuer Techniken, in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 40: 747-761
- Rammert, W., 1992: Wer oder was steuert den technischen Fortschritt? Technischer Wandel zwischen Steuerung und Evolution, in: Soziale Welt 43: 7-25
- Rammert, W., 1994: Vom Nutzen der Technikgeneseforschung für die Technikfolgenabschätzung, in: G. Bechmann/T. Petermann (Hg.), Interdisziplinäre Technikforschung. Genese, Folgen, Diskurs, Frankfurt/M.: Campus, 15-33
- Rath, A., 1993: Möglichkeiten und Grenzen der Durchsetzung neuer Verkehrstechnologien, dargestellt am Beispiel des Magnetbahnsystems Transrapid, Berlin: Duncker & Humblot
- Rilling, R., 1994: Der schwere Übergang. Forschungs- und Technologiepolitik im Umbruch, in: Ahrweiler 1994: 44-105
- Ruivo, B., 1994: 'Phases' or 'paradigms' of science policy?, in: Science and Public Policy 21: 157-164
- Schneider, V./Werle, R., 1991: Policy Networks in the German Telecommunications Domain, in: B. Marin/R. Mayntz (eds.), Policy Networks. Empirical Evidence and Theoretical Considerations. Frankfurt/M.: Campus, 97-136
- Schot, J./Hoogma, R./Elzen, B., 1994: Strategies for shifting technological systems. The case of the automobile system, in: Futures 26: 1060-1076
- Sieverts, Thomas, 1989: Großprojekte der Infrastruktur als Schubkräfte komplexer Stadtentwicklung - Erfahrungen mit innovativer Stadtplanung, in: J.J. Hesse (Hg.), Kommunalwissenschaften in der Bundesrepublik Deutschland. Baden-Baden, 333-358
- Simonis, G., 1995: Die Gentechnik im Kontext der Gesellschaft: Anforderungen an die Technikfolgenabschätzung und -bewertung, in: G. Simonis/S. Bröchler (Hg.), Stand und Perspektiven der Technikfolgenabschätzung der Gentechnik, Hagen (AKTAB/03-1995), 3-15
- [TAB 1995] Konsensus Konferenzen - Ein neues Element demokratischer Technologiepolitik?, in: TAB-Brief, Nr. 10/o.J. (Dez. 1995): 4-9

Tushman, M.L./Rosenkopf, L., 1992: Organizational determinants of technological change: Toward a sociology of technological evolution, in: Research in Organizational Behavior 14: 311-347

Weyer, J., (Hg.), 1994a: Theorien und Praktiken der Technikfolgenabschätzung, München: Profil

Weyer, J., 1994b: Perspektiven der sozialwissenschaftlichen Technikfolgenabschätzung, in: Soziologie. Mitteilungsblatt der Deutschen Gesellschaft für Soziologie 4/1994: 36-49

Weyer, J./Kirchner, U./Riedl, L./Schmidt, J.F.K., 1996: Technik, die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke und Technikgenese am Beispiel von Airbus, Astra-Satellit, Personal Computer und Transrapid, Bielefeld (Ms., Publ. in Vorb.)