

GROSSE TECHNISCHE SYSTEME UND IHRE GESELLSCHAFTSTHEORETISCHE BEDEUTUNG

Von Renate Mayntz

Zusammenfassung. Der Begriff „Große technische Systeme“, kurz GTS, wird vorzugsweise zur Bezeichnung technisch basierter und vernetzter Infrastruktursysteme benutzt. GTS stellen eine bisher zu Unrecht vernachlässigte Kategorie gesellschaftlicher Funktionssysteme dar, die sich durch eine spezifische Wachstumsdynamik auszeichnen. Leistungssteigerung und erhöhtes Unfall- und Mißbrauchsrisiko sind die üblicherweise im Vordergrund des Interesses stehenden Folgen der Entwicklung von GTS. Hier wird dagegen zu zeigen versucht, daß die gesellschaftstheoretisch relevanten Folgen großer technischer Systeme vor allem in der durch sie bewirkten Steigerung funktioneller Interdependenz und sozialer Vernetzung sowie in ihrer paradoxen Wechselwirkung mit den Formen gesellschaftlicher Ordnungsbildung (Governance) und speziell mit der Organisation politischer Herrschaft liegen.

Große technische Systeme – das ist auf den ersten Blick ein einfacher Begriff, unter dem jeder sich ohne weiteres etwas vorstellen kann. Das Problem ist nur, daß sich keineswegs alle dasselbe vorstellen. Unter Sozialwissenschaftlern wurde der Begriff durch die Arbeiten des Technikhistorikers Thomas P. Hughes eingeführt, der die Entwicklung der modernen Elektrizitätsnetzwerke in Deutschland, England und den USA untersucht hat (Hughes 1983). Wenn Hughes von großen technischen Systemen – oder, dem englischen Sprachgebrauch folgend, von large technological systems – spricht, dann bezieht er ausdrücklich soziale Akteure, Organisationen, Wissen und Normen als Systemkomponenten mit ein (Hughes 1987). Von Hughes zunächst zur Benennung jener extensiven sozio-technischen Systeme benutzt, die sich im Infrastrukturbereich gebildet haben – außer Elektrizitätsversorgungs- z.B. auch Eisenbahn- und Telefonsysteme –, erfuhr der Begriff des großen technischen Systems inzwischen eine fast inflationäre Erweiterung. So wurden nach und nach auch Interkontinentalraketen und Kernkraftwerke, das Manhattan-Projekt und der erste bemannte Raumflug, multinationale Unternehmen wie Siemens, das für die Organtransplantation aufgebaute Netz von Einrichtungen, eine moderne Armee und selbst der Golfkrieg als große technische Systeme bezeichnet.¹

Dieses bunte Gemisch von Realphänomenen repräsentiert unterschiedliche Aspekte des umfassenden Technisierungsprozesses. Gemeinsam ist ihnen lediglich ihre Differenz zu zwar verbreitet genutzten, aber relativ kleinen und nicht miteinander zu einem System vernetzten Artefakten wie Werkzeugmaschinen, Taschenrechnern oder Kühlschränken. Diese nicht allzu scharfe negative Abgrenzung ist für eine nähere Begriffs-

¹ So in den Referaten auf den inzwischen bereits vier Konferenzen über „Large Technical Systems“ (LTS), zu deren Initiatoren auch Hughes gehörte; zwei Konferenzbände sind bereits publiziert (Mayntz/Hughes 1988; La Porte 1991).

bestimmung großer technischer Systeme natürlich völlig unzureichend, zumal Größe, Technizität und Systemhaftigkeit sehr Verschiedenes bedeuten können. Größe z.B. wird beim Telefonsystem räumlich, bei einem Kernkraftwerk an Kapitaleinsatz und Leistungskraft und beim Manhattan-Projekt an der Massierung von Ressourcen gemessen; die Technik ist einmal Fundament, einmal Instrument und einmal Zweck der Veranstaltung, und Großvorhaben sind „Systeme“ in einem anderen Sinn als etwa das Eisenbahnsystem. Makrosoziologisch bedeutsam ist vor allem die Existenz der *weit-räumig* zur *dauerhaften* Erfüllung eines spezifischen Zwecks verbundenen Netzwerke heterogener technischer und sozialer Komponenten; nur sie, aber weder Großvorhaben noch Großanlagen sollen hier als große technische Systeme bezeichnet werden.²

Die sozialwissenschaftliche Beschäftigung mit großen technischen Systemen signalisiert einen Perspektivenwandel in der Technikforschung, den Rammert schon 1982 so formulierte: „Moderne Technik läßt sich gegenwärtig nur unzureichend als Anhäufung typischer einzelner Artefakte, ..., sondern eher als Systeme miteinander verzahnter und aufeinander funktional bezogener Ketten und Hierarchien von Artefakten erfassen. ... Der Fokus der Betrachtung verschiebt sich entsprechend von der Maschinen- und Apparatechnik zu umfassenden Komplexen technischer Systeme“ (Rammert 1982: 34). So interessiert nicht mehr (nur) die individuelle Telefonnutzung oder das Auto als einzelnes Artefakt, sondern das Telefon- und das Autoverkehrssystem. Es geht aber um mehr als einen Perspektivenwandel. Die gesellschaftsweit, ja gesellschaftsübergreifend ausgelegten großen technischen Systeme *sind* tatsächlich neue historische Erscheinungen, deren gesellschaftstheoretische Bedeutung allerdings bis heute eher vernachlässigt wird.

Es ist schon öfter festgestellt worden, daß wir als Soziologen schlecht darauf vorbereitet sind, analytisch und theoretisch mit den verschiedenen Manifestationen der Technisierung umzugehen. Die heute dominierenden makrosoziologischen Ansätze abstrahieren weitgehend vom homo faber und seinen Produkten. Karl Marx hatte immerhin die soziale Prägekraft der Produktionstechnik thematisiert, und auch Hans Freyer und Emile Durkheim haben, wie Hans Linde (1972) uns erinnert, technische Artefakte als Instrumente menschlichen Handelns berücksichtigt. Linde zufolge war es die Konzentration auf soziale Beziehungen, die zur „Exkommunikation der Sachen“ (Linde 1972: 78) aus der soziologischen Theoriebildung geführt hat. Genauer betrachtet war es wohl das Bezugsproblem der sozialen Ordnung, das aus der angenommenen Nutzenorientierung egoistischer Individuen abgeleitet wurde, welches im normativen Paradigma Parsonsscher Provenienz zur Verdrängung der Technik führte. Wenn soziale Ordnung mit Herrschaft statt mit sozialer Integration gleichgesetzt wird, ist eine Vernachlässigung von Technik weniger naheliegend, weil die Appropriation und der Gebrauch technischer Artefakte wichtige Determinanten sozialer Machtverhältnisse sind. Die Vernachlässigung von Technik in systemtheoretischen Ansätzen hängt insofern mit der ihnen immer wieder vorgeworfenen Machtblindheit zusammen. Das eben

2 Hughes allerdings behandelt in seinem jüngsten Buch, bei dem es um die Technisierungsgeschichte der USA geht, Großvorhaben wie das Manhattan-Projekt und technische Infrastruktursysteme unterschiedslos als große technische Systeme (Hughes 1991); eine solche Begriffsverwendung mag eher naheliegen, wenn man sich mehr für den genetischen als für den sozialstrukturellen Aspekt des Themas interessiert. Zu den begrifflichen Problemen vgl. auch Joerges (1988).

gesagte gilt *pari passu* auch für systemtheoretische Ansätze, in denen Sinnprobleme und Komplexitätsreduktion die Bezugspunkte sind. Auf jeden Fall sind, solange man im herkömmlichen systemtheoretischen Rahmen argumentiert, gesellschaftliche Teilsysteme rein soziale Systeme, und ihre Elemente sozial Handelnde, Handlungen oder gar nur Kommunikationen. Technische Artefakte spielen bestenfalls die Rolle einer Ressource und sind insofern systemextern. Die modernen Verkehrs-, Kommunikations- und Versorgungssysteme bleiben damit als eigenständige gesellschaftliche Funktionssysteme in soziologischen Systemtheorien und darauf fußenden Analysen sozialer Differenzierung außer Betracht.

Die Techniksoziologie tut sich aus anderen Gründen schwer damit, der *gesellschaftstheoretischen* Bedeutung der großen technischen Systeme gerecht zu werden. Zwar gab es einmal einen hoffnungsvollen Ansatz im Konzept des sozio-technischen Systems, bei dem technische Artefakte weder nur als mögliche Prägefaktoren sozialer Beziehungen noch lediglich als Produkte sozialen Handelns, sondern als *Systemkomponenten* behandelt wurden. Verwurzelt in frühen Arbeiten des Londoner Tavistock Instituts ist das Konzept des sozio-technischen Systems in der Folgezeit jedoch nur in der Industriesoziologie fruchtbar geworden. Die zentrale These der ersten, vor allem mit den Namen Emery und Trist verbundenen Arbeiten war es, daß die Produktionstechnik die betriebliche Arbeitsorganisation nicht determiniert, sondern daß es hier gewöhnlich Gestaltungsalternativen gibt (Trist/Bamforth 1951; Emery/Trist 1960; Trist et al. 1963). Diese These ist inzwischen durch eine Serie industriesoziologischer Untersuchungen zur selektiven – und im Ländervergleich oft unterschiedlichen – Nutzung gegebener technischer Innovationen vertieft worden. Damit aber konzentrierte sich die Aufmerksamkeit auf die im Zentrum des techniksoziologischen Erkenntnisinteresses stehende Problematik des Technikdeterminismus, auf die Beziehung zwischen technischen Anwendungen und sozialen Determinanten.

In einer zweiten, eher anwendungsorientierten Richtung mit starken normativen Obertönen zog man aus Trists Arbeiten den Schluß, daß soziale und technische Werte bei der Konstruktion neuer sozio-technischer Systeme gleichzeitig zu optimieren wären (Herbst 1974; Emery/Thorsrud 1976). Die hierfür entworfenen Verfahren räumten partizipativen Methoden bei der Einführung von technischen Neuerungen in Betrieben einen hohen Stellenwert ein. Am Ende wurde so der Begriff „sozio-technisches System“ selbst zum Etikett für partizipatives Innovationsmanagement, und damit als gesellschaftstheoretische Kategorie unbrauchbar.

Die neuere Techniksoziologie konzentriert sich zwar nicht mehr einseitig auf die Produktionstechnik, doch steht die Frage nach der Wechselwirkung zwischen Technik und Gesellschaft weiterhin im Vordergrund. Das gilt für heute zentrale Themen wie Technikgenese und Techniksteuerung, und es gilt auch für den heute besonders verbreiteten sozialkonstruktivistischen Ansatz der Technikforschung, der den Primat sozialer Faktoren zu Lasten der technischen Sachlogik betont (vgl. u.a. Pinch/Bijker 1984; Callon/Law/Rip 1986). Die Anhänger dieses Ansatzes beschäftigen sich außerdem besonders gern mit einzelnen Artefakten wie dem Fahrrad oder dem Elektroauto und haben wenig zur Analyse von extensiven und komplexen sozio-technischen Systemen wie dem Eisenbahn- oder Telefonsystem beigetragen.³ Die – bislang überwie-

³ Trotz der Zusammenarbeit mit Hughes und der gelegentlichen Benutzung des Begriffs „technisches System“; vgl. Bijker/Hughes/Pinch 1987.

gend fallstudienartigen – Arbeiten zu großen technischen Systemen sind damit vom makrosoziologischen und vom techniksoziologischen 'main stream' abgeschnitten und können auf jeden Fall nicht hoffen, von dort mit hilfreichen analytischen Kategorien versorgt und gesellschaftstheoretisch fruchtbar gemacht zu werden.

Aber, so kann man fragen, weshalb sollten gerade große technische Systeme gesellschaftstheoretisch bedeutungsvoll sein? Verweist der – wie unklar auch immer abgegrenzte – Begriff tatsächlich auf Realphänomene, die man nicht vernachlässigen darf, wenn man das Spezifische der modernen Gesellschaftsentwicklung, ihrer Dynamik und ihrer Problematik erfassen will?

Die Existenz der großen technischen Energieversorgungs-, Verkehrs- und Kommunikationssysteme verweist, so meine These, auf wichtige, aber oft vernachlässigte Aspekte des gesellschaftlichen Differenzierungsprozesses. Die Versorgung mit Wasser und Energie, das Transportieren von Gegenständen, die schnelle räumliche Fortbewegung und die Kommunikation mit entfernten Personen sind verbreitete menschliche Bedürfnisse, auf deren Erfüllung sich sinnhaft ausdifferenzierte (spezialisierte) Tätigkeiten beziehen. Die genannten Zwecke können sicher ebenso beanspruchen, als Konstitutionskriterium eines funktionellen Teilsystems zu gelten, wie z.B. Gesundheit oder Bildung – vorausgesetzt, man beharrt nicht darauf, gesellschaftliche Teilsysteme rein analytisch auf der Basis theoretisch abgeleiteter funktioneller Imperative oder Handlungslogiken (bzw. Codes) zu definieren.⁴ Die Funktionssysteme, die die genannten Bedürfnisse erfüllen, könnte man als *Infrastruktursysteme* bezeichnen, weil ihre hauptsächliche Funktion darin besteht, zahlreiche spezifische Aktivitäten ökonomischer, politischer oder sozialintegrativer Natur zu *ermöglichen*.

Nun müssen allerdings keineswegs alle funktionell ausdifferenzierten Handlungsweisen und Handlungszusammenhänge jenes Maß an organisatorisch-institutioneller Verfestigung erreichen, wie es heute z.B. auch das Gesundheitssystem oder das politisch-administrative System aufweisen, und das es – zumindest in sozialstruktureller Sichtweise – erst nahelegt, von gesellschaftlichen Funktionssystemen zu sprechen.⁵ Auf der Ebene spezieller Handlungsweisen und Rollen haben sich die verschiedenen Infrastrukturbereiche bereits vor dem Technisierungsschub im 19. Jahrhundert ausdifferenziert, und es hat auch schon kleinere Organisationen gegeben (man denke an die Post von Thurn und Taxis). Aber erst mit Eisenbahn und Flugzeug, Telefon und gewerblicher Elektrizitätserzeugung haben sich die eher diffusen *Handlungsbereiche* auch im organisatorisch-strukturellen Sinne zu ausdifferenzierten *Funktionssystemen* entwickelt, die über eine eigene Wissensbasis, spezialisierte Berufsgruppen und große formale Organisationen verfügen und durch ein hohes Maß gesellschaftlicher Inklusivität gekennzeichnet sind. Dasselbe gilt für die moderne Massenkommunikation, die nicht den ermöglichenden Charakter einer Infrastruktur hat, sondern wie andere

4 Zu dieser „empirischen Wende“ bei der Bestimmung des Konstitutionskriteriums gesellschaftlicher Teilsysteme vgl. Mayntz 1988a: 17-20.

5 Zur Unterscheidung verschiedener Stufen der Ausdifferenzierung, von der sinnhaft ausdifferenzierten Handlung über die rollenmäßige Ausdifferenzierung bis zum Auftreten spezialisierter größerer sozialer Gebilde, vgl. Mayntz 1988a: 20-23; auf der letzten Stufe der Ausdifferenzierung erlangen soziale Teilsysteme kollektive Handlungsfähigkeit und tragen so zur teilweisen Ablösung evolutionärer Mechanismen der gesellschaftlichen Entwicklung durch solche strategischer Interaktion und absichtsvoller Steuerung bei.

Dienstleistungssysteme direkt konsumierbare Endprodukte – Information und Unterhaltung – bereitstellt. Auch hier gab es im wandernden Erzähler, der Neuigkeiten und Abwechslung brachte, Vorläufer, die sogar in die Zeit vor Gutenberg zurückreichen, aber auch hier fand die gesellschaftsweite Expansion und die organisatorisch-institutionelle Ausdifferenzierung erst mit der Entwicklung der modernen Druckpresse, der Radio- und Fernsehtechnik statt.

Die Rolle, die technische Innovationen damit für die modernen Verkehrs-, Versorgungs-, und Kommunikationssysteme gespielt haben, unterscheidet diese von anderen funktionellen Teilsystemen. Natürlich sind auch jene funktionellen Teilsysteme, deren sukzessive Ausdifferenzierung schon immer als Kernvorgang moderner Gesellschaftsentwicklung gegolten hat, mehr oder weniger technisiert. Am wenigstens wurden dabei noch das religiöse Teilsystem, das Bildungssystem und das politisch-administrative System in ihren internen Abläufen von technischen Innovationen betroffen. Deutlicher ist der Einfluß moderner Medizintechnik auf die Praktiken im Gesundheitssystem (etwa in der Apparatedizin) und der Einfluß moderner Meß-, Beobachtungs- und Rechentechnik auf das System wissenschaftlicher Forschung gewesen. Besonders tiefgreifend haben schließlich die moderne Produktionstechnik die Strukturen und Verfahren in der Wirtschaft und die moderne Militärtechnik das Militär und die Art, Krieg zu führen, verändert. All dieses wird von Soziologen auch keineswegs ignoriert und in den auf der Meso- oder gar Mikroebene angesiedelten Bindestrichsoziologien – man denke nur an Betriebs- und Medizinsoziologie – explizit thematisiert. System- und differenzierungstheoretisch spielen diese Technisierungsprozesse jedoch keine Rolle und werden weitgehend ausgeblendet, was sich dadurch rechtfertigen läßt, daß sie lediglich einzelne Abläufe *in organisatorisch-institutionell bereits ausdifferenzierten* Teilsystemen beeinflussen. Die großen technischen Funktionssysteme sind dagegen in ihrer jeweils besonderen organisatorisch-institutionellen Form auf der Basis spezifischer technischer Innovationen *entstanden*. Man kann also sagen, daß in diesen Fällen *die Technik* in einem sehr konkreten Sinn *systembildend* gewirkt hat. Diese spezifisch technische Fundierung prägt unmittelbar die sozialstrukturelle Beschaffenheit, die Binnenstruktur der modernen Infrastruktursysteme, die eng mit der Verwendung ganz bestimmter technischer Verfahren und Artefakte zusammenhängt.⁶ So gibt es etwa im Verkehrsbereich mit Auto, Eisenbahn, Schiffen und Flugzeugen mehrere ganz unterschiedliche „wegenutzende“ Verkehrstechniken; infolgedessen ist dieser Infrastrukturbereich durch das *Nebeneinander* mehrerer organisatorisch getrennter Systeme gekennzeichnet. Das Telekommunikationssystem ist dagegen auf der Grundlage der für verschiedene Zwecke nutzbaren Kabeltechnik organisatorisch viel stärker integriert.

Die technische Fundierung hat weitere wichtige Konsequenzen. Aufgrund der fortdauernden Dynamik technischer Entwicklung ist auch die Bildung technischer Funktionssysteme noch keineswegs zum Stillstand gekommen. Es ist noch nicht allzu lange her, daß sich das kommerzielle Flugverkehrssystem herausgebildet hat, mit Systemkomponenten wie den Fluggesellschaften, Flughäfen (Großanlagen!), der weltweit

⁶ Das ist selbst in den besonders stark technisierten Systemen der warenproduzierenden Wirtschaft und des Militärs nicht im gleichen Maße der Fall, obgleich die Unterschiede hier nur noch gradueller Natur sind, was die Praxis von Hughes (1991) rechtfertigen mag, auch die NASA und große Produktionssysteme als „large technological systems“ zu bezeichnen.

koordinierten Flugsicherung, gesetzlichen Normen, Aufsichtsbehörden, Berufen und Gewerkschaften. In einigen Ländern ist jüngst ein Nuklearsystem als ein aufeinander abgestimmter Zusammenhang von Brennelementherstellern, Kernkraftwerken, Überwachungsinstanzen, Aufbereitungsanlagen und Vorkehrungen für Entsorgung und Endlagerung nuklearer Abfälle entstanden. In der Bundesrepublik Deutschland ist dieser Systembildungsprozeß allerdings mehr oder weniger auf dem Niveau des Betriebs einzelner Anlagen stehengeblieben (Rochlin 1992). Der Autoverkehr gewinnt überhaupt erst jetzt mit Straßenverkehrsordnung und Fernstraßenbau, Tankstellen- und Raststättenketten, Straßenwacht und elektronischen Verkehrsleitsystemen Merkmale eines großen technischen Systems (Grundmann 1992). Der Vergleich von Eisenbahnsystem und Autoverkehrssystem unterstreicht dabei, daß die *Systemhaftigkeit* eine Variable ist – was man allerdings nur sieht, wenn man sozialstrukturellen Merkmalen Aufmerksamkeit schenkt und sich für die Systemdefinition nicht mit Kriterien wie der Existenz eines funktionellen Problems oder einer spezifischen Handlungsrationalität zufrieden gibt.

Geben so technische Innovationen einerseits immer wieder Anlaß zum Entstehen neuer technischer Funktionssysteme, dann verstärkt die technische Fundierung zugleich ihre Wachstumsdynamik. Bis zu einem bestimmten Grade beruht das Wachstum großer technischer Systeme auf ähnlichen Mechanismen wie dasjenige anderer funktioneller Teilsysteme (Mayntz 1988b: 233-259). So wie z.B. das Gesundheitssystem u.a. durch den ärztlichen bzw. medizinischen Angebotsdruck gewachsen ist (und weiter wächst), waren es auch in der Frühphase der Eisenbahn, Elektrizitäts- und Telefonentwicklung die Erfinder und Systembauer der ersten Generation, die ihre technischen Zukunftsvisionen angesichts einer skeptischen Klientel zu verwirklichen trachteten, die für ihre Dienste zuerst keinen Bedarf verspürte. Ähnliches konnte man kürzlich bei der Entwicklung von Bildschirmtext (Schneider 1989) und der Einführung von ISDN beobachten, wobei die Promotoren neuer Dienste sich den Kopf über mögliche Bedürfnisse zerbrachen, die man damit erfüllen könnte. Dieser Angebotsdruck wird jedoch in der Form des „technology push“ durch die am Machbaren orientierte Techno-Logik verstärkt, die man als die charakteristische Rationalität großer technischer Systeme bezeichnen kann. Diese Techno-Logik ist die typische Handlungsorientierung des homo faber, der zeigen will, was er alles konstruieren und zum Funktionieren bringen kann – Jumbojets, Riesenchips und Raumfähren, Genmanipulation und SDI. Auf dieser Handlungsorientierung beruht unsere technische Zivilisation; sie wird problematisch, wenn die technische Innovation, von sinnvollen praktischen Zweckbezügen entkoppelt, zum Selbstzweck wird und Instrumente zu Eigenwerten umdefiniert werden. Gewiß ist die Tendenz zur Hypostasierung, ja Verabsolutierung des jeweiligen Bezugswerts in allen funktionell spezialisierten Teilsystemen zu beobachten. Aber da die Techno-Logik sich unmittelbar auf inzwischen höchst effektiv gewordene Artefakte rückbezieht, ist der Prozeß der Zweck-Mittel-Umkehrung hier mit einer enormen Wirkungssteigerung verbunden. Die *technische* Funktionserfüllung lenkt das Streben nach höherer Effektivität unmittelbar auf weitere *technische* Innovationen. So entsteht eine Art positiver Rückkoppelung, die in dieser Form in anderen gesellschaftlichen Teilsystemen fehlt.

Die spezifische Entwicklungsdynamik großer technischer Systeme führt zu einer beständigen Leistungssteigerung; im gleichen Maße wächst in der Regel das Unfall-

und/oder Mißbrauchsrisiko. Wo das sozialwissenschaftliche Interesse über die Frage nach Binnenstruktur und Funktionsweise großer technischer Systeme hinausgehend nach deren gesellschaftlichen Folgen fragt, wird, wie im Konzept der sogenannten Risikogesellschaft (Beck 1986), vor allem auf derartige externe Effekte abgestellt. Die hier behaupteten *gesellschaftstheoretisch* relevanten Folgen großer technischer Systeme beschränken sich jedoch nicht auf ihr Leistungssteigerungs- und Störpotential. Auch mit dem – unbestreitbar zutreffenden – Hinweis, daß die großen technischen Systeme allen erdenklichen Transaktionen zunehmend die Überschreitung räumlicher und zeitlicher Begrenzungen ermöglichen (Joerges 1990: 37), ist die sozialstrukturelle Bedeutung ihrer Entwicklung noch nicht zureichend erfaßt. Diese Bedeutung liegt, wie im folgenden zu zeigen ist, vor allem auch in der durch die großen technischen Funktionssysteme bewirkte Steigerung funktioneller Interdependenz und sozialer Vernetzung sowie in ihrer paradoxen Wechselwirkung mit den Formen gesellschaftlicher Ordnungsbildung (Governance) und speziell mit der Organisation politischer Herrschaft.

Am augenfälligsten ist der erste Punkt. Man kann wohl ohne weiteres behaupten, daß die vorher kurz berührte immanente Technisierung die nicht technisch basierten funktionellen Teilsysteme – Politik, Wirtschaft, Wissenschaft usw. – weniger stark berührt hat, als es die Entwicklung und Nutzung der großen technischen Systeme getan hat. Politische Entscheidungsprozesse etwa sind besonders tiefgreifend durch die Nutzung des modernen Telekommunikationssystems und durch die Existenz der modernen Massenmedien Rundfunk und Fernsehen beeinflußt worden. Ohne die modernen Systeme der Energieversorgung, des Transports und der Telekommunikation wären auch die industrielle Revolution und das Wirtschaftswachstum der letzten hundert Jahre nicht möglich gewesen. Wie James Beniger zu zeigen versucht hat, führte nicht die Erfindung der Dampfmaschine unmittelbar zur industriellen Revolution; entscheidend waren vielmehr die verbesserten Transportmöglichkeiten durch Dampfschiffahrt und Eisenbahnen, wo die neue Technik früher Fuß faßte als in den Fabriken. Später waren es die modernen Telekommunikationssysteme, die die Steuerungsprobleme zu lösen erlaubten, welche durch das wachsende Volumen, die zeitliche Beschleunigung und die räumliche Expansion der Rohstoff-, Waren- und Kapitalflüsse entstanden und die so das weitere Wirtschaftswachstum ermöglichten (Beniger 1986). Auch der jüngste Strukturwandel im ökonomischen System, der mit den Stichworten Internationalisierung (wozu auch die multinationalen Unternehmen gehören) und „vernetzte Produktion“ angedeutet werden kann, beruht auf der modernen Telekommunikation, ohne die die modernen Kapitalmärkte nicht funktionieren würden, die Abstimmung zwischen den weltweit verstreuten Teilen eines Großunternehmens nicht gelänge (Chandler Jr. 1989: 507-508) und das enge Zusammenspiel von Zulieferern, Herstellern und Händlern etwa in der Automobilindustrie (Deiß/Döhl 1992) nicht möglich wäre. Eine mindestens so bedeutsame Rolle haben Telefon- und Eisenbahnsystem für das moderne Militär und die Kriegführung gespielt; es ist sogar behauptet worden, daß die einmal in Bewegung gesetzte, im wesentlichen auf massenhaften vorausgeplanten Truppen- und Materialbewegungen im deutschen Eisenbahnnetz fußende Mobilisierung des deutschen Heeres am Vorabend des Ersten Weltkriegs dafür verantwortlich ist, daß dieser Krieg damals nicht zu guter Letzt noch verhindert wurde (Buchholz 1992).

Infrastruktursysteme sind, weil sie nur *ermöglichen*, keine gesellschaftlichen Funktionssysteme im *modus deficiens*. Im Gegenteil: sie schaffen intensivere Abhängigkeitsverhältnisse, als zumeist zwischen nicht-technischen Funktionssystemen bestehen. In dem große technische Systeme *physisch* in politische, ökonomische oder militärische Abläufe hineinragen, tritt an die Stelle einer Dependenz, die noch Spielräume für die Wahl zwischen funktionellen Alternativen bietet und auch eine Lockerung der Abhängigkeit durch freiwillige Nachfragebeschränkung erlaubt, eine unabdingbare und zugleich asymmetrische Abhängigkeit. Man kann sich das ebenso gut am Beispiel der Rolle veranschaulichen, die Telegraf und Telefon für schicksalsträchtige politische und militärische Entscheidungen gespielt haben, wie an den Folgen eines Zusammenbruchs der Elektrizitätsversorgung. Diese Abhängigkeit wiederum motiviert „voice“ auf seiten der Nutzer (Hirschman 1970), die eine Anpassung der technischen Systeme an ihre Bedürfnisse verlangen. Die operative Abhängigkeit von einem großen technischen System wirkt so als Transmissionsriemen für exogene Gestaltungs- und Entwicklungsimpulse.

Die technischen Infrastruktursysteme sind aber nicht nur mit anderen gesellschaftlichen Funktionssystemen, sondern auch untereinander vernetzt. Das gilt vor allem seit den Anfängen der Eisenbahnentwicklung für das Verkehrs- und das Telekommunikationssystem. Manchmal verbindet ein neues technisches System auch mehrere bisher nicht direkt verflochtene Teilsysteme, so wie es ein entwickeltes Nuklearsystem tun kann. Eine weitere wichtige Vernetzungsvariante basiert auf der gleichzeitigen Nutzung mehrerer technischer Infrastruktursysteme für einen neuen Zweck. Ein triviales Beispiel kombinierter Nutzung bieten schon Artefakte wie Wasch- und Geschirrspülmaschinen. Bei dieser peripheren Vernetzung des Elektrizitäts- und des Wasser-/Abwasser-Systems entsteht aber kein neues System. Genau das ist dagegen beim System der Organtransplantation der Fall, das, eingelagert in das Gesundheitssystem, seit Ende der 70er Jahre als ein technisch fundiertes interorganisatorisches Netzwerk von übernationaler Reichweite entstanden ist (Braun/Joerges 1992). Durch die planvoll organisierte Nutzung der hochentwickelten Flugtransport-, Telekommunikations- und Datenverarbeitungssysteme werden hier Transplantationszentren, normale Krankenhäuser, ärztliche Notdienste, Organ- und Gewebebanken, Dialysestationen und spezielle Datenbanken miteinander zu einem neuen technischen Funktionssystem verknüpft.⁷

Die institutionalisierte Verknüpfung von Elementen verschiedener technischer und nicht-technischer Funktionssysteme ist ein wichtiger, ja der in modernen Gesellschaften vielleicht sogar dominante Aspekt sozialer Differenzierung. Dabei steigt nicht nur schlicht die funktionelle Interdependenz, sondern ganz konkret die *Verflechtung* zwischen Funktionssystemen. Die übernationale Expansion der großen technischen Verkehrs- und Kommunikationssysteme fördert dabei auch den Grad der *zwischen-gesellschaftlichen* (internationalen) Verflechtung. Erst in Kombination mit der erhöhten sozio-technischen Verflechtung gewinnt die technisch ermöglichte Beschleunigung und räumliche Expansion von Transaktionen ihre eigentliche Bedeutung. Insgesamt ist so

⁷ Braun und Joerges (1992) sprechen hier von einem *sekundären* großtechnischen System, das es auf den technischen Infrastruktursystemen aufbaut, aber durchaus eine eigene organisatorische und funktionelle Identität besitzt.

ein Maß an sozialstruktureller Komplexität entstanden, das noch weit über die komplizierten Schemata systemischer Interpenetration hinausgeht, wie wir sie von Richard Münch kennen (z.B. Münch 1984).

Die Bedeutung großer technischer Systeme für den gesellschaftlichen Strukturwandel liegt aber nicht nur generell in gesteigerter Komplexität. Vielmehr besteht zugleich ein enger Zusammenhang zwischen der Organisationsweise großer technischer Systeme und den jeweils gesamtgesellschaftlich dominierenden Governance-Formen.⁸ Das läßt sich zunächst für die Beziehung zwischen großen technischen Systemen und dem Staat zeigen. Obwohl gerade die für das politisch-administrative System konstitutiven Tätigkeiten, insbesondere das politische und administrative Entscheidungshandeln, relativ wenig technisiert sind, gibt es eine Art koevolutionärer Beziehung zwischen dem modernen Staat und den neuzeitlichen technischen Infrastruktursystemen. Beide sind in besonderem Maße formal organisiert und hierarchisch strukturiert, was vor allem bei den netzgebundenen technischen Systemen wie Eisenbahn, Telefon und Elektrizitätsversorgung mit technisch bedingten Koordinations- und Kontrollnotwendigkeiten zusammenhängt. Dabei haben sich der moderne Zentralstaat und die großen technischen Systeme wechselseitig in ihrem Wachstum stimuliert und in ihrer Zentralisierung gefördert. Vor allem Telegraf und Telefon haben die Expansion der Zentralverwaltungen und mithin die politisch-administrative Hierarchisierung begünstigt. Umgekehrt hat der Staat den Aufbau großer privater Monopole bei den technischen Infrastruktursystemen ermöglicht. Wegen ihrer Bedeutung für den Staat sind dabei Telegraf und Telefon, ebenso wie die für militärische Operationen wichtige Eisenbahn, wenigstens in Europa sogar als Teil des sich entfaltenden Staatsapparats organisiert worden. Indem große technische Systeme wegen ihrer hohen positiven Bedeutung ebenso wie wegen ihres hohen Störpotentials eine staatliche Regelung provozieren, fördern sie wiederum den starken, den Interventionsstaat.

Die großen technischen Systeme haben aber nicht nur die Entwicklung des „starken“ Staats gefördert, sondern auch zur Hierarchisierung in der Industrie beigetragen, indem sie u.a. die Ausbildung vertikal integrierter Großunternehmen begünstigten. In einem weiteren Entwicklungsschritt hat die Ausbildung des militärisch-industriellen Komplexes, dem „Zusammenschluß“ eines gewaltigen militärischen Establishments und einer großen Rüstungsindustrie“ (Eisenhower 1961, zitiert bei Hughes 1991: 442), vor dessen Einfluß Eisenhower schon 1961 warnte (ibid.), die gesellschaftliche Machtkonzentration noch verstärkt.

Heute ist die auf eine Art struktureller Wahlverwandtschaft gestützte Symbiose zwischen hierarchisierten politischen, industriellen und technischen Systemen prekär geworden, wobei es, ganz nach dem Muster des Marx'schen „Totengräbermodells“ des Kapitalismus, ihre eigenen Wirkungen sind, die ihren Fortbestand gefährden: eine positive Wechselwirkung schlägt in eine negative um. Der mächtige hierarchische Staat wird im Namen von Föderalismus, Regionalismus und Dezentralisierung angegriffen. Neben dem Militär gelten auch industrielle Großunternehmen als Antipoden des demokratischen Prinzips.⁹ Bei den großen technischen Systemen schließlich führt

⁸ Der Begriff Governance hat sich in jüngster Zeit zur Bezeichnung von (idealtypischen) gesellschaftlichen Ordnungsformen wie Markt, Hierarchie, Netzwerk und Solidargemeinschaft durchgesetzt; vgl. u.a. Williamson (1975), Powell (1990), Hollingsworth (1990).

⁹ Bei der Darstellung des Manhattan-Projekts erwähnt Hughes „die von vielen europäischen

die mit einem hohen Störpotential gekoppelte Wachstumsdynamik und Verselbständigungstendenz zu Kritik. Die Abhängigkeitsbeziehung zwischen großen technischen Systemen und ihren Nutzern wird um so asymmetrischer, je weiträumiger Monopole sich erstrecken, je enger sie intern vernetzt und je hierarchischer sie organisiert sind. Solche großen technischen Systeme und die mit ihnen gemachten Erfahrungen erwecken Unbehagen und motivieren Proteste, die sich im gleichen Zuge gegen eine Industrie und ein politisches System richten, die mit ihnen aufs engste liiert erscheinen. Besonders deutlich ist dieser Zusammenhang – am Begriff Atomstaat kann dies verdeutlicht werden – bei emergenten Nuklearsystemen, die wegen des hohen Risikos bei Unfällen oder Sabotage eine strikte hierarchische Kontrolle, den rigiden Überwachungsstaat zu erzwingen scheinen. Auf diese Weise trägt die Reaktion auf die wachsende Macht großer technischer Systeme zur Erosion der gesellschaftlichen Akzeptanz für hierarchische Ordnungsformen bei.

In den derzeit überall beobachtbaren Deregulierungsbemühungen schlägt das dann wiederum auf die technischen Systeme zurück. Deregulierung bedeutet vor allem eine vertikale Entflechtung der bisherigen staatlichen oder auch nur staatlich garantierten Monopole, deren natürlicher Monopolcharakter gleichzeitig – nicht zuletzt aufgrund weiterer technischer Innovationen – angezweifelt wird. Das ist in der Telekommunikation geschehen und bahnt sich jetzt bei der Elektrizitätsversorgung mit Versuchen zur Öffnung des Verteilungsnetzes für die Einspeisung von Strom aus vielen, auch kleinen Quellen an (Coutard 1992). Sogar bei der Eisenbahn wird gelegentlich erörtert, ob sich der Betrieb des Schienennetzes nicht vom Zugbetrieb trennen läßt. Diese Deregulierungs- bzw. genauer: Entflechtungsbestrebungen werden zwar ökonomisch begründet. Tatsächlich ist ihre effizienzsteigernde Wirkung jedoch umstritten und zumindest schwer beweisbar. Die Einführung von Wettbewerb in ein vernetztes System könnte sogar zum Zusammenbruch oder doch zur Schmälerung der technischen Leistungsfähigkeit führen, wenn die untereinander abhängigen Komponenten institutionell verselbständigt werden und sich auf individuelle Nutzenmaximierung umstellen, so daß funktionelle Interdependenzen zu Ausbeutungsbeziehungen entarten. Das könnte schon für eine unabhängige Organisation von Netzbetrieb und Dienstleistung bzw. Erzeugung in schienengebundenen Transportsystemen bzw. in der Elektrizitätsversorgung gelten, gewiß jedoch für eine organisatorische Entkoppelung des Flugbetriebs von der technischen Wartung. Der Verdacht liegt deshalb nahe, daß es eher politisch-ideologische als handfeste ökonomische Gründe sind, die hinter den Deregulierungsbemühungen der jüngsten Zeit stehen.

Technische Innovationen haben, so läßt sich dieses Argument zusammenfassen, über die auf ihrer Basis entwickelten modernen Infrastruktursysteme zunächst als Triebkraft gesellschaftlicher Zentralisierung und Hierarchisierung gewirkt. Die problematischen Folgen dieser synchronen Entwicklung in Staat, Industrie und Infrastruktursystemen haben sodann zu einer Gegenbewegung geführt, die sämtliche gesellschaftlichen Manifestationen des Hierarchieprinzips betrifft.¹⁰ An seine Stelle treten heute zunehmend verschiedene Formen horizontaler Koordination. Sie sind vor allem

Intellektuellen vertretene Überzeugung, daß große Industrieunternehmen und das Militär wesentlich zur Erstarkung des Faschismus in Europa beigetragen“ hätten und als „Feinde der Demokratie“ betrachtet werden müßten (Hughes 1991: 397).

10 Auf diese Gegenbewegung verweist auch Hughes (1991, Kapitel 9 und passim).

für die Politikentwicklung – beispielsweise für Politiknetzwerke – (Marin/Mayntz 1991) und für die Wirtschaft (Hollingsworth 1990) näher untersucht worden. Vor allem im Bereich der Wirtschaft werden diese Entwicklungen durch dieselben technischen Innovationen vor allem in der Telekommunikation begünstigt, die dort eine – wie immer motivierte – Entflechtung der großen Monopole überhaupt erst praktikabel sein lassen. erinnert man sich an die zuvor besprochenen Verflechtungseffekte, dann wird erkennbar, daß die großen technischen Infrastruktursysteme auch beim Wandel des Primats gesellschaftlicher Ordnungsformen hin zu netzwerkartigen Beziehungsmustern eine wesentliche Rolle spielen. Dieser Wandel könnte die in dynamischer Hinsicht bedeutungsvollste Strukturveränderung moderner Gesellschaften sein – *for better or for worse*, denn die Ablösung von Hierarchien durch Netzwerke erhöht weder die individuelle Selbstbestimmung noch muß sie die gesamtgesellschaftliche Problemlösungsfähigkeit steigern. Wie dem auch sei: Diese Entwicklung ist nur unter Berücksichtigung der Existenz und Wirkungsweise großer technischer Systeme zu erfassen und adäquat zu erklären.

Literatur

- Beck, Ulrich, 1986: Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Beniger, James, 1986: The Control Revolution. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Bijker, Wiebe E., Thomas P. Hughes und Trevor J. Pinch (Hg.), 1987: The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Braun, Ingo, und Bernward Joerges, 1992: How to Recombine Large Technical Systems? The Case of European Organ Transplantation. Referat auf der 4. LTS-Konferenz „Large Technical Systems in Radical Reconfiguration“ in Vadstena, Schweden, 7.-11.8.1992.
- Bucholz, Arden, 1992: The Normal Accident of July 1914. Referat auf der 4. LTS-Konferenz „Large Technical Systems in Radical Reconfiguration“ in Vadstena, Schweden, 7.-11.8.1992.
- Callon, Michel, John Law und Arie Rip (Hg.), 1986: Mapping the Dynamics of Science and Technology. In: Sociology of Science in the Real World. London: MacMillan.
- Chandler Jr., Alfred, 1989: Die Entwicklung des zeitgenössischen globalen Wettbewerbs. S. 467-514 in: Michael E. Porter (Hg.): Strategien der neuen Internationalisierung. Wiesbaden: Gabler.
- Coutard, Olivier, 1992: Competition and Grid Issues in the Electricity Supply Industry. Referat auf der 4. LTS-Konferenz „Large Technical Systems in Radical Reconfiguration“ in Vadstena, Schweden, 7.-11.8.1992.
- Deist, Manfred, und Volker Döhl (Hg.), 1992: Vernetzte Produktion. Automobilzulieferer zwischen Kontrolle und Autonomie. Frankfurt a.M.: Campus.
- Emery, Fred E., und Einar Thorsrud, 1976: Democracy at Work. The Report of the Norwegian Industrial Democracy Programme. Leiden: Nijhoff.
- Emery, Fred E., und Eric L. Trist, 1960: Socio-Technical Systems. S. 83-97 in: C.W. Churchman und M. Verhulst (Hg.): Management: Sciences, Models, and Technics. London: Pergamon Press.
- Grundmann, Reiner, 1992: Baby, You Can Drive My Car: Car Traffic at the Crossroads. Referat auf der 4. LTS-Konferenz „Large Technical Systems in Radical Reconfiguration“ in Vadstena, Schweden, 7.-11.8.1992.
- Herbst, P.G., 1974: Socio-Technical Design. Strategies in Multi-Disciplinary Research. London: Tavistock Publications.
- Hirschman, Albert O., 1970: Exit, Voice and Loyalty. Responses to Decline in Firms, Organizations, and States. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hollingsworth, J. Rogers, 1990: The Governance of American Manufacturing Sectors: The Logic of Coordination and Control. Köln: MPIFG Discussion Paper 90/4.

- Hughes, Thomas P., 1983: *Networks of Power – Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore: Hopkins.
- Hughes, Thomas P., 1987: The Evolution of Large Technological Systems. S. 51-82 in: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes und Trevor J. Pinch (Hg.): *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Hughes, Thomas P., 1991: *Die Erfindung Amerikas. Der technologische Aufstieg der USA seit 1870*. München: Beck.
- Joerges, Bernward, 1988: Large Technical Systems: Concepts and Issues. S. 9-36 in: *Renate Mayntz und Thomas P. Hughes (Hg.): The Development of Large Technical Systems*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Joerges, Bernward, 1990: Große Technische Systeme. Aspekte eines Forschungsprogramms, WZB-Mitteilungen 48: 36-40.
- La Porte, Todd R. (Hg.), 1991: *Social Responses to Large Technical Systems. Control or Anticipation*. Dordrecht: Kluwer.
- Linde, Hans, 1972: *Sachdominanz in Sozialstrukturen*. Tübingen: Mohr.
- Mayntz, Renate, 1988a: Funktionelle Teilsysteme in der Theorie sozialer Differenzierung. S. 11-44 in: *Renate Mayntz, Bernd Rosewitz, Uwe Schimank und Rudolf Stichweh (Hg.): Differenzierung und Verselbständigung*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Mayntz, Renate, 1988b: Zur Entwicklung technischer Infrastruktursysteme. S. 233-259 in: *Renate Mayntz, Bernd Rosewitz, Uwe Schimank und Rudolf Stichweh (Hg.): Differenzierung und Verselbständigung*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Mayntz, Renate, und Thomas P. Hughes (Hg.), 1988: *The Development of Large Technical Systems*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Marin, Bernd, und Renate Mayntz (Hg.), 1991: *Policy Networks: Empirical Evidence and Theoretical Considerations*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Münch, Richard, 1984: *Die Struktur der Moderne. Grundmuster und differenzielle Gestaltung des institutionellen Aufbaus der modernen Gesellschaft*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Pinch, Trevor J., und Wiebe E. Bijker, 1984: The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit from Each Other, *Social Studies of Science* 14: 399-441.
- Powell, Walter W., 1990: Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organisation, *Research in Organisational Behavior* 12: 295-336.
- Rammert, Werner, 1982: Soziotechnische Evolution: Sozialstruktureller Wandel und Strategien der Technisierung. S. 32-81 in: *Rodrigo Jokisch (Hg.): Techniksoziologie*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Rochlin, Gene, 1992: Broken Plowshare: System Failure and the Nuclear Power Industry. Referat auf der 4. LTS-Konferenz „Large Technical Systems in Radical Reconfiguration“ in Vadstena, Schweden, 7.-11.8.1992.
- Schneider, Volker, 1989: *Technikentwicklung zwischen Politik und Markt: Der Fall Bildschirmtext*. Frankfurt a.M.: Campus.
- Trist, Eric L., und K.W. Bamforth, 1951: Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting, *Human Relations* 4: 3-38.
- Trist, Eric L., G.W. Higgins, H. Murray und A.B. Pollock, 1963: *Organizational Choice Capabilities of Groups at the Coal Phase under Changing Technologies*. London: Tavistock.
- Williamson, Oliver E., 1975: *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications. A Study of the Economics of Internal Organization*. New York: Free Press.

Korrespondenzanschrift: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Renate Mayntz, Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Lothringer Str. 78, 5000 Köln 1