

Monstadt, Jochen

Book Part

Großtechnische Systeme der Infrastrukturversorgung: Übergreifende Merkmale und räumlicher Wandel

Provided in Cooperation with:

ARL – Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft

Suggested Citation: Monstadt, Jochen (2007) : Großtechnische Systeme der Infrastrukturversorgung: Übergreifende Merkmale und räumlicher Wandel, In: Gust, Dieter (Ed.): Wandel der Stromversorgung und räumliche Politik, ISBN 978-3-88838-056-3, Verlag der ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover, pp. 7-34

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/60149>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Großtechnische Systeme der Infrastrukturversorgung: Übergreifende Merkmale und räumlicher Wandel

Gliederung

- 1 Einleitung
- 2 Strukturmerkmale und infrastrukturelle Bedeutung großtechnischer Systeme
- 3 Die räumliche Ausbreitung und Entwicklung großtechnischer Systeme
- 4 Die Transformation großtechnischer Systeme als neues Forschungsfeld
- 5 Die neue Logik der Infrastrukturversorgung
- 6 Die räumliche Rekonfiguration der Infrastrukturversorgung: Dimensionen des sozialräumlichen Wandels
- 7 Forschungsbedarf

Literatur

1 Einleitung

Die Anzahl, die Komplexität und die räumliche Reichweite von großtechnischen Infrastruktursystemen wie der Energieversorgung, der Wasserversorgung, der Telekommunikation, des Schienenverkehrs oder des Internets haben innerhalb des letzten Jahrhunderts kontinuierlich zugenommen. Im gesellschaftlichen Modernisierungs- und Industrialisierungsprozess spielen diese Infrastruktursysteme eine zentrale Rolle. Sie haben die politische, wirtschaftliche und wissenschaftliche Entwicklung maßgeblich beeinflusst. Beispielsweise ist die Stromversorgung durch die zunehmend engere technische Kopplung und die Technisierung aller Gesellschaftsbereiche zur kritischen Voraussetzung geworden, um die Funktionsfähigkeit nahezu aller Produktions- und Dienstleistungsbereiche, der Wissenschaft, des Gesundheitssystems, des Kultur- und Erziehungssystems und des Gemeinwesens aufrechtzuerhalten. Auch die moderne Telekommunikation strukturiert in hohem Maße politische Entscheidungsprozesse. Die Produktion und der Austausch von wissenschaftlichen Erkenntnissen wären ohne Telefon, Fax, E-Mail, Internet oder andere elektronische Datendienste undenkbar. Ohne die Telekommunikation, die Stromversorgung und andere Infrastruktursysteme wäre die enorme Leistungssteigerung der Wirtschaft innerhalb des letzten Jahrhunderts kaum möglich gewesen. Auch der jüngere Strukturwandel der Wirtschaft, d. h. die Internationalisierung der Güter- und Kapitalmärkte, die Herausbildung multinationaler Netzwerk-Unternehmen und die räumliche Arbeitsteilung, wäre ohne die Leistungen großtechnischer Infrastrukturen kaum vorstellbar (vgl. Mayntz 1997: 78). Nicht zuletzt prägen die Infrastruktursysteme längst auch soziale Kommunikations- und Reproduktionszusammenhänge, und sie haben zu einem signifikanten Wandel von Lebensstilen beigetragen.

Auch die Bedeutung großtechnischer Systeme für die räumliche Entwicklung moderner Gesellschaften und für die räumliche Politik und Planung ist unwidersprochen. Offenkundig erscheint die Raumrelevanz von Infrastruktursystemen vor allem in physischer Hinsicht, d. h. hinsichtlich der Raumwirkungen der technischen Artefakte, wie den Verkehrs-, Energie-, Wasser- und Abwassernetzen, den Kraftwerken, Flughäfen etc. Die Errichtung und der Betrieb der technischen Anlagen sind mit einem erheblichen Flächenbedarf verbunden. Sie greifen in den Naturhaushalt ein, verändern das Landschaftsbild und sind zu einem prägenden Element der heutigen Kulturlandschaften geworden. Hinzu kommen Raumwirkungen, indem die Systeme die Entnahme von Ressourcen antreiben, diese umwandeln und schließlich Lärm sowie diverse Abfälle emittieren. Die technischen Infrastruktursysteme sind auf diese Weise an den tief greifenden Veränderungen der natürlichen Umwelt und an lokalen, regionalen und globalen Umweltproblemen beteiligt. Neben diesen physischen Raumwirkungen, die im Allgemeinen im Mittelpunkt des Interesses der deutschen Raumforschung und -planung stehen, prägen die technischen Infrastruktursysteme auch wesentlich die sozialräumliche Struktur. So beeinflussen die Infrastruktursysteme Mobilitätsverhalten, Kommunikation, technische Anwendungen und Konsumverhalten im Raum, sie lenken die Investitionstätigkeit im Raum, und es sind erhebliche direkte und indirekte regionale Einkommens- und Beschäftigungswirkungen mit ihnen verbunden. Schließlich war die räumliche Ausbreitung der technischen Infrastruktursysteme traditionell eng an die staatliche Territorialstruktur gekoppelt. Ihre Entwicklung hing eng mit der Herausbildung eines modernen Staatswesens zusammen. Die aktuelle räumliche Expansion der Techniksysteme über die territorialen Grenzen der Nationalstaaten hinweg bleibt daher auch für staatliches Handeln keineswegs folgenlos.

Trotz ihrer unbestritten hohen Raumrelevanz sind die großtechnischen Infrastruktursysteme ein in der deutschen Raumforschung stark unterbelichteter Untersuchungsgegenstand. Zwar hat sich vor allem in den Wirtschaftswissenschaften ab den Sechziger- und Siebzigerjahren ein ausdifferenzierter Diskurs zur Infrastrukturtheorie und -planung herausgebildet (vgl. Jochimsen 1966, Jochimsen; Gustafson 1970, Frey 1972). Dieser wurde auch in der raumwissenschaftlichen Diskussion stark rezipiert (vgl. stellvertretend Jochimsen 1995) und bestimmt die deutsche Infrastrukturtheorie bis in die heutige Zeit (vgl. Wille 1993, Schneider; Jäger 2003, Prätorius 2004, Frey 2005).¹ In dieser Debatte wird zwar die hohe Relevanz materieller Infrastrukturen, zu deren Kern die Energie-, Verkehrs- und Kommunikationsinfrastrukturen zählen, für (regional-)wirtschaftliches Wachstum und die räumliche Entwicklung hervorgehoben.² Infrastrukturen werden als notwendige Voraussetzung für private Investi-

¹ Nach dem in den sechziger Jahren geprägten Verständnis wird Infrastruktur „als Summe der materiellen, institutionellen und personalen Einrichtungen und Gegebenheiten definiert, die den Wirtschaftseinheiten zur Verfügung stehen und mit beitragen, den Ausgleich der Entgelte für gleiche Faktorbeiträge bei zweckmäßiger Allokation der Ressourcen, d. h. vollständige Integration und höchstmögliches Niveau der Wirtschaftstätigkeit, zu ermöglichen“ (Jochimsen 1966: 100).

² Definitorisch wird üblicherweise zwischen materiellen und immateriellen Infrastrukturen unterschieden. Letztere können weiter in personale (Fähigkeits- und Humankapital) und institutionelle Infrastrukturen (Gesamtheit der Normen, Einrichtungen und Verfahrensweisen) unterteilt werden. Zur materiellen Infrastruktur zählen im Kern die netzgebundenen Infrastrukturen, daneben aber auch die Gebäude und Ausrüstungen (Sachkapital) des Verwaltungs-, Ausbildungs-, Forschungs- und Gesundheitssektors (vgl. Wille 1993: 17).

tionen und privaten Verbrauch sowie als wichtiger Standortfaktor betrachtet. Allerdings werden die Besonderheiten von technischen Infrastrukturen gegenüber anderen materiellen Infrastrukturen wie Gebäuden und Ausrüstungen des Verwaltungs-, Ausbildungs-, Forschungs- und Gesundheitssektors, ihre Prägung durch technische Artefakte und institutionelle Strukturen kaum herausgearbeitet. Ein wesentliches Problem besteht darin, dass die technische Infrastruktur nur als etwas Gegenständliches betrachtet wird, welches von der institutionellen Infrastruktur moderner Gesellschaften (Gesamtheit der Normen, Einrichtungen und Verfahrensweisen) und personalen Infrastruktur (Humanressourcen) strikt getrennt wird. Es werden also nur die technischen Anlagen, Ausrüstungen und Betriebsmittel, die zur Energieversorgung, Verkehrsbedienung und Telekommunikation dienen, theoretisch verarbeitet. Demgegenüber werden die institutionelle Struktur und Eigendynamik der Energieversorgung, der Wasserversorgung, der Verkehrssysteme etc. in der Infrastrukturtheorie ebenso vernachlässigt wie deren Prägung durch spezialisierte Berufsgruppen. Die technischen Infrastrukturen interessieren vor allem als „Schmieröl“ (Jochimsen), welches einen gleichmäßigen und effizienten Ablauf des Wirtschaftslebens ermöglicht, und die Debatte konzentriert sich auf die von ihnen ausgehenden positiven Produktivitätseffekte. Besonders die aktuellen Veränderungen der Energieversorgung, der Telekommunikation etc. fallen daher durch das analytische Raster der Infrastrukturtheorie bzw. werden allenfalls in ihren ökonomischen Wirkungen erfasst.

Auch in der sozial- und geschichtswissenschaftlichen Technikforschung blieben die technischen Infrastruktursysteme lange Zeit ein wenig beachteter Untersuchungsgegenstand, und das Interesse galt vor allem einzelnen technischen Artefakten (etwa dem Computer, dem Fließband oder dem Auto). Diese wurden in ihrer Erfindung, Verbreitung und Steuerung untersucht, und es wurden Technisierungsprozesse erklärt, die diese Artefakte in der Politik, Wirtschaft etc. ausgelöst haben (vgl. Joerges 1988: 11). Die Entwicklung, die Struktur und die Auswirkungen vieler Technologien lassen sich jedoch nur unzureichend erfassen, wenn diese als isolierte Artefakte analysiert werden. Stattdessen sind sie häufig in ein umfassenderes System eingebunden, das sie fördert, unterstützt oder auch hemmt. Wird das Telefon beispielsweise als ein Artefakt gesehen, ist es ein kleines technisches Gerät in Wohnungen, Arbeitsstätten etc., das ökonomische Prozesse und soziale Kommunikation strukturiert. Wird es jedoch als Teil eines größeren Systems von Kabeln, Unternehmen, Organisationen, institutionellen Regelstrukturen und globalen Telekommunikationsnetzwerken gesehen, ist es ein sichtbarer Ausdruck des größten technischen Infrastruktursystems, das je installiert wurde (Summerton 1994: 3).

Erst ab der zweiten Hälfte der Achtzigerjahre hat sich ein internationales Forschungsnetzwerk aus Historikern, Soziologen, Politologen, Ökonomen, Planungswissenschaftlern und Ingenieuren etabliert, mit dem eine „systemische“ Betrachtungsweise von technischen Infrastrukturen eine Renaissance erlebte. Es wurde ein sozio-technischer Ansatz entwickelt, mit dem sowohl die institutionellen Besonderheiten technischer Infrastruktursysteme und ihr sozialer Entstehungsprozess als auch deren Prägung durch bestimmte technische Artefakte erklärt und theoretisch verarbeitet wurden. Die hieraus entstandene Debatte um „large technical systems (LTS)“ (oder auch „large technological systems“) baute im Wesentlichen auf der vergleichenden Untersuchung des Technikhistorikers Thomas P. Hughes zur Elektrifizierung in Chicago, London und Berlin bis zu den Dreißigerjahren des 20. Jahrhunderts auf.

Hughes entwickelte verallgemeinerungsfähige Konzepte zum Verständnis der Entwicklungsdynamiken, strukturellen Eigenschaften und der Beharrungstendenzen dieser großtechnischen Infrastruktursysteme (vgl. Hughes 1983, 1987).

Dieser Diskurs ist weit von einer in sich homogenen Theorie entfernt (vgl. Joerges 1999). Vor allem die räumlichen Aspekte wurden in den bisherigen Studien stark vernachlässigt (Coutard 1999: 13, Joerges 1999: 222-224). Der Nutzen dieses theoretischen Zugangs für raumwissenschaftliche Analysen des Wandels von Infrastruktursystemen ist daher erklärungsbedürftig: Im Unterschied zu der in den Raumwissenschaften bekannten Infrastrukturtheorie kann dieser interdisziplinär geführte Diskurs dazu beitragen, die Eigenlogik der Infrastruktursysteme sowie ihre Prägung durch technische und soziale Komponenten zu beschreiben und zu begründen. Das Konzept kann Entwicklungsstufen sowie Erfolg und Nichterfolg von Techniksystemen erklären helfen und lenkt die Aufmerksamkeit auf die Faktoren, von denen die technische Entwicklung geleitet wurde und wird (Radkau 1994: 96). Zugleich liefert der Diskurs wichtige steuerungstheoretische Erkenntnisse für die aktuelle Infrastrukturpolitik. Er beschreibt, dass technische Pfadabhängigkeiten und institutionelle Beharrungskräfte dazu führen, dass die Systeme nur eingeschränkt für politische Steuerungsversuche empfänglich sind. Das Konzept großtechnischer Infrastruktursysteme bietet einen theoretischen Rahmen, um gemeinsame Entwicklungs- und Strukturmerkmale der Energie- und Wasserversorgung, des Schienenverkehrs etc. zu betrachten, ihre infrastrukturelle Bedeutung für gesellschaftliche Entwicklungen zu analysieren, die Besonderheiten einzelner Infrastruktursysteme zu vergleichen und um die komplexen Wechselwirkungen zwischen technischen Innovationsprozessen mit sozialen Entwicklungsprozessen zu erklären. Auch wenn die räumliche Dimension in den meisten Analysen nicht explizit gemacht wird, liefert der Diskurs einerseits zahlreiche Erkenntnisse für die räumliche Ausbreitung und den räumlichen Wandel der Systeme. Andererseits bietet er einen konzeptionell-theoretischen Rahmen, um die räumliche Dimension von Infrastruktursystemen und die räumlichen Auswirkungen des gegenwärtigen Wandels zu untersuchen. Er ergänzt und erweitert damit die bisherige wirtschaftswissenschaftliche Infrastrukturforschung um wesentliche Aspekte. Gleichwohl steht eine raumwissenschaftliche Re-Interpretation und Weiterentwicklung dieses Ansatzes weiterhin aus.

Dieser Anspruch kann auch mit dem folgenden Beitrag allenfalls in ersten Ansätzen eingelöst werden. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es vielmehr, das theoretische Konzept großtechnischer Infrastruktursysteme in seinen Grundzügen zu erläutern. Hierbei sollen die wesentlichen Charakteristika der Systeme und der Prozess ihrer räumlichen Ausbreitung analysiert werden. Schließlich sollen Grundzüge des aktuellen institutionellen Wandels der Systeme und mögliche räumliche Auswirkungen beschrieben werden, um wichtige Fragestellungen für die weitere raumwissenschaftliche Forschung aufzuzeigen.

2 Strukturmerkmale und infrastrukturelle Bedeutung großtechnischer Systeme

Zu den großtechnischen Infrastruktursystemen zählen neben der Elektrizitätsversorgung unter anderem die leitungsgebundene Gasversorgung, bestimmte Formen der Fernwärmeversorgung, die Wasserversorgung, die Abwasserentsorgung, die Telekommunikation, das Transportsystem (insbesondere Schienen- und Flugverkehrssysteme) und auch bestimmte militärische Abwehrsysteme. Diese können grundsätzlich in die transnationalen (z. B. Telekom-

munikation) und die urbanen Infrastrukturnetze (z. B. Abwasserentsorgung) unterteilt werden. Daneben lässt sich ihre räumliche Architektur auch hinsichtlich ihrer stofflichen oder kommunikativen „flows“ in drei Hauptgruppen unterteilen (Jonsson 2005: 2):

- *Distributive Systeme* haben Leitungsnetze, die von einem zentralen Knotenpunkt Verbindungen zu den Nutzern herstellen und diese von dort mit Infrastrukturdiensten beliefern (z. B. Strom-, Gas, Wasserversorgung).
- *Akkumulative Systeme* haben eine entgegengesetzte Fließrichtung von den Nutzern zu zentralen Knotenpunkten (z. B. Abwasserentsorgung).
- *Kommunikative Systeme* sind durch multidirektionale Flüsse gekennzeichnet (z. B. Telekommunikation, Transportsysteme).

Da die Grenze zwischen großtechnischen Systemen zu anderen, zwar verbreitet genutzten, aber nicht zum System vernetzten Artefakten nicht immer eindeutig zu ziehen ist, erfuhr der Begriff bald eine inflationäre Erweiterung. Um ihn für diese Studie möglichst handhabbar zu machen, werden unter großtechnischen Systemen der Infrastrukturversorgung im Folgenden hochkomplexe und heterogene Techniksysteme verstanden, die bestimmte Infrastrukturleistungen bereitstellen und die sich durch netzwerkartige Strukturen, eine weiträumige Vernetzung und eine erhebliche Kapitalintensität auszeichnen. Bei den großtechnischen Systemen handelt es sich um soziale Systeme, in denen sich Organisationen bzw. Institutionen um eine bestimmte Technik (bzw. um ein System von technischen Artefakten) gruppieren. Dies unterscheidet sie von Systemen, bei denen ein gedachter Wegfall der Technik nicht notwendigerweise die verbleibenden Institutionen sinnlos machen würde (Weingart 1989: 178 f.).³ Sie sind vor allem durch folgende Merkmale gekennzeichnet (Hughes 1987, Joerges 1988 und 1999, Mayntz; Schneider 1995, Monstadt 2004):

a) Erfüllung spezifischer Infrastrukturfunktionen

Die großtechnischen Systeme im Infrastrukturbereich sind darauf ausgerichtet, notwendige und nur schwer substituierbare private und öffentliche Dienstleistungen bereitzustellen, indem sie bestimmte Produkte speichern, umwandeln und/oder transportieren. Die zentrale Funktion großtechnischer Systeme besteht darin, spezifische Aktivitäten zu ermöglichen, etwa den Betrieb von Elektromotoren, das Kochen, das Waschen, die Beleuchtung oder die physische bzw. kommunikative Raumüberwindung (vgl. Mayntz 1988: 233; 1997: 74). Die großtechnischen Infrastruktursysteme erbringen insofern eine Ermöglicungs- und Vorleistungsfunktion für bestimmte Zwecke, die wie die Trinkwasserversorgung zu grundsätzlichen menschlichen Bedürfnissen gehören oder sich wie die Stromversorgung, das Fliegen und das Internet zumindest zu menschlichen Bedürfnissen entwickelt haben. Sie weisen in funktionaler Hinsicht insofern Gemeinsamkeiten mit anderen nichttechnischen Infrastruktursektoren wie dem Erziehungs-, Bildungs-, Forschungs- oder dem Gesundheitssystem auf (vgl. hierzu: Jochimsen 1966: 105-109). Gemeinsam mit diesen sorgen die großtechnischen Systeme für die Überwindung von „technologisch-praktischen“ Hindernissen eines ungehinder-

³ „Das Eisenbahnsystem ohne Eisenbahnen ist eine wenig sinnvolle Vorstellung, das Bankensystem ohne Computer mag zwar schwer vorstellbar sein, sinnlos ist es dennoch nicht.“ (Weingart 1989: 179).

ten wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Austausches (vgl. ebd.). In wirtschaftlicher Hinsicht werden sie als entscheidende Voraussetzung für eine optimierte räumliche Integration im Sinne eines homogenen wirtschaftlichen Raumes betrachtet. Den Unternehmen, öffentlichen Einrichtungen, Privathaushalten „steht der Bezug von Energie sowie die Verfügung über Transport- und Kommunikationsdienste in gleicher Weise offen, so dass die Wirtschaftseinheiten unabhängig von ihrer konkreten Verteilung im Raume, in den Wirtschaftszweigen und den Betriebs- und Unternehmensgrößen von ihnen Gebrauch machen können“ (Jochimsen 1966: 114). Infrastruktursysteme können in diesem Sinne als „support-systems“ des allgemeinen Wirtschafts- und Gesellschaftslebens verstanden werden (Schneider 2001: 43).

b) Weiträumige Vernetzung

Die Größe der Techniksysteme als definitorisches Merkmal hebt keineswegs auf die Größe im Sinne der z. B. im Zusammenhang mit Großkraftwerken diskutierten „big technologies“ ab, sondern auf die weiträumige Vernetzung von heterogenen technischen und sozialen Systemkomponenten. Besonders in den Industriestaaten haben sich die großtechnischen Systeme räumlich bis in die entlegensten Winkel ausgedehnt. Die Netze der Energie-, Telekommunikations-, Wasser-, Verkehrsinfrastrukturen sind im besiedelten Bereich nahezu flächendeckend. Zugleich sind ihre Infrastrukturleistungen mittlerweile unabhängig von Tages-, Nacht- und Jahreszeit verfügbar.

Nicht in jedem Fall sind es jedoch die räumliche Ausbreitung und Reichweite der physischen Netze, welche großtechnische Systeme ausmachen. So sind die Abwassernetze in der Regel nicht weiträumig vernetzt, dennoch kann die Abwasserentsorgung als großtechnisches System eingestuft werden (ebenso der schienengebundene öffentliche Personennahverkehr). Auch wenn diese materiell nicht durch Leitungen bzw. Schienen vernetzt sind, zeichnen sich ihre immateriellen, sozialen Systemkomponenten, wie allgemeingültige Qualitätsstandards, spezialisierte Berufsgruppen, Verbände, Wissenschaft etc. durch eine intensive und weiträumige Vernetzung aus, die letztlich auch in technischer Hinsicht ein hohes Maß an Konvergenz zur Folge hat.

c) Institutionalisierung als sozio-technisches System

Die großtechnischen Infrastruktursysteme hängen auf der einen Seite auf das Engste mit der Verwendung bestimmter technischer Artefakte und Verfahren zusammen. Sie sind auf der Basis von spezifischen technischen Innovationen überhaupt erst entstanden und entwickeln sich entsprechend der fortdauernden Dynamik des technischen Innovationsprozesses fort (Mayntz; Schneider 1995: 77). Auf der anderen Seite haben sie sich zu abgrenzbaren und organisatorisch und institutionell ausdifferenzierten sozialen Funktionssystemen entwickelt. Sie verfügen über eine eigene Wissensbasis, spezielle Normen, spezialisierte Berufsgruppen, große formale Organisationen und ein hohes Maß an interner Integration und Vernetzung. Schließlich sind technische Infrastruktursysteme gesellschaftsweit etabliert, und sie sind praktisch allen Gesellschaftsmitgliedern zur Nutzung zugänglich (Mayntz 1988: 234).

Im Unterschied zu den anderen sozialen Systemen wird ihre institutionell-organisatorische Struktur stark durch bestimmte Technologien, z. B. Kraftwerke, Turbinen, Transformatoren, Netze etc. geprägt. Diese Techniken prägen soziales Handeln und soziale Beziehun-

gen etwa zwischen den Betreibern, Nutzern, Planern, Regulierern usw. Beispielsweise benötigen dezentralisierte Energiesysteme völlig andere institutionelle Strukturen als ein System mit wenigen zentralen Kraftwerken. Sie können daher kaum als rein soziale Systeme gelten, werden aber auch nicht durch Technik determiniert, so dass sie als sozio-technische Systeme bezeichnet werden (vgl. Joerges 1988, Mayntz 1988). Die sozio-technischen Systeme werden neben den immobilen physischen Komponenten, technischen Verfahren und Artefakten durch einen spezifischen institutionellen Kontext geformt und sind sozial konstruiert (Bijker et al. 1987).

Die Techniksysteme stehen also einerseits in einem sozialen Produktions- und Verwendungszusammenhang, sie sind also sozial geprägt und werden in ihrer Anwendung sozial organisiert. Andererseits sind technische Systemkomponenten zunehmend in soziale Zusammenhänge eingebaut, d. h. soziale Interaktionen werden in ihrer Struktur und Dynamik maßgeblich durch die technischen Artefakte der Infrastruktursysteme geprägt (Mayntz 1988: 236). Das Charakteristikum der Systeme ist also ihre Wechselwirkung zwischen „socially constructed and society shaping“, also zwischen der sozialen Konstruktion von Technik und der Prägekraft von Techniken für Gesellschaften (Hughes 1987: 51). „Im Grunde ist damit nicht mehr gesagt, als dass die Technik zwar gesellschaftlich, d. h. nach Bedürfnissen, Sicherheitsstandards, Effizienzkriterien, wirtschaftlichen Kalkülen und anderen Gesichtspunkten erzeugt wird, dann als Artefakt bzw. System von Artefakten ihrerseits eine gewisse Widerständigkeit gegen soziale „Zumutungen“ aufweist: Artefaktsysteme lassen sich nicht beliebig miteinander verknüpfen, einmal beschrittene Entwicklungspfade lassen sich nicht mehr zurückgehen, nicht einmal ohne weiteres verlassen“ (Weingart 1989: 178).

d) Hohe Kapitalintensität

Investitionen in technische Infrastrukturanlagen gehen in der Regel mit einer hohen Kapitalintensität, langen Amortisationszeiträumen und einem hohen Anteil „versunkener“ Kosten einher (vgl. auch Hughes 1987: 77, Mai 2004). Die einmal getätigten Investitionen in Kraftwerke, Züge sowie in Energie-, Telekommunikations- und Bahnnetze amortisieren sich für die Betreiber häufig erst nach einer langen Betriebsdauer der Anlagen. Hinzu kommt, dass Investitionen in Neubau und Modernisierung von Infrastrukturanlagen in der Regel langwierige Genehmigungsverfahren vorausgehen. Mit dem Genehmigungsbescheid wird den Unternehmen zugleich eine gewisse Planungssicherheit für die kostspieligen Investitionsprojekte garantiert und eine einklagbare Restlaufzeit eingeräumt. Die langen Planungs- und Amortisationszeiträume führen dazu, dass über den Einstieg in eine bestimmte Infrastrukturtechnik von einer anderen Regierung und auf Basis anderer gesellschaftlicher Mehrheiten entschieden wird als über deren weitere Nutzung (Mai 2004). Wegen der Langfristigkeit der Planungen beim Aufbau einer technischen Infrastruktur, langfristigen Betriebsgenehmigungen und Verträgen sowie Amortisationszeiträumen von häufig mehreren Jahrzehnten lassen sich kurzfristige Kurskorrekturen aufgrund neuen Wissens (z. B. um die Klimawirkungen von Kohlekraftwerken) oder aufgrund der Änderung gesellschaftlicher Konstellationen (z. B. Regierungswechsel, Bürgerproteste, veränderte Marktsituation) kaum vornehmen.

e) *Pfadabhängigkeit*

Im Laufe der Zeit entwickeln alle Systeme ein ausgeprägtes Trägheitsmoment bzw. Beharrungsvermögen, ein so genanntes „technologisches Momentum“ (Hughes 1983: 76-80): Ein wesentliches Element dieses Momentums besteht darin, dass sich um bestimmte Technikvarianten in großtechnischen Systemen in aller Regel ein Netzwerk aus „system builders“ (Hughes 1983) gruppiert, deren Interessen sich im Laufe der Zeit an der Nutzung und beständigen Fortentwicklung dieser Techniken entlangranken. Neben den Infrastrukturunternehmen und ihren Verbänden sind dies Erfinder und Wissenschaftler, Ingenieure, Manager, Finanzdienstleister, Politiker, Verwaltungsmitarbeiter und verschiedene Nutzergruppen, die das Techniksystem entwickeln, unterstützen, fördern und von ihm profitieren. Diese Akteure, die hohe Investitionen in den Aufbau institutioneller und technischer Strukturen geleistet haben, sind daran interessiert, diese Strukturen zu erhalten, um über den Zeitverlauf die Kosten abschreiben zu können. In aller Regel widersetzen sie sich politischen Reformbestrebungen, die ihre Macht, Kontrolle und Handlungsspielräume beschneiden (Summerton 1994: 4).

Mindestens ebenso wichtig wie diese Tendenz zur institutionellen Konsolidierung ist das enorme Beharrungsvermögen der materiell-physischen Komponenten. Die technischen Artefakte sind durch eine beträchtliche Größe, weiträumige Vernetzung, Dauerhaftigkeit und Akkumulation geprägt. Eine einmal implementierte technische Infrastruktur lässt sich nicht ohne Weiteres durch eine andere Technikoption ersetzen und definiert einen Entwicklungspfad weit in die Zukunft.⁴ Die Entscheidung für eine bestimmte Struktur der Stromversorgung (Nukleartechniken, Windkraftanlagen etc.) oder des Schienenverkehrs bedeutet in der Regel eine Festlegung für mehrere Jahrzehnte (vgl. Mai 2004). Alternative Technikoptionen – z. B. die Substitution zentraler Großkraftwerke durch Technologien der dezentralen Stromerzeugung oder die des ICE durch den Transrapid – müssen daher nicht nur gegenüber hoch organisierten Sektorakteuren durchgesetzt werden und erfordern neue Formen der sozialen Organisation. Vielmehr sind sie teilweise auch aus technischen Gründen nur mit hohem Aufwand in bestehende Technikstrukturen implementierbar, da sie z. B. neue Anforderungen an den Aufbau bzw. die technische Koordination der Netze stellen, technisch erst mit anderen Systembestandteilen kompatibel gemacht werden müssen oder das vorhandene Personal für die Technikanwendung nicht qualifiziert ist. Ist über bestimmte Technikkonzepte einmal entschieden, kann der damit verbundene Prägeprozess des Gesamtsystems später nur noch rudimentär bzw. in längeren Zeiträumen zurückgeschrieben oder in andere Richtungen fortentwickelt werden. Es kann dann zu einem „Schließungsprozess“ gegenüber Technikalternativen kommen, in dem sich selbst konstruktive oder sogar überlegene Technikvarianten nicht durchsetzen können.

⁴ „The durability of artifacts and of knowledge in a system suggests the notion of trajectory (...). Modern capital intensive systems possess a multitude of durable physical artefacts. (...) Durable physical artifacts project into the future the socially constructed characteristics acquired in the past when they were designed.“ (Hughes 1987: 77).

f) Kritizität und Störpotenzial

Im gesellschaftlichen Modernisierungs- und Industrialisierungsprozess spielten und spielen großtechnische Infrastruktursysteme eine zentrale Rolle. Im Zuge der technischen und ökonomischen Entwicklung fortgeschrittener Industriegesellschaften sind wirtschaftliche und politische Aktivitäten in zunehmendem Maße von der reibungslosen und friktionsfreien Bereitstellung von Infrastrukturleistungen wie z. B. von Energie- und Wasserversorgung sowie von Verkehrs- und Kommunikationswegen abhängig geworden. Über die intensivierte technische Kopplung und Informatisierung dieser Systeme ist inzwischen ein hohes Maß technischer Abhängigkeit erreicht. Die Infrastruktursysteme besitzen daher ein erhebliches Störpotenzial. Betriebsausfälle, technische Störungen, Unfälle von Systembestandteilen und Anschläge können zu einschneidenden Störungen des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens führen. Die Einschränkung oder der Verlust ihrer Leistungsfähigkeit und die zeitliche Unterbrechung ihrer Versorgungsleistungen sind daher ein zentraler Gegenstand öffentlicher Ängste; je effektiver die Systeme sind, umso größer sind die Ängste bezüglich der möglichen Konsequenzen von Betriebsausfällen (La Porte 1988: 240). Das „Störpotenzial“ der Systeme ist umso größer, je mehr und je asymmetrischer moderne Gesellschaften von ihren Infrastrukturleistungen abhängig sind (Mayntz 1988: 235). Die fortschreitende Abhängigkeit von technischen Infrastruktursystemen und die damit verbundene politische Problematik einer zuverlässigen Kontrolle dieser zentralen Unterstützungsstrukturen werden in den USA in den letzten Jahren vermehrt unter dem Begriff der „Kritischen Infrastrukturen“ diskutiert.⁵

g) Staatsnähe und zugleich hoher Selbstorganisationsgrad

Weil technische Infrastrukturen eine zentrale Rolle für die Entwicklung eines Landes spielen und weil sie vergleichsweise störanfällig sind, entwickelten sie sich (zumindest in Europa) zu staatsnahen oder marktfernen Sektoren. In diesen Sektoren übernahmen staatliche Einrichtungen auch jenseits von umwelt- oder verbraucherpolitischen Aufgaben ein deutlich höheres Maß an ordnungs- und strukturpolitischer Verantwortung für die Leistungsfähigkeit des Sektors als in anderen marktwirtschaftlich verfassten Wirtschaftsbereichen (Mayntz; Scharpf 1995: 13 f.). Die technischen Infrastruktursysteme wurden zumeist in Form staatlich lizenzierter und kontrollierter Monopole organisiert. In Form öffentlicher Unternehmen wurden die Infrastrukturaufgaben vielfach durch den Staat bzw. die Kommunen selbst wahrgenommen. Insgesamt haben die technischen Infrastruktursysteme durch ihr hohes Nutzen- und Störpotenzial eine hohe staatliche Regelungsdichte provoziert und einen starken interventionistischen Staat gefördert (Hermes 1998: 327, Mayntz; Schneider 1995: 96). Staat und technische Infrastruktursysteme haben sich gewissermaßen in einer koevolutionären Beziehung „wechselseitig in ihrem Wachstum stimuliert und in ihrer Zentralisierung gefördert“

⁵ So ist im Jahr 2004 erstmals das „International Journal of Critical Infrastructures“ erschienen. Die Diskussion um kritische Infrastrukturen wurde im US-amerikanischen Raum insbesondere infolge der Terroranschläge des 11. Septembers intensiviert. Zunehmend wird die Debatte auch in Deutschland rezipiert, etwa im Rahmen einer Tagung des Arbeitskreises „Politik und Technik“ der Deutschen Vereinigung für Politische Wissenschaften oder auch im politischen Raum (vgl. hierzu: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: <http://www.bsi.bund.de/fachthem/kritis>, 20.01.2005).

(Mayntz; Schneider 1995: 96). Nur durch die Staatsnähe schienen ein hohes Maß an Sicherheit und Qualität der Infrastrukturen sowie bestimmte Ziele des „service public“, wie die Vermeidung räumlicher Disparitäten, gewährleistet.

Es handelt sich nur um einen scheinbaren Widerspruch, dass die großtechnischen Infrastruktursysteme trotz ihrer Staatsnähe und ihrem hohen bürokratischen Organisationsgrad in der Regel auch einen hohen Grad an Selbstorganisationsfähigkeit entwickelt haben. Zumeist sind sie durch wenige Großunternehmen geprägt und verfügen über hochorganisierte Interessen- und Berufsverbände, Gewerkschaften, eine eigene Wissensbasis und einen hohen Grad an sektoraler Vernetzung. Trotz ihrer Staatsnähe konnten sich die Unternehmen – unter anderem aufgrund ihres Wissensvorsprungs, ihrer finanziellen und personellen Ressourcenstärke – in vielen Fällen einer direkten staatlichen Einflussnahme wirksam entziehen.

3 Die räumliche Ausbreitung und Entwicklung großtechnischer Systeme

Die räumliche Ausbreitung und Strukturentwicklung der bestehenden großtechnischen Systeme ist typischerweise durch analoge Phasen geprägt, die insbesondere von Hughes herausgearbeitet wurden.⁶ An ihrer Entwicklung wirken zahlreiche „system builder“, d. h. individuelle Akteure (Erfinder, Konstrukteure, Manager, Juristen, Politiker, Anwender) oder Organisationen (Unternehmen, Banken, Behörden) mit. In jeder Entwicklungsphase ergeben sich spezifische Probleme, zu deren Bewältigung jeweils spezifische Kompetenzen benötigt werden und jeweils spezifische system builder beitragen (Hughes 1983: 14-17). Die Systementwicklung ist durch die verschiedenen Phasen der Erfindung, Entwicklung, Innovation, des Technologietransfers, des Wettbewerbs und Systemwachstums sowie der Universalisierung und Konsolidierung (vgl. Hughes 1987, Coutard; Pflieger 2002, Kaijser 2004) geprägt. Diese Prozesse lassen sich allerdings nicht strikt sequenziell und scharf nach Phasen trennen, sondern sie überlappen sich, verlaufen simultan oder drehen sich in der Richtung teilweise um. Folgende Phasen lassen sich identifizieren:

a) Erfindung, Entwicklung und Innovation

Die erste Phase reicht von der Erfindung, aus der neue Technologiesysteme hervorgehen (z. B. die Glühbirne), über ihre Entwicklung, in deren Rahmen einzelne Technologieunternehmer wie Alexander Bell (Telefon), Thomas A. Edison (Glühbirne), Guglielmo Marconi (drahtlose Telegrafie) für die notwendigen ökonomischen Förderressourcen und die politische Unterstützung sorgen, bis hin zur Innovation, wo das System zur effizienten Anwen-

⁶ Eine Ausnahme bildet in vielerlei Hinsicht der Aufbau moderner Wasser- und Abwassernetze. Während die Herausbildung großtechnischer Systeme eine neue historische Erscheinung ist, existierten die staatstragenden Wasserbausysteme bereits in den Hochkulturen der Antike (vgl. Radkau 1994: 56-68). Im Unterschied zu anderen Infrastruktursystemen wurden die netzgebundene Wasserver- und Abwasserentsorgung von Beginn an unter Ausschluss von Wettbewerb organisiert. Durch die Relevanz öffentlicher Gemeinwohlinteressen, wie dem Gesundheits- und Seuchenschutz, der Löschwasserbereitstellung und der Sauberkeit der Straßen, blieb Wettbewerb zwischen verschiedenen Anbietern von Beginn an die Ausnahme. Stattdessen wurde der Aufbau moderner Ver- und Entsorgungsnetze der Siedlungswasserwirtschaft durch politische Initiativen angetrieben und war geprägt durch weit reichende politische Interventionen (Coutard; Pflieger 2002: 6, 8 f.).

dung gebracht wird. Diese erste Phase ist vor allem durch Erfinder geprägt, die wirtschaftlich tätig werden und in Kooperation mit Ingenieuren, Konstrukteuren und Geldgebern den Entwicklungsprozess des Systems bis zur Anwendungs- und Marktreife beeinflussen. Die räumliche Ausbreitung bleibt zunächst auf einzelne städtische Zentren oder urbane Teilräume mit günstigen Nachfragebedingungen begrenzt (z. B. Industriegebiete).

b) Regionaler Technologietransfer

In der zweiten Phase des Technologietransfers kommen die Techniksysteme in anderen städtischen Regionen zur Anwendung. Hierbei werden die Technologien und die organisatorischen Systemkomponenten auf andere Regionen transferiert und dort den spezifischen geographischen, politischen und sozialen Bedingungen vor Ort angepasst. Durch national- bzw. regionalspezifische Regulierungsinstitutionen, die jeweils dominierenden Technologieunternehmer, die raumspezifischen Nachfragebedingungen und durch naturräumliche Bedingungen bilden sich spezifische „regional technological styles“ heraus.

c) Wettbewerb und räumliches Systemwachstum

In dieser Phase wachsen die Marktanteile der neuen Techniksysteme, und damit nimmt auch der wirtschaftliche Erfolg zu. Hierbei wird das Systemwachstum vor allem durch private Unternehmer angetrieben, welche die Entwicklung und Verbreitung der Technologien forcieren. Diese Unternehmer stehen untereinander in scharfem Wettbewerb um die Versorgung lukrativer Kundengruppen und um profitable Gebiete. Darüber hinaus konkurrieren sie auch mit den „system builders“ herkömmlicher Technologien. So war die Beleuchtung mit Gas zunächst günstiger als durch Elektrizität, die Telekommunikation günstiger per Telegrafen als durch Telefone, ein Telefax günstiger als eine E-Mail etc. Die Unternehmer müssen daher häufig erst eine Nachfrage nach den Infrastrukturleistungen schaffen und die Kunden von dem Zusatznutzen überzeugen.

Bei der räumlichen Ausdehnung der Infrastrukturnetze müssen immer wieder systemimmanente sozio-technische Hindernisse überwunden werden. Diese von Hughes (1987: 73) mit der militärischen Metapher der „reverse salients“ (zurückbleibende Frontabschnitte) benannten Systemkomponenten hinken dem Innovationsprozess des Gesamtsystems hinterher und verlangsamen dessen Wachstum und Fortschritt. Dieses Hinterherhinken kann sich auf technische, ökonomische, organisatorische und politische Aspekte beziehen, die das weitere Systemwachstum hemmen. Die Systembauer müssen daher in der Lage sein, diese zurückbleibenden Systemkomponenten zu identifizieren und in lösbare Probleme zu transformieren (vgl. Hughes 1987: 73). Daneben wird die Entwicklung des Systems immer wieder durch sozio-technische Probleme gehemmt, die systemimmanent unüberwindbar bleiben und auf Dauer nur durch alternative Systemvarianten überwunden werden können. Diese Probleme sind nur durch einen „battle of the systems“, also einen Wettbewerb zwischen verschiedenen Techniksystemen zu bewältigen. Der Ausgang dieses Substitutionswettbewerbs wird nicht nur durch technische Rationalitäten oder technische Sachzwänge bestimmt. Mindestens ebenso wichtig erscheinen die mit einer Technikvariante verknüpften institutionellen Interessen der Systembauer und deren Machtkonstellationen, aber auch externe Faktoren, wie eine interessierte Öffentlichkeit.

Die zunächst eher kleinräumigen und dezentralen Techniksysteme (Inselssysteme) sind im Aufbau und Betrieb relativ kostenintensiv. Zugleich bleibt der individuelle Nutzen angesichts der geringen räumlichen Reichweite und häufigeren Betriebsausfällen noch vergleichsweise gering. Erst mit der Ausbreitung der Techniksysteme sinken die individuellen Anschlusskosten und die realisierbaren Nutzeneffekte können durch die voranschreitende Verknüpfung kleiner Netze zu größeren maximiert werden. Es treten Skaleneffekte auf, indem beispielsweise die Aufbereitungskosten pro Kubikmeter Trinkwasser mit zunehmender Größe der Aufbereitungsanlage abnehmen, sodass niedrigere Preise möglich werden. Durch die Expansion der Techniksysteme kann eine kritische Masse überwunden werden, die individuellen Anschlusskosten sinken und die Qualität der Leistungen kann erhöht werden, je mehr Nutzer an die Netze angeschlossen sind (positive Netzwerkeffekte). Aufgrund längerfristiger Infrastrukturinteressen, aber auch aufgrund kommerzieller Eigeninteressen fördern staatliche und kommunale Akteure den Ausbau und die Verknüpfung der Netze. Durch die Gründung öffentlicher Ver- und Entsorgungsunternehmen werden sie zunehmend selbst in der Infrastrukturversorgung tätig. Insgesamt entsteht vor allem in den strukturgünstigen urbanen Regionen mit hoher Verbrauchsdichte und niedrigeren Anschlusskosten ein Nachfragesog („demand-pull“), und in räumlicher Hinsicht setzt ein deutliches Systemwachstum ein.

Trotz dieses Systemwachstums rentieren sich die Systeme aufgrund hoher Anfangskosten im Aufbau und Betrieb der Techniksysteme vor allem in urbanen Regionen, und ihre Nutzung bleibt zunächst einer zahlungskräftigen städtischen Elite vorbehalten. Vor allem die armen Bevölkerungsschichten bzw. die Nutzer in ländlichen Regionen bleiben auf technologische Alternativen angewiesen.

d) Universalisierung und Konsolidierung

Auch wenn die Konkurrenz zwischen privaten Unternehmen bzw. zwischen öffentlichen und privaten Unternehmen die Ausbreitung in den Städten zunächst deutlich stimuliert und beschleunigt, führt dies zunächst nicht zu ihrer flächendeckenden Ausbreitung im besiedelten Raum und zur Versorgung der gesamten Bevölkerung mit Infrastrukturleistungen. Erst durch politische Interventionen, die Einführung von regionalen bzw. nationalen Versorgungsmonopolen und die Gründung öffentlicher Unternehmen kommt es zu einer Universalisierung der Infrastrukturdienste, indem auch die ärmeren städtischen Bevölkerungsschichten und schließlich die ländlichen Regionen an die Netze angeschlossen werden. Die Versorgung aller Bevölkerungsschichten und des gesamten besiedelten Raums wird zunehmend zu einer politischen Aufgabe. In allen Industrieländern etabliert sich eine soziale Norm der öffentlichen Daseinsvorsorge bzw. des Service Public (Coutard; Pflieger 2002: 9). Das Konzept der Daseinsvorsorge entstand als Reaktion auf die Erfahrung der Unsicherheiten der Allokations- und Verteilungsfunktion des Marktes und zielte darauf, die Versorgung der Bevölkerung und Wirtschaft mit bestimmten elementaren Infrastrukturgütern und -dienstleistungen zu garantieren (Cox 2001: 12). Dabei liegt es wesentlich im Verantwortungsbereich der öffentlichen Hand, für die preisgünstige und sichere (verstanden als eine von räumlichen und zeitlichen Gegebenheiten sowie Einkommensverhältnissen weitgehend unabhängige) Bereitstellung der Dienstleistungen zu sorgen.

Ab einem gewissen Zustand setzt eine zunehmende Konsolidierung ein. In dieser Phase schwächen sich die ökonomischen Kräfte, die in der Expansionsphase das Wachstum der Systeme vorangetrieben haben, zunehmend ab. Economies of scale erreichen ein Sättigungsniveau, economies of scope sind weitgehend erschöpft und auch bei der Nachfrage nach den herkömmlichen Infrastrukturleistungen treten Sättigungseffekte auf (Hiessl et al. 2003: 132). Grundlegende Kurskorrekturen und Pfadabweichungen werden unwahrscheinlich und lassen sich allenfalls langfristig umsetzen. Die Techniksysteme entwickeln ein „Momentum“ (vgl. Kap. 2, Pkt. e), und die Masse an technologischen und organisatorischen Systemkomponenten schränkt ihre Flexibilität und Anpassungsfähigkeit ein. Ist eine solche Konsolidierungsphase erreicht, haben es radikale Innovationen bzw. alternative Systemvarianten schwer, sich durchzusetzen. Treten Probleme auf, richten sich die technisch-institutionellen Anstrengungen der Akteure vor allem auf inkrementelle Innovationen, die mit den Komponenten des bestehenden technologischen Regimes kompatibel sind. Radikale neue Technikvarianten oder institutionelle Systeminnovationen entwickeln sich in dieser Phase allenfalls in den Nischen der Systeme, haben also eher komplementären als substitutiven Charakter (vgl. Mayntz 1988: 254).

e) Aktuelle Tendenzen einer Systemtransformation

Ab den Achtzigerjahren zeichnet sich eine fünfte Phase der Systementwicklung ab, die bestehende sozio-technische Strukturen tief greifend verändert. Es kommt zur Einführung von Wettbewerb – genauer gesagt zur Wiedereinführung – und zur Aufhebung der Monopolgebiete in den wettbewerbsfähigen Bereichen. Darüber hinaus wird die Bereitstellung der Infrastrukturleistungen (wieder) vermehrt an privatwirtschaftliche Unternehmen delegiert, und es kommt zu einer teilweisen Entflechtung zwischen staatlichen Institutionen und der Versorgungswirtschaft. Die technischen Netze expandieren durch immer stärkere Verknüpfung über die nationalen Grenzen hinweg, und es ist eine wachsende Internationalisierung der Versorgungsunternehmen und der staatlichen Regulierung zu beobachten. Darüber hinaus werden technische Innovationen zur Anwendungs- und Marktreife gebracht, die das Potenzial haben, das bestehende Techniksystem strukturell zu verändern.

4 Die Transformation großtechnischer Systeme als neues Forschungsfeld

Die Studien zu großtechnischen Infrastruktursystemen tragen dazu bei, die Entwicklung von moderner Technik nicht nur als einen Prozess ingenieurwissenschaftlichen Fortschritts, sondern als einen sozio-technischen Prozess verständlich zu machen. Dabei werden strukturelle Gemeinsamkeiten von relativ heterogenen Techniksystemen identifiziert und ihre Funktionsweise erklärt und vergleichbar gemacht. Neben der sozialwissenschaftlichen Technikforschung kann auch die moderne Infrastrukturforschung von diesen Erkenntnissen profitieren, indem die Eigenlogik, die Pfadabhängigkeit und die besonderen Anforderungen an die politische Steuerung von Versorgungssystemen herausgearbeitet wurden. Da der Schwerpunkt der bisherigen Forschung auf der geschichtlichen Entstehung und Entwicklungsdynamik der Systeme liegt, wurden aktuelle Probleme und Entwicklungen allerdings bisher kaum erfasst. Besonders die ab den Siebziger- bis Achtzigerjahren des 20. Jahrhunderts weltweit einsetzende Transformationsphase großtechnischer Systeme wurde bislang allenfalls ansatzweise rezipiert (als Ausnahmen vgl. Summerton 1994, Coutard 1999).

In nahezu allen Systemen ist zu beobachten, dass entscheidende Systemkomponenten wie die politische Kontrolle, die Wirtschaftsstruktur und das technologische Profil markanten Veränderungen unterliegen. Hierdurch setzt auch in räumlicher Hinsicht ein tief greifender Wandel ein, der durch verschiedene, sich überlagernde und wechselseitig beeinflussende Entwicklungen ausgelöst wird (vgl. ausführlich für die Stromversorgung: Monstadt 2004):

a) Ökologische Modernisierung

Erstens hat in einigen Infrastruktursystemen, insbesondere in der Energie- und Wasserversorgung, der Abwasserentsorgung und eingeschränkt auch in Verkehrssystemen, ab den 70er-Jahren ein Prozess der ökologischen Modernisierung eingesetzt, der überwiegend durch eine Vielzahl inkrementeller politischer Reformen und technischer Innovationen geprägt ist. Dieser Prozess wird angetrieben durch den kontinuierlich anwachsenden ökologischen und ökonomischen Problemdruck der großtechnischen Systeme, ihre Politisierung durch Umweltbewegung und Massenmedien, durch wissenschaftliche Befunde und Risikoprognosen und schließlich durch die schrittweise Erweiterung der institutionellen und technischen Kapazitäten der Problembewältigung. Seitdem wurden die politischen, administrativen und rechtlichen Kapazitäten im staatlichen Umwelt- und Naturschutz auf allen politischen Ebenen kontinuierlich erweitert. So wurden die ordnungsrechtlichen Umweltstandards im Immissionsschutz, im Trinkwasserbereich und zur Einleitung von Abwässern, aber auch die naturschutzrechtlichen und raumordnerischen Anforderungen an die Errichtung von Infrastrukturanlagen fortdauernd verschärft. Darüber hinaus richten sich die Bemühungen der Umweltpolitik mittlerweile vermehrt auf ein ökologisches Management der Stoffströme, etwa durch die Förderung der Energie- und Materialeffizienz, der Wassereinsparung sowie die qualitative Veränderung der Stoffströme, z. B. durch erneuerbare Energien. Neben den staatlichen Institutionen der Umwelt- und Naturschutzpolitik und den Umweltverbänden werden ökologische Modernisierungsprozesse zunehmend auch von innovativen Unternehmen der Umweltwirtschaft angetrieben, die zu Promotoren eines industriellen Wandels werden.

b) Privatisierung

Zweitens hat in nahezu allen Industrieländern ab den Achtzigerjahren, und verstärkt ab Mitte der Neunzigerjahre ein Prozess der Privatisierung von öffentlichen Unternehmen und Aufgaben der Infrastrukturversorgung eingesetzt. Die zu beobachtende „neoliberale Renaissance“ (Ambrosius 1994) macht auch vor den ehemals staatsnahen Infrastruktursektoren nicht halt. In nahezu allen westlichen Industriegesellschaften wird versucht, durch Rückführung der staatlichen Wirtschaftstätigkeit und der staatlichen Eigenleistungen in der Infrastrukturversorgung den Spielraum für privatwirtschaftliche Initiative und höhere Kosteneffizienz zu erweitern. So wurden in Deutschland alle Bundesbeteiligungen und nahezu alle Landesbeteiligungen an der Energiewirtschaft veräußert, die Privatisierung des Luftverkehrs und der Telekommunikation ist weit fortgeschritten und die Veräußerung der Bundesbeteiligungen an der Deutschen Bahn ist mittelfristig wahrscheinlich. Ab Mitte der Neunzigerjahre wurden auch zahlreiche kommunale Energieversorger veräußert, ein Trend, der in den letzten Jahren auch vermehrt in der Wasserversorgung zu beobachten ist. Neben dieser Privatisierung von Infrastrukturunternehmen kommt es auch durch das Outsourcing ehemals öffentlicher Auf-

gaben zu einer vermehrten „private sector participation“, z. B. durch die vertragliche Vergabe von Finanzierungs- und Managementaufgaben in der Infrastrukturversorgung oder durch die Beauftragung von Contracting-Unternehmen, Umwelt-, Energie- und Technologieagenturen etc.

Indem zahlreiche ehemals öffentliche Unternehmen verkauft und öffentliche Aufgaben an Private delegiert werden, kommt es zu einer immer stärkeren Entflechtung zwischen staatlichen Institutionen und Infrastrukturunternehmen. Die Wahrnehmung von Aufgaben der Infrastrukturversorgung, des Umweltschutzes, der Technologieförderung etc. erfolgt zunehmend getrennt von der Kontrolle der Leistungserbringung.

c) Liberalisierung und Kommerzialisierung

Drittens kommt es durch die Wettbewerbsreformen ab der zweiten Hälfte der Achtzigerjahre zu einem radikalen Wandel der institutionellen Strukturen großtechnischer Systeme. Traditionell wurde im Bereich der Infrastruktur- und Versorgungsleistungen aus verschiedenen Gründen (natürliches Monopol, öffentliche und meritische Güter, externe Effekte) Marktversagen unterstellt und die staatliche Bereitstellung von Leistungen und der Ausschluss von Wettbewerb als unverzichtbar angesehen. Ausgelöst durch ökonomische Fehlentwicklungen der monopolistisch organisierten Infrastruktursysteme, durch neuere technologische Entwicklungen, aber auch durch die wachsende Verbreitung neoliberaler Grundüberzeugungen setzte in allen westlichen OECD-Ländern ein Paradigmenwechsel ein. Aufbauend auf den Erfahrungen einzelner Vorreiterländer wurde und wird ein gemeinsamer Binnenmarkt von der Europäischen Kommission seit dem Ende der Achtzigerjahre in allen technischen Infrastruktursystemen aktiv vorangetrieben. Hierzu zählen die Binnenmarktregelungen für die Telekommunikation (seit 1988/90 und 1995, schrittweise Vertiefung), für die Energieversorgung (Elektrizität seit 1997 und Gas seit 1998, schrittweise Vertiefung), für den Bahnverkehr (Gütertransport, Passagiertransport, seit 1990 schrittweise Liberalisierung), die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums (in Verhandlung, unter anderem Liberalisierung der Flugverkehrsüberwachung) oder die Einführung von Wettbewerbsregelungen im Öffentlichen Personennahverkehr (Ausschreibungspflicht, „kontrollierter Wettbewerb“, in Verhandlung). Lediglich die Wasserversorgung wurde bisher von den europäischen Wettbewerbsreformen ausklammert. Zumindest in Deutschland wird hier – im Unterschied zu Ländern wie Großbritannien, Frankreich oder Spanien – zunächst auf die Einführung von Wettbewerb verzichtet, lediglich ein institutionalisierter Leistungsvergleich zwischen den Unternehmen („benchmarking“) wird derzeit diskutiert.

Sowohl was die staatliche Kontrolle, die Industriestruktur, die Verbraucher als auch die sektorale Interessenvermittlung angeht, löst die Liberalisierung der Infrastrukturversorgung stark veränderte institutionelle Konstellationen aus.

d) Technische Innovationen

Schließlich stellen technische Innovationen eine zentrale Triebkraft des Wandels von Infrastruktursystemen dar. Die technischen Entwicklungen können zu einer „competition between rival technologies“ (Guy et al. 2001: 198) und zu einer Neukonfiguration technischer Netze führen. Beispielsweise ergänzen dezentrale Systeme der Stromerzeugung und Netz-

einspeisung in zunehmendem Maße die bereits bestehenden zentralisierten Technikstrukturen der Stromversorgung. Auch in der Wasserversorgung zeichnen sich durch die Fortschritte bei der Membrantechnologie und dezentraler Anlagen zur Aufbereitung lokaler Trinkwasserquellen und von Regenwasser oder Grauwasser technische Systemalternativen ab. Besonders in der Telekommunikation haben neue Übertragungstechnologien und völlig neue Anwendungen die bestehenden sozio-technischen Strukturen radikal verändert (Internet, E-Mail, Mobilfunk). Schließlich konnte durch die Einbeziehung von neuen Elektro-, Mess-, Steuer-, Regel- und Leittechniken in die Kontrolle, Abrechnung und Organisation der Infrastrukturversorgung das Möglichkeitsspektrum von Infrastrukturdiensten erheblich erweitert werden.

5 Die neue Logik der Infrastrukturversorgung

Die beschriebenen Veränderungen, die seit den Achtzigerjahren in allen großtechnischen Systemen eingesetzt haben, führen in ihren kumulativen Effekten zu einem tief greifenden Strukturwandel der technischen Infrastruktursysteme. Die Rede ist von einer „new logic of infrastructure provision“ (Marvin; Guy 1997: 2027), die von der sozialwissenschaftlichen Infrastrukturforschung noch kaum untersucht wurde. Hierbei werden zentrale soziale Komponenten des Systembetriebs wie die Marktstruktur und die Unternehmensstrategien, die Rolle der Verbraucher sowie die politische Kontrolle und Regulierung erheblichen Veränderungen unterworfen (vgl. ausführlich zur Stromversorgung Monstadt 2004):

a) Wandel der Unternehmensstrategien und der Marktstruktur

Im Zuge von Liberalisierungsprozessen werden die ehemaligen Gebietsmonopole in dem meisten Infrastruktursystemen für Wettbewerb geöffnet. Infolgedessen richten die Versorgungsunternehmen ihre Geschäftspolitik neu aus, schöpfen Rationalisierungspotenziale durch Abbau von Beschäftigung und effizientere Betriebsführung aus und überprüfen ihr Infrastrukturangebot und ihre Investitionstätigkeit vermehrt nach Wettbewerbskriterien. Der Druck zur Einführung einer betriebswirtschaftlichen Unternehmensführung wird nicht nur durch die Liberalisierung, sondern auch die Privatisierung zahlreicher öffentlicher Unternehmen erhöht, da die privaten Aktionäre in vielen Fällen höhere Renditeerwartungen als kommunale oder staatliche Anteilseigner haben. Die ehemals ausschließlich innerhalb der Versorgungsgebiete tätigen Unternehmen erschließen neue überregionale bzw. internationale Märkte, indem sie durch professionelle Marketing- und Vertriebsstrategien neue Kunden werben, vor allem aber indem sie durch Fusionen und Unternehmensaufkäufe ihren Aktionsradius erweitern.

Zwar sind die Unternehmen auch weiterhin rechtlich verpflichtet, Minimalstandards der Versorgungssicherheit und anderer Ziele der Daseinsvorsorge zu gewährleisten. Die bisherige Unternehmensethik öffentlicher Daseinsvorsorge – das Ideal preiswerter, zuverlässiger und flächendeckender Versorgung unabhängig von Einkommen und Wohnort – wird jedoch vermehrt nach Rentabilitätskalkülen überprüft (Guy et al. 1997). Die bisherige „built-and-supply-Logik“, wonach die Infrastrukturanlagen nach technischen Kriterien optimiert und Investitionen an der maximalen Spitzenlast und Sicherheitsreserve ausgerichtet wurden (Moss 1998: 216 f.), weicht zunehmend den Prinzipien einer wettbewerbsorientierten Unternehmensführung.

Veränderungen der Marktstruktur ergeben sich jedoch nicht nur aus der wettbewerbsorientierten Neuausrichtung der etablierten Unternehmen, sondern auch durch die Etablierung neuer Marktteilnehmer. Besonders markant ist diese Entwicklung in der Telekommunikation, wo neue technische Innovationen wie das Mobiltelefon und das Internet zu einer rasanten Ausdifferenzierung des Anbieterspektrums von Dienstleistungen und Telekommunikationslösungen geführt haben. Doch auch in anderen Branchen wie der Energie- und Wasserwirtschaft haben Hersteller und Anwender innovativer Umwelttechnologien (z. B. Hersteller und Betreiber von Mikro- oder Regenerativkraftwerken und dezentralen Kläranlagen, von Technologien zur effizienten Wasser- oder Energienutzung beim Verbraucher, von ressourcensparenden Fahrzeugen), oder Anbieter neuer Umweltdienstleistungen (z. B. Unternehmen im Bereich Umweltberatung, im Energie-/Wassereinspar-Contracting, ökologische Finanzdienstleister, Car-Sharing-Anbieter) beträchtliche Marktanteile gewinnen können. Auch wenn diese Innovateure der Umweltwirtschaft bislang lediglich Nischenmärkte erschließen konnten, verweisen die wachsenden Umsätze und Beschäftigtenzahlen auf ein beträchtliches Marktpotenzial. Schließlich hat auch die Einführung von Wettbewerb zur Ausdifferenzierung neuer Branchen geführt. Beispielsweise ergänzen in der Stromversorgung neue Independent Power Producer, Händler, Broker, Aggregatoren und Dienstleister das traditionelle Infrastrukturangebot durch ein breites Spektrum neuer wettbewerbsorientierter Produkte und Dienstleistungen. Ähnliche Tendenzen zeigen sich in der Telekommunikation, im Bahn- und Flugverkehr, wo völlig neue Anbieter um Kunden konkurrieren.

b) Veränderte Rolle der Verbraucher

Die traditionelle Beziehung zwischen Versorgern und Nutzern verändert sich besonders im Zuge von Liberalisierungsprozessen. Waren die Verbraucher als „gefangene Kunden“ traditionell auf die Versorgungsleistungen ihres Gebietsversorgers angewiesen, bieten sich ihnen auf funktionierenden Infrastrukturmärkten neue Wahlmöglichkeiten zwischen verschiedenen Anbietern, Produkten bzw. Preissegmenten. Allerdings muss hier stark zwischen den verschiedenen Sektoren differenziert werden. Während Wasserversorgungsunternehmen – von Ausnahmen abgesehen – allenfalls in Ausschreibungsverfahren um Versorgungsgebiete und nicht um einzelne Kunden konkurrieren, die Bahnkunden fast gar nicht von Wettbewerb profitieren, sind die kundenseitigen Wahlmöglichkeiten in der Telekommunikation oder in der Stromversorgung vergleichsweise groß. Allein die grundsätzliche Möglichkeit eines Anbieterwechsels zwingt die Versorgungswirtschaft zu einer stärkeren Berücksichtigung der Kundenwünsche. Allerdings sind die Wettbewerbseffekte in den verschiedenen Kundensegmenten sehr unterschiedlich. Während die für Versorgungsunternehmen lukrativen Groß- bzw. Industriekunden überproportional von Preisnachlässen und einem verbesserten Dienstleistungsangebot profitieren, bleiben die Nutzeneffekte für Tarif- bzw. Haushaltskunden in vielen Fällen gering.⁷

⁷ Besonders in der Stromversorgung ist eine verbesserte Organisationsfähigkeit der Verbraucher zu erkennen: So organisieren sich einzelne Verbrauchergruppen, insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen, zu Einkaufsgemeinschaften und auch öffentliche Gebietskörperschaften zentralisieren den Einkauf von Infrastrukturleistungen, um als Großkunden bessere Preiskonditionen auszuhandeln.

c) Wandel der Funktionen und Struktur staatlicher Aufgabenwahrnehmung

Im Bereich der technischen Infrastruktursektoren war in westeuropäischen Staaten traditionell ein Steuerungsregime typisch, das auf öffentlichem Eigentum und staatlichen Monopolen basierte. Öffentliche Interessen der Infrastrukturversorgung wurden häufig durch staatliche oder kommunale Unternehmen sowie eine öffentliche Kontrolle der Preise und Investitionen gewährleistet. Im Zuge von Liberalisierungs- und Privatisierungsprozessen wird die staatliche oder staatsnahe Produktion von Infrastrukturdiensten tendenziell durch die private Bereitstellung von Versorgungsleistungen ersetzt. Die traditionell engen Beziehungen zwischen der Versorgungswirtschaft und öffentlichen Akteuren werden verstärkt entflochten, und die Wahrnehmung der unternehmerischen Versorgungsaufgaben wird institutionell zunehmend von den politischen Gewährleistungsaufgaben getrennt.

Anders als von neoliberalen Befürwortern vielfach erwartet, gehen diese Marktreformen nicht mit einer Deregulierung im Sinne eines Zurückdrängen des Staates bzw. eines Abbaus staatlicher Regeln, sondern mit der Reform staatlicher Institutionen und der Formulierung neuer Regeln einher (Majone 1994). Zum einen sind intensiver Wettbewerb und damit ökonomisch effizientere Strukturen nur dort zu erwarten, wo staatliche Regulierung einen diskriminierungsfreien Zugang aller Wettbewerber zum Netzmonopol sicherstellt, Preisabsprachen verhindert und einer Kartellbildung durch eine Konzentration der Infrastrukturmärkte vorbeugt. Erst eine solche „market-making regulation“ (Héritier 1998: 4 f.) schafft die Voraussetzungen dafür, dass die besonderen Leistungscharakteristika des Marktes, wie seine hohe Allokations- und Innovationseffizienz, zum Tragen kommen. Es müssen insofern neue Regulierungsbehörden geschaffen werden, die Wettbewerb ermöglichen und auf Dauer stabilisieren.⁸ Zum anderen ist davon auszugehen, dass selbst effizient funktionierende Märkte die sozialen und ökologischen Ziele der Infrastrukturversorgung nicht optimal erfüllen können. Es gehört daher zu den zentralen Aufgaben des Staates, gesamtwirtschaftliche Ziele durchzusetzen und unerwünschte Ergebnisse und Folgen des Marktgeschehens im Sinne eines politisch definierten Gemeinwohls zu vermeiden bzw. zu korrigieren. Eine solche „market-correcting-regulation“ (ebd.) schließt Ziele der Daseinsvorsorge (Gewährleistung der Versorgungssicherheit, der flächendeckenden Erbringung von und des gleichberechtigten Zugangs aller Bürger zu Infrastrukturdienstleistungen) ebenso ein wie Ziele des Umweltschutzes.

Der Staat zieht sich also nicht zurück – er wandelt lediglich seine Erscheinungsform von der eines „Leistungsstaates“ („positive state“) zu der eines „Gewährleistungsstaates“ („regulatory state“) (vgl. Majone 1994, Grande; Eberlein 2000, Monstadt 2004). Der Gewährleistungsstaat zeichnet sich dadurch aus, dass er an seiner Gemeinwohlverantwortung bzw. an seinen Gewährleistungspflichten festhält, er ökonomische Effizienz ebenso gewährleistet wie soziale Gerechtigkeit, gleichwertige Lebensverhältnisse und ökologische Vorsorge. Allerdings erstellt er öffentliche Infrastrukturdienstleistungen (den „service public“) nur noch in Ausnahmefällen selbst. Der Staat beschränkt sich in vielen Bereichen auf die Regulierung von Produktionsprozessen und Märkten, auf die Organisation und Moderation von Verhand-

⁸ So wurden in Großbritannien im Zuge der Liberalisierung mehrere Behörden zur Regulierung des Wettbewerbs geschaffen (z. B. OFWAT, OFGEM, OFCOM, OFRAIL).

lungen zwischen gesellschaftlichen Akteuren oder auf die Sicherung von Vereinbarungen. Er sorgt lediglich für die Rahmenbedingungen, in denen die Verteilung von öffentlichen Gütern durch den Markt erfolgt. Es handelt sich insofern lediglich um Funktionsverschiebungen in der strategischen Rolle des Staates von der Produzentenrolle zu der eines Regulierungsstaates, der öffentliche Interessen durch verstärkte Koordinations- und Regulierungsaktivitäten gewährleistet. Die eigentliche Neuerung besteht darin, dass die staatlichen Infrastrukturaufgaben inzwischen auf eine andere Weise durchgesetzt werden (müssen), nämlich indem die private Leistungserbringung durch spezifische Formen staatlicher Beaufsichtigung, Kontrolle, Förderung und strategische Steuerung koordiniert wird.

6 Die räumliche Rekonfiguration der Infrastrukturversorgung: Dimensionen des sozialräumlichen Wandels

Der Wandel technischer Infrastruktursysteme transformiert nicht allein die akteurspezifischen Handlungsmuster, Anreizstrukturen und die institutionellen Konstellationen der Infrastrukturversorgung. Auch in sozialräumlicher Hinsicht lassen sich gravierende Veränderungen identifizieren, die bisher – zumindest im deutschsprachigen Raum – kaum durch theoretisch-konzeptionelle und empirische Untersuchungen präzisiert wurden. So kommt es zu einer Erweiterung der wirtschaftlichen Aktionsradien und vor allem die angloamerikanischen Erfahrungen deuten darauf hin, dass es zu einer stärkeren räumlichen Differenzierung des Dienstleistungsangebots bzw. der Investitionen der Versorgungswirtschaft kommt. Verbunden mit der Schaffung eines europäischen Binnenmarktes im Bereich zahlreicher Infrastrukturdienstleistungen sowie mit neuen ökologischen Problemkonstellationen verändert sich ferner die räumliche Struktur staatlicher Steuerung, und es kommt zu einer partiellen Verlagerung bestimmter Steuerungskompetenzen zwischen politischen Ebenen (vgl. ausführlich am Beispiel der Energie- und Wasserversorgung: Monstadt; Naumann 2005).⁹

a) Die Erweiterung unternehmerischer Raumbezüge

Die wirtschaftsräumliche Struktur technischer Infrastruktursysteme ist traditionell durch die flächendeckende Aufteilung in geschlossene Gebietsmonopole geprägt. Während sich im Bereich der Telekommunikation und der Bahn nationale Monopolgebiete herausgebildet haben, entstanden in der deutschen Stromversorgung regionale und lokale Versorgungsgebiete, während in der Wasserversorgung zumeist lokale Gebietsmonopole entstanden. In allen Sektoren war der wirtschaftsräumliche Bezugsrahmen nach außen durch nationalstaatliche Grenzen definiert. Darüber hinaus definierten die territorialen Grenzen der Länder und Kommunen in der Energie- und Wasserversorgung in vielen Fällen den räumlichen Bezugs-

⁹ Angesichts der engen Wechselwirkungen zwischen dem spezifischen institutionellen Kontext von Infrastruktursystemen und ihren technischen Komponenten wirkt sich der aktuelle institutionelle Wandel auch auf die physische Technikstruktur und die Ressourcennutzung aus. Bestimmte technische Artefakte oder technische Strukturen werden unter den veränderten sozialen Organisationsformen eher begünstigt oder diskriminiert als im traditionellen System der Infrastrukturversorgung. Diese Veränderungen haben erhebliche Auswirkungen auf die räumliche Ausbreitung und Struktur der technischen Artefakte sowie die räumliche Ressourcennutzung, die im Folgenden nicht weiter berücksichtigt werden können (vgl. hierzu: Monstadt; Naumann 2005, Monstadt 2003).

rahmen der Versorgungsgebiete. Internationale Handelsbeziehungen spielten nur eine geringe Rolle und transnationale Infrastrukturunternehmen waren bis vor wenigen Jahren eine seltene Ausnahme.

Demgegenüber hat sich besonders in der Energieversorgung und Telekommunikation in den letzten Jahren ein tief greifender Wandel ergeben. Zwar bleibt die durch Gebietsmonopole definierte wirtschaftsräumliche Struktur beim Netzbetrieb grundsätzlich bestehen, auch wenn der parallele Leitungsbau in der Stromversorgung möglich ist und das Netzmonopol in der Telekommunikation durch konkurrierende Technologien angegriffen wird (Mobilfunk, Internettelefonie, Nutzung der Kabelfernsehnetze). Auch wenn die ehemaligen Monopolisten ihre Rolle als Marktführer in den jeweiligen Versorgungsgebieten bislang verteidigen konnten, erodieren die etablierten wirtschaftsräumlichen Abgrenzungen der Infrastrukturversorgung. So kann Strom an Endkunden, Zwischenhändler und Verteilerunternehmen im gesamten Bundesgebiet sowie grundsätzlich auch an Kunden in europäischen Nachbarländern verkauft bzw. überall erzeugt werden. Mittlerweile ist der überregionale Stromhandel an Börsen oder über Online-Handelsplätze für viele Unternehmen zu einer attraktiven wirtschaftlichen Option geworden (Monstadt 2004: 202 ff.). Besonders die Telekommunikationsmärkte sind durch den Wettbewerb zahlreicher international tätiger Anbieter und eine Vielfalt konkurrierender Produkte gekennzeichnet. Selbst im Eisenbahnverkehr setzen die Unternehmen vermehrt auf eine Internationalisierung und bemühen sich, über transnationale Joint Ventures, Tochtergesellschaften und Unternehmensbeteiligungen erweiterte Dienstleistungen im Güter- und Personenfernverkehr anzubieten (Schneider; Zatta 2004). Insgesamt kommt es zu einer deutlichen Erweiterung der unternehmerischen Aktionsradien und zu einer räumlichen Durchdringung der traditionell strikt voneinander getrennten Wirtschaftsräume, indem neue Kunden in den ehemaligen Monopolgebieten der Konkurrenz akquiriert werden.

Als dominierende Strategie zur Erweiterung der unternehmerischen Raumbezüge zeichnen sich in allen Infrastruktursystemen Unternehmensübernahmen und -fusionen ab. Bedingt durch die zunehmende Privatisierung ehemals öffentlicher Infrastrukturunternehmen und Liberalisierungs- und Kommerzialisierungsprozesse wurde der Konzentrationsprozess auf den europäischen und internationalen Infrastrukturmärkten seit den Neunzigerjahren drastisch angetrieben. So haben die Großunternehmen der Energie- und Wasserwirtschaft, wie EDF, E.ON und RWE Energy, RWE Thames Water, Suez/Ondeo und Vivendi/Veolia, durch Fusionen und Übernahmen neue Märkte erschlossen und ihre Versorgungsgebiete sowohl im nationalen als auch im internationalen Kontext drastisch erweitert. Vergleichbare Tendenzen zeichnen sich auf dem Telekommunikationsmarkt ab, wo die Megafusionen und -übernahmen in den letzten Jahren ein Volumen in dreistelliger Milliardenhöhe erreichten. Die nationale Basis der Infrastrukturunternehmen wird damit zunehmend unterlaufen, und die Unternehmen entwickeln sich immer stärker zu Global Playern der Infrastrukturversorgung (vgl. McGowan 1999). Auf der subnationalen Ebene laufen vergleichbare Prozesse ab. Auch hier versuchen die kleinen und mittleren Unternehmen der Infrastrukturversorgung, ihren räumlichen Aktionsradius zu erweitern, indem sie strategische Allianzen knüpfen oder durch Übernahmen und Fusionen auf neue Märkte expandieren.

Zusammenfassend zeichnet sich eine Erosion der – über Jahrzehnte eingeschliffenen und durch Grenzen der staatlichen Territorialstruktur und der Gebietsmonopole geprägten –

wirtschaftsräumlichen Struktur der Infrastrukturversorgung ab. Durch die wettbewerbsbedingte Erschließung neuer Märkte, durch „ownership changes“, aber auch durch die Etablierung neuer Marktteilnehmer im Zuge von Kommerzialisierungs- und ökologischen Modernisierungsprozessen ändert sich das bisherige wirtschaftsräumliche Gefüge der Infrastrukturversorgung. Es entstehen neue wirtschaftliche Funktions- und Verflechtungsräume der Infrastrukturversorgung, die nicht primär durch klar definierte Grenzen, sondern durch wirtschaftliche Interaktionsbeziehungen geprägt werden (vgl. Monstadt 2004: 241-246).

b) Regionale Differenzierung des Infrastrukturangebots und der Investitionen

Räumliche Unterschiede in der Versorgung mit Infrastruktur sind keineswegs ein neues Phänomen. Räumliche Disparitäten hinsichtlich des Preisniveaus, der Qualität von Infrastrukturdienstleistungen sowie des sozialen und geographischen Zugangs zu diesen konnten zu keinem Zeitpunkt vollständig überwunden werden (vgl. Graham 2000: 184 f., Coutard 2002, 2005). Allerdings deuten Untersuchungen aus Großbritannien darauf hin, dass das Ausmaß räumlicher Differenzierung und räumlicher Arbeitsteilung durch den aktuellen Wandel von Infrastruktursystemen eher zu- als abnimmt (Graham 2002: 4).

Indem sich die Versorgungsunternehmen vermehrt nach Wettbewerbskriterien orientieren, werden die Versorgungsgebiete nicht länger als homogener Raum betrachtet, der einheitlich mit Grundbedürfnissen beliefert wird, sondern als ein nach Kundengruppen und Teilgebieten differenzierter Raum mit unterschiedlichen Kapazitäts- und Bedarfslagen (Moss 1998: 231). Im Wettbewerb um profitable Versorgungsgebiete – so die These verschiedener Untersuchungen in Großbritannien (vgl. Graham 2000, Graham; Marvin 1997) – konzentrieren sich die Vertriebsaktivitäten und die Investitionen der Versorgungsunternehmen nicht nur sozial auf besonders lukrative Kundengruppen, sondern auch räumlich auf die lukrativen Absatzregionen bzw. strukturgünstigen regionalen Teilräume (z. B. Industriegebiete). Solche so genannten regionalen oder teilräumlichen „hot spots“ sind durch eine hohe Verbrauchsdichte (z. B. infolge lukrativer Großkunden oder verdichteter Siedlungsstrukturen) charakterisiert und werden daher von den Versorgungsunternehmen bevorzugt. Dieses „cherry picking“ habe, so die vertretene These, zur Folge, dass die dort ansässigen Kunden überdurchschnittlich vom Wettbewerb profitieren. Die Verbraucher in diesen „premium network spaces“ (Graham 2000) kommen in den Genuss von niedrigeren Preisen, höherer Versorgungssicherheit und -zuverlässigkeit und innovativen Produkten. Die Kehrseite bilden strukturschwache Räume mit geringen Verbrauchsdichten und hohen Kosten des Netzbetriebs, die für die im Wettbewerb stehenden Versorgungsunternehmen wenig attraktiv sind. Im Gegenzug zum Cherry Picking drohe den peripheren oder strukturschwachen Regionen mit geringer Nachfragedichte, dass die Qualität und Quantität der Infrastrukturausstattung und der Dienstleistungen abnehme und dass es zu einem Rückgang der Investitionen komme (vgl. Graham 2000, Guy et al. 1997). Befürchtet wird, dass in einem marktgesteuerten Versorgungssystem die Wettbewerbsfähigkeit peripherer, strukturschwacher Räume weiter abnehme und regionale Standortnachteile peripherer Räume verstärkt werden. Strukturschwache und periphere Räume drohen damit zu Verliererregionen bei der Liberalisierung der Infrastrukturversorgung zu werden (vgl. Graham; Marvin 1997: 117, Graham 2000 b, Thierstein; Abegg 2000).

Der diagnostizierte Trend zur regionalen Differenzierung der Infrastrukturversorgung wird verstärkt durch die aktuellen Konzentrationstendenzen der Infrastrukturmärkte. Vor allem die fusionsbedingt gewachsenen Großunternehmen konzentrieren die strategischen Unternehmensfunktionen auf einen zentralen Standort und belassen nur noch die kundennahen Geschäftsbereiche vor Ort. In diesem Prozess der raumwirtschaftlichen Restrukturierung fällt aller Voraussicht nach sowohl der Abbau von Arbeitsplätzen als auch die Verlagerung und Konzentration von Unternehmensbereichen regional sehr ungleich aus (Pfaffenberger 1999: 79). Ähnlich verhält es sich aller Wahrscheinlichkeit nach mit dem Zuwachs von Arbeitsplätzen in innovativen Marktsegmenten der Infrastrukturversorgung. So siedeln sich innovative Dienstleistungs- und Technologieunternehmen vor allem in den Regionen an, deren wirtschaftliche Attraktivität durch räumliche Nähe zu Nachfragemärkten, zu Wissenschaft und Forschung, zu anderen Unternehmen vor- und nachgelagerter Produktionsstufen und andere günstige Produktionsbedingungen positiv bewertet wird. Insgesamt verschärft sich also nicht nur der Wettbewerb zwischen Versorgungsunternehmen, sondern auch derjenige zwischen Regionen. Wirtschaftsstandorte konkurrieren miteinander zunehmend auch in den ehemals wettbewerbsfernen Branchen der Infrastrukturversorgung um Direktinvestitionen, Arbeitsplätze und um die Bindung bzw. Neuansiedlung lukrativer Versorgungs- und Dienstleistungsbranchen.

Allerdings ist bislang keineswegs eindeutig geklärt, inwieweit die Liberalisierung, Privatisierung und Kommerzialisierung der Infrastrukturversorgung nicht nur zu einer räumlichen Differenzierung, sondern darüber hinaus zu einer unverträglichen Verschärfung räumlicher Disparitäten führen. So bewerten Autoren wie Offner (2000) und Coutard (2002, 2005) das Ausmaß der gegenwärtigen räumlichen Differenzierung der Infrastrukturversorgung deutlich weniger pessimistisch: Einerseits seien räumliche und soziale Ungleichheiten in der Versorgung mit, im Zugang zu bzw. in der Nutzung von Infrastrukturdienstleistungen keineswegs ein neues Phänomen, sondern bis zu einem gewissen Grad schon immer vorhanden gewesen. Darüber hinaus seien sie bis zu einem gewissen Maß sogar wünschenswert, z. B. was ein höheres Versorgungsniveau von Industriegebieten betrifft. Darüber hinaus müsse der wettbewerbsbedingte Wandel nicht zwangsläufig zu einer räumlichen Polarisierung führen, denn es könne für Unternehmen durchaus attraktiv sein, sich als Universalversorger anzubieten und damit auch periphere Regionen zu versorgen (vgl. Offner 2000).

c) Wandel der räumlichen Organisation staatlicher Infrastrukturpolitik

Gegenüber der überwiegenden Zahl der Wirtschaftsbranchen, die stark in den internationalen Handel eingebunden sind und durch transnationale Unternehmen beeinflusst werden, war die Infrastrukturversorgung von der Internationalisierung bzw. Globalisierung lange Zeit nur indirekt betroffen. Die wirtschaftlichen Funktionsräume der Infrastrukturversorgung verliefen insofern überwiegend innerhalb der territorialen Grenzen der Nationalstaaten, und die Infrastrukturversorgung stellte lange Zeit eines der letzten Refugien nationaler Politik dar. Bis Ende der Achtzigerjahre war die Regulierung der Infrastrukturversorgung durch eine hohe Autonomie der Nationalstaaten (bzw. ihrer subnationalen Gebietskörperschaften) und eine weitgehende Abstinenz supranationaler Politik gekennzeichnet. Im Zuge des gegenwärtigen Wandels der Infrastrukturversorgung verändern sich nicht nur die räumlichen Strukturen der Versorgungswirtschaft, sondern auch die ihrer Regulierung. Diese Veränderungen

können mit den Worten von Brenner als Prozess der „reterritorialisation, (...) re-configuration and re-scaling of forms of territorial organisation“ (Brenner 1999: 431) in der Infrastrukturpolitik beschrieben werden. Außerordentlich prägnant zeigt sich diese Entwicklung, wo Nationalstaaten zunehmend in Zusammenhänge auf europäischer und internationaler Politikebene eingebunden sind und nicht mehr autonom über alle Belange der Infrastrukturpolitik entscheiden können:

Ein wesentlicher Grund für die sinkende Autonomie der Nationalstaaten ist die Verlagerung von Steuerungskompetenzen auf die europäische Ebene. So wurden die Binnenmarktregelungen – mit Ausnahme der Wasserver- und Abwasserentsorgung – sukzessive auf alle Sektoren der technischen Infrastrukturversorgung ausgeweitet. Entscheidungen über regulative Standards des Wettbewerbs werden immer weniger im nationalen Kontext getroffen, sondern wurden auf die europäische Ebene verlagert. Auch beim Aufbau und der staatlichen Förderung der transeuropäischen Netze kommt der Europäischen Gemeinschaft eine aktive Rolle zu. Die Europäisierung der Infrastrukturpolitik hat zur Folge, dass kein Mitgliedstaat heute mehr in der Lage ist, eine autonome, von der europäischen Ebene unabhängige Politik zu verfolgen. Die Nationalstaaten sind vermehrt darauf angewiesen, über ihre territorialen Interessen mit der Kommission und anderen Mitgliedstaaten auf europäischer Ebene zu verhandeln. Darüber hinaus entziehen sich die transnational ausgerichteten Infrastrukturunternehmen in räumlicher Hinsicht, aber auch angesichts einer wachsenden Marktmacht und Organisationsfähigkeit zunehmend der Einflussphäre von national ausgerichteter Infrastrukturpolitik. In dem Maße, wie ein europäischer Binnenmarkt in der Infrastrukturversorgung realisiert wird und wie transnationale Kapitalverflechtungen der Versorgungswirtschaft zunehmen, sinkt die Steuerungsfähigkeit und -effizienz von national ausgerichteten Politiken bzw. erhöht sich die Nachfrage nach effektiven europäischen oder gar globalen Regulierungsinstitutionen. Schließlich vermindert auch der grenzüberschreitende bzw. globale Charakter zahlreicher Umweltprobleme der Infrastrukturversorgung die Leistungsfähigkeit nationalstaatlich ausgerichteter Politik. So zwingen Umweltprobleme an grenzüberschreitenden Gewässern und Flüssen, grenzüberschreitende Luftverschmutzungen oder der globale Klimawandel zu einer Verlagerung von Zuständigkeiten auf die Ebene supranationaler Institutionen bzw. in zwischenstaatliche Verhandlungssysteme.

Während die Möglichkeiten der deutschen Länder und Kommunen, im Bereich der Telekommunikation, des Eisenbahnsystems oder des Flugverkehrs regulierend einzugreifen, seit jeher begrenzt waren, haben diese im Bereich der Energie- und Wasserversorgung traditionell weitreichende Verantwortlichkeiten. Doch auch hier ist insbesondere in der Energieversorgung eine Erosion herkömmlicher Steuerungsmöglichkeiten zu beobachten, für die im Wesentlichen drei Faktoren ausschlaggebend sind: Einerseits entziehen sich insbesondere die Versorgungsunternehmen räumlich dem Einfluss der Gebietskörperschaften, indem sie zunehmend über die etablierten Gebietsterritorien hinweg agieren und sich in vielen Fällen regional ausrichten (vgl. Monstadt 2004: 241-246). Andererseits kommt es durch den Abbau der Energieaufsicht der Länder und durch die sinkenden kommunalen Einflussmöglichkeiten über Konzessionsverträge und Stadtwerke zu einem Verlust regulativer Steuerungsmöglichkeiten. Schließlich wird es mit der fiskalischen Krise vieler Gebietskörperschaften immer schwieriger, Ziele des Service Public und des Umweltschutzes über öffentliche Subventionen durchzusetzen. Die raumstrukturierende Wirkung der Gebietskörperschaften nimmt

daher ab (vgl. Monstadt 2004: 223-228). Offner (2000: 173) spricht von „the limitation of the power of local governments [which] is shared by many recent analyses on territorial governance which place the accent on the complexity of modern public policy-making as well as on the diversity of the public and private players involved in local decision-making“. Es stellt sich die Frage, inwieweit der Verlust an politischen Einflussmöglichkeiten im regulativen Bereich, bei der finanziellen Förderung und bei der direkten Leistungserbringung durch öffentliche Unternehmen kompensiert werden kann, wenn die Länder und Kommunen ihre Ressourcen durch regionale Formen der Zusammenarbeit bündeln.

Zusammenfassend ist in allen technischen Infrastruktursystemen eine Verlagerung von Steuerungsaufgaben und -kompetenzen zwischen Politikebenen zu beobachten. Mit der Internationalisierung von Wirtschaftsbeziehungen und Umweltproblemen sowie den vermehrten Aktivitäten europäischer und globaler Regulierungsinstitutionen verlieren die Nationalstaaten ihr bisheriges Steuerungsmonopol in der Telekommunikation, Energie-, Wasserversorgung, im Transportwesen etc. Regulierung findet zunehmend in einem erweiterten räumlichen Kontext statt. Ähnliche Prozesse lassen sich auch auf subnationaler Ebene beobachten, wo eine strikt territorial organisierte Infrastrukturpolitik zunehmend ineffizient wird (vgl. Monstadt in diesem Band).

7 Forschungsbedarf

In dem Beitrag konnte aufgezeigt werden, dass es in allen technischen Infrastruktursystemen zu einer markanten räumlichen Restrukturierung kommt. Hiermit stehen auch traditionelle Konzepte der Infrastruktur- und Raumentwicklungspolitik vor einem Modernisierungsbedarf, da bisherige Grundannahmen teilweise hinfällig werden: Erstens entspricht die Vorstellung von Infrastrukturunternehmen, deren Wirtschaftsräume weitgehend durch staatliche Territorialgrenzen vorgegeben sind (z. B. kommunale Unternehmen; nationale Unternehmen), immer weniger der Realität liberalisierter und privatisierter Energie-, Telekommunikations- oder Wassermärkte. Schon längst agieren die Ver- und Entsorgungsunternehmen über die Grenzen der ehemaligen Gebietsmonopole und der staatlichen Territorialstruktur hinweg. Zweitens muss auch die Hoffnung relativiert werden, dass eine fortgeschrittene technische Infrastrukturversorgung per se zur Herstellung vollständiger räumlicher Integration und zum Ausgleich räumlicher Disparitäten beiträgt. Zwar bleibt eine hochwertige Grundversorgung mit Energie-, Wasser, Telekommunikationsleistungen ohne Zweifel eine fundamentale Voraussetzung für einen homogenen Wirtschaftsraum. Gleichwohl deuten erste Studien darauf hin, dass der gegenwärtige Wandel der Infrastrukturversorgung zu einer Vertiefung räumlicher Ungleichheiten beitragen kann. Drittens verändert sich die räumliche Struktur staatlicher Steuerung mit der Schaffung eines europäischen Binnenmarktes im Bereich zahlreicher Infrastrukturdienstleistungen, mit neuen ökologischen Problemkonstellationen und der wachsenden Bedeutung der europäischen Regulierungsebene. Die Leistungsfähigkeit der traditionellen, territorial ausgerichteten Kontroll- und Steuerungsinstitutionen der Infrastrukturpolitik auf Ebene des Nationalstaats und der Bundesländer und Kommunen sinken, was auch für die Raumentwicklungspolitik nicht ohne Konsequenzen bleiben wird.

Auch wenn zwar sicher ist, dass die räumlichen Auswirkungen angesichts der Summeneffekte der Veränderungen in den verschiedenen Infrastruktursektoren erheblich sind, besteht

dennoch erheblicher raumwissenschaftlicher Forschungsbedarf. Raum- und sektorvergleichende Studien zum Wandel der Infrastrukturversorgung zu folgenden Themen erscheinen daher notwendig:

Während die Internationalisierung und Europäisierung der Infrastrukturunternehmen zunehmend analysiert und problematisiert wird (vgl. stellvertretend McGowan 1999), liegen bislang für die subnationale Ebene kaum Studien vor, welche die Erweiterung und Rekonfiguration unternehmerischer Raumbezüge systematisch untersuchen. Zwar deuten erste Studien auf einen aus anderen Wirtschaftsbereichen hinreichend bekannten Trend der Regionalisierung hin (vgl. Ernst & Young; VDEW 2003, Graham; Marvin 1997: 115, Monstadt i. d. Band). Allerdings wurde die Regionalisierung der Infrastrukturversorgung bislang kaum von der Infrastruktur- und Raumforschung empirisch überprüft und theoretisch verarbeitet.

Auch zur räumlichen Differenzierung der Infrastrukturversorgung in Deutschland und zu deren Effekten für die räumliche Arbeitsteilung lassen sich noch kaum abgesicherte Schlussfolgerungen ziehen. Noch ist empirisch kaum belegt, inwieweit regionale Ungleichheiten durch den aktuellen Transformationsprozess weiter vertieft und räumliche Kohäsionsziele untergraben werden und durch welche raumangepassten Strategien der Infrastrukturversorgung die Wettbewerbsfähigkeit von Regionen erhalten bzw. ausgebaut werden kann.

Zur Frage nach einer räumlichen Reorganisation der Infrastrukturpolitik hat sich zwar innerhalb des letzten Jahrzehnts eine ausdifferenzierte Forschungs-Community den politischen Regulierungsproblemen infolge wachsender internationaler Verflechtung von Märkten, globaler (Umwelt-)Probleme und infolge der Mehrebenenverflechtung staatlicher Regulierung zugewendet. Allerdings liegen besonders für die Infrastrukturversorgung, wo die Internationalisierung ein vergleichsweise neues Phänomen ist, erst wenige Studien vor, welche die neue Aufgabenverteilung von Nationalstaaten und der supranationalen Politikebene problematisieren und die Anforderungen an Regierungen jenseits der Nationalstaaten untersuchen. Darüber hinaus wird trotz Betonung der Mehrebenenproblematik insbesondere der Wandel auf subnationaler Ebene der Infrastrukturpolitik in den sozialwissenschaftlichen Untersuchungen über den Wandel von Staatlichkeit paradoxerweise ausgeklammert. Mit Ausnahme von ersten empirischen Untersuchungen, welche die Auswirkungen auf städtisches Infrastrukturmanagement untersuchen, liegen empirische Fallanalysen des Wandels subnationaler Infrastrukturpolitik und ihrer räumlichen Organisation bislang kaum vor.

Literatur

- Ambrosius, G. (1994): Privatisierung in historischer Perspektive: Zum Verhältnis von öffentlicher und privater Produktion. In: Staatswissenschaft und Staatspraxis, Nr. 5, S. 415-438.
- Brenner, N. (1999): Globalization and Reterritorialisation: The Re-Scaling of Urban Governance in the European Union. In: Urban Studies, vol. 36, pp. 431-451.
- Bijker, W. E. et al. (T. P. Hughes; T. Pinch, eds.) (1987): The Social Construction of Technological Systems. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Coutard, O. (1999): Introduction: The evolving forms of governance of large technical systems. In: O. Coutard (ed.): The governance of large technical systems. Routledge: London/New York, pp. 1-16.
- Coutard, O. (2002): 'Premium Network spaces': A Comment. In: International Journal of Urban and Regional Research, Vol. 26, Nr. 1, pp. 166-174.

- Coutard, O. (2005): Urban Space and the Development of Networks: A Discussion of the „Splintering Urbanism Thesis“. In: O. Coutard; R. E. Hanley; R. Zimmerman (eds.): *Sustaining Urban Networks: The Social Diffusion of Large Technical Systems*. Routledge: London, New York, pp. 48-64.
- Coutard, O.; Pflieger G. (2002): Une analyse du rôle des usagers dans le développement des services de réseaux en France. In: *Entreprises et histoire* 30 (2002), pp. 136-152.
- Coutard, O. et al. (Hanley, R. E.; Zimmerman, R.) (2005): Networks Systems Revisited: The Confounding Nature of Universal Systems. In: Coutard, O.; Hanley, R. E.; Zimmerman, R. (eds.): *Sustaining Urban Networks: The Social Diffusion of Large Technical Systems*. Routledge: London, New York, pp. 1-12.
- Cox, H. (2001): Zur Organisation der Daseinsvorsorge in Deutschland. In: Schader-Stiftung (Hrsg.): *Die Zukunft der Daseinsvorsorge – Öffentliche Unternehmen im Wettbewerb*. Darmstadt.
- Ernst & Young; VDEW (2003): Erfolgreiche Geschäftsstrategien für Stadtwerke und regionale Energieversorgungsunternehmen. Ausgewählte Ergebnisse einer Expertenbefragung bei Entscheidern von Stadtwerken und regionalen Energieversorgungsunternehmen. Hamburg/Frankfurt a. M.
- Frey, R. L. (1972): *Infrastruktur. Grundlagen der Planung öffentlicher Investitionen*. Tübingen/Zürich.
- Frey, R. L. (2005): *Infrastruktur*. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) 2005: *Handwörterbuch der Raumordnung*. VSB Verlagsservice: Braunschweig, S. 469-475,
- Graham, S. (2000): Constructing premium network spaces: reflections on infrastructure networks and contemporary urban development. In: *International Journal of Urban and Regional Research*, vol. 24, Nr. 1, pp. 183-200.
- Graham, S. (2002): Bridging urban digital divides? New technologies and urban polarization. In: *Urban Studies*, vol. 39, no. 1, pp. 33-56.
- Graham, S.; Marvin, S. (1997): Cherry picking and social dumping: utilities in the 1990s. In: *Utilities Policy*, vol. 4, no. 2, pp. 113-119.
- Grande, E.; Eberlein, B. (2000): Der Aufstieg des Regulierungsstaates im Infrastrukturbereich. In: Czada, R.; Wollmann, H. (Hrsg.): *Von der Bonner zur Berliner Republik. 10 Jahre deutsche Einheit*. Leviathan-Sonderheft 19. Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 631-650.
- Guy, S. et al. (Graham, S.; Marvin, S.) (1997): Splintering networks. Cities and technical networks in 1990's Britain. In: *Urban Studies*, 34 (2), pp. 191-216.
- Guy, S. et al. (Marvin, S.; Moss, T.) (2001): Conclusions: Contesting Networks. In: Guy, S.; Marvin, Simon; Moss, T. (eds.): *Urban Infrastructure in Transition. Networks, Buildings, Plans*. Earthscan: London, pp. 197-206.
- Héritier, A. (1998): After liberalization: public interest services in the utilities. Preprint aus der Max-Planck-Projektgruppe Recht der Gemeinschaftsgüter Nr. 1998/5, Bonn.
- Hermes, G. (1998): Staatliche Infrastrukturverantwortung. Rechtliche Grundstrukturen netzgebundener Transport- und Übertragungsnetze zwischen Daseinsvorsorge und Wettbewerbsregulierung am Beispiel der leitungsgebundenen Energieversorgung in Europa. Mohr Siebeck: Tübingen.
- Hiessl, H. et al. (Toussaint, D.; Becker, M.; Dyrbusch, A.; Geisler, S.; Herbst, H.; Prager, J. U.) (2003): *Alternativen der kommunalen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung*. Physica Verlag: Heidelberg.
- Hughes, T. P. (1983): *Networks of Power: Electrification in Western Society 1880-1930*. John Hopkins University Press: Baltimore.
- Hughes, T. P. (1987): The Evolution of Large Technical Systems. In: Bijker, W. E.; Hughes, T. P.; Pinch, T. (eds.): *The Social Construction of Large Technological Systems*. MIT Press: Cambridge, Mass., pp. 51-82.
- Jäger, A. (2004): Der Zusammenhang von Staat und Infrastruktur und die Privatisierung von Infrastrukturen aus staatsrechtlicher Perspektive. In: Schneider, V.; Tenbrücken, M. (Hrsg.): *Der Staat auf dem Rückzug. Die Privatisierung öffentlicher Infrastrukturen*. Campus: Frankfurt/New York, S. 29-52.
- Jochimsen, R. (1966): *Theorie der Infrastruktur. Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung*. Tübingen: Mohr.

- Jochimsen, R. (1995): Infrastruktur. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Raumordnung, Hannover, S. 490-498.
- Jochimsen, R.; Gustafson, K. (1970): Infrastruktur. Grundlage der marktwirtschaftlichen Entwicklung. In: Simonis, U. E. (Hrsg.): Infrastruktur. Theorie und Politik. Köln: Kiepenheuer; Witsch, S. 38-53.
- Joerges, B. (1988): Large technical systems. Concepts and issues. In: Mayntz, R.; Hughes, T. P. (eds.): The Development of Large Technical Systems. Campus: Frankfurt/M./New York, pp. 9-36.
- Joerges, B. (1999): High Variability Discourse in the History and Sociology of Large Technical Systems. In: Coutard, O. (ed.): The Governance of Large Technical Systems. Routledge: London/New York, pp. 258-290.
- Jonsson, D. K. (2005): The Nature of Infrasytem Services. In: Journal of Infrastructure Systems, vol. 11 (1), pp. 2-8.
- Kaijser, A. (2004): The Dynamics of Infrasytems. Lessons from History. Presentation hold at the 6th. International Summer Academy on Technology Studies „Urban Infrastructure in Transition: What can we learn from history?“, 11.-17. Juli 2004, Deutschlandsberg (AU).
- Kluge, T.; Scheele, U. (2003): Transformationsprozesse in netzgebundenen Infrastrukturektoren. Neue Problemlagen und Regulationserfordernisse. netWORKS-Papers, Nr. 1. Berlin 2003.
- La Porte, T. (1988): The United States air traffic system: Increasing reliability in the midst of rapid growth. In: Mayntz, R.; Hughes, T. P. (eds.): The Development of Large Technical Systems. Campus: Frankfurt/M./New York, pp. 215-244.
- Mai, M. (2004): Steuerungstheoretische Überlegungen über die veränderte Rolle des Staates bei technischen Infrastrukturen. In: Zeitschrift für Politik 1/2004, S. 51-65.
- Majone, G. (1994): Paradoxes of Privatization and Deregulation. In: Journal of Public Policy, vol. 13, no.1, pp. 53-69.
- Marvin, S.; Guy, S. (1997): Infrastructure Provision, Development Processes and the Co-production of Environmental Value. In: Urban Studies 34, no.12, pp. 2023-2036.
- Mayntz, R. (1988): Zur Entwicklung technischer Infrastruktursysteme. In: Mayntz, R.; Rosewitz, B.; Schimank, U.; Stichweh, R. (eds.): Differenzierung und Verselbständigung. Zur Entwicklung gesellschaftlicher Teilsysteme. Campus: Frankfurt/M./New York, pp. 233-260.
- Mayntz, R. (1997): Große technische Systeme und ihre gesellschaftstheoretische Bedeutung. In: Mayntz, R. (ed.): Soziale Dynamik und politische Steuerung. Theoretische und methodologische Überlegungen. Campus: Frankfurt/M./New York, pp. 70-85.
- Mayntz, R.; Schneider, V. (1995): Die Entwicklung gesellschaftlicher Teilsysteme zwischen Steuerung und Selbstorganisation. In: Mayntz, R.; Scharpf, F. W. (eds.): Gesellschaftliche Selbstregulung und politische Steuerung. Campus: Frankfurt/M./New York, pp. 73-100.
- McGowan, F. (1999): The internationalisation of large technical systems: dynamics of change and challenges to regulation in electricity and telecommunications. In: Coutard, O. (ed.): The governance of large technical systems. Routledge: London/New York, pp. 130-148.
- Monstadt, J. (2000): Die deutsche Energiepolitik zwischen Klimavorsorge und Liberalisierung. Räumliche Perspektiven des Wandels. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Arbeitsmaterial der ARL Nr. 271, Hannover.
- Monstadt, J. (unter Mitarbeit von M. Naumann) (2003): Netzgebundene Infrastrukturen unter Veränderungsdruck – Sektoranalyse Stromversorgung. netWORKS-Papers, Nr. 5, Berlin.
- Monstadt, J. (2004): Die Modernisierung der Stromversorgung. Regionale Energie- und Klimapolitik im Liberalisierungs- und Privatisierungsprozess. Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Monstadt, J.; Naumann, M. (2005): New Geographies of Infrastructure Systems. Spatial Science Perspectives and the Socio-Technical Change of Energy and Water Supply Systems in Germany. netWORKS-Paper No. 10, Berlin.

- Moss, T. (1998): Neue Managementstrategien in der Ver- und Entsorgung europäischer Stadtregionen. Perspektiven für den Umweltschutz im Zuge der Kommerzialisierung und Neuregulierung. In: Kujath, H.-J.; Moss, T.; Weith, T. (eds.): Räumliche Umweltvorsorge. Wege zu einer Ökologisierung der Stadt- und Regionalentwicklung. Berlin, pp. 211-240.
- Offner, J.-M. (2000): 'Territorial deregulation': local authorities at risk from technical networks. In: International Journal of Urban and Regional Research, vol. 24, no. 1, pp. 165-182.
- Pfaffenberger, W. et al. (Scheele, U.; Salge, K.) (1999): Energieversorgung nach der Deregulierung. Entwicklungen, Positionen, Folgen. Berlin: Edition Sigma.
- Prätorius, G. (2004): Infrastrukturpolitik. In: Ziegler, A.; Gerlach, F. (Hrsg.): Neuere Herausforderungen der Strukturpolitik. Schüren: Marburg (Quelle: www.reson-online.de/servlet/PB/-s/1qn06dj134hjwpb7o0kqv3inn0yarw4q/show/1017902/infrastrukturpolitik.pdf vom 17.11.04).
- Radkau, J. (1994): Zum ewigen Wachstum verdammt? Jugend und Alter großtechnischer Systeme. In: I. Braun; B. Joerges (Hrsg.): Technik ohne Grenzen. Suhrkamp: Frankfurt a. M., S. 50-106.
- Schneider, J.; Zatta, D. (2004): Internationalisierung im Eisenbahnverkehr. Eine europaweite Marktuntersuchung von Cap Gemini Ernst & Young zur Rolle von Betreibermodellen beim internationalen Markteintritt im Schienenverkehr. Berlin.
- Schneider, V. (2001): Die Transformation der Telekommunikation. Vom Staatsmonopol zum globalen Markt. Campus: Frankfurt/M., New York.
- Schneider, V.; Jäger, A. (2003): The Privatisation of Infrastructures in the Theory of the State: An Empirical Overview and a Discussion of Competing Theoretical Explanations. In: Wubben, E. F. M.; Hulsink, W. (eds.): On Creating Competition and Strategic Restructuring. Regulatory Reform in Public Utilities. Edward Elgar: Cheltenham, Northampton, pp. 101-137.
- Summerton, J. (1994): Introductory Essay: The Systems Approach to Technological Change. In: Summerton, J. (ed.): Changing large technical systems. Westview Press: Colorado, pp. 1-21.
- Thierstein, A.; Abegg, C. (2000): Service Public und räumliche Kohäsion. Das Angebot öffentlicher Dienstleistungen zwischen internationaler Wettbewerbsfähigkeit und regionaler Entwicklung. Schweizerische Studiengesellschaft für Raumordnungs- und Regionalpolitik (ROREP). Zürich.
- Weingart, P. (1989): „Großtechnische Systeme“ – ein Paradigma der Verknüpfung von Technikentwicklung und sozialem Wandel? In: Weingart, P. (Hrsg.): Technik als sozialer Prozeß. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 174-196.
- Wilkes, C. (1992): Die Entwicklung der infrastrukturellen Planung. In: RaumPlanung, Nr. 56. S. 19-27.
- Wille, E. (1993): Die Bedeutung der öffentlichen Infrastruktur für die wirtschaftliche Entwicklung – Notwendigkeiten in den neuen Bundesländern. In: Eichhorn, P. (Hrsg.): Finanzierung und Organisation der Infrastruktur in den neuen Bundesländern. Baden-Baden: Nomos, S. 11-36.