

7.22 Netzwerke in der Techniksoziologie. Karriere und aktueller Stellenwert eines Begriffs

Johannes Weyer

In den 1980er und 1990er Jahren hat der Begriff des "Netzwerks" Einzug in die – noch junge – Disziplin der Techniksoziologie gefunden. Die ubiquitäre und gelegentlich unscharfe Verwendung des Begriffs rief zunächst Kritik hervor. Mittlerweile hat sich jedoch ein Konsens herausgebildet, dass die Kategorie des "Netzwerks" ein wichtiges und nahezu unentbehrliches Instrument der techniksoziologischen Forschung darstellt.

Der folgende Beitrag rekapituliert die Genese und die Karriere des Begriffs, beginnend bei zwei bahnbrechenden Arbeiten, der Studie "Networks of power" von Thomas P. Hughes (1983) und der Arbeit "Neither markets nor hierarchies" von Walter W. Powell (1990). Sie markieren in gewisser Weise zwei Pole einer Debatte: Mit dem Technikhistoriker Hughes entdeckte die Techniksoziologie einen neuen Gegenstand, die großen technischen Infrastruktursysteme (in den Bereichen Energieversorgung, Telekommunikation, Verkehrssysteme etc.). Und mit dem Organisationssoziologen Powell öffnete sich ihr Blick für neuartige Formen der Handlungskoordination jenseits der bekannten Typen von Markt und Hierarchie.¹ Die Zusammenführung dieser beiden Ansätze ist im Wesentlichen das Verdienst von Renate Mayntz, die sich intensiv mit der Rolle von Netzwerken als Orte der Selbstregulierung und Steuerung gesellschaftlicher Teilsysteme befasst (Mayntz und Scharpf 1995) und die Spezifika der großen technischen Netzwerke sowie deren Bedeutung für die moderne Gesellschaft ausgelotet hat (Mayntz und Hughes 1988).

1 Technische Netzwerke

Mit seinen Studien zur Geschichte der Elektrizitätsnetzwerke hat der amerikanische Technikhistoriker Thomas P. Hughes in den 1980er Jahren eine neue Perspektive auch in die Techniksoziologie eingebracht, die aus einer Kombination von System- und Netzwerkperspektive besteht. Zunächst dominierte die Systemperspektive: Erfinder wie Thomas Edison schufen, Hughes zufolge, nicht in erster Linie neue Artefakte; ihre Hauptleistung bestand vielmehr darin, dass sie *Systeme* konstruierten, die aus einer Vielzahl heterogener Komponenten bestehen: aus der Glühbirne sowie weiteren technischen Artefakten, aber auch aus nicht-technischen Komponenten wie Managern, Arbeitern, Ingenieuren, Finanziers, dem Handel, dem Kundendienst etc. (Hughes 1987: 52ff.). Hughes weist detailliert nach, dass der Prozess des Erfindens sich nicht ausschließlich auf die Lösung der technischen Rätsel beschränkt, sondern beispielsweise auch Wirtschaftlichkeitsberechnungen umfasst, die erforderlich sind, um das innovative technische System kommerziell erfolgreich zu betrei-

¹ Ähnlich macht Erhard Schüttpelz (2007) zwei Traditionen der Netzwerkforschung aus, die er in der makrosoziologischen Befassung mit Infrastrukturnetzwerken sowie der mikrosoziologischen Betrachtung informeller Gruppen sieht.

ben (1979: 133ff.). In einem frühen Text, in dem der Begriff "network" lediglich im technischen Sinne auftaucht, gebraucht Hughes für diese Synthese von Technik, Ökonomie und Wissenschaft im Prozess des Erfindens den Begriff des "seamless web" (1979: 135).

In späteren Arbeiten greift er – beeinflusst von den Ideen der Sozialkonstruktivisten Michel Callon und John Law – diese Idee auf und verwendet nunmehr die Begriffe "Netzwerk" und "System" nahezu synonym, wenn er beispielsweise von der "system- and network-building era" (1986: 286) spricht oder davon, dass "heterogeneous organizations [...] become interacting entities in systems, or networks" (282).

Diese terminologische Indifferenz verweist darauf, dass Hughes im Grunde drei Leistungen vollbracht hat: Er hat erstens die Technikgeschichte und -soziologie um die Idee des technologischen *Systems* bereichert, das aus einer Vielzahl miteinander vernetzter technischer wie nicht-technischer Komponenten besteht (1986: 287); er hat zweitens mit seiner Fokussierung auf technische Infrastrukturnetze die Debatte um große technische Systeme ("large technical systems") angestoßen, welche die Lebensadern der modernen Gesellschaft bilden und deren Besonderheit gegenüber Alltags- oder Konsumtechnik in ihrer flächendeckenden *Vernetzung* besteht (Mayntz und Hughes 1988).

Obwohl bei Hughes der Systembegriff dominiert, tut man ihm nicht unrecht, wenn man auch seinen Beitrag zur Analyse der großen, netzwerkförmigen Infrastruktursysteme würdigt (Mayntz 1988). Denn seine dritte Leistung ist ein Phasenmodell ("pattern of evolution", Hughes 1987: 56), das aus den Stadien Invention, Innovation sowie Wachstum und Konsolidierung besteht und die spezifische Entwicklungsdynamik technischer Systeme mit Netzwerkcharakter beschreibt, für die beispielsweise der Auslastungsgrad ("load factor", 1987: 72) eine wichtige Kenngröße darstellt.

2 Akteur-Netzwerke

Die sozialkonstruktivistische Techniksoziologie, so wie sie beispielsweise von Trevor J. Pinch und Wiebe E. Bijker (1984) programmatisch vertreten wurde, beinhaltete eine Ausweitung und Reduktion des Hughes'schen Programms zugleich. Eine Ausweitung fand insofern statt, als nun nicht mehr ein Einzelerfinder im Mittelpunkt des Interesses stand, sondern eine Vielzahl sozialer Gruppen mit unterschiedlichen Interessen. Die soziale Konstruktion von Technik beschrieben Pinch und Bijker als einen Aushandlungsprozess, in dem sich schließlich eine der vielen konkurrierenden Sichtweisen durchsetzt und stabilisiert ("closure"), welche schließlich unsere Wahrnehmung des Artefakts prägt. Dies war zugleich die Reduktion gegenüber Hughes: Gegenstand war nicht mehr das große technische System (resp. Netzwerk), sondern das einzelne Artefakt, das durch einen Prozess geschaffen wird, den Pinch und Bijker mit dem Begriff "translation" (428) belegten, was "Übersetzung" im Sinne der Bedeutungsverschiebung eines Begriffs bedeuten kann, aber auch "Vernetzung" (vgl. Callon und Law 1989). Die sozialen Netzwerke bekamen durch die sozialkonstruktivistische Perspektive also deutlichere Konturen, als dies bei Hughes der Fall gewesen war.

Auch die Actor-Network-Theory (siehe Kapitel 4.8 zur ANT in diesem Band) knüpft an Ideen von Hughes an, insbesondere an die Vorstellung der Heterogenität der Komponenten; vor allem Bruno Latour (1998) entwickelt daraus die Konzeption einer Symmetrie menschlicher Akteure und nicht-menschlicher Aktanten.

3 Netzwerke als Koordinationsform

In der Tradition der Transaktionskostenökonomie stehend, hat Walter W. Powell (1990) die Idee eines spezifischen netzwerkförmigen Koordinationsmechanismus in die Organisationsforschung eingebracht, dessen besondere Leistung in der Verknüpfung von Flexibilität und Effizienz besteht. Netzwerke stellen Leistungen zur Verfügung, die sonst nur in markt-förmigen *oder* in hierarchischen Organisationsformen erbracht werden können (vgl. Weyer 2000: 9f.). Sie konstituieren sich über die vertrauensvolle Kooperation der beteiligten Akteure und die Reziprozität des Tausches; dabei bleibt jedoch die Autonomie der Kooperationspartner gewahrt. Netzwerke koordinieren die Handlungen heterogener Akteure und ermöglichen es ihnen somit, Risiken einzugehen, die keiner der Beteiligten alleine bewältigen könnte. Sie erfüllen zwei Funktionen, die kein anderer Koordinationsmechanismus in dieser Weise zur Verfügung stellen kann: Sie reduzieren die Unsicherheit, und sie ermöglichen eine enorme Leistungssteigerung, die über die Potenziale der einzelnen Akteure hinausgeht (ebd.: 10). Netzwerke sind also Organisationsformen, die bei der Entstehung von Neuem eine wichtige Rolle spielen können.

Die Zusammenführung der Konzepte von Hughes und Powell findet sich in den Arbeiten von Renate Mayntz, deren Ansatz es ist, Policy-Outcomes in Technikfeldern wie beispielsweise der Telekommunikation, aber auch in anderen gesellschaftlichen Handlungsfeldern wie der Forschungspolitik oder dem Gesundheitswesen auf die Strukturen und Prozesse der Policy-Netzwerke zu beziehen, in denen die Verhandlungen zwischen den beteiligten Akteuren stattfinden. So lassen sich beispielsweise die unterschiedlichen Pfade erklären, welche die Entwicklung des Videotextes in Deutschland und Frankreich in den 1980er Jahren genommen hat (Mayntz und Schneider 1988).

Ins Zentrum des Interesses rückt hier die Interaktion zwischen dem Staat und den nicht-staatlichen (korporativen) Akteuren, welche über ein hohes Maß an Selbstorganisationsfähigkeit verfügen und daher nicht passive Steuerungsobjekte sind, sondern an der Produktion der Problemlösungen aktiv mitwirken (Mayntz 1993; Mayntz und Scharpf 1995, vgl. Weyer 2008b: 283ff.). Mayntz verknüpft also die Idee eines spezifischen, netzwerkförmigen Koordinationsmechanismus mit Fragen der Technikgenese und -diffusion. Ein wichtiges und überraschendes Ergebnis besteht darin, dass ein "freiwilliger Steuerungsverzicht" (Hohn und Schimank 1990: 417) durchaus funktional für die Durchsetzung der politischen Ziele sein kann.

4 Selbstorganisierte Netzwerke

Bei Mayntz und anderen besteht immer eine gewisse Tendenz, dem Staat letztlich doch eine zentrale Rolle in den Verhandlungsprozessen zuzuschreiben, wie es die Scharpf'sche Formel "Verhandlungen im Schatten hierarchischer Autorität" (1993: 71) anschaulich illustriert. In anderen Ansätzen, die auf Konzepte der Selbstorganisation rekurrieren, erscheint der Staat hingegen als gleichberechtigter Mitspieler, der keine privilegierte Rolle besitzt, sondern sich an Aushandlungsprozessen in Netzwerken beteiligt, in denen eine Vielzahl von steuernden Akteuren agieren, die jeweils eigene Interessen verfolgen und strategisch miteinander interagieren (Weyer et al. 1997: 58, Weyer 1993: 333). Dies knüpft in gewisser

Weise an die Latour'sche Symmetriethese an, jedoch ohne die Erweiterung um nicht-menschliche Aktanten.

Theoretisch ausformuliert wurde diese Idee selbstorganisierter Netzwerke, die ohne eine Steuerungszentrale funktionieren, von Uli Kowol und Wolfgang Krohn (1995, 2000). Ihr Konzept der Innovationsnetzwerke fokussiert auf "interorganisatorische Sozialsysteme" (2000: 142), in denen "rekursive Lernprozesse" (140) stattfinden, an denen sowohl die Hersteller als auch die Anwender neuer Technik beteiligt sind. Die Anwender sind hier also wichtiger Bestandteil eines Selbstorganisationsprozesses, der über eine "Eigenlösung" (140) – ein spezifisches und in dieser Form eher unwahrscheinliches inter-organisatorisches Arrangement – in Gang kommt und durch "permanente Aushandlung des technischen Entwicklungspfades" (141) über etliche Rückkopplungsschleifen schließlich zu einem funktionsfähigen Produkt führt. Die kooperativen Abstimmungen von Herstellern und Verwendern tragen erheblich zur Reduktion von Unsicherheit bei, die insbesondere auf Märkten für Spezialmaschinen erheblich sind, da diese oftmals nur in Form von Unikaten produziert werden.

5 Netzwerke und Technikgenese

Die Rolle sozialer Netzwerke bei der Genese und Verbreitung neuer Technik ist Gegenstand der Technikgeneseforschung, die sich mit den Akteurkonstellationen befasst und den konkreten Verlauf eines Technikpfades auf die Verhandlungs- und Abstimmungsprozesse in Netzwerken bezieht. Durch Bezug auf die Akteurstrategien und ihre strategischen Interaktionen kann man erklären, warum sich eine von mehreren (technisch oftmals gleichwertigen) Alternativen durchgesetzt hat. Dadurch werden die "sozio-politischen Prozesse" (Tushman und Rosenkopf 1992: 321) deutlich, die insbesondere an Verzweigungspunkten von Technikpfaden eine wichtige Rolle spielen.

Einige Ansätze der Technikgeneseforschung konzentrieren sich auf einzelne Schließungsprozesse ("closure") wie beispielsweise die Frühphase des Automobils (Knie und Hård 1993); andere betrachten die Technikentwicklung als eine zyklische Abfolge von Variation und Selektion – mit längeren stabilen Phasen, in denen ein dominantes Design vorherrscht (Tushman und Rosenkopf 1992). Andere Ansätze greifen das Phasenkonzept von Hughes auf und betrachten "Technikgenese als einen mehrstufigen Prozess der sozialen Konstruktion von Technik" (Weyer et al. 1997: 31), der von wechselnden Akteurkonstellationen getragen wird und aus den drei – idealtypischen – Phasen der "Entstehung", "Stabilisierung" und "Durchsetzung" eines innovativen sozio-technischen Systems besteht (vgl. auch Weyer 2008b: 186ff.). Dieses Phasenmodell unterscheidet sich insofern von anderen Ansätzen, als es zum einen den Blick auf das Problem der Kontinuität des Technikpfades lenkt, die sich über die Bruchstellen und Verzweigungspunkte hinweg entwickelt, und damit auf die strukturellen Eigendynamiken, die sich als emergentes Produkt sozialer Konstruktionsprozesse ergeben. Zum anderen befasst es sich mit den wechselnden sozialen Netzwerken. Das Phasenmodell fragt danach, wie es den strategisch handelnden Akteuren (typischerweise: Organisationen) gelingt, in Aushandlungs- und Abstimmungsprozessen eine soziale Schließung zu erreichen, welche sich als Konsens über ein dominantes Design bzw. technologisches Regime niederschlägt, das den Kurs der Technikentwicklung über einen längeren Zeitraum hinweg prägt. Die Akteur-Netzwerke

werden hier also als Träger und Motor der Technikentwicklung verstanden; und der Anspruch ist es, die soziale Logik des *gesamten* Prozess zu rekonstruieren und nicht nur einzelne Abschnitte.

6 Transition management

Diese Ausrichtung auf Fragen des technischen Wandels prägt auch das Mehrebenen-Modell einer niederländischen Forschergruppe um Arie Rip (Rip und Schot 1999, Geels 2002, Geels und Schot 2007), die sich vorrangig mit der Frage des Regimewechsels befasst, also mit dem Problem, inwiefern die soziale und technische Konfiguration eines Regimes (z.B. der Energieerzeugung oder des Straßenverkehrs) einen grundlegenden Wandel denkbar und möglich macht. Dieser Ansatz richtet das Augenmerk verstärkt auf Fragen der Transformation technischer Regimes, also der künftigen Gestaltung und Umgestaltung komplexer technischer Systeme.

Konstitutiv für das Mehrebenen-Modell ist die Annahme, dass a) Technikentwicklung sich in *Nischen* abspielt, in denen neue Ideen generiert und ausprobiert werden, b) technologische *Regimes* im Sinne von Regelsystemen, Heuristiken etc. den Kurs der Technikentwicklung maßgeblich prägen und c) der gesamte Prozess in "*landscapes*", also den gesellschaftlichen und kulturellen Kontext, eingebettet ist (Geels 2002: 97ff., Geels und Schot 2007: 399f.). Insbesondere in den Nischen und in den Regimes spielen Akteur-Netzwerke eine tragende Rolle.

Die Pointe des Ansatzes lautet, dass Wandlungsprozesse auf allen drei Ebenen stattfinden und grundlegender technischer Wandel durch die Interaktion der Prozesse auf allen drei Ebenen zustandekommt, wenn nämlich a) "die Nischen-Innovationen ein Momentum gewinnen", c) "durch Wandlungen auf der Landscape-Ebene ein Handlungsdruck entsteht" (man denke an den Klimawandel) und b) "die Destabilisierung des Regimes eine günstige Gelegenheit" schafft (die Erosion des Regimes des Verbrennungsmotors ist hierfür ein illustratives Beispiel, Geels und Schot 2007: 400). Das Zusammenspiel dieser drei Prozesse ist aus Sicht von Frank Geels et al. der entscheidende Faktor: "The alignment of these processes enables the breakthrough of novelties in mainstream markets where they compete with the existing regime." (ebd.) Dabei spielen Netzwerke eine wichtige Rolle – wie genau, das bleibt im Mehrebenen-Modell allerdings oftmals im Unklaren.

7 Next generation infrastructure systems

Der Wandel großer technischer Infrastruktursysteme wie beispielsweise des weltweiten Luftverkehrs ist allein wegen der Komplexität des Systems, der Vielzahl sozialer, organisatorischer und technischer Interdependenzen und der damit einhergehenden Trägheit des Systems ein schwieriges Unterfangen (Deuten 2003). Wenn sicherheitskritische Neuerungen eingeführt werden sollen, so kann dies nur geschehen, wenn dieser Prozess weltweit synchronisiert und standardisiert ist; dies stellt jedoch eine gewaltige Herausforderung für alle Beteiligten dar.

Andererseits haben sich durch die Liberalisierung und Deregulierung insbesondere in den Bereichen Telekommunikation und Energieerzeugung in den letzten Jahrzehnten tief-

greifende Wandlungen vollzogen (Mayntz 2009). Erstaunlicherweise sind selbst unter den Bedingungen liberalisierter Märkte noch radikale Innovationen möglich; die kurzfristige Profitorientierung dominiert nicht in dem Maße, wie man es hätte befürchten können (Markard und Truffer 2006). Ferner kann die Frage nach der Sicherheit und Zuverlässigkeit komplexer technischer Systeme gestellt werden, die unter den Bedingungen verschärften Wettbewerbs operieren müssen und zudem von unterschiedlichen Handlungslogiken geprägt werden. Für einen Stromhändler beispielsweise hat die Stabilität des Systems nicht oberste Priorität, so dass seine Transaktionen das Energienetz zusätzlich belasten können. Auch hier lässt sich nachweisen, dass die Netze nach wie vor zuverlässig operieren; allerdings ist ihr Status wesentlich prekärer und riskanter, als dies bei den High-Reliability-Organisationen der 1980er Jahre der Fall war (Schulman et al. 2004).

Auch in anderen großen technischen Systemen wie der Luftfahrt entstehen gegenwärtig neuartige Akteurkonstellationen, deren Erforschung gerade erst begonnen hat. In diesen Bereichen vollzieht sich – gestützt auf "smarte" Technik und deren Vernetzung – zurzeit ein radikaler Wandel hin zu sog. "intelligenten" Infrastruktursystemen, deren Interaktions- und Governance-Formen sich von den bislang bekannten Strukturen erheblich unterscheiden (Weyer 2006, 2008a). Zudem findet gegenwärtig eine Neubestimmung der Rolle des Staates statt, dem im Rahmen einer Renaissance von High-Tech-Politik wieder einmal die Aufgabe zugeschrieben wird, die Infrastruktursysteme der Zukunft aufzubauen (Weyer 2005, 2008c).

8 System oder Netzwerk?

Die Techniksoziologie hat noch kein überzeugendes Rezept gefunden, wie sie mit dem verwirrenden Nebeneinander der beiden Begriffe "System" und "Netzwerk" umgehen könnte. Offenkundig existieren drei unterschiedliche Sichtweisen, die nur schwach miteinander verbunden sind:

- Der Begriff des (sozio-)technischen *Systems* verweist auf die systemische Verknüpfung heterogener – sozialer und technischer – Elemente, deren effektives Zusammenspiel gewährleistet sein muss, damit das System als Ganzes funktionieren kann. (Man denke beispielsweise an das Cockpit eines Flugzeugs.)
- Der Begriff des großen technischen Systems fokussiert auf einen Teilbereich der sozio-technischen Systeme; er betont den besonderen *Netzwerk*-Charakter flächendeckender Infrastruktursysteme, deren Komponenten in hohem Maße voneinander abhängig sind und die daher einen hohen Grad an Standardisierung benötigen, um Interoperabilität zu gewährleisten. (Man denke beispielsweise an Telekommunikationsnetzwerke.)
- Der Begriff des sozialen Netzwerks bzw. des *Akteur-Netzwerks* schließlich bezieht sich auf Aushandlungs- und Koordinationsprozesse strategisch handelnder Akteure, die ihre Ressourcen poolen, um innovative sozio-technische Systeme zu entwickeln und zu implementieren. (Man denke beispielsweise an das Akteur-Netzwerk, welches die europäische bemannte Raumfahrt in den 1980er Jahren vorangetrieben hat.)

Es ist das (zweifelhafte) Verdienst der Actor-Network-Theory, dass sie die beiden Ebenen des sozio-technischen *Systems* und des Akteur-Netzwerks miteinander vermischt hat, indem sie eine Beteiligung nicht-menschlicher Aktanten ("non-humans" wie Dinge, Tiere, Technik etc.) an Interaktions- und Abstimmungsprozessen in Netzwerken behauptet. Zwar lässt sich im Zeitalter "smarter" Technik kaum bestreiten, dass auch nicht-menschliche Komponenten wie beispielsweise Fahrerassistenzsysteme aktiv zum Funktionieren eines sozio-technischen *Systems* beitragen. Aber es gibt auch in der reichhaltigen ANT-Literatur keinen Beleg dafür, dass die technischen Agenten bzw. Aktanten auch an den Diskursen über Technik und ihre Gestaltung beteiligt sind, die in Akteur-Netzwerken stattfinden (Weyer 2008b: 210). Es täte der Techniksoziologie gut, wenn es ihr gelänge, diese beiden Perspektiven deutlicher voneinander abzugrenzen.

9 Literatur

- Callon, Michel und John Law, 1989: On the Construction of Sociotechnical Networks: Content and Context Revisited. *Knowledge and Society: Studies in the Sociology of Science Past and Present* 8: 57-83.
- Deuten, J. Jaspas, 2003: *Cosmopolitanising Technologies. A Study of Four Emerging Technological Regimes*. Twente: Twente University Press.
- Geels, Frank, 2002: *Understanding the Dynamics of Technological Transitions*. Twente: Twente UP.
- Geels, Frank W. und Johan Schot, 2007: Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy* 36: 399-417.
- Hohn, Hans-Willy und Uwe Schimank, 1990: *Konflikte und Gleichgewichte im Forschungssystem. Akteurkonstellationen und Entwicklungspfade der staatlich finanzierten außeruniversitären Forschung*. Frankfurt/Main: Campus.
- Hughes, Thomas P., 1979: The Electrification of America. The System Builders. *Technology and Culture* 20: 124-161.
- Hughes, Thomas P., 1983: *Networks of Power. Electrification in Western Society 1880-1930*. Baltimore: Johns Hopkins UP.
- Hughes, Thomas P., 1986: The Seamless Web: Technology, Science, Etcetera, Etcetera. *Social Studies of Science* 16: 281-292.
- Hughes, Thomas P., 1987: The Evolution of Large Technological Systems. S. 51-82 in: Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes und Trevor J. Pinch (Hg.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions on the Sociology and History of Technology*. Cambridge MA.: MIT Press.
- Knie, Andreas und Michael Hård, 1993: Die Dinge gegen den Strich bürsten. De-Konstruktionsübungen am Automobil. *Technikgeschichte* 60: 224-242.
- Kowol, Uli und Wolfgang Krohn, 1995: Innovationsnetzwerke. Ein Modell der Technikgenese. S. 77-105 in: Werner Rammert (Hg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8*. Frankfurt/Main: Campus.
- Kowol, Uli und Wolfgang Krohn, 2000: Innovation und Vernetzung. Die Konzeption der Innovationsnetzwerke. S. 135-160 in: Johannes Weyer (Hg.), *Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung*. München: Oldenbourg.
- Latour, Bruno, 1998: Über technische Vermittlung. *Philosophie, Soziologie, Genealogie*. S. 29-81 in: Werner Rammert (Hg.), *Technik und Sozialtheorie*. Frankfurt/Main: Campus.
- Markard, Jochen und Bernhard Truffer, 2006: Innovation processes in large technical systems: Market liberalization as a driver for radical change. *Research Policy* 35: 609-625.
- Mayntz, Renate, 1988: Zur Entwicklung technischer Infrastruktursysteme. S. 233-260 in: Renate Mayntz et al. (Hg.), *Differenzierung und Verselbständigung. Zur Entwicklung gesellschaftlicher Teilsysteme*. Frankfurt/Main: Campus.

- Mayntz, Renate , 1993: Policy-Netzwerke und die Logik von Verhandlungssystemen. S. 39-56 in: Adrienne Héritier (Hg.), Policy-Analyse. Kritik und Neuorientierung (Sonderheft 24 der Politischen Vierteljahresschrift). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Mayntz, Renate , 2009: The changing governance of large technical infrastructure systems. in Vorb. in: Volker Schneider und Johannes M. Bauer (Hg.), Complexity and Large Technical Systems.
- Mayntz, Renate und Thomas P. Hughes (Hg.), 1988: The Development of Large Technical Systems. Frankfurt/Main: Campus.
- Mayntz, Renate und Fritz W. Scharpf, 1995: Der Ansatz des akteurzentrierten Institutionalismus. S. 39-72 in: Renate Mayntz und Fritz W. Scharpf (Hg.), Gesellschaftliche Selbstregulierung und politische Steuerung. Frankfurt/Main: Campus.
- Mayntz, Renate und Volker Schneider, 1988: The dynamics of system development in a comparative perspective: Interactive videotex in Germany, France and Britain. S. 263-298 in: Renate Mayntz und Thomas P. Hughes (Hg.), The Development of Large Technical Systems. Frankfurt/Main: Campus.
- Pinch, Trevor J. und Wiebe E. Bijker, 1984: The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. Social Studies of Science 14: 399-441.
- Powell, Walter W., 1990: Neither Market nor Hierarchy: Network Forms of Organization. Research in Organizational Behavior 12: 295-336.
- Rip, Arie und Johan W. Schot, 1999: Anticipating on Contextualization - Loci for Influencing the Dynamics of Technological Development. S. 129-146 in: Dieter Sauer und Christa Lang (Hg.), Paradoxien der Innovation. Perspektiven sozialwissenschaftlicher Innovationsforschung. Frankfurt/Main: Campus.
- Scharpf, Fritz W., 1993: Positive und negative Koordination in Verhandlungssystemen. S. 57-83 in: Adrienne Héritier (Hg.), Policy-Analyse. Kritik und Neuorientierung (Sonderheft 24 der Politischen Vierteljahresschrift). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Schulman, Paul et al., 2004: High Reliability and the Management of Critical Infrastructures. Journal of Contingencies and Crisis Management 12: 14-28.
- Schüttpelz, Erhard, 2007: Ein absoluter Begriff. Zur Genealogie und Karriere des Netzwerkkonzepts. S. 25-46 in: Stefan Kaufmann (Hg.), Vernetzte Steuerung. Soziale Prozesse im Zeitalter technischer Netzwerke. Zürich: Chronos.
- Tushman, Michael L. und Lori Rosenkopf, 1992: Organizational Determinants of Technological Change. Toward a Sociology of Technological Evolution. Research in Organizational Behavior 14: 311-347.
- Weyer, Johannes, 1993: Akteurstrategien und strukturelle Eigendynamiken. Raumfahrt in Westdeutschland 1945-1965. Göttingen: Otto Schwartz.
- Weyer, Johannes, 2000: Einleitung: Zum Stand der Netzwerkforschung in den Sozialwissenschaften. S. 1-34 in: Johannes Weyer (Hg.), Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung. München: Oldenbourg.
- Weyer, Johannes, 2005: Staatliche Förderung von Großtechnikprojekten. Ein dysfunktionaler Anachronismus im Zeitalter der Globalisierung? Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis 14 (Nr. 1, März 2005): 18-25.
- Weyer, Johannes, 2006: Modes of Governance of Hybrid Systems. The Mid-Air Collision at Ueberlingen and the Impact of Smart Technology. Science, Technology & Innovation Studies 2: 127-149.
- Weyer, Johannes, 2008a: Mixed Governance - Das Zusammenspiel von menschlichen Entscheidern und autonomer Technik im Luftverkehr der Zukunft. S. 188-208 in: Ingo Matuschek (Hg.), Luftschichten. Arbeit, Organisation und Technik im Luftverkehr. Berlin: edition sigma.
- Weyer, Johannes, 2008b: Techniksoziologie. Genese, Gestaltung und Steuerung sozio-technischer Systeme (Grundlagentexte Soziologie). Weinheim: Juventa.
- Weyer, Johannes, 2008c: Transformationen der Technologiepolitik. Die Hightech-Strategie der Bundesregierung und das Projekt Galileo. S. 137-156 in: Bertram Schefold und Thorsten Lenz (Hg.),

Die europäische Wissensgesellschaft - Leitbild europäischer Technologie-, Innovations- und Wachstumspolitik. Berlin: Akademie Verlag.

Weyer, Johannes et al., 1997: Technik, die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese. Berlin: edition sigma.