

3 Informations- und Kommunikations-technologien als digitale Infrastrukturen

Mit den Überlegungen im vorangegangenen Kapitel wurde gewissermaßen das Einfallstor identifiziert, durch das Digitalität in der Gesellschaft wirksam wird: das Handeln von Akteuren, die im Rahmen von Routinen einen gewährleisteten Ereigniszusammenhang als Ressourcen ihres Handelns mobilisieren. Das Modell ist allerdings sehr allgemein und bezieht sich nicht nur auf Kommunikations- und Informationstechnologien, sondern auf Technik in einem umfassenderen Sinne. In seiner Allgemeinheit sagt es wenig über die Besonderheiten der Digitalität aus. Offen ist daher nach wie vor die Frage, was genau gemeint ist, wenn von einer digitalen Basierung der Gesellschaft die Rede ist.

Ziel dieses Kapitels ist es deshalb, einige wesentliche Merkmale der Digitalität herauszuarbeiten. Dazu werden für einen kurzen Moment weitere theoretische Überlegungen zugunsten einer gestaltungsorientierten Perspektive zurückgestellt. In der öffentlichen Debatte um Digitalität ist zu beobachten, dass dort häufig der Begriff „Infrastruktur“ fällt. Dies soll anhand der Diskussion um die Gestaltung digitaler Technologien in der Wissenschaft nachgezeichnet werden. Die Beschäftigung mit den wissenschaftspolitischen Begriffen „Cyberinfrastructure“ bzw. „Informationsinfrastruktur“ dient dazu, wesentliche Charakteristika herauszuarbeiten. Gleichzeitig wird dabei deutlich werden, dass sie für eine soziologische Analyse kaum brauchbar sind (Kap. 3.1). Der zweite Schritt rückt daher ein techniksoziologisches Verständnis in den Mittelpunkt, das man als substantialistisch bezeichnen könnte. Gegenüber dem wissenschaftspolitischen Begriffsverständnis geraten hier sowohl sachtechnische als auch soziale Komponenten in den Blick und es wird herausgearbeitet, dass Infrastrukturen doppelt in soziale Strukturen eingebettet sind (Kap. 3.2). Die Abgrenzung der Infrastruktur von ihrer Umwelt bereitet aber auch in diesem Rahmen Probleme und ist ebenso fragwürdig wie beim wissenschaftspolitischen Begriff. Daher wird in einem dritten Schritt ein relationales Konzept von Infrastrukturen vorgestellt. Dieses verwendet „Infrastruktur“ ausschließlich mit Bezug auf bestimmte Praxen und zielt

darauf, das Abgrenzungsproblem zu ‚unterlaufen‘ (Kap. 3.3). Anknüpfend an dieses Verständnis wird abschließend ein heuristisches Modell entwickelt, das die doppelte Einbettung berücksichtigt und digitale Infrastrukturen als einen Spezialfall von Technik als Dualität von Ressourcen und Routinen versteht (Kap. 3.4).

3.1 INFRASTRUKTURBEGRIFF IN DER WISSENSCHAFTSPOLITIK

Frage man danach, mithilfe welcher Begriffe Digitalität in der Wissenschaft im wissenschaftspolitischen Diskurs reflektiert wird, trifft man immer wieder auf Substantiv-Komposita, deren einer Begriffsbestandteil „Infrastruktur“ ist: „Cyberinfrastructure“¹, „Research Infrastructure“², „Information Infrastructure“, „Informationsinfrastruktur“³, „Dateninfrastruktur“⁴, „Forschungsinfrastruktur“ und „Fachinformationsinfrastruktur“⁵. Der weit verbreitete Gebrauch dieses Begriffs legt die Vermutung nahe, dass hier ein besonderes Merkmal der Digitalität adressiert wird – eine Eigenschaft, die man in einem ersten Zugriff vielleicht als systemischen Charakter einer das Lokale übergreifenden technischen Struktur bezeichnen könnte. Um sich den Besonderheiten der Digitalität zu nähern, soll in diesem ersten Schritt der Kern des wissenschaftspolitischen Verständnisses freigelegt werden.

Prägend für die Debatte war in den USA ein von der *National Science Foundation* (NSF) im Jahr 2003 herausgegebener Bericht des *Blue Ribbon Advisory Boards* unter der Leitung von Daniel E. Atkins. Das Ziel des Berichts war ein gestalterisches: Vor dem Hintergrund der dynamischen Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien fokussierte er darauf, gegenwärtige und zukünftige Trends zu analysieren und der NSF Empfehlungen zur Gestaltung eines Programms zur Förderung und zum Ausbau von so genannten „Cyberinfrastructures“ zu geben (Atkins et al. 2003: 5). Der Zeitpunkt der Empfehlungen begründet sich durch eine dem Verständnis der Autoren nach historische Situation. Aufgrund des erreichten Entwicklungsstandes digitaler Tech-

1 Atkins et al. (2003).

2 Dieser Begriff taucht an zentraler Stelle unter *Capacities* im 7. Europäischen Forschungsrahmenprogramm auf. Siehe European Commission (2007: 8).

3 Z.B. Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur (2011); WR (2011c).

4 Exemplarisch: WR (2009a: 8).

5 Beispielsweise: GWK (2009).

nologien seien Möglichkeitsräume entstanden, über deren Nutzung heute entschieden werden müsse. Die Folgen der dabei zu treffenden Weichenstellungen würden bis weit in die Zukunft reichen und es gehe dabei nicht nur um die Nutzung von Chancen, sondern auch um die Vermeidung von Risiken und Fehlentwicklungen. Zu Letzteren zählen „disappointing results and wasted investment for a variety of reasons including underfunding in amount and duration, lack of understanding of technological futures, excessively redundant activities between science fields or between science fields and industry, lack of appreciation of social/cultural barriers, lack of appropriate organizational structures, inadequate related educational activities, and increased technological („not invented here“) balkanizations rather than interoperability among multiple disciplines“ (ebd.: 4).

Was versteht der Bericht nun unter „Cyberinfrastructures“? Zunächst bringen Atkins et al. den Begriff in Zusammenhang mit anderen Infrastrukturen, deren gemeinsames Merkmal darin besteht, prägende Kraft auf die jeweiligen Gesellschaftsformationen zu entwickeln: „If infrastructure is required for an industrial economy, then we could say that cyberinfrastructure is required for a knowledge economy.“ (Ebd.: 5) Dies setzt zwar den Begriff zumindest von anderen Infrastrukturen ab, bestimmt aber noch nicht dessen Gehalt. Ein wenig mehr Klärung ergibt sich aus einem Drei-Ebenen-Modell, das sich im Bericht findet. Dort wird unterschieden zwischen *Basistechnologien* zur Speicherung, Datenverarbeitung und Kommunikation, einer *vermittelnden Ebene* der „Cyberinfrastructure“ und der Ebene der „software programs, services, instruments, data, information, knowledge, and social practices applicable to specific projects, disciplines, and communities of practice“ (ebd.: 5). Im Anhang des Berichts wird darüber hinaus festgestellt, Cyberinfrastructures würden „technological artefacts“, „technological services“ und „services from people and organisation“ (ebd.: A3) einschließen. Der Fokus des Berichts liegt dann aber sehr deutlich auf der Betrachtung von Sachtechnik oder *Hardware*, indem die Bedeutung von Rechner- und Speicherkapazitäten sowie die Leistungsfähigkeit von Supercomputern und Desktop-Rechnern hervorgehoben wird. Deren Leistungssteigerung bilde die Voraussetzung für eine weit reichende Transformation vor allem in der Organisation von Wissenschaft und Forschung – dies wird angezeigt durch Begriffe wie „collaboratory, co-laboratory, grid community, e-science community“ und „virtual community“ (ebd.: 13). Die Frage aber, wie und vermittels welcher Mechanismen Cyberinfrastructures in der Wissenschaft wirksam werden, beantwortet der Bericht selbst nicht, sondern formuliert an dieser Stelle Forschungsbedarf: Es stehe „the need for a more integrated understanding of the technical and social dimension of cyberinfrastructure applied to research and education“ (ebd.: 20).

Auch in der deutschen Diskussion gehört der Begriff „Infrastruktur“ derzeit zum viel verwendeten wissenschaftspolitischen Vokabular. Erhellend ist hier die Entwicklung des Begriffs in den Publikationen des *Wissenschaftsrats* (WR), der damit zunächst Objekte bezeichnet, die für die Forschung einen besonderen Stellenwert besitzen, und der nach einigen Modifikationen nun auch digitale Technologien miteinschließt. Der Ursprung des heute verwendeten Begriffs „Forschungsinfrastruktur“ liegt bei den Großgeräten, worunter der *Wissenschaftsrat* Anfang der 1990er Jahre zunächst Beschleuniger, Neutronenquellen, Forschungsschiffe, Windkanäle und Höchstleistungsrechenzentren verstand (WR 1991: 49). Deren Verwendung sollte gefördert werden, indem sie auch Nutzern außerhalb der Organisation zugänglich gemacht werden und „die dazugehörigen Servicebereiche so ausgestattet werden, dass sie die Infrastruktur für die Vorbereitung und Durchführung von Messungen u.a. in angemessener Weise zur Verfügung stellen können“ (ebd.). In einer Empfehlung aus dem Jahr 1995 wird die Begriffsverwendung von „Infrastruktur“ auf Rechner- und Kommunikationstechnologien ausgedehnt. Es wird beispielhaft festgestellt, das Deutsche Forschungsnetz (DFN)⁶ stelle eine wertvolle Infrastruktur zur Verfügung, da es die verbundenen Einrichtungen mit Datenkommunikationsleistungen versorge (WR 1995: 23). Auch diese Empfehlungen erwähnen die Trägerorganisation der Infrastruktur, den *DFN-Verein*, und betonen, er nehme übergeordnete Aufgaben zur Aufrechterhaltung der Infrastruktur wahr, wozu das Setzen bundesweit geltender Regeln, die Festlegung von Grundversorgungsstrukturen, die Sicherung des Zugangs zu internationalen Netzen und eine kostengünstige Versorgung mit Datenkommunikationsleistungen zählen (ebd.). In einer jüngeren Empfehlung expliziert der *Wissenschaftsrat*, in Zukunft den engeren Begriff der Großgeräte durch den weiteren Begriff der „Forschungsinfrastrukturen“ zu ersetzen: Er macht deutlich, „dass prinzipiell alle Disziplinen, einschließlich der Sozial- und Geisteswissenschaften, jeweils einen spezifischen Bedarf an Forschungsinfrastrukturmaßnahmen haben bzw. entwickeln werden. Neben die ‚klassischen‘ Großgeräte treten andere Infrastrukturen wie Sammlungen, dezentral organisierte Datenbanken sowie Hochleistungskommunikations- und Rechnergitterverbund-Infrastrukturen. Der *Wissenschaftsrat* folgt damit in seinen Überlegungen der umfassenden Definition von Forschungsinfrastrukturen, wie sie das *European Strategy Forum on Research Infrastructures* (ESFRI) vorgeschlagen hat. In Zukunft sollte daher von Forschungsinfrastrukturen gesprochen werden, nicht länger allein von Großgeräten.“ (WR 2009b: 9) Damit ist die Begriffsentwicklung aber noch nicht abgeschlossen. In jüngeren Empfehlungen weitet der *Wissen-*

6 Siehe: <https://www.dfn.de> (Zugriff am 18. April 2017).

schaftsrat sein Verständnis weiter aus und schließt nunmehr auch bibliothekarische Verbundsysteme (WR 2011a: 5) sowie einzelne Bibliotheken, Archive und Museen (WR 2011b: 13) mit ein. Aufgrund der Breite unterscheidet der *Wissenschaftsrat* in Anknüpfung an das Verständnis des ESFRI⁷ zwischen:

- *Großgeräten*, wie zum Beispiel Teilchenbeschleuniger, Teleskope, Forschungsschiffe, große Laborgeräte und Satelliten für Fernerkundungen,
- *Forschungsinformationsinfrastrukturen*, worunter Sammlungen, Archive und strukturierte Datenbestände wie Datenbanken verstanden werden, sowie
- *Informationstechnischen Infrastrukturen oder E-Infrastrukturen*, womit Groß- und Hochleistungsrechner, Hochleistungskommunikations- und Rechnergitterverbünde mit den zugehörigen Netzwerkverbindungen und der betriebsnotwendigen Software gemeint sind (WR 2011b: 18).

Was lässt sich aus dieser knappen Durchsicht wissenschaftspolitischer Dokumente über die Besonderheiten der Digitalität lernen und welche Merkmale stellen Begriffe wie „Cyberinfrastructure“, „informationstechnische Infrastruktur“ oder „E-Infrastrukturen“ in den Mittelpunkt? Die grundlegende, immer wieder angesprochene Eigenschaft der Digitalität ist ihre *Strukturartigkeit*. In den hier referierten Berichten und Empfehlungen wird vielfach eine ‚Breitenwirkung‘ betont, die daher röhrt, dass Infrastrukturen nicht zu einem singulären Zweck von einem einzelnen Akteur in einem lokalen Setting genutzt werden, sondern in vielfältiger Weise, von ganzen Forschungsgemeinschaften – oder zumindest von einem Großteil ihrer Mitglieder – im Rahmen ganz unterschiedlicher Forschungsaktivitäten. Ein zweites Merkmal leitet sich davon unmittelbar ab: Aufgrund ihrer Strukturartigkeit kommt der Gestaltung der Infrastrukturen eine *strategische Bedeutung* zu. Gerade wenn von „windows of opportunities“ (ESFRI 2016: 22) sowie langfristigen Herausforderungen und Chancen (Atkins et al. 2003: 11) gesprochen wird, wird deutlich, dass es hier um wissenschaftspolitisches Handeln (oder dessen Unterlassung) mit weitreichenden Auswirkungen für die künftige Forschung geht. Drittens ist ihr Aufbau *ressourcenaufwändig und komplex*, wie beispielsweise das „Gesamtkonzept für die Informationsinfrastruktur in Deutschland“⁸ und der Atkins-Report betonen. Entsprechend zielen beide Dokumente auf die Formulierung einer koordinierten Strategie, mit denen die Risiken der Fehlinvestition minimiert und Mittel effektiv und effizient eingesetzt

7 Siehe zur Definition der ESFRI (2006: 16) sowie die Liste vielfältiger Beispiele in ESFRI (2016: 13f.).

8 Kommission Zukunft der Informationsinfrastruktur (2011).

werden sollen.⁹ Die *Trägerschaft durch spezifische Organisationen*, die für die Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit im Zuge ihrer Nutzung und die Anpassung an geänderte Anforderungen der Nutzer verantwortlich sind, bildet ein vierstes Merkmal.

3.2 SOZIOLOGISCHER INFRASTRUKTURBEGRIFF 1: SUBSTANTIALISTISCHES VERSTÄNDNIS

Das wissenschaftspolitische Verständnis von Informationsinfrastrukturen liefert wichtige Hinweise auf die Charakteristika von Digitalität. Aus zwei Gründen ist diese Auffassung des Begriffs allerdings nicht geeignet, um ihn für eine soziologische Analyse zu nutzen: Erstens ist er nicht sonderlich abgrenzungsscharf.¹⁰ E-Mail- oder Statistikprogrammpakete sind etwa digitale Technologien, die innerhalb der Wissenschaft intensiv genutzt werden und einen erheblichen Einfluss auf den Arbeitsalltag und -rhythmus von Forschern haben. Auch werden sie von Organisationen produziert und gewartet und bedürfen in ihrer Entwicklung erheblicher Ressourcen. Dennoch würde man hier höchstens in einem metaphorischen Sinne von Infrastrukturen sprechen wollen. Beispiele wie diese verweisen auf die Frage, was digitale Infrastrukturen genau ausmachen und wie sie sich von anderen Informations- und Kommunikationstechnologien unterscheiden. Zweitens zeichnet sich das wissenschaftspolitische Verständnis durch einen starken Fokus auf die materiellen Komponenten oder Artefakte aus, während die Relevanz der sozialen Kontexte ihrer Aufrechterhaltung und Nutzung zwar immer wieder betont, im Unterschied zur Sachtechnik jedoch kaum beschrieben wird.¹¹ Daher soll im Folgenden der Blick auf das (technik-) soziologische Verständnis von Infrastrukturen gerichtet werden.

Die techniksoziologische Beschäftigung mit Infrastrukturen nahm ihren Ausgang nicht in digitalen Technologien, sondern in älteren Einrichtungen wie dem Telefon-, Verkehrs- und Energiesystem.¹² Prägend waren hier die Arbeiten

9 Siehe zu den zentralen Problemstellungen des Aufbaus von Infrastrukturen in der Wissenschaft zusammenfassend Taubert (2016a: 604f.).

10 Auch Bowker et al. (2010: 100) halten dem wissenschaftspolitischen Verständnis vor, es sei diffus.

11 Dies gilt insbesondere für das Beispiel des Atkins-Berichts, aber in abgeschwächter Weise auch für die Empfehlungen des *Wissenschaftsrats*.

12 Im umgangssprachlichen Verständnis wird der Begriff vor allem mit Einrichtungen der Daseinsvorsorge in Verbindung gebracht. Aufschlussreich ist diesbezüglich die

des Technikhistorikers Thomas P. Hughes und insbesondere seine Monographie *Networks of Power*, eine internationale Vergleichsstudie zur Entstehung des Elektrizitätssystems. Hughes beschäftigt sich zwar mit einem Phänomenbereich, den man später als Infrastruktur bezeichnet hat, benutzt aber mit *Technological System* einen anderen Begriff, den er wie folgt definiert: „A system is constituted of related parts or components. These components are connected by a network, or structure, which for the student of systems may be of more interest than the components. The interconnected components of technical systems are often centrally controlled, and usually the limits of the system are established by the extent of this control. Controls are exercised in order to optimize the system's performance and to direct the system towards the achievement of goals. The goal of an electric production system, for example, is to transform available energy supply, or input, into desired output or demand. Because the components are related by the network of interconnections, the state, or activity, of one component influences the state, or activity, of other components in the system.“ (Hughes 1993 [1983]: 5)¹³

Große technische Systeme besitzen auch Hughes zufolge einen doppelten Umweltbezug: einen sozialen Kontext, der sie unterstützt, und einen, den sie unterstützen (Hughes 1987: 53), den man in anderer Terminologie auch als Aufrechterhaltungs- und Nutzungskontext bezeichnen könnte.¹⁴ Die Stärke von Hughes' Arbeiten besteht darin, dass seine Analyse nicht bei der Sachtechnik stehenbleibt, sondern technische und soziale Komponenten gleichermaßen mit einbezieht und hervorhebt. Beim Aufbau solcher Systeme (*System Building*) kä-

begriffsgeschichtliche Analyse in van Laak (1999). Siehe zu den mit Infrastrukturen der Daseinsvorsorge verbundenen ungleichheitssoziologischen Fragestellungen Barlösius (2009: 24).

- 13 In der Frühphase der sozialwissenschaftlichen Untersuchung von Infrastrukturen war die Terminologie zunächst uneinheitlich. Neben dem Infrastrukturbegriff wurden auch Begriffe wie *Large Technical Systems*, *Large Technical Networks* und *Large Technical Projects* verwendet, so dass der Infrastrukturbegriff zudem von Technologien unterschieden werden musste, die in einem allgemeinen Sinne komplex sind (etwa Perrow 1998: 96ff.). Siehe auch die Aufarbeitung der verschiedenen Begriffe in Joerges (1996b).
- 14 Die Figur eines doppelten Umweltbezugs ist uns bereits weiter oben bei der Darstellung von Technik als Dualität von Ressourcen und Routinen begegnet. Die beiden sozialen Kontexte wurden dort aufgrund des jeweils vorhandenen Wissens (Expertenwissen vs. Regelwissen zum Abruf der Leistungen von Expertensystemen) unterschieden.

me es darauf an, sachtechnische Apparaturen und soziale Organisation in gelungener Weise aufeinander abzustimmen. Artefakte und Akteure würden sich dabei vor allen Dingen mit Blick auf die Freiheitsgrade, die für sie innerhalb des Systems bestehen, unterscheiden (ebd.: 54). Der Hauptteil des Werks beschäftigt sich mit der Frage, wie *Technological Systems* aufgebaut werden und wie ihre weitere Entwicklung zu fassen ist. Dazu entwickelt Hughes in Auseinandersetzung mit der ökonomischen Innovationstheorie¹⁵ einen Begriffsapparat für die Untersuchung verschiedener Entwicklungsphasen, die „invention“, „development“, „innovation“, „technology transfer“, „technological style“, „growth, competition and consultation“ sowie „momentum“ umfasst (Hughes 1993 [1983]: 1987). Im Unterschied zur neoklassischen Innovationstheorie vertritt Hughes nicht die Vorstellung einer linearen Abfolge, sondern geht davon aus, dass Phasen wiederholt durchlaufen werden können.¹⁶

Im Folgenden möchte ich nicht weiter auf die materialreiche und lesenswerte Analyse von Hughes zu *System Builders* und den von ihnen geschaffenen technischen Infrastrukturen eingehen, sondern auf die Frage fokussieren, wie er den Begriff des *Technological System* bestimmt. Im obigen Zitat nennt er dazu drei Merkmale: Die über Beziehungen verbundenen Komponenten (1), die Reichweite von Kontrolle innerhalb des Systems (2) und das Systemziel (3), das er im Fall des Elektrizitätssystems als „Energieversorgung“ bestimmt. Leider überzeugt keines der drei als Kriterien zur Abgrenzung des hier gemeinten Systemtyps. Die Bestimmung der Grenzen von *Technological Systems* durch die Beziehungen zwischen Komponenten wäre dann praktikabel, wenn es eine Diskontinuität gäbe, in dem Beziehungen beginnen bzw. abbrechen würden. Das Nachverfolgen

15 Gemeint ist das Phasenmodell „Invention – Innovation – Diffusion“ der neoklassischen Innovationstheorie, die üblicherweise mit Josef Schumpeter (1946) in Verbindung gebracht wird. Vgl. zu den Ursprüngen der Theorie Godin (2008).

16 Eine weitere Stärke von Hughes' Theorie der Entwicklung von *Technological Systems* besteht darin, dass man mit ihr sowohl radikalen als auch inkrementellen Wandel konzeptualisieren kann. Phasen radikalen Wandels sind im Zuge der Systemgenese anzutreffen, wenn also auf der Grundlage neuer Technologien und einem Netzwerk von Akteuren große technische Systeme entstehen. Während der weiteren Entwicklung sind neben der Reifung des Systems (inkrementeller Wandel) auch grundlegendere Anomalien im Bereich der Sachtechnik oder Organisation des technischen Systems zu beobachten, die mit der Entwicklung anderer Komponenten nicht Schritt halten können. Diese können zu weiterer Innovationsaktivität führen und radikalen technischen Wandel in Sinne einer grundlegenden Neugestaltung des Systems auslösen.

von Beziehungen zwischen Komponenten führt aber unweigerlich in einen Ursachen-Wirkungsregress, da jede Komponente in Beziehung mit anderen Dingen steht. Um bei Hughes' Beispiel zu bleiben: Die Elektrizitätserzeugung steht in Beziehung mit dem Kohlebergbau, dieser wiederum mit dem Bergbauwesen an Hochschulen, dies mit Sekretariaten, Papier- und Bleistiftfabrikanten und diese wiederum mit der Holzwirtschaft usw. Das Nicht-Weiterverfolgen der Beziehungen zwischen Komponenten ergibt sich also nicht daraus, dass sie an einer vermeintlichen Systemgrenze abbrechen, sondern aufgrund von Entscheidungen eines Beobachters, Beziehungen nicht mehr als relevant zu betrachten. Einen ähnlichen Einwand kann man gegen das dritte Kriterium des „Systemziels“ vorbringen. Seine Anwendung würde voraussetzen, zwischen Komponenten, die der Zielerreichung unmittelbar dienen, und solchen, die lediglich Voraussetzung und damit solchen Komponenten vorgelagert sind, unterscheiden zu können. Die Willkürlichkeit bei der praktischen Anwendung des Kriteriums wird aber spätestens dann wieder offenkundig, wenn es um die von einer Infrastruktur genutzte Energie geht.¹⁷ Es erscheint nicht plausibel, diese der Infrastruktur zuzuschlagen, die von ihr nicht zu separierenden Kabel, Kraftwerke und Leitungen, die eine Infrastruktur versorgen, aber nicht. Auch in ihnen ist das Systemziel gegenwärtig. Das Abgrenzungsproblem besteht also darin: Nicht nur Wissenschaft, Technik, Institutionen und Akteure bilden im Rahmen eines Großen Technischen Systems ein *Seamless Web* (Hughes 1986) – die Nahtlosigkeit ist auch im Übergangsbereich zwischen Großen Technischen Systemen anzutreffen.

Bleibt noch das zweite Kriterium: die Reichweite an Kontrolle. Dieses ist als allgemeines Grenzkriterium ungeeignet, da es in seiner Eignung zumindest von spezifischen Eigenschaften des Systems abhängig ist. In einem zentralen System wie der Eisenbahn, bei dem sämtliche Systemkomponenten von einer Organisation zentral gesteuert und koordiniert werden (Salsbury 1988: 40f.), leuchtet dieses Kriterium vielleicht noch ein. Im Fall des Straßenverkehrs führt es zu dem wenig plausiblen Ergebnis, Elemente wie Verkehrswege und die allgemeine Straßenverkehrsordnung zum System hinzuzuzählen, andere funktionsnotwendige Komponenten wie Fahrzeuge der Tendenz nach auszuklammern, da diese dezentral kontrolliert werden.

Die Perspektive von Hughes war prägend für eine erste Phase der Beschäftigung mit der Rolle von Infrastruktursystemen in der Gesellschaft (Mayntz

17 Im Fall der Wasserversorgung die Energie für Pumpen, im Fall der Eisenbahn die Energie zum Betrieb der Fahrzeuge und der Signaltechnik und im Fall des Telefonnetzes die Energie zum Betrieb von Mikrofonen, Lautsprechern und Schaltstationen.

1988b; van Laak 2005: 84f.) sowie ihrer Genese und Entwicklungsdynamik (Jørges 1996a; 1996b) und hat ein facettenreiches Forschungsfeld eröffnet.¹⁸ Den dabei entstandenen Arbeiten ist ein substantialistisches Verständnis von Infrastrukturen gemein: Infrastrukturen werden hier als ein Arrangement von sozialen und technischen Komponenten verstanden, die unzweifelhaft als miteinander in Beziehung stehend erkannt werden können und durch gemeinsame Ziele und ein weitgehend homogenes Kontrollregime integriert werden. Die Position vermeidet zwar eines der Defizite des oben dargestellten wissenschaftspolitischen Infrastrukturbegriffs – die Fokussierung auf sachtechnische Komponenten und eine Tendenz zur Vernachlässigung sozialer Bestandteile –, löst aber keineswegs das Abgrenzungsproblem. Die Gestalt der Infrastruktur bleibt auch hier unscharf.

3.3 SOZIOLOGISCHER INFRASTRUKTURBEGRIFF 2: RELATIONALES VERSTÄNDNIS

Die Abgrenzungsprobleme des substantialistischen Verständnisses¹⁹ bilden den Ausgangspunkt für die Überlegungen zum Infrastrukturbegriff von Susan Leigh Star und anderen: „Common metaphors present infrastructure as a substrate: something upon which something else „runs“ or „operates“, such as something that is built and maintained, and which then sinks into an invisible background. It is something that is just there, ready-to-hand, completely transparent.“ (Star und Ruhleder 1996: 112) Star et al. verwerfen daher die Vorstellung, ein Arrangement stelle von sich aus eine Infrastruktur dar – vielmehr könne von „Infrastruktur“ nur im Kontext einer organisierten Praxis gesprochen werden. Es komme demnach nicht darauf an, wie Komponenten und die Beziehungen zwischen ihnen beschaffen sind, sondern auf die Relation zu einer Verwendungspraxis. „One person’s infrastructure is another’s topic, or difficulty [...]. So within a given cultural context, the cook considers the water system as working infra-

-
- 18 Einen Überblick über Fragestellungen und Schwerpunkte der Infrastrukturforschung findet sich in van Laak (2001: 371–390) und Ribes und Lee (2010: 234–237).
 - 19 Zweifel an der Angemessenheit eines substantialistischen Verständnisses kommen auch durch die Beobachtung auf, dass sich das Verständnis im Zeitverlauf ändert, welche „Einrichtungen oder Dienstleistungen als Infrastruktur bezeichnet werden“ (Barlösius und Neu 2012: 8). Daneben verändern sich auch Vorstellungen bezüglich der Daseinsvorsorge durch Infrastrukturen – von einer Ausstattung des Raums mit Infrastrukturen hin zur Sicherstellung des Zugangs und der Erreichbarkeit (Barlösius und Schröder 2012: 70).

structure integral to making dinner. For the city planner or the plumber, it is a variable in a complex planning process or a target for repair.“ (Star 1999: 380) Die Vertreter dieser Position sehen die Stärke der relationalen Perspektive darin, dass sie die vermutlich nie endgültig zu klärende Frage unterläuft, was im Kern eine Infrastruktur „ist“ (Ribes und Lee 2010: 234).²⁰ Ihrer Perspektive nach stellt sich das Problem in dieser Form gar nicht, da davon ausgegangen wird, dass ein Arrangement nur im Kontext einer Praxis als eine Infrastruktur erscheint. Der Bezug zu dieser Praxis hat dann gleichzeitig leitende Funktion für die Analyse. Praxen geben gewissermaßen den Zuschnitt von Realität vor, der zum Gegenstand der Untersuchung gemacht wird.

Diese Perspektivänderung hat keineswegs zur Folge, auf die Bestimmung der Merkmale von Infrastrukturen verzichten zu müssen. Infrastrukturen sind Arrangements aus technischen, sozialen und organisationalen Komponenten und, wie bereits bemerkt, eingebettet in soziale Praxen ihrer Nutzung (Karasti et al. 2010: 380). Sie müssen nicht für jede Verwendung neu erfunden oder arrangiert werden, reichen also über einzelne Ereignisse und über einen lokalen Verwendungs- zusammenhang hinaus. Charakteristisch ist ihre wechselseitige Verknüpfung mit Konventionen. Infrastrukturen prägen diese, werden aber auch umgekehrt von Konventionen geformt (Star 1999: 381). In ihrer Verwendung zeichnen sie sich durch Transparenz aus, indem sie die Erledigung von Aufgaben unterstützen und dabei in den Hintergrund treten. Aufgehoben wird die Transparenz in Fällen des Zusammenbruchs oder bei der Fehlfunktion von Infrastrukturen (Star und Ruhleder 1996: 113), in denen sie und die Bedeutung für die soziale Praxis erst sichtbar werden.²¹ Zudem sind sie mit anderen Infrastrukturen über standardisierte Schnittstellen verbunden (ebd.; Star 1999: 382; zusammenfassend Bowker 1996: 49; Karasti et al. 2010: 382f.; Dourish und Bell 2007: 416).

Bei der relationalen Perspektive handelt es sich um ein soziologisch brauchbares Konzept, das breit angelegt ist und nicht nur zur Analyse von Praxen genutzt werden kann, in denen computerbasierte Informations- und Kommunikationstechnologien als Infrastrukturen wirksam werden. Die Abwendung von der substantialistischen Perspektive offeriert zumindest auf den ersten Blick eine Lösung auf das Abgrenzungsproblem, indem auf den Nutzungszusammenhang verwiesen wird, in dem die Leistungen eines Arrangements mobilisiert werden.

20 Diese Perspektive wird auch als pragmatisch bezeichnet, indem danach gefragt wird, ob ein analytischer Gewinn damit verbunden ist, ein Phänomen als Infrastruktur zu untersuchen (Ribes und Lee 2010: 234).

21 Evidenz für die These des Sichtbarwerdens von Infrastrukturen im Fall von Störereignissen und Zusammenbrüchen liefern die Beispiele in Graham (2010).

Konzipiert man Infrastruktur als eine kontextabhängige Trägerstruktur, so kann die empirische Analyse dann zeigen, welche technischen, sozialen und organisatorischen Komponenten in einer Praxis auftreten und relevant sind. Allerdings bringt auch diese Perspektive einige Probleme mit sich, von denen hier zwei genannt werden sollen: Erstens tendieren die Vertreter der Position durch die starke Akzentuierung der Relationalität dazu, das Kind mit dem Bade auszuschütten. Nicht zuletzt aus Gründen der Abgrenzung von der substantialistischen Perspektive betonen sie die Abhängigkeit der Infrastrukturhaftigkeit eines Arrangements von der Praxis so stark, dass die Möglichkeit in den Hintergrund tritt, diese Eigenschaft könnte auch *außerhalb* dieser Praxis von Bedeutung sein. Gerade mit Blick auf den Kontext der Aufrechterhaltung, der sowohl im wissenschaftspolitischen Verständnis als auch von der substantialistischen Perspektive als zweiter Bezug von Infrastrukturen hervorgehoben wird, spielt dies jedoch eine Rolle. Dort werden Arrangements zwar selbst nicht als Infrastrukturen genutzt, deren Infrastrukturhaftigkeit für andere Praxen wird aber sehr wohl antizipiert. Wäre dies nicht der Fall, ließe sich kaum erklären, weswegen beispielsweise im Fall eines Blackouts eines Stromnetzes mit Hochdruck an der Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit gearbeitet wird. Die Infrastrukturhaftigkeit eines Arrangements für eine Praxis ist daher auch außerhalb dieser sozial von Bedeutung.

Zweitens löst die relationale Perspektive das Problem der Abgrenzung von Infrastrukturen nicht einfach auf, sondern sie leistet eine Problemverschiebung.²² Im Rahmen eines relationalen Verständnisses von Infrastrukturen kann das Abgrenzungsproblem aber immerhin als empirisches Problem behandelt werden. An Stelle einer vorab erfolgenden, von Kriterien geleiteten Bestimmung, was zu einer Infrastruktur zählt und was nicht, tritt die empirisch zu klärende Frage, bei welchem im Rahmen einer Praxis genutzten Arrangement ein analytischer Gewinn damit verbunden ist, es als Infrastruktur zu analysieren. Aber auch ein solches Vorgehen benötigt einen Fixpunkt. An die Stelle des Problems der *Abgrenzung einer Infrastruktur* tritt die Notwendigkeit, die *Grenzen einer Praxis* zu bestimmen.

22 Diese können durchaus produktiv sein, sofern damit ein nicht zu lösendes Problem in ein lösbares transformiert wird.

3.4 SCHLUSS

Abschließend soll ausgehend von der bisherigen Theoriearbeit das für die Arbeit leitende Verständnis von Infrastrukturen formuliert werden: In Anknüpfung an die Überlegungen aus dem vorangegangenen Kapitel werden Infrastrukturen als ein Spezialfall von Technik als Dualität von Ressourcen und Routinen verstanden. Bei Infrastrukturen findet sich dasselbe Muster einer doppelten Einbettung in soziale Strukturen: Auf der einen Seite stellt ein Expertentum auf der Basis von Regeln bestimmte Ereigniszusammenhänge bereit und garantiert deren Aufrechterhaltung im Zuge der Nutzung. Wie dem wissenschaftspolitischen Verständnis zu entnehmen ist, sind Aufbau und Wartung mit einer Reihe von Problemen verbunden, deren Ursachen nicht zuletzt in der Komplexität der Arrangements und in der Einpassung in den Kontext der Nutzung liegen. Komplexitätsverursachend ist daneben aber auch die Verknüpfung mit anderen Infrastrukturen auf der Grundlage von Standards.²³ Dem wissenschaftspolitischen Verständnis von Infrastrukturen folgend spielen Organisationen für die Aufrechterhaltung von Ereigniszusammenhängen eine zentrale Rolle, und zu ergänzen ist, dass sich diese durch ihre Leistungen für die Entwicklung und Wartung der Infrastruktur legitimieren. Auf der anderen Seite werden Infrastrukturen zu Handlungsressourcen, indem Nutzer im Rahmen von Routinen auf diese zugreifen. Die Routinen setzen sich wiederum aus spezifischen Regeln zusammen, mit denen die Expertensystemleistungen aktiviert werden, und aus Gepflogenheiten, die Freiheitsgrade markieren.²⁴

Wie unterscheidet sich nun aber der allgemeine Begriff von Technik vom spezifischeren der Infrastruktur? An diesem Punkt ist die Denkfigur der relationalen Perspektive von Bedeutung, die den Verwendungskontext fokussiert. Sinnvollerweise sollte nur dann von Infrastruktur gesprochen werden, wenn die Verwendung in einer bestimmten Breite erfolgt, die Reichweite des Arrangements in der Sozialdimension also beachtenswert ist. Im Konzept von Star (1999) und anderen (Star/Ruhleder 1996) wurde die Größenordnung der Verwendung mit Bezug auf den Begriff der Praxis bestimmt, der eine gewisse Ver-

23 Im Fall digitaler Infrastrukturen wäre hier an erster Stelle an die Internetprotokolle und die Protokolle der unterschiedlichen Internetdienste, aber auch an Schnittstellen zwischen verschiedenen Plattformen zu denken.

24 Es sollte deutlich geworden sein, dass diese Unterscheidung zwischen der Bereitstellung und Nutzung von Ereigniszusammenhängen ihre Entsprechung in den Vorstellungen eines doppelten Umweltbezugs im substantialistischen Verständnis von Infrastrukturen findet.

breitung in der Sozialdimension über einen einzelnen Akteur hinaus und durch eine gewisse zeitliche Stabilität impliziert. Das hier vertretene Verständnis greift die erste Überlegung zur sozialen Reichweite der Verwendung auf und zielt darauf, diese im Rahmen der Theorie gesellschaftlicher Differenzierung fruchtbar zu machen. Dabei sollen zwei Fälle unterschieden werden:

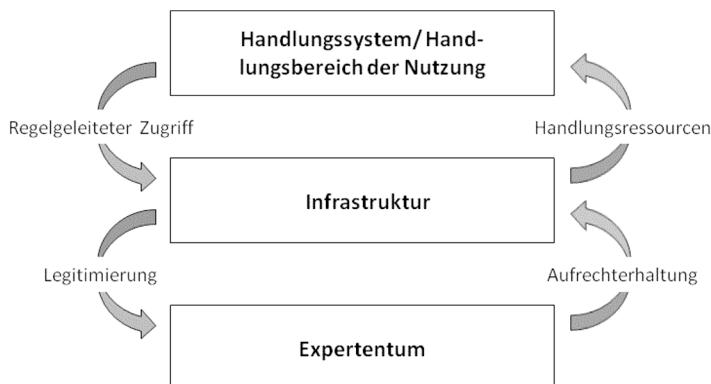
Erstens unterstützen Infrastrukturen ganze Handlungssysteme, die sich durch einen gemeinsamen Sinnbezug auszeichnen und deren Handlungen wechselseitig aneinander orientiert sind. Die Bestimmung, ob ein Arrangement Infrastrukturqualität hat, erfolgt also unter Bezugnahme auf das Handlungssystem, für das Ressourcen bereitgestellt werden. Solche Systeme können gesellschaftliche Teilsysteme oder Organisationen sein. Beispiele sind das eingangs erwähnte *Scopic System* der Finanzmärkte, aber auch E-Commerce-Plattformen und der hier interessierende Fall der Publikationsinfrastruktur der Wissenschaft.²⁵ Daneben ist es aber auch zweitens möglich, dass ein Arrangement in einem Handlungsbereich massenhaft individuell genutzt wird, ohne dass die Handlungen eines Akteurs auf die eines anderen Akteurs bezogen sind. Zu denken wäre hier beispielsweise an den eingangs beschriebenen Fall der Suchmaschinen, die von Akteuren häufig isoliert und an eigenen Informationsbedürfnissen orientiert unter weitgehender Abwesenheit von Interferenzen des Handelns anderer Akteure genutzt werden. Im Unterschied zum erstgenannten Fall hängt hier die Infrastrukturaftigkeit nicht an seinem Verhältnis zu bestimmten Typen von sozialen Kriterien – und damit an einem qualitativen Kriterium –, sondern an dem schieren Umfang der Nutzung des Arrangements. Die Zurechnung des ersten Typus ist daher eindeutiger als beim zweiten Typus der massenhaften Einzelnutzung. Die nachstehende Abbildung 3.1, die als eine Heuristik mit analytischen Unterscheidungen verstanden werden sollte, fasst die bisherigen Überlegungen zum Infrastrukturbegriff zusammen.

Kommt man auf den Ausgangspunkt des Kapitels zurück – die Frage nach den Besonderheiten der Digitalität –, so ist zunächst ihre Infrastrukturaftigkeit hervorzuheben. Sie unterscheidet sich von anderen Infrastrukturen dadurch, dass sie mit *elektronischem Datenaustausch* eine von anderen Infrastrukturen unterscheidbare Art von Ressource bereitstellt und dafür eine spezifische sachtechnische Infrastruktur zum Einsatz kommt. Im Grundsatz stellt die digitale Infrastruktur zunächst ähnlich universell nutzbare Ressourcen bereit wie beispielsweise das Verkehrssystem oder das Stromnetz: Der elektronische Datenverkehr wird zum Online-Shopping, zur Wahl politischer Repräsentanten, zur Information über Krankheiten oder zur Suche nach Partnern für eine Intimbeziehung in

25 Siehe hierzu Kap. 5.

ähnlich vielfältiger Weise genutzt wie die Stromversorgung, mit der Produktionsmaschinen gesteuert, Plenarsäle beleuchtet, Intensivstationen betrieben und romantische Abendessen zubereitet werden.

Abbildung 3.1: Schematisches Infrastrukturmodell



Im Unterschied zu anderen Infrastrukturen beinhalten digitale Infrastrukturen nicht nur universell nutzbare Dienste – wie E-Mail, World Wide Web oder File Transfer Protocol (FTP) –, sondern daneben auch solche, die auf die Anforderungen und Bedürfnisse recht spezifischer Nutzungskontexte eingerichtet sind. Man denke hier etwa an Verkaufsplattformen für Flugzeuge²⁶, Selbsthilfegruppen für Menschen mit seltenen Erkrankungen²⁷, die politische Beteiligungsplattform für eine Kommune wie Troisdorf²⁸ oder eine Partnerbörs für Christen²⁹. Sofern man weder über einen Pilotenschein verfügt, keine seltene Krankheit hat, nicht auf der Suche nach Partnern mit ausgeprägten religiösen Präferenzen ist und auch nicht in Troisdorf wohnt, sind diese Infrastrukturen und die von ihnen bereitgestellten Ressourcen uninteressant. Die genaue Abstimmung der Infrastruktur auf die Anforderungen eines speziellen Anwendungskontexts und die Bereitstellung entsprechender Ressourcen scheinen Merkmale digitaler Infrastrukturen zu sein, die im Fall anderer Infrastrukturen nicht anzutreffen sind.

26 <https://www.aircraft24.de> (Zugriff am 18. April 2017).

27 <http://www.achse-online.de> (Zugriff am 18. April 2017).

28 <https://www.troisdorf-gestalten.de> (Zugriff am 18. April 2017).

29 <https://www.christliche-partner-suche.de> (Zugriff am 18. April 2017).

Die bisherigen Überlegungen haben zu einem adäquaten Infrastrukturmodell und zur Bestimmung einiger Merkmale der Digitalität geführt, daneben aber auch weitere Fragen aufgeworfen. Bereits bei der Diskussion der relationalen Perspektive wurde festgestellt, dass sich die Infrastrukturhaftigkeit eines Arrangements erst in Bezug auf einen Anwendungskontext ergibt. Die Frage nach der Art und Beschaffenheit dieses Anwendungskontextes verstärkt sich noch einmal durch die Bemerkungen zur Spezifität der digitalen Infrastrukturen. Wie ist also der soziale Anwendungskontext beschaffen, in dem digitale Infrastrukturen wirksam werden? Die Frage verweist auf die Gesellschaftstheorie und ist leitend für die Überlegungen im anschließenden vierten Kapitel.