

Eine Theorie der Modern Commons

Vernetzte Infrastrukturentwicklung für nachhaltige Mobilität

Struktur-funktionale Systemanalyse zur Rolle und
Transformation von Infrastrukturnetzen

Der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät

der Universität Leipzig

genehmigte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades Doctor rerum politicarum

Dr. rer. pol.

von Zivilökonom Klaus Markus Hofmann

geb. 17. April 1958 in Mannheim

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. Robert Holländer

Prof. Dr. Manfred Roeber

Prof. Dr. Thomas Lenk (Vorsitzender)

Tag der Verleihung: Leipzig, 13. September 2018

Kurzfassung / Abstract

Bei der Gestaltung von Infrastruktursystemen kommt es immer wieder zu Interessenkonflikten der Akteure, für die keine Lösungsmechanismen zur Verfügung stehen. Daher besteht ein Bedarf an einem Instrumentarium, mit dem Interessen- und Zielkonflikte frühzeitig erkannt und verhandelt werden können. Zur Entwicklung eines solchen Rahmens bieten sich die flexiblen Prinzipien der Commons Governance an. Am Gegenstand der mehrstufigen Infrastrukturnetze für Verkehr, Energie und Telekommunikation überträgt diese Arbeit die Erkenntnisse der Commons-Forschung für sozial-ökologische Systeme (SES) auf Infrastruktursysteme (STS). Aufgrund struktur-funktionaler Parallelen zwischen Commons und emergenten Infrastruktursystemen werden Letztere hier als Modern Commons konzeptualisiert. Dazu wurden die Bauprinzipien der Commons und das IAD-Framework (Ostrom 1990) für die polyzentrischen Prozesse der Infrastrukturentwicklung adaptiert. Auf Basis des AGIL-Schemas (Parsons 1961) wurden die infrakulturellen Rahmenbedingungen und Einflussfaktoren untersucht, um die Allokationsprinzipien, Legitimationsmechanismen und Systemwirkungen von Infrastrukturentwicklung hinsichtlich ihrer Wirkung auf Nachhaltigkeit zu analysieren.

Da in der Gestaltung von Infrastruktursystemen als kollektiv genutzte Kultur- und Wirtschaftsgüter Ziele und Wertvorstellungen der Gesellschaft die Rollen von Staat, Wirtschaft und Zivilgesellschaft prägen und für Entscheidungen über räumliche und ökonomische Wertallokation handlungsleitend sind, wurde ein Designmodell für einen Governance-Prozess und ein infrakultureller Analyse- und Entwicklungsrahmen (IDF) entworfen, der die Entscheidungsfindung zur Transformation von Modern Commons unterstützt, was am Beispiel nachhaltiger Mobilität demonstriert wird.

In eine ganzheitliche Analyse von Modern-Commons-Systemen sind die natürliche, technische, soziale, institutionelle und mentale Dimension von Infrastruktur sowie deren Wechselwirkungen einzubeziehen. Für mehrstufige Infrastruktursysteme lassen sich funktional die physische Plattform, die Programme und die Anwendungen als eigenständige Wertschöpfungsebenen unterscheiden, für deren Gestaltung und Betrieb neben zentralen Systemanforderungen auch dezentrale Spezifika zu berücksichtigen sind. Prioritäten und Effekte können aus Akteurs-, System- und Nachhaltigkeitsperspektive im Infrastruktur-Lebenszyklus unterschiedlich bewertet werden. Der IDF empfiehlt ein iteratives Vorgehen und Kriterien, die dazu geeignet sind, Interessenkonflikte aufzuzeigen und Beitrags- und Aneignungsdilemmata aufzulösen, und zwar insbesondere dort, wo Märkte eine nachhaltige Entwicklung von Infrastruktursystemen nicht gewährleisten können.

Abstract

In the design of infrastructure systems, conflicts of interest arise frequently, for which actors lack effective solution mechanisms. Therefore, a toolset with which conflicts of goals and interest can be identified and negotiated at an early stage is required. To develop such a framework, the flexible principles of Commons Governance according to Ostrom proved appropriate. On the research subject of multilevel infrastructure networks for transport, energy and telecommunications, this dissertation transfers findings of the commons research for socio-ecological systems (SES) to socio-technical infrastructure systems (STS). Due to structural-functional parallels between commons and emergent infrastructure systems, the latter are conceptualized here as Modern Commons. Therefore, the building principles of commons and the IAD framework (Ostrom 1990) were adapted for polycentric processes of infrastructure development. Based on the AGIL scheme (Parsons 1961), basic conditions and influencing factors were examined as an infra-cultural framework for the allocation principles, legitimation mechanisms and analysis of system-effects of infrastructure development regarding sustainability.

Design of infrastructure systems as collectively used cultural and economic goods, is shaped by societal goals and belief-systems that determine the roles of state, economy and civil society and prove decisive for decision making on spatial and economic value allocation. A design model for a governance process and an Infracultural Analysis and Development Framework (IDF) were outlined, which supports decision-making regarding the transformation of Modern Commons, as will be demonstrated by the example of sustainable mobility.

A comprehensive analysis of Modern-Commons-Systems must include interactions of the five dimensions of infrastructure, viz. their natural, technical, social, institutional and mental dimensions. In this context, the physical platform, the programs and the applications-layer can be functionally differentiated for multi-level infrastructure systems as interdependent levels of value creation. In addition to central system requirements decentralized specifics have to be taken into account for design and operation of such systems. Priorities and effects occurring in an infrastructure life cycle will be evaluated differently depending on the perspective, regarding actors, systems and sustainability. The IDF recommends an iterative approach and criteria that are suitable for identifying conflicts of interest and resolving contribution and appropriation dilemmas, especially where markets fail to ensure the sustainable development of infrastructure systems.

Inhaltsverzeichnis

I. Abbildungsverzeichnis	9
II. Tabellenverzeichnis	10
1 Einleitung und Übersicht	11
1.1 Hintergrund und Bedeutung	11
1.2 Ziele und Forschungsfragen	13
1.2.1 Zielsetzung der Arbeit	13
1.2.2 Leitende Forschungsfragen	15
1.2.3 Relevanz der Forschungsfragen	15
1.3 Aufbau der Arbeit	17
1.4 Definitionen und Themenabgrenzung	19
1.4.1 Commons und Allmende-Systeme	19
1.4.2 Infrastrukturnetze – intermediäre Systeme	21
1.4.3 Infrakultur – eine ganzheitliche Perspektive	23
1.4.4 Nachhaltigkeit – die intergenerationelle Perspektive	25
1.4.5 Theoretischer Rahmen	26
1.5 Methodik und Vorgehen	27
1.5.1 Konzeptioneller Rahmen einer polyperspektivischen Funktionsanalyse	27
1.5.2 Institutional Analysis and Development Approach (IAD)	29
1.6 Stand der Forschung	30
1.6.1 Commons-Forschung und Institutionelle Ökonomie	30
1.6.2 Infrastrukturtheorie als ganzheitliche Betrachtung	35
1.6.3 Humanökologische Perspektive und Systemtheorie	36
2 Commons als soziale Infrastruktursysteme	41
2.1 Ursprung, Bedeutung und Relevanz von Commons	41
2.2 Prinzipien und Merkmale von Commons-Systemen	46
2.2.1 Bauprinzipien von Commons-Systemen	49
2.2.2 Funktionale Typologie von Commons-Systemen	51
2.2.3 Common-Pool-Ressourcen-Plattformen und ihr Output	53
2.3 Modern Commons – eine Definition und Abgrenzung	56
2.3.1 Modern Commons als Schnittstelle zur globalen und sozialen Umwelt	63
2.3.2 Anschlussfähigkeit zu Soziologie und Psychologie	67
2.4 Physische Infrastruktur als multifunktionales Ressourcensystem	71
2.4.1 Soziale Funktion von Infrastruktur – Infrafunktionen	73
2.4.2 Infrastrukturdimensionen als Ordnungssysteme für Interaktion	78
2.4.3 Akteure und Transformation von Commons-Systemen	87

2.5	SES-Commons im Vergleich mit technischen Infrastruktursystemen (STS)...	91
2.5.1	Asynchronität und zunehmende Anonymität.....	95
2.5.2	Asymmetrie von Nutzen und Schatten.....	96
2.5.3	Systemalterung und latente Aversität gegen Innovation	97
2.5.4	Effiziente Allokation von Ressourcen und Ausschluss.....	98
2.5.5	Alienation von Systemeffekten und Systemfolgen	102
2.5.6	Anpassung und Akzeptanz von Modern-Commons-Systemen	103
2.6	Fazit: Commons-Funktionen und Dilemmata technischer Infrastrukturen	103
	3 Infrastruktur: Fundament der modernen Gesellschaft	107
3.1	Nutzen und Kosten von Infrastruktursystemen	107
3.1.1	Infrastruktursysteme im Wandel	108
3.1.2	Infrastruktursysteme - Multifunktionale Transaktionsplattformen	113
3.1.3	Infrastrukturnetze verbinden Räume und Menschen	115
3.2	Infrastruktur-Systeme und ihre Wertschöpfungsebenen	119
3.2.1	Infrastruktursysteme als vernetzte Plattformsysteme.....	119
3.2.2	Plattformbasierte Wertschöpfungsprozesse	121
3.2.3	Infrastruktur als Plattform gesellschaftlicher Entwicklung.....	133
3.2.4	Raum, Struktur und Resonanzräume	137
3.2.5	Exkurs: Semantische Evolution des Infrastrukturbegriffs	140
3.3	Epochen der infrakulturellen Ko-Evolution	143
3.3.1	Lokale Agrargemeinschaften – Räume brauchen Grenzen	145
3.3.2	Urbane Schmelztiegel: veränderte Regeln des Zusammenlebens.....	146
3.3.3	Transurbane Netzwerke: die lebendige Straße.....	147
3.3.4	Infrakulturelle Netzknoten: Skalierbarkeit einer infrakulturellen Revolution ..	151
3.3.5	Infrakulturelle Netzwerke: Verbindung von Resonanzräumen durch Medien	153
3.3.6	Industrielle Netzwerke: Massen-Mobilität und Urbanisierung.....	155
3.3.7	Automationsnetzwerke: Social Engineering einer idealen Gesellschaft	157
3.3.8	Interaktive Netzwerke: global vernetztes Leben und Arbeiten	161
3.3.9	Transformative Netzwerke: Ermächtigung der Algorithmen	161
3.4	Rollenwandel überregionaler Infrastruktursysteme	163
3.4.1	Beitrag von Infrastruktur zur Wertschöpfung.....	163
3.4.2	Dezentrale Entwicklung in überregionale Strukturen	165
3.4.3	Rollen und Dynamik der staatlichen und nicht staatlichen Akteure	168
3.5	Infrastruktur-Entwicklung und ihre Dilemmata nach Smith.....	173
3.5.1	Phase I: Bedarfs- und Nutzenermittlung	175
3.5.2	Phase II: Planung und Beteiligung.....	180

3.5.3	Phase III: Errichtung und Finanzierung.....	188
3.5.4	Phase IV: Betrieb und Nutzung	191
3.5.5	Phase V: Transformation und Ersatz.....	195
3.5.6	Phase VI: Rückbau oder Überformung	198
3.6	Grundlagen für eine Theorie der Modern Commons.....	199
3.7	Fazit: Dynamik von Infrastruktursystemen im kulturellen Kontext	204
4	Analyse- und Entwicklungsrahmen für Modern-Commons-Systeme	206
4.1	Designmodell einer ganzheitlichen Systemperspektive	211
4.1.1	Lebenszyklusanalyse und nachhaltige Bewertung.....	212
4.1.2	Synergien im Infrastruktur-Lebenszyklus.....	214
4.1.3	Synergie aus Interdependenz und Konvergenz	217
4.1.4	Anpassung der IAD-Variablen für Infrastruktur-Systeme	220
4.2	Akteursperspektive in der Infrastruktur-Entwicklung	227
4.2.1	Soziotechnische Wechselwirkungen.....	232
4.2.2	Infrakultureller Bezugsrahmen für Analyse und Entwicklung	235
4.3	Kriterien für Nachhaltigkeit am Beispiel Mobilitätssektor.....	238
4.3.1	Entwurf eines Zielsystems für Nachhaltigkeit.....	242
4.3.2	Infrastruktur Governance als revolvierender Prozess	249
4.4	Governance für eine nachhaltige Infrakultur	251
4.4.1	Beitrag der Modern-Commons-Systeme zur nachhaltigen Entwicklung.....	253
4.4.2	Sektorübergreifende Gestaltung von Modern-Commons-Systemen	258
4.4.3	Ordnungsebenen einer systemverbindenden Governance	260
4.5	Förderung nachhaltiger Mobilitätskultur mittels IDF	264
4.6	Fazit: Leitplanken für eine nachhaltige Infrakultur.....	270
5	Zusammenfassung und Implikationen	273
5.1	Kernaussagen und Ausblick	273
5.1.1	Beantwortung der Forschungsfragen.....	277
5.2	Implikationen für eine nachhaltige Transformation im Verkehrssektor	278
5.3	Forschungsbedarf zu nachhaltiger Infrakultur.....	280
5.3.1	Infrakultur- und Allmende-Forschung.....	280
5.3.2	Nachhaltigkeits-Forschung	281
5.3.3	Sektorübergreifende Mobilitätsforschung	281
5.4	Kritische Reflexion.....	282
	Literaturverzeichnis.....	284
	Anhang I Symposien und Vorträge im Kontext dieser Arbeit (Auszug)	318
	Anhang II Abkürzungsverzeichnis	319

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Güterarten nach Ausschließbarkeit und Rivalität	20
Abbildung 2: Methoden und Vorgehen Quelle: Eigene Darstellung	28
Abbildung 3: Sozialökologisches Transaktionsmodell (Makro-Ebene).....	39
Abbildung 4: Übersicht Global Commons.....	52
Abbildung 5: Infracfunktionen und infrakultureller Kontext.....	76
Abbildung 6: Infrastruktur-Dimensionen (Illustration).....	85
Abbildung 7: Governance-Parameter für Infrastruktur-Ressourcensysteme	120
Abbildung 8: Treiber der Transformation von Infrastruktursystemen	135
Abbildung 9: Übersicht Akteursbeziehungen im öffentlichen Verkehr.....	170
Abbildung 10: Typischer Lebenszyklus Infrastruktursysteme (exemplarisch Verkehr)	175
Abbildung 11: Anpassungsdynamik von Infrastruktur Funktionsebenen	196
Abbildung 12: Perspektiven zur vernetzten Infrastruktur-Entwicklung.....	207
Abbildung 13: Governance im technischen Lebenszyklus (Beispiel Verkehr).....	213
Abbildung 14: Interaktionsprozesse der Modern-Commons-Governance.....	222
Abbildung 15: AGIL-Schema für Infrastruktur-Entwicklung.....	230
Abbildung 16: Rahmen und Transformation der Modern Commons.....	236
Abbildung 17: IDF Governance-Kriterien für nachhaltige Infrastruktur-Entwicklung	247
Abbildung 18: Governance-Prozesse für Modern Commons.....	250
Abbildung 19: Infrakultureller Bezugsrahmen für Analyse und Entwicklung (IDF).....	257
Abbildung 20: Infrastruktur-Ebenen, Akteure und Ordnungsebenen (exemplarisch).....	263
Abbildung 21: Einflussfaktoren auf nachhaltige Mobilität.....	267
Abbildung 22: Schematische Darstellung IDF Analyse- und Entwicklungsrahmen	271

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erweiterte Infrastrukturtypologie und Infrastruktursektoren	24
Tabelle 2: Abgrenzung Themenrahmen Quelle: Eigene Darstellung	27
Tabelle 3: IAD-Governance-Variablen für sozialökologische Systeme	48
Tabelle 4: Differenzierungsmerkmale der Commons-Typen.....	53
Tabelle 5: Materielle Infrastruktur zur Deckung der Daseins-Erfordernisse	55
Tabelle 6: Eigentumsrechte für Modern Commons (Beispiele in Klammern)	59
Tabelle 7: Komplementäre Infrastruktur-Dimensionen und Infracfunktionen	88
Tabelle 8: IAD-Dimensionen für Modern Commons (exemplarische Hinterlegung)	90
Tabelle 9: Unterschiede von Commons-Ressourcensystemen	92
Tabelle 10: Dilemma-Struktur unterschiedlicher Commons-Typen	94
Tabelle 11: Infrastruktursektoren und -typologie (örtliche Beispiele).....	111
Tabelle 12: Infrastruktur als sektorverbindende Systemebenen (Beispiele).....	123
Tabelle 13: Reichweite von technischen Infrastruktursystemen.....	139
Tabelle 14: Epochen der Ko-Evolution von Infracultur und Infrastrukturplattformen.....	159
Tabelle 15: Ko-Evolution von Infrastruktur, Reichweiten und Systemdynamik.....	164
Tabelle 16: Zuständigkeiten für Infrastruktur in Ministerien (Länder)	169
Tabelle 17: Interaktionsgrad mit Modern-Commons-Akteuren.....	172
Tabelle 18: Designmodell für Transformationsprozesse von Modern Commons	212
Tabelle 19: Synergiepotenziale in Planung und Betrieb	215
Tabelle 20: Erweiterte IAD-Governance-Variablen für Modern Commons.....	223
Tabelle 21: Dilemmata und Gestaltungsebenen.....	233
Tabelle 22: Sektorübergreifende Gestaltung von Infrastruktur für Elektromobilität	259

1 Einleitung und Übersicht

1.1 Hintergrund und Bedeutung

Infrastruktur prägt das Zusammenleben von Menschen in einer modernen Gesellschaft. Infrastrukturnetze ermöglichen das arbeitsteilige Zusammenwirken in einer globalisierten Wirtschaft, schaffen Möglichkeitsräume und fördern soziale Beziehungen von Gruppen und Individuen. Darüber hinaus bestimmen Infrastruktursysteme maßgeblich die anthropogenen Wechselwirkungen zwischen Zivilisation und natürlicher Umwelt. Die Funktionen gemeinschaftlich geschaffener und genutzter Infrastruktursysteme und der Zugang zu diesen Leistungen sind sowohl Fundament menschlichen Daseins in der Moderne als auch Katalysator für die kulturelle, soziale und wirtschaftliche Entwicklung sowie die Anpassungsfähigkeit einer Gesellschaft. Deshalb werden mehrstufige Infrastrukturnetze in der vorliegenden Arbeit als Commons-Systeme beschrieben, in erster Linie somit als gesellschaftliches Kapital und soziale Netzwerke, die kulturelle wie ökonomische Erwartungen und Beziehungen abbilden und dazu dienen, Menschen und Räume dauerhaft miteinander zu verbinden. „Die Allmenden von Heute sind unsere Netze – das Verkehrsnetz, das Energienetz, Telekommunikationsnetze und das Internet.“¹

Infrastruktursysteme von heute sind ein emergentes, über Generationen gereiftes soziotechnisches Konglomerat, das niemand in seiner Gesamtheit geplant hat. Infrastrukturentwicklung ist jedoch nicht allein eine technische oder wirtschaftliche Frage, sondern stellt eine dauerhafte zivilisatorische Gestaltungsaufgabe mit sich verändernden Anforderungen dar: Der demographische Wandel mit gegenläufiger Dynamik in Ballungsgebieten und in ländlichen Räumen, die Konsequenzen aus der deutschen Energiewende und den klimapolitischen Beschlüssen² zur Dekarbonisierung sowie ein kontinuierlich steigendes Handels- und Transportvolumen führen zu einem erhöhten Anpassungsbedarf für Infrastrukturnetze. Gleichzeitig ermöglicht die zunehmende digitale Vernetzung neue Wertschöpfungsprozesse- und Geschäftsmodelle – auch im Infrastruktursektor –, was mit sektorübergreifenden Anforderungen wie Integrität und Resilienz von alltags- und sicherheitsrelevanten Infrastruktursystemen verbunden ist. Vor diesem Hintergrund scheint es dringend geboten, die traditionell geprägte Entwicklung von (öffentlichen) Infrastrukturnetzen als soziotechnische Systeme theoretisch neu zu durchdenken.

Die Bundesregierung plant bis 2030 Investitionen in Höhe von ca. 390 Mrd. Euro für die Modernisierung und den Ausbau der Infrastrukturnetze für Verkehr sowie Energie- und Breitbandversorgung,³ die überwiegend durch öffentliche Haushalte finanziert werden. Steigende Staatsausgaben und die Schuldenbremse verknappen jedoch die öffentlichen

¹ Knieps, Wambach 2015.

² UN Klimagipfel Paris 2015.

³ Quellen: BMVI (BVWP 2030), BMWI (Netzausbauplan 2014 und WIK Studie 2014).

Mittel, was die Rivalität um öffentliche Investitionen steigert. Deshalb ist sowohl eine volkswirtschaftlich effiziente Priorisierung der Infrastrukturinvestitionen als auch eine transparente Allokationspolitik gesellschaftlich wie wissenschaftlich von hoher Relevanz.

Die *Theorie der Modern Commons* – so soll in vorliegender Arbeit gezeigt werden – ermöglicht es, Planung, Errichtung, Betrieb und Anpassung von öffentlich zugänglichen Infrastruktursystemen in einem definierten Raum sektorübergreifend zu analysieren und nachhaltig zu gestalten. Diese übergreifende Theorie erfasst wirtschaftliche, technische, soziale, kulturelle und ökologische Aspekte und Anforderungen der Infrastrukturplanung, macht sie transparent und bietet die systematische Grundlage dafür, in einem übergeordneten politischen, wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Kontext Optionen zu vergleichen und Opportunitäten zu bewerten. Dadurch können Planungs-, Kommunikations- und Entscheidungsprozesse im Sinne der Nachhaltigkeit optimiert und irreversible Fehlallokationen vermieden werden. Die zu erarbeitende Übertragung der Commons-Theorie auf Infrastrukturnetze und ihre Planung unterstützen systematisch die Kommunikation der beteiligten Akteure und können mit transparenten Kriterien zu einer effizienten Entscheidungsfindung und somit einer Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz und Nachhaltigkeit von Infrastruktur-Entwicklung beitragen.

Es liegt nahe, Infrastruktur – kontextuell „gewachsen“ zwischen staatlichem Gestaltungswillen, Marktkräften und zivilgesellschaftlichen Akteuren in ihren spezifischen Geographischen Voraussetzungen – wirtschaftsgeschichtlich als ein polyzentrisches Ressourcensystem, als Commons, zu verstehen. Deshalb soll untersucht werden, inwieweit sich die Erkenntnisse von Elinor Ostroms⁴ überwiegend auf lokale Common-Pool-Ressourcensysteme (CPR) gerichteter Forschung auf flächendeckende Infrastrukturnetze und deren jeweilige Akteure und Institutionen übertragen lassen und zu einer nachhaltigen Transformation dieser Systeme beitragen können. Der Commons-Begriff bezieht sich bei Ostrom nicht allein auf ein spezifisches Ressourcensystem, sondern explizit auf das damit verbundene Beziehungssystem von Akteuren (Commoning).⁵ Die Regelwerke und Governance-Prinzipien zur Nutzung, Erhaltung und Entwicklung gemeinsam genutzter CPR-Systeme scheinen weitgehend auf technische Infrastruktur-Systeme übertragbar.

Infrastruktur war Anfang des 21. Jahrhunderts noch ein wenig beachtetes „Aschenputtel-Thema“.⁶ Als eine Folge der Energiewende hat sich über die Akzeptanz des Ausbaus der Energienetze ebenso wie über Investitionen in Infrastruktur-Großprojekte und den Zustand der Verkehrsinfrastruktur ein öffentlicher Diskurs entwickelt. Darüber hinaus entstand eine Debatte um die Entwicklung zukunftsfähiger Verkehrssysteme (z. B.

⁴ Ostrom 1990.

⁵ Ostrom 1999 S. 244.

⁶ Graham, Marvin 2001. S. 18.

Elektromobilität, öffentliche Mobilität und autonomes Fahren) sowie um die Zumutbarkeit infrastrukturbedingter Externalitäten wie Lärm (z. B. Verkehr, Windräder), Landschaftsverbrauch, Klimabelastung oder Staus. Bis 2030 besteht ein Investitionsbedarf in Infrastrukturnetze von ca. 52 Billionen Dollar.⁷ Dies bietet für Ökonomen hinreichend Anlass, über eine pareto-effiziente und nachhaltige Allokation dieser Mittel und Folgekosten im Infrastruktur-Lebenszyklus nachzudenken.

Für Verkehr, Telekommunikation und Energieversorgung haben sich im Hintergrund der örtlichen Infrastruktur mehrstufige Infrastrukturnetze und Institutionen entwickelt, die eine überregionale Versorgung mit Infrastrukturleistungen und eine überörtliche Vernetzung ermöglichen. Im wechselhaften Zusammenspiel zwischen Staat und Markt haben historisch gewachsene Institutionen sektorspezifische Funktionen der Daseinsvorsorge übernommen und dafür auf den zugewiesenen Flächen räumliche Monopolnetze in Form technischer Großsysteme errichtet. Neben Arbeit und Kapital bildet also Boden für die Netzbetreiber einen unabdingbaren Produktionsfaktor, der ökonomisch als eine Art verdeckter Bodenrente⁸ anzusehen ist und sich physisch in Raumbedarf, Raumwirkung und Umwelteffekte untergliedern lässt. Werden die Netze für Telekommunikationsleistungen in Europa heute durch überwiegend private Unternehmen betrieben, betätigen sich im Energie- und Verkehrssektor sowohl private Unternehmen als Netzbetreiber als auch Organisationen mit unterschiedlichen Graden von staatlichem Einfluss und Eigentum.

Die Infrastruktur-Abhängigkeit von Wirtschaft und Gesellschaft wird von der zunehmenden Interdependenz und funktionalen Konvergenz dieser Netze verstärkt. Keiner der drei Infrastruktursektoren Energie, Verkehr und Telekommunikation könnte ohne ein Funktionieren der beiden anderen Sektoren errichtet, erhalten oder sinnvoll betrieben werden. Gleichzeitig soll betont werden, dass Infrastruktur ökonomisch immer ein intermediäres Hilfsmittel zur Erfüllung einer wirtschaftlichen, sozialen oder ökologischen Funktion ist. Infrastruktur an sich ist universell einsetzbar und ihre unterschiedlichen Funktionen und vielfältigen Zwecke sind ökonomischer und nicht ökonomischer Natur.⁹ Durch die Theorie der Modern Commons werden diese Funktionen für das soziotechnische Gesamtsystem beschrieben, bewertet und systematisch eingeordnet.

1.2 Ziele und Forschungsfragen

1.2.1 Zielsetzung der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, die Bedeutung der Infrastrukturnetze als pfadabhängig und

⁷ OECD Studie Oliver Wyman 2014.

⁸ George 1935 (1879).

⁹ Frey, 1972: S. 21.

gleichzeitig pfadbildende *Modern-Commons-Systeme* zu untersuchen, um Erkenntnisse für eine nachhaltige Transformation dieser Netze zu erlangen. Dazu wird eine technik-historische Übersicht über die Infrastruktur-Entwicklung erstellt. Im Zuge einer interdisziplinär vernetzten Betrachtung sind dabei sowohl Impulse für eine nachhaltige Infrastruktur-Entwicklung abzuleiten als auch die Zusammenhänge zwischen Infrastruktursystemen und dem kulturellen Kontext wirtschaftlicher, gesellschaftlicher und ökologischer Interaktion systematisch zu beschreiben. Im Zusammenhang mit den intermediären Funktionen der interdependenten Infrastruktursysteme für Verkehr, Energie und Kommunikation wird eine systemische Konvergenz nachgewiesen, für die vor dem Hintergrund veränderter Anforderungen eine integrierende Governance angeregt wird. Insbesondere wird untersucht, wie sich Governance-Prinzipien, die Ostrom¹⁰ für sozial-ökologische Systeme erarbeitet hat, auf soziotechnische Infrastruktursysteme anwenden lassen und worin sich soziotechnische Commons-Systeme von anderen Commons unterscheiden. Aufgrund der hohen Investitionssummen, der extrem langen Bindung von Kapital und Boden in Infrastrukturanlagen und der historisch bedingten Monopolstrukturen bildet der Infrastruktursektor ein Exempel für Marktversagen. Für infrastrukturspezifische strukturelle Dilemmata werden auf Basis der Modern-Commons-Theorie Lösungsansätze und für die Analyse von Handlungsoptionen geeignete Bewertungs-Kriterien entwickelt und verschiedene Governance-Ansätze diskutiert.

Damit die Anwendung von Commons-Prinzipien auf Nachhaltigkeit im Infrastruktursektor nicht abstrakt bleibt, wurden Aufgabestellungen, und zwar jeweils eine ökonomische, ökologische und soziale Herausforderung, ausgewählt, an denen die Anwendbarkeit der Prinzipien geprüft werden soll. Dafür werden die folgenden Fragestellungen in verschiedenen Phasen dieser Arbeit beispielhaft mit den Erkenntnissen der Theoriebildung verprobt:

- Als ökonomische Perspektive wurde die Optimierung der Prozesse der Wert-Allokation angesichts einer asymmetrischen Verteilung von Nutzen und Lasten eines Infrastrukturnetzes gewählt, wobei insbesondere die Asynchronität der Ereignisse wie Folgekosten und Externalitäten in einer intergenerationellen Perspektive Berücksichtigung findet.
- Die Problematik der politisch und gesellschaftlich zu vereinbarenden Ziele für eine nachhaltige Infrastruktur-Entwicklung sowie die gesellschaftliche Akzeptanz von Infrastrukturanpassungen bildet den Schwerpunkt der sozialen Frageperspektive.

¹⁰ Ostrom 1990.

- Die ökologische Perspektive betrachtet die infrastrukturellen Voraussetzungen, Transformationsmechanismen und Opportunitäten für die Entwicklung klimaneutraler und vernetzter Mobilitätsangebote.

1.2.2 Leitende Forschungsfragen

Im Zentrum des von Ausgangshypothesen geleiteten Erkenntnisprozesses steht eine übergeordnete Hauptfrage, die in vier vertiefenden Forschungsfragen konkretisiert wird: **Wie lassen sich Erkenntnisse der Commons-Forschung und Prinzipien für sozial-ökologische Systeme (SES) auf soziotechnische Infrastruktursysteme (STS) übertragen?**

Als Kultur- und Wirtschaftsgüter entstehen Infrastrukturnetze durch intentionelles Handeln und formen in der Gesamtheit polyzentrischer Subsysteme ein emergentes System. Die heutigen Infrastruktursysteme sind aus ererbten Teilsystemen, großen Investitionsvorhaben und einer Vielzahl von laufenden Anpassungsmaßnahmen zusammengefügt. Es ist daher zu erkunden, welche Prämissen, Leitbilder und Akteure die Infrastruktur formen und inwieweit sich Funktionen und Leistungen der Infrastruktursysteme analytisch in den Rahmen CPR-Systeme einordnen und ihren Prinzipien unterordnen lassen. Dazu sind die folgenden Fragen zu beantworten:

- Wie haben sich Infrastruktursysteme als soziale Konstrukte im Laufe der Geschichte entwickelt und inwieweit sind diese als Commons einzuordnen?
- Erfüllen Infrastrukturnetze neben ökonomischen Funktionen auch andere gesellschaftliche Funktionen?
- Wie wirken externen Faktoren (z. B. Umwelt, Politik, Demographie, Innovation) auf die Entwicklung von Infrastruktursystemen und ihren Regelwerken?
- Können in der Entwicklung mehrstufiger Infrastruktursysteme commonstypische Dilemmata¹¹ identifiziert werden und lassen sich diese mit Commons-Analyse-Methoden angemessen auflösen?
- Welche Instrumente und Kriterien fördern die Nachhaltigkeit von mehrstufigen Infrastruktursystemen und wie können deren Governance-Prozesse effizient gestaltet werden?

1.2.3 Relevanz der Forschungsfragen

Die Bedeutung der Infrastrukturnetze als Transaktionssystem der Gesellschaft befindet sich in einem Umbruch. Einerseits ist die Rolle des Staates im Wandel begriffen. Nach erfolgter Liberalisierung und weitgehender Öffnung der Netze in Europa sucht die

¹¹ Ostrom 1990: S. 54ff.

öffentliche Hand weiter nach wirtschaftlichen Modellen für öffentlich-private Partnerschaften (ÖPP) für einen zuverlässigen Infrastrukturbetrieb, der den finanziell eingeschränkten Möglichkeiten der Haushalte entgegenkommt. Andererseits führen externe Herausforderungen wie die Energiewende, der Klimawandel und die bevorstehenden demographischen Veränderungen zu einer Begrenzung der Risikobereitschaft privater Investoren. Der anhaltende Diskurs über einen starken Staat und die Erwartung an diesen, dauerhaft Verantwortung für Infrastrukturbereitstellung und ihre Folgen zu tragen, unterstreichen die Relevanz der Commons-Thematik ebenso wie die Diskussion der Daseinsvorsorge und gleichwertiger Lebensbedingungen. Die Zukunft der Infrastruktur, ihrer Gestaltung, Organisation und Finanzierung ist offen und fordert nachhaltige Antworten.

Für ihre Mitgliedsländer beziffert die OECD den jährlichen Investitionsbedarf in Infrastrukturnetze bis 2030 auf rund 850 Mrd. Euro, was ca. 2,5 % des BIP entspräche.¹² Die besondere Bedeutung des Infrastruktursektors wird von der Tatsache unterstrichen, dass der Ausbau und der Erhalt der Infrastruktursysteme volkswirtschaftlich den größten Anteil an den Investitionen der öffentlichen Haushalte beansprucht - ca. 35 Mrd. Euro, was mehr als 1,5 % der öffentlichen Haushalte entspricht - und einen substanziellen Teil der privaten Investitionen - 15 Mrd. Euro, mehr als 5 % -¹³ darstellt. Infrastrukturentwicklung erfolgte seit der Antike in kooperativen Strukturen zwischen Staat und Wirtschaftskräften wie Handwerk oder Unternehmen, die sich sowohl an den geographischen Gegebenheiten als auch am Stand der Technik orientiert haben. Von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik wird hierbei sowohl ein Markt- als auch ein Politikversagen kritisiert und auf eine persistierende Problematik von pareto-suboptimalen Mittelallokationen in einem von Monopolen geprägten Infrastruktursektor hingewiesen.¹⁴ Solche Fehlallokationen können nicht allein auf unvollständige Informationen oder die generelle Unsicherheit der Zukunft zurückgeführt werden, sondern liegen auch in institutionalisierten Interessengegensätzen, die bei konkreten Infrastrukturvorhaben zu Dilemmata führen, sowie in inadäquaten Planungsinstrumenten und -prozessen für Infrastruktursysteme begründet.¹⁵ Auch die OECD fordert explizit die nachhaltigkeitsförderliche Weiterentwicklung der Governance-Modelle für Infrastruktur, welche die Perspektiven der Technik, Umwelt und Investitionen übergreifend berücksichtigen.¹⁶

Deshalb soll diese Arbeit dazu beitragen, Kriterien und Regeln zu erarbeiten, nach denen Infrastruktursysteme nachhaltig geplant, betrieben und entwickelt werden können. Das

¹² OECD 2007.

¹³ Bundeshaushalt 2011.

¹⁴ BRH 2014ff.

¹⁵ BUND, Bundesrechnungshof 2003.

¹⁶ OECD Studie 2007.

Ergebnis bietet einen wissenschaftlichen Orientierungsrahmen zur Erweiterung der Commons-Taxonomie im Rahmen des von Ostrom geforderten Diskurses, der u. a. von Frischmann¹⁷ infrastrukturspezifisch weitergedacht wurde.

1.3 Aufbau der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit wird eine verbindende Theorie für Infrastrukturnetze als Allmende-Systeme der Moderne, *Modern Commons*, entwickelt. Die Theorie dient als Orientierungswissen dazu, eine nachhaltige und effiziente Infrastruktur-Entwicklung im Sinne einer systemischen und sektorübergreifenden Infrastrukturplanung in der Praxis zu unterstützen. Die zu entwickelnde Theorie der Modern Commons verbindet institutionenökonomische Ansätze der Commons-Forschung, die sich vor allem mit Blick auf das Management von natürlichen CPR gebildet hat, mit der sozioökonomischen Betrachtung von mehrstufigen Infrastrukturnetzen als langlebige Güter. Eine struktur-funktionale Systemanalyse ermöglicht eine Analyse der Funktionen, Rollen, Organisation und Transformation dieser Infrastrukturnetze und untersucht technikhistorisch, inwieweit die Commons-Theorie für die Bereitstellung von Infrastrukturnetzen geeignete Analyse-Instrumente und Governance-Ansätze für nachhaltige Planung, Betrieb und Transformation anbietet.

Im ersten Kapitel dieser interdisziplinär angelegten Arbeit werden deshalb, ausgehend von den zentralen Forschungsfragen, die für sie zentralen Begriffe aus Wirtschafts-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften fachgebietsübergreifend definiert. Anschließend werden der aktuelle Stand der Forschung zu Commons und Infrastruktur zusammengefasst und die Hauptquellen erläutert. Zum Abschluss der Einleitung wird der konzeptionelle Rahmen, Ostroms Methodik eines Institutional Analysis and Development Frameworks (IAD), dargestellt.

Infrastruktursysteme entstehen im öffentlichen Raum und werden durch eine Vielzahl von Akteuren unterschiedlich genutzt. Deshalb werden im zweiten Kapitel Ursprung und Funktionen von Commons-Systemen untersucht, wie sie als Gestaltungsvarianten für Eigentumsrechte zwischen Markt und Staat für sozialökologische Systeme (Socio-Economic Systems, SES) von Ostrom beschrieben wurden. Anhand der Prinzipien und Kriterien wird das Governance-Konzept der CPR auf Infrastrukturnetze als soziotechnische Systeme (STS) übertragen und die infrastrukturspezifischen Dilemmata analysiert. Als Grundlage der Theoriebildung wurde eine struktur-funktionale Systemanalyse von Infrastrukturnetzen als soziale Konstrukte durchgeführt und ihre Bedeutung als multifunktionale gesellschaftliche Ressourcensysteme untersucht. Von dieser universellen

¹⁷ Frischmann 2012.

Funktionsanalyse und einem transaktionsbasierten Interaktionsmodell ausgehend bildet dieser systemtheoretische Ansatz die Basis für eine Theorie der Modern Commons.

Kapitel drei widmet sich der besonderen Bedeutung der Infrastrukturnetze in Wirtschaft und Gesellschaft. Als Grundlage und Rahmen dient eine techniksoziologische Betrachtung der Infrastruktur-Funktionen¹⁸ und der interdependenten Entwicklung der Verkehrssysteme in Zentraleuropa unter Berücksichtigung der Kommunikationsstrukturen und Energieträger. Die empirische Basis der Infrastruktursysteme im Verlauf von rund 8 000 Jahren wird analysiert, um die sozialen und wirtschaftlichen Mechanismen der Entwicklung von Infrastruktursystemen in neun infrakulturellen Epochen zu erkennen und Einflussfaktoren für Dynamik und Stabilität zu identifizieren. Um Funktionen und Entscheidungen zwischen unterschiedlichen Infrastrukturen vergleichbar zu machen, wurde das SES-Modell von organischen Ressourcensystemen, das prinzipiell eine Ressourcen-Plattform, Regeln und Ressourceneinheiten unterscheidet, in Anlehnung an das OSI-Layer-Modell (Open Systems Interconnection Model) für technische Datensysteme angepasst. Auf Infrastruktursysteme übertragen besagt dieses dreistufige Funktions-Layer-Modell, dass eine physisch-technische Plattform für multiple Funktionen als Basis dient, ein anthropogenes Betriebsprogramm die Systemkapazität reguliert und somit spezifische Produkte und Anwendungen produziert werden, die Ressourceneinheiten dieser Modern Commons darstellen, welche sich Nutzer unter bestimmten Prämissen aneignen können.

Für die Modern-Commons-Theorie wird die von Jochimsen¹⁹ geprägte Definition von drei Infrastrukturtypen um zwei Typen, und zwar die mentale und die ökologische Dimension der Infrastruktur erweitert. Anhand dieser fünf Dimensionen lassen sich Prämissen, systemische Abhängigkeiten und Wechselwirkungen von Infrastrukturnetzen systematisch analysieren, Komplexität reduzieren und Synergiepotenziale für nachhaltige Infrastruktur-Entwicklung aufzeigen. Dabei wird neben der pfadbildenden Rolle von Energie- und Kommunikationssystemen besonders die Übertragbarkeit der Managementprinzipien für lokale Commons-Systeme auf die polyzentrischen Strukturen mehrstufiger Netze untersucht und es werden die systemimmanenten Dilemmata für technische Systeme als CPR herausgearbeitet.

Unter Anwendung des AGIL-Schemas von Parsons²⁰ wird im vierten Kapitel der Einfluss von Ressourcen, Rahmenbedingungen, Belief-Systemen und Akteurs-Erwartungen auf Infrastruktursysteme veranschaulicht und werden Anwendungsbereiche für Commons-

¹⁸ Hofmann 2015.

¹⁹ Jochimsen 1966: S. 100ff.

²⁰ Parsons 1951.

Reglements zwischen staatlichen und privaten Akteuren im Infrastruktursektor analysiert. Das theoretische Transaktionsmodell wurde für Infrastruktursysteme auf die drei unterscheidbaren Funktionsebenen übertragen und auf Entscheidungssituationen im Lebenszyklus in den sechs Entwicklungsphasen technischer Infrastruktursysteme angewandt. Außerdem wird der infrakulturelle Bezugsrahmen für Analyse und Entwicklung (IDF) aus den vorherigen Beobachtungen abgeleitet, konzeptionell weiterentwickelt und in seinen Grundzügen in einem systemverbindenden Ansatz zur *Theorie der Modern Commons* als mehrstufiges interdisziplinäres Analyse- und Diskursinstrument zusammengefasst.

Die Arbeit mündet im fünften Kapitel in Empfehlungen, eine kritische Reflexion und die Identifizierung infrakultureller Handlungsfelder für weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen. Die funktionsorientierte Theorie der Modern Commons bildet erstmals für Akteure im Infrastruktursektor eine sektorübergreifende Entscheidungshilfe zur Bewertung von technischen und wirtschaftlichen Alternativen für pfadbildende Investitions- und Allokationsentscheidungen. Zusammen mit dem IDF bietet sie einen methodischen Baukasten für nachhaltige Entscheidungsfindung im Sinne einer ökonomisch, ökologisch und sozial ausgewogenen Infrastruktur-Entwicklung sowie für Kommunikationsprozesse und die daraus resultierenden Ausbildungsbedarfe an Hochschulen und in der Praxis.

1.4 Definitionen und Themenabgrenzung

Die internationale Commons-Forschung nutzt Englisch als Sprache, um Fachbegriffe zu formen, deren deutsche Entsprechungen in der Bedeutung leicht abweichen können und damit weniger präzise sind. Daher werden zentrale englische Begriffe sowohl in ihrer originalen englischen Form als auch in deutscher Übersetzung verwendet: *Common-pool resource system*, auf Deutsch Common-Pool-Ressourcensystem (CPR), *Belief-Systems*, eingedeutscht Belief-Systeme als Werte- und Bezugssysteme oder Glaubenssysteme, die sich dabei ausdrücklich nicht allein auf einen religiösen Kontext beziehen, und *Framework* als ein konzeptioneller Analyse- und Entwicklungsrahmen für Forschung, Diskurs und Anwendung.

1.4.1 Commons und Allmende-Systeme

Commons sind ein Forschungsfeld der Institutionenökonomie, das sich empirisch und theoretisch mit alternativen Formen von Verfügungsrechten zwischen Marktmechanismen und staatlichen Eingriffen auseinandersetzt. Insbesondere werden mit Methoden der Spieltheorie, Public-Choice- und Verhaltensökonomie Beitrags- und Entnahme-Dilemmata in Allmende-Systemen untersucht und Lösungsansätze für politische, soziale und wirtschaftliche Entscheidungsprozesse entwickelt.

Ostrom unterscheidet Ressourcensysteme und deren produzierte Güter nach dem Grad der Ausschließbarkeit und der Subtrahierbarkeit der entnommenen Ressourceneinheiten.²¹ Ein spezielles Merkmal von Commons-Systemen besteht darin, dass ein spezifisches Gut – durch Änderung des Reglements – im Laufe der Zeit oder gemäß regionalen Gepflogenheiten (z. B. Maut-Straßen) seinen Charakter verändern kann, also vom Klubgut zum Allmende-Gut, vom öffentlichen Gut zum Klubgut oder zu einem privaten Gut werden kann. Güter können dabei sowohl physische Produkte als auch Serviceleistungen sein. Der Begriff Commons beschreibt bei Ostrom weniger das Gut an sich als das für die jeweiligen Akteure gültige Regelwerk für die Nutzung und den Erhalt einer Allmende. Der Begriff CPR, wie er hier genutzt wird, umfasst hingegen sowohl die technische, soziale, institutionelle und ökologische Dimension eines Modern-Commons-Systems als auch die jeweiligen Beitrags- und Entnahme-Regeln.

Güterarten nach Ausschließbarkeit und Rivalität			
		Rivalitätsgrad (<i>Subtractability</i>)	
		Gering (<i>small</i>)	Hoch (<i>large</i>)
Exklusion	Freier Zugang (<i>hard</i>)	Öffentliches Gut (<i>Public Good</i>)	Allmendegut (<i>Common Pool Resources</i>)
	Konditionierter Zugang (<i>easy</i>)	Klubgut (<i>Club Good</i>)	Privates Gut (<i>Private Good</i>)

Abbildung 1: Güterarten nach Ausschließbarkeit und Rivalität
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Ostrom 2012: S. 58

Ostroms Differenzierung von Bereitstellungs- und Aneignungsproblemen ist für die Theorie der Modern Commons in hohem Maß relevant. Im Diskurs über eine nachhaltige Entwicklung der Infrastrukturnetze und ihre Regulierung (Governance) werden primär die Aneigner-Seite und der diskriminierungsfreie Zugang diskutiert, während die Bereitstellungsproblematik der Infrastruktur (Planung, Finanzierung, Akzeptanz, Externalitäten und Erhalt) und der Kontext der Institutionenbildung in der Wissenschaft weniger Aufmerksamkeit erfahren, obwohl offensichtlich ist, dass ohne Bereitstellung eines Ressourcensystems (Plattform) keine Aneignung von Ressourceneinheiten (Services) erfolgen kann und die erwarteten Funktionen nicht erfüllt werden.²²

²¹ Ostrom 1999 S. 41ff.

²² Ostrom 1999: S. 42.

Ostrom analysierte die Eigenschaften von dezentralen Ressourcensystemen und etablierte mit der „Verfassung der Allmende“ allgemeine Bauprinzipien für die Verwaltung von Commons. Sie war sich der methodologischen Einschränkungen bewusst und hat das daraus resultierende IAD-Framework bis zu ihrem Tod 2012 weiterentwickelt:

Bei der Analyse einer operativen Ebene ist man gezwungen anzunehmen, daß die Technologie und die institutionellen Regeln bekannt sind und konstant bleiben. Doch beide ändern sich im Laufe der Zeit.²³

1.4.2 Infrastrukturnetze – intermediäre Systeme

In einer aggregierten Sichtweise bezeichnet *Infrastruktur* die langlebigen Systeme materieller, personeller und institutioneller Art, deren Leistungen modernen Menschen²⁴ das Zusammenleben und ihre Versorgung in einem definierten Raum ermöglichen sowie arbeitsteiliges Wirtschaften als industrielle Intermediär-Systeme unterstützen. Die untersuchten *mehrstufigen Infrastrukturnetze* sind in mehreren Netzebenen hierarchisch organisiert und bestehen aus ortsfesten *Infrastrukturanlagen* (z. B. Gleise, Stellwerke, Bahnhöfe; Leitungen, Transformatoren/Router, Anschlüsse), die den lokalen Gegebenheiten angepasst und überörtlich durch regionale Verteilebenen und Übertragungs- oder Fernnetze flächendeckend zu einem funktionalen Gesamtsystem zum physischen Transport von Gütern, Daten oder Personen verbunden werden.

Infrastruktursystem wird als Oberbegriff für technische Ressourcensysteme verwendet, der die physische, wirtschaftliche, ökologische und soziale Dimension von Infrastrukturnetzen und anderen Infrastrukturen einschließt. Öffentliche, private oder zivilgesellschaftliche Infrastrukturbetreiber managen diese Systeme und produzieren Infrastrukturleistungen, die als Produkte (Ressourceneinheiten) aus einem Infrastruktursystem bezogen werden können.

Auch technische Netze sind im Grunde soziale Netzwerke. Infrastruktur verbindet – und Verbindungen sind der Ursprung jeder Form sozialer Interaktion und damit des Sozialen²⁵ an sich. Infrastruktursysteme sind auf Dauer und mit Bezug zu einem spezifischen Raum sowie zu einem sozialen System und seiner Bevölkerung angelegt. Insbesondere werden raumbezogene technische Anlagen und Leitungsnetze in den Sektoren Verkehr, Energie- und Wasserversorgung sowie Kommunikation mit den einer entsprechenden Nutzung gewidmeten Flächen als Infrastruktursysteme bezeichnet, die im Rahmen der wirtschaftlichen Entwicklung Europas als Teil der öffentlichen Daseinsvorsorge²⁶ von

²³ Ostrom 1999: S. 69.

²⁴ Mensch als physiologisches und soziales Wesen

²⁵ „Sozial“ wird in dieser Arbeit im angelsächsischen Sinne von „social“ für menschliche Interaktion und Institutionen gebraucht

²⁶ Ringwald 2008: S. 137. Daseinsvorsorge bedeutet demgegenüber, dass das Gemeinwesen bestimmte, als notwendig eingestufte Güter und Leistungen erbringt oder reguliert erbringen lässt. Daseinsvorsorge ist eine Reaktion auf die zunehmende Abhängigkeit jedes Menschen von „fremden“ Leistungen.

privaten und öffentlichen Versorgungsunternehmen (Utilities) bereitgestellt wurden. Diese Netze unterscheiden sich in wirtschaftlicher Hinsicht deutlich von produzierenden Einrichtungen der Primär- und Sekundärindustrie. Jochimsen bezeichnet Infrastruktur auch als soziales Kapital.²⁷ Der Begriff *geronnenes soziales Kapital*²⁸ beschreibt die Dauerhaftigkeit der Investitionen jedoch treffender, da die im Falle von Infrastrukturen unvermeidbaren Lock-in-Effekte miteingefasst werden. Neben Kapital und Arbeit müssen bei Infrastrukturnetzen immer die Faktoren Boden und Raum einbezogen werden, weil Lock-in sich bei Infrastrukturnetzen auf die räumlichen, technischen und finanziellen Entscheidungen bezieht, die unternehmerisch wie politisch eine irreversible Festlegung ökonomischer, ökologischer und sozialer Determinanten für einen sehr langen Zeitraum bedingen.

Infrastruktur wurde ihrer Bedeutung für die Entwicklung von Mensch, Wirtschaft und Gesellschaft gemäß im Wandel der Zeit klassisch von Jochimsen unter Differenzierung komplementärer Infrastrukturaspekte (Typologie) als physische Infrastruktur, als personale oder soziale Infrastruktur und als institutionelle Infrastruktur beschrieben.²⁹ Diese Definition schließt die örtliche Infrastruktur (z. B. Mobilfunkzellen, Glasfasernetze) als Subsysteme bis „zur letzten Meile“ ein, die mit den Flächennetzen und der lokalen Umgebung interagieren. Infrastruktur wird in der vorliegenden Arbeit vor allem in Bezug auf mehrstufige Infrastrukturnetze als eine Allmende der Moderne untersucht. Die technischen Infrastrukturnetze für Energie, Verkehr sowie Informationsverarbeitung und Telekommunikation (IKT) werden in Bezug auf ihre wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Funktionen als ein interdependentes System sowie hinsichtlich ihrer räumlich, verkehrlich und ökonomisch vernetzenden Rolle als meist flächendeckend ausgebaute intermediäre Netze analysiert. Diese Systeme, die über Jahrhunderte in Europa errichtet wurden und insbesondere seit Mitte des 19. Jahrhunderts Transformationen durchlaufen haben, werden insbesondere auf das Zusammenwirken der Akteure und Räume in Bezug auf Innovation und Nachhaltigkeit hin untersucht. Aufgrund ihrer systemischen Relevanz, hohen Interdependenz und ihrer Netzwerkeffekte³⁰ werden diese Infrastrukturnetze in ihrer Gesamtheit als Modern-Commons-Systeme betrachtet. Das intentionale und emergente Zusammenwirken der Akteure und der Infrastrukturen verschiedener Sektoren begründet die Notwendigkeit einer integrierten Theorie der Modern Commons, um Infrastruktursysteme vernetzt analysieren und systemisch entwickeln zu können.

Obwohl die überwiegend örtlichen Systeme der Wasserversorgung ebenfalls zu den

²⁷ Jochimsen 1966 S. 104.

²⁸ Grimm, D. 1969: S. 501ff.

²⁹ Jochimsen 1966 S. 87ff.

³⁰ Knieps 2007.

technischen Infrastrukturen zählen, sind sie nicht Gegenstand dieser Arbeit. Ebenso nicht untersucht werden IT-Systeme, für die sich der Infrastruktur Begriff ebenfalls etabliert hat. Obgleich Infrastrukturnetze eine hohe sicherheitspolitische und strategische Relevanz aufweisen, wird auch der militärische Infrastrukturbegriff nicht näher betrachtet. Die Ausklammerung dieser Themengebiete dient dazu, die ohnehin hohe Komplexität des Gegenstandes zu reduzieren.

1.4.3 Infrakultur – eine ganzheitliche Perspektive

In dieser Arbeit wird auch der Begriff der *Infrakultur* verwendet, der in Anlehnung an Parsons funktionsorientierter Analyse sozialer Systeme³¹ entwickelt wurde.³² Im Rahmen der Modern-Commons-Theorie werden unter dem Oberbegriff Infrakultur die Rahmenbedingungen, Zielsysteme sowie jeweiligen Vorstellungen zur Rolle von staatlichen und privaten Akteuren für Infrastrukturentwicklung und -nutzung – im erweiterten Sinne die mentalen Rahmenbedingungen – verstanden. Rahmen, Einflussfaktoren und Elemente werden zur Diskussion gestellt und deren inhaltliche und prozessuale Auswirkungen auf gesellschaftliche und ökonomische Anforderungen sowie die Nachhaltigkeit von Gestaltungsprinzipien von Infrastruktursystemen aufgezeigt.

Die erweiterte Infrastrukturbetrachtung der Infrakultur schließt die nicht klassischen Dimensionen der *natürlichen* und *mentalen* Infrastruktur ein (Tabelle 1), die für Planung und Betrieb von Infrastruktursystemen relevant sind. Einerseits sind es mentale Faktoren, die lokal vor Ort existieren und gleichzeitig ortsunabhängig als pfadbildende und höchst entscheidungsrelevante Dimensionen per se auf den gesellschaftlichen Prozess von Infrastrukturentwicklung einwirken. Andererseits muss die natürliche Infrastruktur als Dimension in doppelter Hinsicht als Voraussetzung ergänzt werden, zum einen ermöglicht erst die Bodennutzung die Errichtung von Infrastrukturnetzen und damit eine entsprechende Rente, zum anderen stehen physische Infrastrukturanlagen und -systeme ständig mit dem Ökosystem und der natürlichen Umwelt im stofflichen Austausch, und zwar mit zum Teil sehr langfristigen Folgen.

Die in Tabelle 1 dargestellten fünf Infrastrukturtypen werden für Modern Commons komplementär als gleichwertige Dimensionen einer nachhaltigen Infrakultur betrachtet, im Rahmen derer sowohl die Analyse der Belief-Systeme als auch der Interaktion mit dem Ökosystem auf die Infrastruktur der verschiedenen Sektoren übertragen werden kann.

³¹ Parsons 2007: S. 423.

³² Hofmann 2015: S. 242.

Definition Infrastruktursysteme (überörtlich)

Sektor/ Typologie	Verkehr	Energie	Kommuni- kation	Sonstige
Mentale Infrastruktur	Erweiterung: Belief-Systeme			
Personale Infrastruktur				
Physische Infrastruktur				
Institutionelle Infrastruktur				
Natürliche Infrastruktur	Erweiterung: Interaktion mit Ökosystem			

Tabelle 1: Erweiterte Infrastrukturtypologie und Infrastruktursektoren
Quelle: Eigene Darstellung

Unter Infrakultur werden also einerseits die Wissenschaft und Praxis der Planung und Errichtung, des Betriebs, der Vernetzung und der Transformation von Infrastruktursystemen, aber auch ihre kulturellen Einflussfaktoren und ihre Wechselwirkungen mit Individuen und Institutionen in der Gesellschaft, der Wirtschaft und der natürlichen Umwelt verstanden. Präziser wäre der Begriff der Infrastrukturrkultur, der jedoch in der Praxis zu sperrig erschien und deshalb zu Infrakultur verkürzt wurde. Andererseits bezeichnet der Begriff Infrakultur eine sozial pfadbildende Größe, die auf die alltäglichen Lebenswelten und die Möglichkeitsräume von Gruppen und Individuen determinierend wirkt.

Infrakultur soll auch als ein notwendiger Komplementärbegriff zu *Agrikultur* verstanden werden. Er dient der Beschreibung und Erforschung der emergent entstandenen sozio-technischen urbanen Lebensgrundlagen in der Moderne. Nach Jahrhunderten praktizierter Land- und Forstwirtschaft hat sich mit dem vermehrten Einsatz chemischer Düngemittel und zunehmender Technisierung die moderne Agrikultur als eine interdisziplinäre Wissenschaft etabliert. Architektur, Stadtplanung oder Ingenieurwesen befassen sich mit der Materie; Raumplanung, Soziologie und WirtschaftsGeographie mit den Menschen, Systemen und Räumen. Eine entsprechende sektorübergreifende Infrakultur-Wissenschaft für die Gestaltung und den Erhalt von Infrastruktursystemen, die Entwicklung von geeigneten Institutionen und ihre nachhaltige Transformation fehlt bisher.

1.4.4 Nachhaltigkeit – die intergenerationelle Perspektive

Nachhaltigkeit wird als multipel besetzter Modebegriff von verschiedenen Akteuren nahezu inflationär in Anspruch genommen. Nach der Definition der UN-Kommission wurde unter Leitung der früheren norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland 1987 in dem Abschlussbericht „Our Common Future“ das Ziel verabschiedet, in staatlichen oder privaten wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Entscheidungsprozessen die Forderungen nach einer nachhaltigen Generationengerechtigkeit zu berücksichtigen. Es gilt, „(d)en Bedürfnissen der heutigen Generation zu entsprechen, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.“³³ Bewusst wurde „Nachhaltigkeit“ von den Autoren nicht als statisches Ziel oder als Endzustand definiert, sondern als ein Prozess: Es wurde eine Vereinbarung getroffen, eine „nachhaltige Entwicklung“ („Sustainable Development“) sowohl in den entwickelten Ländern des Nordens als auch in den aufstrebenden Staaten des Südens zu verfolgen. Dementsprechend gibt es in der industriellen Gesellschaft per se keine nachhaltigen Produkte. Produkte, Infrastruktursystemen oder Entscheidungen tragen im Vergleich zu anderen mehr oder weniger zu einer nachhaltigen Entwicklung bei. Nachhaltige Entwicklung bevorzugt also die systemisch überlegenen Optionen.

Im Zusammenhang mit Infrastruktur-Entwicklung besitzt Nachhaltigkeit eine gleich dreifache Bedeutung:

- Die extrem langen Zeitpfade der Infrastrukturplanung und Nutzung erfordern nicht zuletzt mit Blick auf die Kapitalbindung ein weit vorausschauendes Denken.
- Die intensiven Transaktionsbeziehungen von Infrastruktursystemen, insbesondere für Energie und Verkehr, mit der natürlichen Umwelt stellen den Hauptteil des gesellschaftlichen Metabolismus³⁴ dar, den Marx als Stoffwechsel zwischen Mensch und Natur beschrieb.³⁵
- Die Mehrheit der deutschen Gesellschaft identifiziert sich mit den Zielen der Energiewende und gemäß der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung³⁶ müssen alle Investitionen der öffentlichen Haushalte zur Nachhaltigkeit beitragen.

Dies sollte angesichts der absoluten Höhe der Investitionen für alle öffentlichen und semiöffentlichen Investitionen in die Entwicklung und Transformation der Infrastruktursysteme gelten, was jedoch im Verkehrssektor nicht zuletzt aufgrund der regionalen und föderalen Besitzstandswahrung, des sektoralen Silodenkens und fehlender Kriterien und Messinstrumente für die Nachhaltigkeit komplexer Systeme nur unzureichend der Fall

³³ Brundtland 1987.

³⁴ Fischer-Kowalski 1997

³⁵ Marx, Karl in Weisz 2001: S. 23.

³⁶ Bundesregierung 16.04.2002.

ist. Der Rat der Bundesregierung für Nachhaltigkeit formuliert den eigenen Anspruch treffend:

„Nachhaltige Entwicklung heißt, wirtschaftliche Ziele gleichberechtigt neben sozialen und ökologischen Zielen zu berücksichtigen. Zukunftsfähiges Wirtschaften bedeutet, kommenden Generationen ein intaktes ökonomisches, ökologisches und soziales Umfeld zu hinterlassen.“³⁷

Das normative Ziel einer nachhaltigen Entwicklung von Infrastruktursystemen wird weiterhin als gesellschaftlich und politisch gewollt vorausgesetzt. Neben den drei Dimensionen der Ökonomie, Ökologie und des Sozialen wird im Zusammenhang mit Infrastruktur die intergenerationelle Zeitachse als ein wesentliches Kriterium zur Abschätzung der Opportunitäten sowie der materiellen und immateriellen Folgen von Infrastrukturanpassungen zugrunde gelegt.

1.4.5 Theoretischer Rahmen

Als theoretischer Rahmen wurde die Neue Institutionenökonomik (NIÖ) gewählt. Die NIÖ umfasst Theorien, die Verfügungsrechte, Allokationsdilemmata und die Nutzung von Ressourcen behandeln. Den wesentlichen Ansatz, um die Forschungsfragen (vgl. Kapitel 1.2) zu beantworten, liefert Ostrom mit ihrem Grundlagenwerk *Die Verfassung der Allmende*, in welchem sie Allmende-Systeme zur Nutzung natürlicher Ressourcensysteme durch Gruppen von Individuen analysierte.³⁸ Anhand verschiedener Beispiele entwickelte sie allgemeingültige Prinzipien und „Bausteine“ für den Umgang (Governance) mit kollektiv organisierten Commons (CPR). Ostrom identifizierte Regeln für die nachhaltige Bewirtschaftung von i. d. R. natürlichen Ressourcensystemen und beschrieb die für Commons-Systeme notwendigen Prämissen und typischen Handlungsoptionen.³⁹ Ihre Studien belegen, dass eine Gruppe von Menschen in der Lage ist, frei zugängliche Ressourcen und öffentliche Güter gemeinsam, langfristig und nachhaltig zu nutzen sowie die dafür erforderlichen Regelwerke zu entwickeln. Sie widerspricht damit Hardins⁴⁰ „Tragik der Allmende“ und hat das verkürzte Verständnis des von ihm verallgemeinerten Allmende-Dilemmas zu widerlegen vermocht.

Um die Nachhaltigkeitswirkung einer Infrastruktur-Entwicklung beurteilen zu können, sind alle Konzepte, Maßnahmen und Investitionen auf ihre Systemwirkung in den drei Nachhaltigkeits-Dimensionen hin zu beurteilen. Im Mobilitätssektor wird eine Infrastruktur-Planung zukünftig nur nachhaltig sein, wenn Wechselwirkungen mit dem Energie- oder IT-Sektor frühzeitig berücksichtigt werden. Elektromobilität und das „Internet der Dinge“ werden nicht nur die Infrastrukturplanung verändern, sondern auch den Betrieb, wie die Entwicklung von Elektromobilität oder des automatisierten und vernetzten

³⁷ Rat für Nachhaltigkeit 2012.

³⁸ Ostrom 1999.

³⁹ Ostrom 1999 S. 235ff.

⁴⁰ Hardin 1968: 1243.

Fahrens verdeutlichen. Die drei Infrastruktursektoren, die in einer mobilen Gesellschaft interdependent zusammenwirken, verkörpern deren soziotechnische Grundstruktur.

Abgrenzung Themenstellung				
Infrastruktur-Sektor/ Systemwirkung		Systemische Konvergenz		
		Verkehr	Energie	Kommunikation
Nachhaltigkeit	Technisch- ökonomische Dimension			
	Soziale Dimension			
	Physisch- ökologische Dimension			

Tabelle 2: Abgrenzung Themenrahmen
Quelle: Eigene Darstellung

Während Ökologen in der Umwelt dichotom zwischen Natur- und Kultursystemen unterscheiden, wird Infrastruktur als soziotechnisches Hybridsystem aus drei komplementären, nicht überschneidungsfreien Lebenssphären verstanden, die im Folgenden vereinfachend qua Definition die drei Nachhaltigkeitsdimensionen repräsentieren. Um Interaktions- und Transaktionsbeziehungen zwischen Gesellschaft, Ökosphäre und technischen Systemen⁴¹ transparent analysieren und darzustellen zu können, wurde abweichend von der in der Sozialökologie vorgenommenen Systemaufteilung in Natur und Kultur hier eine Dreiteilung in Natur, Gesellschaft und Techonomy⁴² vorgenommen. Techonomy fasst die infrastrukturellen Kulturfaktoren der Wirtschaft und Technik zusammen und wird gleichzeitig von der infrakulturellen Soziosphäre funktional differenziert. In anderem Kontext können Artefakte wie Technik und Wirtschaft⁴³ durchaus als Subsysteme von Gesellschaft definiert werden.

1.5 Methodik und Vorgehen

1.5.1 Konzeptioneller Rahmen einer polyperspektivischen Funktionsanalyse

Für die Arbeit wurde auf Makroebene ein multiperspektivischer Forschungsansatz gewählt. Als theoretische Grundlage für ein interdisziplinäres, empirisch-analytisches Vorgehen wurde auf Basis von Primär- und Sekundärliteratur sowie eigenen Analysen und Recherchen ein funktionalistischer Theorierahmen zur interdisziplinären Bearbeitung der Fragestellung entwickelt. Unabhängig von der Interdisziplinarität wird die

⁴¹ Abbildung 3.

⁴² Eigener Begriff, Hofmann 2015

⁴³ Fischer-Kowalski 1997.

Anschlussfähigkeit dieser Arbeit zu Theorien der Soziologie (*Gesellschaft, Ko-Evolution*), Institutionen-Ökonomie (*Commons, Kollektives Handeln, Governance*) sowie zur Infrastruktur- und Innovationsforschung (*Pfadabhängigkeit, Technikgenese, Akzeptanz*) sichergestellt.

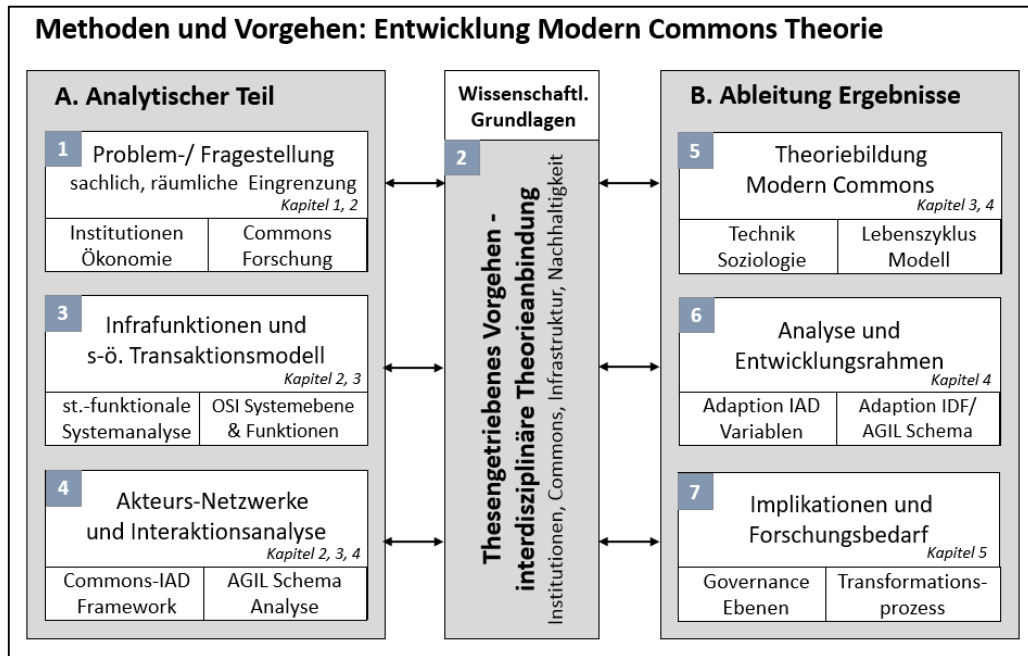


Abbildung 2: Methoden und Vorgehen
Quelle: Eigene Darstellung

Die Arbeit besteht aus einem analytisch-modellbildenden und einem synthetisch-konzeptionellen Teil. Zuerst wird die gewählte Problemstellung im transdisziplinären Kontext und auf den wissenschaftlichen Grundlagen von Institutionenökonomie und Soziologie präzisiert und die Forschungsfragen formuliert. Auf Basis der Systemtheorie und des IAD-Framework von Ostrom werden ein infrastrukturspezifisches Transaktionsmodell und ein Funktionsmodell für Infrastruktursysteme (*Infracfunktionen*) entwickelt. Als Untersuchungsbasis dienen neben der systematischen Auswertung von Primärquellen (Berichten, Studien, Unternehmensdaten) und Sekundärliteratur eigene Recherchen zur historisch-soziologischen Entwicklung des Infrastruktursektors in Europa sowie Analysen der spezifischen Akteurs-Strukturen im Mobilitätssektor in Deutschland.

Ausgangspunkt dieser humanökologisch angelegten Untersuchung ist es, das Problemfeld der Infrastrukturentwicklung aus den gewohnten Schablonen des wissenschaftlichen Diskurses und politischer Debatten und der vorhabenspezifischen Debatten um Technologien, Besitzstandswahrung und öffentliche Förderung herauszulösen und den Betrachtungsgegenstand weiter zu fassen. Dazu wird ein transdisziplinärer Analyse-Rahmen entwickelt, der eine Integration der Erkenntnisse aus heterogenen Forschungsdisziplinen wie Ökonomie, Techniksoziologie und Nachhaltigkeit ermöglicht. In diesem sektorübergreifenden Analyse- und Entwicklungsrahmen werden die Perspektiven

unterschiedlicher Akteure verortet. Dieses ganzheitlich angelegte Vorgehen ist komplex, aber die gewählte Methodik ermöglicht es, divergierende Positionen zu erkennen und dabei übergreifende und integrierende Lösungsansätze zu identifizieren. Da bei Infrastrukturnetzen geplantes Handeln im Vordergrund steht, werden als erste Perspektive im zweiten Kapitel die Phasen der Infrastruktur-Entwicklung und deren asynchrone Zeit-horizonte für Bedarfsermittlung und Konzeption, Planung und Finanzierung, Errichtung, Nutzung, Transformation und Rückbau bzw. Verwertung der Infrastruktur betrachtet. Phasenspezifisch werden die Wechselwirkungen zwischen Bevölkerung, soziokulturellen Strukturen und technisch-ökonomischen Entwicklungen analysiert. Hierzu werden die aus der Techniksoziologie bekannten zivilisatorischen Entwicklungen auf Informationen zur infrastrukturellen Ausstattung und überörtlichen Vernetzung untersucht.⁴⁴ Aussagen und Prinzipien bezüglich Infrastrukturgestaltung, Verfügungsrechten und Organisation der Akteure werden systemübergreifend analysiert. Durch diese Herangehensweise wird die zu entwickelnde Theorie auf beobachtbare Fakten gegründet und es können mögliche Zusammenhänge abgeleitet und bewertbar gemacht werden.

Eine arbeitsteilige Funktionsdifferenzierung der Infrastrukturebenen nach den Strukturprinzipien des Open-System-Interconnection-Modells (OSI) bildet die analytische Basis für eine komparativ angelegte technikhistorische Synopse der *infrakulturellen Epochen* nach 1800, in denen Innovationsimpulse und Innovationstreiber analysiert werden. Auf Basis dieser theoriegeleiteten empirisch-analytischen Bestandsaufnahme werden Interdependenzen und Synergien untersucht und anhand der Commons-Prinzipien von Ostrom die *Dilemma-Struktur für die Modern Commons* erarbeitet und mit der von anderen Commons-Typen verglichen, bevor Commons-Prinzipien sektorspezifisch untersucht werden.

1.5.2 Institutional Analysis and Development Approach (IAD)

Der Analyserahmen basiert auf dem von Ostrom und anderen seit Anfang der 1970er Jahre entwickelten Institutional Analysis and Development Approach,⁴⁵ um die institutionelle Dynamik in Commons-Ressourcensystemen zu erfassen, und wird durch transaktionsorientierte Elemente der struktur-funktionalen Systemtheorie⁴⁶ an die komplexe Interaktion sozialer, ökologischer und technischer Systeme auf mehreren Ebenen angepasst. "The second broad area in which the IAD framework has been extensively applied is the study of common-pool resources."⁴⁷

⁴⁴ Popitz 1989; Weyer 2008.

⁴⁵ Polski, Ostrom 2007: S. 31.

⁴⁶ Parsons 1951.

⁴⁷ Polski, Ostrom 2007: ebenda.

Auf Grundlage der Ausführungen von Ostrom (1994)⁴⁸ wird eine differenzierte Betrachtung der Institutionen in der Entwicklung mehrstufiger Infrastruktursysteme vorgenommen, in der sie vier Ebenen von Collective-Choice-Entscheidungsregeln unterscheidet. Die *Operativen Entscheidungsregeln*, also die Durchführungs- und Ablaufregeln, sind auf der untersten Ebene angeordnet. Auf einer zweiten Ebene ordnet Ostrom die *Kollektiven Entscheidungsregeln* ein. Auf dieser Ebene wird von den Akteuren definiert, wie operative Regeln vereinbart bzw. geändert werden können. Da es sich bei Infrastrukturnetzen um komplexe Systeme mit emergenten Outputs handelt, werden hier wiederum die komplementären Funktionssichten der Infrastruktursysteme differenziert. Bei den *Konstitutionellen Entscheidungsregeln* auf der dritten Ebene handelt es sich um Grundsatzregeln, welche die Gestaltung der übrigen Ebenen und z. B. die Rolle von Staat, Betreibern und Wettbewerbern bestimmen. Die *Metakonstitutionellen* Regeln beschreiben Werte und Normen, die Parsons als Belief-Systeme bezeichnet, die Entscheidungen leiten und Handlungen auf alle anderen Ebenen beeinflussen und von Ostrom als vierte Ebene ergänzt wurden.

Eine Herausforderung bei der Untersuchung von mehrstufigen Infrastruktursystemen besteht darin, geeignete Einheiten, Räume und Entscheidungsebenen zu finden, um relevante Ergebnisse zu erhalten. Die systemische Betrachtung der Infrastruktursysteme als Plattformen erlaubt es, verschiedene Sektoren funktional miteinander zu vergleichen. Die Abstraktion der Infrafunktionen ermöglicht es, sich auf die Analyse von Prozessen und Entscheidungen der Infrastruktur-Entwicklung und des Systemnutzens zu konzentrieren. Die operativen Aspekte, die kollektiven Entscheidungsprozesse einer spezifischen Situation, werden exemplarisch einbezogen, treten aber für die Theoriebildung gegenüber konstitutionellen und metakonstitutionellen Überlegungen zurück.

1.6 Stand der Forschung

Im Verlauf⁴⁹ des Forschungsvorhabens wurde die Theorie durch eine laufende Beurteilung der Anschlussfähigkeit und eine interdisziplinäre Theorieanbindung anhand eigener Forschungsergebnisse und im Dialog mit Akteuren aus Wissenschaft, Politik und Infrastrukturunternehmen überprüft und iterativ gemäß dem Stand der Forschung weiterentwickelt.

1.6.1 Commons-Forschung und Institutionelle Ökonomie

Zur Erläuterung der „Tragedy of the Commons“, gedacht als metaphorische Warnung vor Bevölkerungsexplosion vor dem Hintergrund eines drohenden nuklearen Konflikts und steigender Umweltverschmutzung, nutzt Hardin Beispiele wie Dorfweide,

⁴⁸ Ostrom et. al. 1994: S. 46.

⁴⁹ Siehe Anhang I.

Nationalparks oder Parkplatzverfügbarkeit, um die Begrenztheit des Systems Erde aufzuzeigen.⁵⁰ Er zeigt an eindrücklichen Negativbeispielen, wie Commons ohne soziale Institutionen und individuelle Verantwortung in ihrer Substanz durch ökonomisch rationales Verhalten und durch ungezügelten Egoismus ausgebeutet und somit gefährdet werden. Die von Hardin am Idyll der Dorfweide explizierte „Tragödie der Allmende“ wurde zum Sinnbild für das Commons-Dilemma:

“But this is the conclusion reached by each and every rational herdsman sharing a commons. Therein is the tragedy. Each man is locked into a system that compels him to increase his herd without limit — in a world that is limited.”⁵¹

*Die Verfassung der Allmende*⁵² sowie weitere Publikationen und Vorträge von Elinor Ostrom werden als zentrale Quellen genutzt. Ostrom beschreibt darin die Entstehung von verlässlichen und anpassungsfähigen Managementsystemen, die jenseits von Marktmechanismen oder staatlichen Intervention in unterschiedlichen, überwiegend lokalen Gemeinschaften für die Nutzung natürlicher Allmende-Ressourcen wie Fischbeständen, Weiden oder Bewässerungsanlagen entwickelt wurden. Für eine nachhaltige Bewirtschaftung von erneuerbaren Gemeingütern (CPR), die von Rivalität geprägt sind und bei denen ein effektiver Nutzerausschluss (Exklusion) nur mit hohem Aufwand gewährleistet werden kann, hat sie in ihren Untersuchungen wissenschaftliche Methoden (IAD) und Prinzipien entwickelt, die für andere Ressourcensysteme hilfreich sein und auf diese übertragen werden können.⁵³

Dabei unterscheidet Ostrom zwischen dem Ressourcensystem, der Ressourceneinheit und den Stakeholdern eines Commons sowie den Bereitstellungs- und Aneignungsproblemen. Sie differenziert die Rollen und Interessen der Nutzer und Nutznießer von Gemeingütern. Sie warnt auch vor dem Irrtum („panacea trap“), dass es ein Allheilmittel für alle institutionellen Arrangements der Commons gebe, und weist mit Blick auf andere sozial-ökologische Systeme darauf hin, dass zukünftig vermehrt polyzentrische Strukturen und transparente Prozesse notwendig seien, um komplexe Allokations- und Ressourcenprobleme im Handlungsfeld zwischen Staat, Märkten und zivilgesellschaftlichen Akteuren nachhaltig zu lösen.⁵⁴

Diese Allmende-Studien entstanden überwiegend bezogen auf sozialökologische Systeme (SES), wobei Ostrom als zentrales Systemelement die *Ressourcenplattform* beschreibt, die sich von den entnehmbaren *Ressourceneinheiten* unterscheidet. Ein Teich

⁵⁰ Hardin 1968: S. 1243.

⁵¹ Hardin 1968 ebenda.

⁵² Ostrom 1990.

⁵³ Ostrom et. al. 1994: S. 23ff.

⁵⁴ Dolsak, Ostrom 2003 S. 22ff.

oder eine Weide sind die natürlich entstandenen Systeme, die Fische oder „Kuhessen“⁵⁵ sind die regenerativen, variabel zu konsumierenden Ressourceneinheiten.

In einem einfachen oder einem komplexen biologischen Ökosystem werden Ressourceneinheiten nach der Entnahme organisch in spezifischen Perioden erneuert, sofern das von Hardin aufgezeigte Commons-Dilemma⁵⁶ der Überfischung bzw. Überweidung vermieden wird und die Ressourcensystem-Grenzen durch die Entnahme nicht irreversibel geschädigt wurden. Dieses Rahmenkonzept für eine kollektive Nutzungslogik kann umgekehrt werden und auf negative Einflüsse für natürlichen Commons-Systemen adaptiert werden, z. B. in Bezug auf Einträge durch anthropogene Umwelteinflüsse wie Lärm, Abwasser in Gewässer oder Überformung von historischen Kulturlandschaften. Dies sind Systeme, die nicht durch Entnahme, sondern durch Hinzufügen von toxischen Substanzen oder Elementen als Ressourcensystem in ihrer Produktivität oder Regenerationskraft geschädigt werden.

Eine wissenschaftliche Aufgabe und Herausforderung sieht Ostrom darin, die Übertragbarkeit auf andere Institutionen und soziale Organisationsformen zu prüfen, wie es hier für Infrastruktursysteme erfolgt. Sie hält die Prinzipien für breit einsetzbar, betont aber auch, dass sie überwiegend mit erneuerbaren Ressourcensystemen geforscht habe, in denen sich entnommene Ressourceneinheiten im Laufe der Zeit aus dem Bestand natürlich regenerieren. Dieser feine Unterschied besitzt für eine Anwendung des Commons-Konzeptes im Bereich der anthropogenen Infrastruktursysteme als soziotechnische Systeme (STS) hohe Relevanz, wie später gezeigt wird.

Die Übertragbarkeit der Commons-Prinzipien auf technische Infrastruktursysteme wurde bisher nicht systematisch untersucht. In den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften bestehen jedoch unterschiedliche Auffassungen über den wirtschaftlichen Charakter von Infrastrukturangeboten als Klubgüter, private Güter, öffentliche Güter oder Allmende-Güter (CPR), wie in Kapitel zwei gezeigt wird.

Olson beschreibt in *Die Logik des kollektiven Handelns*,⁵⁷ die der von Coase begründeten Public-Choice-Forschung⁵⁸ zugeordnet werden kann, wie Mitglieder in unterschiedlichen Organisationsformen die Durchsetzung ihrer Interessen am effektivsten betreiben können. Seine inzwischen empirisch belegte Theorie aus den 1960er Jahren über Gruppenverhalten und Gemeingüter stellt zwei allgemein weit verbreitete Annahmen zu kollektiven Handlungsmustern infrage: zum einen, dass Gruppen mit gemeinsamen Interessen und Zielen auch rational und effektiv für deren Durchsetzung zusammenarbeiten

⁵⁵ Becker 1868: S. 26–27.

⁵⁶ Hardin 1968.

⁵⁷ Olson 2004.

⁵⁸ Coase 2007 (1937).

und zum anderen, dass in einer Demokratie die Mehrheit immer die Minderheit dominiert und diese deshalb ausnutzen könne. Olson zeigt auf, dass kleine Interessengruppen mit einer stark ausgeprägten Gruppenidentität geringeren Aufwand betreiben müssen, um ihre Interessen zu bündeln und zu artikulieren und letztlich diese auch durchzusetzen, was dem Einzelnen in einer kleineren Gruppe einen proportional höheren Gewinnanteil verspricht. In größeren und deshalb zwangsläufig heterogeneren und anonymen Gruppen – wie im Fall der (potenziellen) Nutzer von Infrastrukturnetzen – bestehe hingegen eine geringere Identifikation mit den gemeinsamen Zielen, für das einzelne Gruppenmitglied sei der Nutzen und Wertbeitrag des eigenen Einsatzes schwer nachvollziehbar, dagegen sei aber die Gruppe schwerer zu kontrollieren. Daraus zieht Olson die Schlussfolgerung, dass in größeren Gruppen, z. B. Gewerkschaften, nur solche Mitglieder an erreichten Vorteilen teilhaben sollen, die sich aktiv für deren Erreichen eingesetzt haben. Diese Beobachtungen legen nahe, dass Anonymität und Entfremdung mit der Größe der Gruppe und dem Abstand der Akteure zunehmen. Die Erkenntnisse zu kollektivem Handeln und Gruppenverhalten sind in Bezug auf den Umgang mit natürlichen Ressourcen sowie mit Beitrags- und Entnahmen-Dilemmata von Gemeingütern im Infrastruktursektor relevant wie auch richtungweisend in Bezug auf Internet-Kommunikation und digitale soziale Netzwerke oder Prozesse zur regionalen Stakeholder-Beteiligung.

In seiner Analyse kollektiven Handelns vertritt Olson die Position, dass sich aus dem gemeinsamen Interesse einer Gruppe nicht zwangsläufig ergebe, dass das aus diesen Interessen resultierende Ziel erreicht wird oder alle Gruppenmitglieder zum Erreichen des gemeinsamen Gruppenzieles beitragen. Dies ist besonders der Fall bei „Kollektivgütern“. Nach Olsons Definition sind das Güter, von deren Nutzung grundsätzlich alle Mitglieder einer Gruppe profitieren, unabhängig davon, ob und wie viel sie zu deren Bereitstellung beigetragen haben, was zum „Trittbrettfahrer-Problem“ führt. Da kleinere Gruppen nach Olson prinzipiell leichter zu organisieren sind, folgert er, dass die Verfügbarkeit von öffentlichen oder Kollektivgütern, wie Infrastruktur, die grundlegende Sicherstellungsfunktion eines Staates bzw. seiner Organisationen darstellt⁵⁹. Olsons Argumentation, dass Individuen ihre kurzfristigen Ziele zur Gewinnmaximierung nicht im Interesse eines Gemeingutes überwinden können, wird auch kritisch gesehen, denn diese Eigenschaft bereitet in der politischen Ökonomie den Boden für Hardins „Tragödie der Commons“. Außerdem scheint nach Olsons Theorie eine aktive Interessenvermittlung für Individuen angesichts politisch effizienter Mechanismen der Machtkonzentration eher mühsam und wenig attraktiv, wodurch der Eindruck bestärkt wird, dass freie Märkte die

⁵⁹ Olson 2004: S. 15.

Interessen der Individuen besser wahrnehmen als das bewusst handelnde Individuum für sich selbst⁶⁰.

Das ökonomische Paradigma eines theoretisch streng rationalen Handelns als gewinnmaximierendes Streben von Individuen, das der klassischen Theorie zugrunde liegt, wird durch Erkenntnisse der Verhaltensökonomie, der Kommunikations- und Hirnforschung⁶¹, als alleiniges Erklärungsmodell für individuelle Entscheidungen infrage gestellt. In der Modellentwicklung werden deshalb zur Untersuchung der infrastrukturimmanenten Allokationsproblematik über die klassisch ökonomischen Theorieansätze hinaus sowohl die sozialwissenschaftliche Perspektive als auch der kulturelle Kontext für die pfadabhängige Entwicklung von Infrastruktursystemen als relevante Einflussgrößen einbezogen, was im übertragenen Sinn dem Vorgehen und Methodenbaukasten von Ostrom im IAD entspricht.

Helfrich hat in zwei Sammelwerken *Commons – eine Politik jenseits von Markt und Staat*⁶² und *Die Welt der Commons*⁶³ den Stand der internationalen Commons-Forschung umfassend dokumentiert. Neben den Global Commons haben auch die Bereiche der Cultural Commons und der Digital Commons Eingang gefunden: Diese Bestandsaufnahme belegt einerseits die Dynamik der Commons-Bewegung an sich und dokumentiert andererseits die Ausweitung der systematischen Suche nach Alternativen zur ökonomischen Dichotomie von Markt oder Staat auf weitere Gesellschaftsbereiche.

Edenhofer bezeichnet die natürliche Umwelt als *Global Commons*, die er von *Social Commons* unterscheidet. Im Mercator Research Institute for Global Commons and Climate Change (MCC) wurde neben den Forschungsbereichen Wirtschaftswachstum, Governance und Ressourcen ein Forschungsgebiet für Infrastruktur, Landnutzung und Transport eingerichtet, was die wissenschaftliche Aktualität und Bedeutung der untersuchten Wechselwirkungen von Infrastruktursystemen, Verkehr und Umwelt unterstreicht.⁶⁴ Dieser rational ökonomische Güterbegriff der Commons, wie Edenhofer und Wissenschaftler am MCC ihn verwenden, unterscheidet sich davon, wie Helfrich Commons quasi als einen zivilgesellschaftlichen Gegenentwurf zur klassischen Wirtschaftstheorie interpretiert.

Gemäß der klassischen nationalökonomischen Theorie gelten große Infrastrukturnetze in der Regel als „kollektive Klubgüter“ mit partieller Rivalität und eingeschränkter Ausschließbarkeit von Personen, die nicht dafür zu zahlen bereit sind.⁶⁵ Ebenso können

⁶⁰ Bollier 2013.

⁶¹ Tomasello 2010; Hüther et. al. 2012.

⁶² Helfrich et. al. 2012.

⁶³ Helfrich et. al. 2015.

⁶⁴ Mercator Research Institute for Global Commons and Climate Change, 2015.

⁶⁵ Hirschhausen 2005.

Infrastrukturangebote wie Landstraßen oder das Internet auch als Allmende-Güter eingeordnet werden, soweit sie indirekt oder steuerfinanziert und prinzipiell allen Personen frei zugänglich sind. Smith vertrat in Bezug auf Infrastruktur im 18. Jahrhundert die Auffassung, der Staat sei prinzipiell für die nachfragegerechte Bereitstellung von Transportstrukturen zuständig, da hier privatwirtschaftliche Investitionen wenig attraktiv seien, aber durch solche Investitionen der allgemeine Wohlstand gefördert werde. Eine gute Infrastruktur als öffentliche Serviceleistung für Handel und Gewerbe fördere den Wohlstand aller Mitglieder eines Gemeinwesens.⁶⁶

Frey vertritt dagegen die Position, dass zwischen reinen privaten Gütern und öffentlichen Gütern eine Vielzahl von Zwischenformen existiert und die materiellen Infrastrukturen eher als private Güter zu verstehen sind, da die meisten Infrastrukturleistungen wie Eisenbahnverkehr, Post-, Telefon- und Telegraphie-Dienste (PTT) und Energieversorgung technische Ausschlusskriterien besitzen. „Es zeigt sich, dass nur ein kleiner Teil dessen, was zur Infrastruktur gezählt wird, die wichtigsten der in der Literatur zu findenden Kollektivgutmerkmale aufweist.“⁶⁷

1.6.2 Infrastrukturtheorie als ganzheitliche Betrachtung

Infrastruktur-Forschung ist im Ursprung eine Ingenieurwissenschaft, die einerseits in den differenzierten Gewerken für Gruben, Kanäle sowie Hoch- und Tiefbau und andererseits Mechanik sowie Eisenbahn- und Verkehrswesen genutzt wird. Im Laufe des späten 19. Jahrhunderts wurden mit Entwicklung der Elektrizität Forschung und Lehre um Elektro- und Fernmeldetechnik erweitert. Energie- und Telekommunikation, mit hoher Affinität zur Physik, legten in der angewandten Forschung die Grundlagen für heute global automatisierte Informationsnetzwerke und das zukünftige *Internet der Dinge*. Sektorübergreifende wissenschaftliche Betrachtungen sind bis heute selten, auch wenn im Städtebau und der Verkehrsplanung systemische und sozialökologische Ansätze notwendig und zu erkennen sind.⁶⁸

Zwei Autoren, Jochimsen und Frischmann, die – mit 50 Jahren Zeitdifferenz – in einer unterschiedlichen und doch komplementären Herangehensweise die Infrastruktursysteme aus der Perspektive von zwei Forschungssystemen und Kontinenten beleuchten, sind für die Aufgabenstellung bedeutend geworden und werden deshalb eingehend diskutiert.

Die Theorie der Infrastruktur von 1966 ist das zentrale wirtschaftswissenschaftliche Werk zur Infrastrukturtheorie von Jochimsen⁶⁹. In seiner Theorie unterscheidet dieser Autor

⁶⁶ Hofmann 2011: S. 16.

⁶⁷ Frey 1972: S. 74–75.

⁶⁸ Becker, U. 2014, 2016.

⁶⁹ Jochimsen 1966 S. 87ff.

drei Typologien von Infrastruktur, die materielle Infrastruktur, die institutionelle Infrastruktur und die personelle Infrastruktur, auf die sich der Wohlstand und die Organisation moderner Zivilisationen gründen. Er zeigt auf, dass Infrastruktur nicht nur die technische Ausstattung einer räumlich definierten Gruppe darstellt, sondern immer auch einen sozialen Kontext erfordert, in dem diese gesellschaftlichen Ressourcen entstehen, genutzt und bewirtschaftet werden. Er positioniert seine Thesen zwischen dem deutschen Wirtschaftswunder und der aufkommenden Entwicklungspolitik, zwischen dem sozialen Marktwirtschaftler Röpke⁷⁰ und dem sozialdemokratischen Interventionisten Myrdal⁷¹ und integriert deren gegensätzliche Standpunkte.

In seinem Werk *Infrastructure – The Social Value of Shared Resources* fasst Frischmann seine Untersuchungen in Bezug auf Umweltaspekte und den sozialen Wert der Infrastruktur zusammen.⁷² Frischmann entwickelt eine nachfrageorientierte Perspektive für natürliche und technische Infrastruktursysteme. Dabei werden von ihm drei grundsätzlich unterscheidbare Infrastruktur-Typologien herausgearbeitet, die kommerzielle, die soziale und die öffentliche Infrastruktur, die jedoch, wie er am Beispiel des Internets belegt, nicht überschneidungsfrei sind. Zusätzlich vertieft er die drei Infrastrukturtypen an Beispielen aus Verkehr und Telekommunikation und führt die Umwelt und die intellektuelle Infrastruktur als nicht klassische Infrastrukturen ein, die sowohl soziale wie auch öffentliche und private Bedürfnisse befriedigen können. Frischmann betont die nicht oder nur schwer monetär bewertbaren Funktionen als „Wert“ von Infrastruktursystemen.

1.6.3 Humanökologische Perspektive und Systemtheorie

Humanökologie ist eine interdisziplinär geprägte sozialwissenschaftliche Disziplin, deren Gegenstand die Wissenschaft und Praxis der Wirkungszusammenhänge und Interaktionen zwischen Mensch, Gesellschaft, Technik und der natürlichen Umwelt sind. Humanökologie hat einen länger zurückreichenden historischen Hintergrund. Namentlich in der Soziologie, der Kulturanthropologie, der Geographie und der Psychologie sind – dem in diesen Fächern vorherrschenden Erkenntnisinteresse entsprechend – interdisziplinäre humanökologische Ansätze entstanden.⁷³ Eine transdisziplinäre Betrachtungsweise, die ganzheitlich soziale, kulturelle, ökonomische, ökologische und politische Aspekte sowie lokale Akteure einbezieht, macht die Humanökologie zu einem Vorreiter für

⁷⁰ Röpke 2009.

⁷¹ Myrdal 1960.

⁷² Frischmann 2012.

⁷³ Steiner 2003: S. 56.

Nachhaltigkeit,⁷⁴ der aber in der deutschen Forschungslandschaft später als „Soziale Ökologie“⁷⁵ rezipiert wurde. Das erwähnte Modell des gesellschaftlichen Metabolismus positioniert die natürliche Lebensgrundlage als Basis der Bedürfnisbefriedigung für den Menschen als lebender Organismus und soziales Wesen. Das Modell zeigt den Menschen als soziales Kulturwesen, das kommuniziert und kooperativ in sozialen Beziehungen mit Anderen sowie im Austausch mit der Umwelt steht. Ostrom verweist u.a. auf den Einfluss der Humanökologie auf ihre Commons-Forschung.⁷⁶

Um Interaktions- und Transaktionsbeziehungen zwischen Gesellschaft, Ökosphäre und *Techonomy*⁷⁷ transparent analysieren und darzustellen zu können, wurde abweichend von der in der Sozialökologie vorgenommenen Systemeinteilung in Natur und Kultur die Kultur in die Sphären von Gesellschaft und *Techonomy* aufgeteilt. *Techonomy* fasst die infrastrukturellen Kulturfaktoren der Wirtschaft und Technik zusammen und differenziert diese funktional von der infrakulturellen Soziosphäre. In einem anderen Kontext können Artefakte wie Technik und Wirtschaft durchaus als Subsysteme von Gesellschaft definiert werden.

In einer funktionalen Erweiterung des humanökologischen Makro-Ansatzes zu einem sozialökologischen Transaktionsmodell für Infrastruktursysteme werden in der vorliegenden Arbeit Transaktionen der Gesellschaft zwischen *Techonomy* und der Soziosphäre unterschieden. Dazu wurde ein vereinfachtes Transaktionsmodell entwickelt, das die Interaktionen und Rückkopplungen der jeweiligen Infrastruktursysteme *qua* Definition in drei komplementäre Entscheidungssphären unterscheidet: Wirtschaft und Technik, die für diesen Infrastrukturkontext untrennbar als *Techonomy* zusammengefasst werden, den sozialen und politischen Kontext als Gesellschaft und die Umwelt als komplexes Ökosystem, die Ökosphäre. Diese Darstellung adaptiert das zweidimensionale „Wiener Modell der Beziehungen von Natur und Kultur“, das Fischer-Kowalski⁷⁸ als „gesellschaftlichen Metabolismus“ bezeichnet hat, für das konkrete Handlungsfeld Infrastruktur. Diese interdisziplinäre Betrachtungsweise ist systemisch notwendig und wird trotz heterogener Dimensionen und definitorischer Abgrenzungsprobleme für den Zweck der Modellbildung als gültig definiert. Dass es bei der definitorisch gewählten Aufteilung von

⁷⁴ Weisz 2001. Die Humanökologie der Chicagoer Schule (Park 1936, Young 1974) versuchte, Ökosystemmodelle auf die Frage des Zusammenhangs zwischen sozialen und räumlichen Prozessen, insbesondere in Städten, anzuwenden. Ecological Economics wiederum konstituierte sich über eine Kritik am neoklassischen Paradigma der Ökonomik und beschreibt eine Ökonomie, die in Ökosysteme eingebettet ist, also nicht nur monetär, sondern auch physisch verstanden werden muss (Georgescu-Roegen, 71; Daly, 73; Boulding, 66; Martinez-Alier, 87). Ebenso versucht eine Strömung in der Umweltsoziologie, ausgehend von einer Kritik am Durkheimischen Paradigma, Soziales nur mit Sozialen zu erklären, die physischen Interaktionen zwischen Menschen und ihrer natürlichen Umwelt ins Zentrum der Überlegungen zu stellen (Catton, Jr., 80; Catton, Jr., 78

⁷⁵ Becker, E. 2006.

⁷⁶ Ostrom 1999 S. XIII.

⁷⁷ Abbildung 3.

⁷⁸ Fischer-Kowalski 1994, in Becker, E. Soziale Ökologie: S. 136.

„Kultur“ in Gesellschaft und Techonomy zu einer gewissen Unschärfe kommen kann, wird in Kauf genommen.

Durch diese Dreiteilung sind die spezifischen Transaktionsbeziehungen in Bezug auf ihre Nachhaltigkeit zu erkennen, also beispielsweise, wie das Individuum seine Arbeitskraft, sein Wissen und seine Kreativität einsetzt, um in einem kommunikativen Austauschprozess Einkommen, Wohlstand und Lebensqualität zu erhalten. Das gilt auch für nicht kommerzielle Bedürfnisse, die der Einzelne in der Techonomy als Produzent oder Konsument sowie nicht monetär im sozialen Kontext oder in der Natur befriedigen kann. Die Gesellschaft verkörpert auch kulturelle Werte und kumuliertes Wissen, die einen Handlungsrahmen in Bezug auf Infrastrukturgestaltung und -nutzung setzen. In Deutschland gehören dazu auch die politischen Steuerungsinstrumente für repräsentative Demokratie und das Leitbild der Sozialen Marktwirtschaft. Die Infrastruktursysteme bestimmen maßgeblich über Qualität und Kosten der gesellschaftlichen Transaktionen einschließlich ihrer Externalitäten.

Die Ökosphäre als Ressourcenbasis steht mit der Bevölkerung in einer organischen Stoffwechsel-Beziehung und bietet den sozialen Raum für eine Vielzahl von Individuen und eine große Vielfalt von sozialen, kulturellen, ökonomischen und ökologischen Nutzungen⁷⁹ mit dem Zweck der Regeneration und des Erhalts der Lebensqualität. Der monetär nicht messbare Erholungswert eines Spaziergangs im Wald, der Familienausflug ans Meer oder der romantische Sonnenuntergang in einer Kulturlandschaft⁸⁰ sind dafür Beispiele. Techonomy nutzt beispielsweise Energiequellen und Ressourcen der Ökosphäre zur Transformation und erhöht im Gegenzug als physikalische Folge der Thermodynamik die Entropie des physischen Gesamtsystems. Freie Güter fließen um den Preis ihres Erschließungsaufwands quantitativ in die Sphäre der Techonomy ein, wobei z. B. Kosten für die Einhaltung von Umweltauflagen und Renaturierungs-Maßnahmen in Verbindung mit Baumaßnahmen direkten Eingang in die monetären Bilanzen der Unternehmen finden. Nachhaltigkeitsberichte und Corporate-Social-Responsibility-Bilanzen (CSR) bewegen sich zumeist im qualitativen Bereich und sind nur in Ausnahmefällen branchenabhängig für spezifische Infrastrukturvorhaben aussagekräftig.

Die großen technischen Versorgungssysteme sind Hybride und gehören nach klassischer Definition weder ausschließlich zur Gruppe der privaten Güter noch rein zur Gruppe der öffentlichen Güter. Es sind Mischgüter mit ausgeprägten Klubguteigenschaften.⁸¹ In seinem Werk *Wealth of Nations* hat Adam Smith wegweisende Überlegungen

⁷⁹ Frischmann 2012: S. 243.

⁸⁰ Moss 11.07.2008.

⁸¹ Bots 2009, Hirschhausen 2004, Eisenkopf 2013. Knieps 2007.

zu „Public Works“ – den notwendigen öffentlichen Infrastrukturanlagen zur Unterstützung der Wirtschaft – im Allgemeinen sowie zu deren Eigentums- und Verfügungsrechten wie effizienter Dimensionierung nutzungsabhängiger Finanzierung und zuverlässiger Instandhaltung formuliert, die in Kapitel 3.5 vertieft werden. Neben der theoretischen Verankerung in der NIÖ werden Erkenntnisse der politischen Ökonomie und Public-Choice-Theorie,⁸² der Soziologie,⁸³ der Governance-Forschung⁸⁴ sowie der Verkehrsfor-schung und der Stadt- und Humanökologie als interdisziplinäre Ergänzungen zur Einordnung und Analyse der Ziele und Methoden der Infrastruktur-Entwicklung herangezogen.

Die Differenzierung von Bereitstellungs- und Aneignungsproblemen ist für die Theorie der Modern Commons in hohem Maße relevant. Zu Fragen der Zukunft von Infrastrukturnetzen und ihrer Regulierung (Governance) werden i. d. R. Aneignungsaspekte und Zugang betrachtet, während die Bereitstellung im Kontext der Institutionenbildung und Nachhaltigkeit weniger Aufmerksamkeit erhält, obwohl ohne die Bereitstellung einer Systemplattform keine Entnahme von Services möglich wäre.⁸⁵

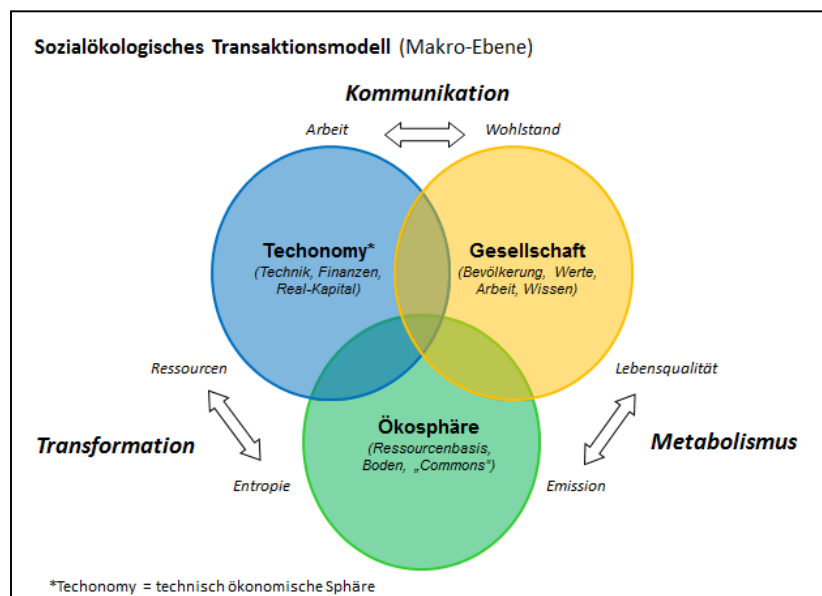


Abbildung 3: Sozialökologisches Transaktionsmodell (Makro-Ebene)
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Fischer-Kowalski 1997

Infrastruktur-Entwicklung erfolgt kontextbezogen als Antwort auf grundlegende Bedürfnisse und eine abgeleitete Nachfrage. Im Hinblick auf die Unsicherheiten der Zukunft und die „Reflexivität der Moderne“⁸⁶ ist Nachhaltigkeit deshalb per se weniger das Resultat einer mathematischen Formel zur Allokations-Optimierung als das abgewogene

⁸² Olson 2004, Buchanan 1999.

⁸³ Popper 2009, Beck 1986.

⁸⁴ Benz 2007, Mayntz 2009.

⁸⁵ Ostrom, 1999: S. 42.

⁸⁶ Beck, Giddens, Lash 1996.

Ergebnis eines mehrstufigen Prozesses zur Bewertung gesellschaftlicher, politischer, wirtschaftlicher, kultureller und sozialökologischer Opportunitäten.⁸⁷

Zu Netzplanung, Infrastrukturbetrieb, Innovation, Nutzerverhalten und Regulierung finden sich wissenschaftliche Studien zu Raumwirkung und Verkehr,⁸⁸ Energiewirtschaft und IKT sowie im Umwelt- und Ressourcenmanagement. Trotz zahlreicher Untersuchungen zu Finanzierungsmodellen und Regulierungsfragen für Infrastruktur liegen zu Art und Umfang der Vernetzungsleistungen wenige sektorübergreifende Erkenntnisse vor. Der Transaktionsbeitrag der Infrastrukturen und die durch sie erzeugten Nutzen und Lasten sowie die nachhaltigen Allokationsprinzipien für Investitionen in vernetzte Infrastruktursysteme werden überwiegend sektorspezifisch bewertet. Demgegenüber hat das Umweltbundesamt (UBA) ein Konzept zur nachhaltigen Verkehrsplanung veröffentlicht, das eine systemische Abwägung von Investitionen in Verkehrsinfrastruktur fordert.⁸⁹

Das nachhaltige Wirtschaften mit Gemeingütern wurde von Ökonomen, besonders durch Ostrom in *Die Verfassung der Allmende*, anhand des Umgangs mit natürlichen Gemeingütern, Wasser, Luft und Boden, aber auch Systemen für Wasserversorgung untersucht. Als junge ökonomische Disziplin fordert die Commons-Forschung dazu auf, die Anwendbarkeit der Commons-Logik auf andere Wirtschaftssektoren zu prüfen und die Governance-Prinzipien an die jeweiligen Erfordernisse anzupassen. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt dies aus einer sektorübergreifenden Perspektive für technische Infrastruktursysteme, die Modern Commons.

⁸⁷ Daly 1996, Schroer 2012.

⁸⁸ Becker, U. 2014.

⁸⁹ Beckmann 2012.

2 Commons als soziale Infrastruktursysteme

Am Anfang wurden die natürliche Infrastruktur vom Menschen für soziale Funktionen erschlossen. Diese gewachsenen Lebensräume bildeten die sozialen und ökologischen Möglichkeitsräume für Haushalte, Landwirtschaft und Ansiedlungen und tun dies bis heute. Diese Tatsache ordnet die kollektiv genutzten ersten Infrastruktursysteme auch ökonomisch der Sphäre der Commons zu. Wie Commons heute Bestandteil der sozialen Infrastruktur einer Gesellschaft sind, wurden auch moderne Infrastrukturnetze zum Teil der Allmende. Ziel der Ausführungen dieses Kapitels ist es, die Modern Commons zu definieren, in die Systematik der Commons-Forschung einzuordnen und ihre Funktionen und Eigenschaften als soziotechnische Ressourcensysteme zu beschreiben. Dazu werden die Entwicklung des Commons-Begriffes und seine Relevanz für Infrastruktur als Gemeinschaftsgut untersucht. Darüber hinaus wird der multifunktionale Charakter von Infrastruktursystemen anhand ihrer Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt aufgezeigt und es werden infrastrukturspezifische Commons-Dilemmata thematisiert. Unter Bezugnahme auf die Governance für sozialökologische Commons wird die Anwendbarkeit der Commons-Methodik auf technische Systeme als Intermediäre zwischen Technonomy, Gesellschaft und Ökosystem diskutiert.

2.1 Ursprung, Bedeutung und Relevanz von Commons

Allmenden sind keine Erfindung der Neuzeit. Die gemeinsame Nutzung von Gütern existiert, seit Menschen zusammenleben und miteinander wirtschaften. Mit der Herausbildung von gesellschaftlichen Strukturen gewannen Regeln für Eigentum sowie Zugangs- und Nutzungsrechte an Bedeutung. Das natürliche Recht des Stärkeren wurde im Interesse des Gemeinwohls zunehmend vom „stärkeren Recht“, den Institutionen abgelöst. Solche Regelwerke wurden lokal ausgehandelt und mündlich überliefert. Sukzessive fand eine überörtliche Verbreitung von Commons-Prinzipien statt, die sich lokal bewährt hatten.

Als Commons wurden in England solche Grundflächen (insbesondere Wälder und Weiden) bezeichnet, die, obwohl im Eigentum des Königs oder von Grundherren, der Allgemeinheit zur zeitweiligen Nutzung überlassen wurden. Erträge von Commons-Flächen durften von denjenigen, welche sie aufgrund fehlender Zugangsbeschränkungen bis dato genutzt hatten, weiterhin entnommen werden, solange dem Eigentümer und den Nachbarn dadurch kein Schaden entstand.

Diese erste dokumentierte, von einem nationalen Herrscher verfügte Commons-Regelung besaß landesweite Gültigkeit und bezog sich somit nicht auf eine lokal begrenzte Gruppe von Nutzern, wie sie in der Commons-Forschung hauptsächlich untersucht wird. Durch eine universelle Gesetzgebung wurden vom Eigentümer für eine Vielzahl von

anonymen Nutzern Rechte und Pflichten im Umgang mit seinem (natürlichen) Ressourcensystem festgelegt. Auch wenn keine Beteiligung der Nutzer an diesem Prozess dokumentiert wurde, ist historisch belegt, dass die Adligen des Landes ihren Einfluss auf den Herrscher (King John) ausübten, um Garantien für ihre unveräußerlichen Rechte und ihre Untertanen einzufordern. Diese Magna Carta (Große Urkunde der Freiheiten) wurde von seinem Sohn, Heinrich III., zusammen mit der „*Carta de Foresta*“ 1217 veröffentlicht. Dieses älteste dokumentierte Regelwerk für *Commons* behielt über Jahrhunderte Gültigkeit. Das Commons Law⁹⁰ regelt Prinzipien von erneuerbaren Ressourcensystemen im Eigentum des Königs und die Entnahme nachwachsender Ressourceneinheiten und wird von lokalen Communities überwacht.⁹¹

“In the first place, all the forests which king Henry our grandfather made forest shall be viewed by good and law-worthy men, and if he made forest any wood that was not his demesne to the injury of him whose wood it was, it shall be disafforested. And if he made his own wood forest, it shall remain forest, saving common of pasture and other things in that forest to those who were accustomed to have them previously.”⁹²

Neben den englischen Vorbildern gibt es Allmenden auch in Skandinavien, z. B. das seit dem Mittelalter tradierte „*Allemansrätt*“,⁹³ das die Wege-, Nutzungs- und Leserechte auf privatem Grundeigentum regelt. Ebenso finden sich in Zentraleuropa (Schweiz, Süddeutschland und Österreich)⁹⁴ frühe Belege für kollektive Allmende-Nutzungsrechte und damit verbundene Beitragspflichten. So konnte z. B. eine vom Eigentümer vernachlässigte Fläche durch die gemeinsame Rodung von der Dorfgemeinschaft zur Allmende gemacht werden.⁹⁵

90 Chomsky, 2012. The Charter of the Forest demanded protection of the commons from external power. The commons were the source of sustenance for the general population: their fuel, their food, their construction materials, whatever was essential for life. The forest was no primitive wilderness. It had been carefully developed over generations, maintained in common, its riches available to all, and preserved for future generations - practices found today primarily in traditional societies that are under threat throughout the world.

91 Rothwell 1975: S. 337–340. “Common” area of land within a manor where its tenants or those of other manors had the right to graze livestock (R 165); right of occupiers of ancient forest tenements (all others being purprestures), of neighbouring townships by ancient custom, and of other persons given license, to graze forest herbage (q.v.). Four types of common were defined in Common Law: ‘common appurtenant’ (to a messuage) allowed the grazing of geese, goats, pigs and sheep, but these and unringed swine were not allowed in forests; ‘common appendant’ (to arable strips) also excluded them because they compacted the land; ‘common in gross’ was as stipulated by the lord of a manor (or forest), and ‘common of vicinage’ or by neighbourhood was the reciprocal right of commoners to graze each others’ waste if unfenced. Limited to a commoners’ own beasts, according to levancy and couchancy (‘levant and couchant’), (...) As regarding forest common rights granted to communities outside the forest, ‘the claim ought to be made by them all; but otherwise it is within the forest, where every man shall have his action by himself for that which belongs to him’ (Co 295)... ‘and concerning claims it is specially to be observed, that by the forest law a grant made of a privilege within the forest to all the inhabitants being freeholders within the forest or such other commonalities not incorporated, is good’ (Co 297). Königreich England, König Heinrich III 1217: S. 329f reprint von Rothwell 1975

⁹² Rothwell 1975: S. 337.

⁹³ *Allemansrätten* (Jedermanrecht: erlaubt Wegerecht und begrenzte Nutzung auch privater Flächen für Zelten, Fruchternte und Wasserzugang für bis zu drei Tage, wobei Abstand zu bewohnten Gebäuden gewahrt werden muss) Public access to private land—*Allemansrätt* in Sweden Kevin Colby, 1988, Landscape Architect, U.S. Forest Service, “Access to private land by the public for non-destructive recreation exists in Sweden through *Allemansrätt* (Everyman’s Right or The Right of Common Access). It grew out of customary practices dating back to the Middle Ages and is an unwritten law. “

⁹⁴ Zückert, 2003, Allmende und Allmendeaufhebung Lucius & Lucius DE, 2003: S. 231.

⁹⁵ Schels, 2013, Mittelalterliches Lexikon.

Bei der dörflichen Allmende handelt es sich ursprünglich um lokale Absprachen darüber, wie Gemeindeflächen, Gewässer oder Gebäude gemeinschaftlich bewirtschaftet und genutzt werden. Diese subsidiär getroffenen Regelungen galten für Mitglieder einer Gemeinde und wurden regional verbreitet und z. B. in den Schweizer Kantonen, die Ostrom neben anderen CPR-Systemen untersucht hat, seit dem Mittelalter ähnlich ausgestaltet.

„Allmeind (Allmänd) (...) Der ungeteilte Grundbesitz einer Gemeinde an 1) W e i d e l a n d zur gemeinsamen Benutzung ...A. heißt daher auch zunächst das an der Straße liegende Land, das nicht angebaut werden kann und mit den größeren Verkehrswegen selbst Gemeingut ist. (...) Auf eine Verwendung ähnlich derjenigen der ‚commons‘ im England weist die ‚Steinstoss Allmend‘. (...) 2) Gemeinbesitz an W a l d: ‚Dem Eichwalt, dem man spricht die Allmende‘ Stadtr. RHEINF. 1290. 3) Gemeinbesitz an W a s s e r. Zum Fischfang.“⁹⁶

Eine solche polyzentrische Commons-Struktur ermöglicht ein Höchstmaß an Flexibilität in der Handhabung von Zugangs- und Nutzungsrechten sowie Beitragspflichten Interessenkonflikten. Gehörte der Gemeinde ein Gewässer, konnten Fischereirechte Teil der Allmenden sein, ebenso die technische Errichtung und Nutzung von Gebäuden wie Getreidespeicher, Gemeindesaal, Schule oder Allmende-Haus für Alte, Arme und Bedürftige sowie die entlegene Sennhütte sind mögliche Elemente einer Dorfallmende. „Allmend-: Sennhütte auf der Gemeinalp. (...) Die Sennhütten (...) gehören ‚Hütten-Genossenschaften‘, die ein ‚Hütten-Reglement‘ feststellen“⁹⁷.

Bei einer Allmende geht es, im Gegensatz zu den von einer hierarchisch höherstehenden Stelle gewährten Commons-Rechten in der langen Rechtstradition der Schweiz und des alemannischen Sprachraums um den gemeinschaftlichen Besitz einer Gruppe an einem Gemeindegut, z. B. Weide, Wald, Gewässer oder Gebäude (Allmeinstall, Allmein- und Fischerhütte u. a.), dessen Nutzung und Ertrag unter den Bürgern aufgeteilt und zum Nutzen einzelner oder aller Gruppenmitglieder verwendet wird.⁹⁸ Von Dörfern ausgehend entwickelten sich regional Allmende-Regeln und Flächen in den Kantonen. Die Größe der Allmende der jeweiligen Kantone und der anteilige Wert des Bürgernutzens wurden im 19. Jahrhundert für die gesamte Schweiz verglichen, bemessen z. B. nach ihrem Jahresertrag in der Viehwirtschaft.⁹⁹ Im Grundsatz war die Ressourcenentnahme aus Allmende-Systemen unentgeltlich, wobei Gemeinden eigene Regelwerke entwickelt haben, die Gegenleistungen der Nutzer beinhalten konnten.

Noch heute nutzen Städte wie Luzern oder Bern ihre Allmenden als öffentliche Begegnungsräume, z. B. für Messen. Auch die historische Institution der „Boston Commons“

⁹⁶ Staub 1881: S. 190-191.

⁹⁷ Staub 1881: S. 1781-1782.

⁹⁸ Staub 1881: S. 190 - Wörterbuch (nach Miaskowski 1879). Allmeind, Allmänd (Mendli), Allmänt, Allmein, Allm, Allmende (um 1290), Almeida (1125), algmenda (XIII Jhr.) Hochd: Allgemeine

⁹⁹ Becker, B. 1868: S. 26-27 - Nach dieser Berechnung wurden auf den dem Bezirk Uri gehörenden Alpen und Allmenden im Jahr 1851 in Summa 5417 Kuhessens gesammelt. Der Kuhessen ist wie sein Wortlaut sagt die für eine Kuh während der Sommerszeit erforderliche Nahrung und dient bei Festsetzung der Viehtriebrechte als Grundeinheit.

zeigt, dass die bewährten Prinzipien zur gemeinschaftlichen Nutzung von Ressourcensystemen in die Neue Welt übernommen wurden,¹⁰⁰ auch ohne dort durch einen übergeordneten Souverän verfügt oder garantiert zu werden. Dies rückt die Idee der feudal gewährten Commons in die Nähe der demokratisch legitimierten Allmenden und lässt es zu, sie auf technische Systeme anzuwenden. Allmenden sind also von einer Gemeinschaft geschaffene Ressourcensysteme, die nach bestimmten Regelwerken für die Entnahme und Beiträge jedes Nutzers erhalten werden. Klassische Commons sind nachwachsende Ressourcensysteme in der Natur, die von ihrem Eigentümer Dritten unter Einhaltung gewisser Regeln zur Mitnutzung freigegeben werden. Bei den Modern Commons handelt es sich um Institutionen der ererbten oder gebauten technischen Infrastruktursysteme, die durch die Gesellschaft über einen langen Zeitraum erhalten werden sollen und von ihren Mitgliedern diskriminierungsfrei genutzt werden können. Gemeinsam sind Allmenden und Commons das prinzipielle Verständnis von offenem Zugang und Regeln, die letztlich von einer spezifischen Community lokal oder in globalen Netzwerken ausgehandelt und überwacht werden.

Commons sind de facto soziale Kontrakte, Institutionen die sich im Laufe der Zeit etabliert und bewährt haben. Allmende-Systeme sind letztlich nicht die Ressource an sich, sondern verbindliche Verfügungsvereinbarungen zwischen einem oder mehreren Eigentümern und Nutzergruppen, deren gegenseitigen Rechte und Pflichten zu Errichtung und Erhalt eines sozialen, technischen oder natürlichen Ressourcensystems in einem sozialen Aushandlungsprozess definiert wurden. Aufgrund gleicher Governance-Prinzipien können die Begriffe „Commons“ und „Allmende“ für Modern-Commons-Systeme heute synonym verwendet werden.

Wege- und Weiderechte sowie Lese- und Nutzungsrechte sind im Umwelt- und Klimaschutz wie in der Politikwissenschaft Gegenstand von Commons-Forschung. Die Relevanz solcher Commons-Systeme wird auch dadurch belegt, dass ursprünglich aus der Land- und der Forstwirtschaft entlehnte Begriffe wie Zugangs-, Nutzungs- und Leserrechte sowie Nachhaltigkeit heute wie selbstverständlich auf moderne, technische Systeme übertragen und zur Organisation digitaler Räume und Rechte verwendet werden. Sprache wird dabei zum kulturellen Trägermedium für kulturelle und mentale Muster,¹⁰¹ für kooperative Institutionen und somit auch die Leitbilder für partizipative Gestaltung und System-Akzeptanz.

Commons-Systeme und ihre stabilisierenden Eigenschaften für kollaboratives Arbeiten sind derzeit Gegenstand großen Interesses in der digitalen Wirtschaft, Zivilgesellschaft,

¹⁰⁰ Öffentliche Weide durch William Blaxton errichtet 1634 Massachusetts Bay Colony, heute Park (Quelle: Wikipedia).

¹⁰¹ Tomasello 2010 S. 191ff.

Politik und Wissenschaft. Die nahezu unbegrenzten Möglichkeiten zur digitalen Verarbeitung und Verbreitung von Wissen und Inhalten bringen neue, commons-ähnliche Kooperationsmodelle hervor wie:

- nutzergenerierte Content-Systeme wie Wikipedia, Google oder Facebook
- Commons-Plattformen mit offenen Standards gemeinschaftlich hergestellte Open Source Software und sichere Betriebssysteme wie Linux und Ubuntu¹⁰²
- Prozessinnovationen führen zu Disruptionen in Vertriebskanälen wie iTunes, Amazon und Skype
- eine digital vernetzte Share-Economy mit echtzeitbasierten Car-, Ride- und Home-Sharing Angeboten wie Car2Go, UBER, Bla Bla Car, Airbnb.

Commons erfahren neue Aufmerksamkeit in einer Gesellschaft mit individualisierten Idealen, in der Gemeingüter die Sehnsucht nach Gemeinsinn und einen Lebensstandard in Harmonie zwischen Mensch und Natur bestätigen. Geschäftsmodelle der digitalen Ökonomie, in Tabelle 5 als eine Art von Emerging Commons dargestellt, sind keine CPR-Systeme. Nutzern werden in *Hybriden Resonanzräumen* digitale Dienste kostenfrei angeboten, um eine schnelle Verbreitung und hohe Akzeptanz zu erreichen. Anbieter dieser Plattformen sind Unternehmen, die z. B. gewonnene Daten primär im Sinne ihrer kommerziellen Interessen einsetzen und nicht zum Wohle eines virtuellen Kollektivs. Nicht zuletzt in der Ökonomie ist die tradierte Dichotomie von Markt und Staat in der klassischen Theorie an Grenzen gelangt, die neue Sichtweisen und Lösungen erfordern. Mit dem Nobelpreis für Ökonomie wurde die Bedeutung von Ostroms grundlegenden Arbeiten der „alternativen“ Commons-Forschung 2009¹⁰³ wissenschaftlich anerkannt, die mit den Modern Commons für Infrastruktursysteme weiterentwickelt werden.

Ostrom unterscheidet Ressourcensysteme und Güter nach dem Grad der Ausschließbarkeit und der Subtrahierbarkeit der entnommenen Ressourceneinheiten. Dabei formuliert sie die Zuordnungskriterien nicht als absolute Ja-Nein-Größen, sondern weist auch in der vereinfachten Darstellung darauf hin, dass es unendlich viele Mischformen dieser Güterarten gibt, wie die öffentliche Infrastruktur belegt.¹⁰⁴ Eine Straße ist zuerst ein öffentliches Gut, erhält aber durch eine Autobahngebühr, City-Maut oder eine andere Zugangsbeschränkung (Abgasvignette) formal Klubgut-Charakter. Entstehen Engpässe durch hohes Verkehrsaufkommen wegen Rushhour oder Urlaubsbeginn werden Straßen und Parkplätze zu einem periodisch knappen Allmende-Gut. Das trifft auch für private Straßen zu, die temporär oder dauerhaft für den öffentlichen Zugang geöffnet werden. Ein weiteres Merkmal von Commons-Systemen ist es, dass ein und dasselbe Gut standortspezifisch, spontan oder im Laufe der Zeit den Charakter von Klubgut zu Allmende-Gut oder vom öffentlichen Gut zum Klubgut verändern kann, z. B. durch die

¹⁰² Lizenzfreie, kollaborativ erzeugte Betriebssysteme für Computer und Mobiltelefone

¹⁰³ Nobelprize.org 2009

¹⁰⁴ Ostrom 1971: S. 206.

Abschaffung von Zufahrtskontrollen an einem Parkhaus oder die Verlagerung von Senderechten einer Sportveranstaltung an Sender des Bezahlfernsehens.

Klassische Commons-Systeme sind lokal und pragmatisch organisiert und besitzen eine institutionelle Flexibilität, die zur Langlebigkeit von CPR-Systemen beiträgt. Commons-Systeme können den Charakter der generierten Ressourceneinheiten ändern, sie können also gleichzeitig sowohl Common-Pool-Ressourcen (CPR) als auch private Güter erzeugen. Ein Wald kann z. B. öffentlich und touristisch zur Erholung, zum Lesen von Holz und Beeren genutzt werden und gleichzeitig forst- und jagdwirtschaftlich als ökonomisches Ressourcensystem genutzt werden. Dieser multiple Charakter eines SES-Commons ist unabhängig davon, ob das System sich in kommunalem, staatlichem oder privatem Eigentum befindet. Technische Infrastruktursysteme unterscheiden sich in ihrer Entstehung und Nutzung von natürlichen Commons, sodass die Übertragbarkeit von Commons-Eigenschaften im Folgenden näher untersucht wird.

2.2 Prinzipien und Merkmale von Commons-Systemen

Ostrom begann ihre Commons-Forschung mit einer Promotion über technische Infrastruktursysteme, die Grundwasser-Managementsysteme in Kalifornien, in der sie sowohl das unternehmerische Zusammenwirken von Staat und privaten Unternehmen als auch dessen soziale und ökologische Auswirkungen zum Untersuchungsgegenstand machte.¹⁰⁵ Die Übertragbarkeit der Governance-Prinzipien auf STS wäre somit im Ursprung der Commons-Forschung angelegt. Eine Besonderheit bei von Ostrom weltweit untersuchten Wasser-Managementsystemen ist der unmittelbare Zusammenhang von Wasserverfügbarkeit und Wasserentnahme mit den lokalen Ökosystemen. Ostrom entwickelte daraufhin anhand zahlreicher weltweiter Fallstudien die Theorie der Allmendegüter und schuf mit ihren Governance-Prinzipien und Bausteinen der Commons ein institutionelles Bezugssystem für Analyse und Entwicklung (IAD) sozial-ökologischer Ressourcensysteme und damit auch zu deren Untersuchung.

“These same general laws also specify the working rules that public entrepreneurs must follow in the pursuit of opportunities in the public sector. The possibility of new legislation creating facilities for the establishment of new districts or expanding the capabilities of existing enterprises always exists in a political system devoted fundamentally to the coexistence of an active public enterprise system together with a vigorous private enterprise system.”¹⁰⁶

Commons-Prinzipien wurden vor allem entwickelt, um Regelwerke zur Entnahme von Ressourceneinheiten aus natürlich gewachsenen Ressourcensystemen (SES), einer Common-Pool-Ressource, im Gegensatz zu freien oder privaten Gütern zu beschreiben. Ziel von Commons-Systemen ist es, jenseits von staatlichem Eingreifen und freien Marktmechanismen flexible, lokal optimierte Entnahmestrategien im Hinblick auf den

¹⁰⁵ Ostrom 1965.

¹⁰⁶ Ostrom ebenda.

gemeinsamen Nutzen und den Erhalt von natürlichen Ressourcensystemen zu entwickeln. Nach Whaley wird in der politisch-ökonomischen Commons-Forschung ein funktional organisiertes „Ko-Management“ neben Staat, Markt und Zivilgesellschaft als vierte Form der institutionellen Aufgabenteilung zur Bewirtschaftung von Ressourcensystemen gesehen.¹⁰⁷

Ostrom beschreibt Commons mit den Eigenschaften der Ressourceneinheiten, ihrer Rivalität durch die Entnahme aus dem System und der Zahl der Akteure. Sie definiert Prinzipien der CPR anhand von Situationen, die Veränderungen und Handlungsbedarf in Commons-Systemen auslösen, und konzentriert ihre Forschung auf Entscheidungssituationen. Die vielfältigen Einflussfaktoren und potenziellen Dilemmata, die sie anhand von beobachtbarem Verhalten mithilfe der Spieltheorie beschrieben hatte, wurden zu einer umfassenden Theorie für flexibles und nachhaltiges Commons-Management von sozial-ökologischen Ressourcensystemen, eben der Verfassung der Allmende verdichtet.

Neben dem Ressourcensystem erfasst das IAD auch spezifische Eigenschaften der durch Commons-Systeme produzierten Ressourceneinheiten. Ostrom dokumentiert die sozialen, ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen, die für die Akteure festgelegt sind, deren Ursprünge jedoch außerhalb des Ressourcensystems selbst auf einer konstitutionellen Meta-Ebene liegen, sowie verwandte, angrenzende Ökosysteme, die mit dem System in Interaktion stehen können. In Bezug auf die Akteure beschreibt sie Handlungssituationen und Interaktionen, mögliche Ergebnisse (Outcomes) sowie relevante Elemente der vereinbarten Governance-Strukturen, die innerhalb des jeweiligen Systems Gültigkeit haben.

Auch die Modern-Commons-Theorie ist auf Ressourcen, Systemgrenzen und Akteure einer Community sowie Entscheidungs-Situationen und Dilemmata bei Gestaltung und Betrieb von Infrastrukturnetzen bezogen. Die Methodik und die Variablen eignen sich grundsätzlich auch für technische Infrastruktursysteme (STS), wie in Kapitel 3 ausgeführt wird. Das *Commons-Framework*, wie Ostrom es nennt (Tabelle 3), hilft dabei, die Bauprinzipien und die verschiedenen Variablen zu identifizieren, welche die Struktur von potenziellen Nutzungssituationen, die daraus resultierenden Interaktionen der Governance-Systeme, die Handlungsmöglichkeiten für die Ressourcennutzer und das Ressourcensystem sowie die Ergebnisse in Bezug auf das nachhaltige Management-System für die CPR beeinflussen.

¹⁰⁷ Whaley et. al. 2014: S. 9.

S: Soziale, ökonomische und politische Rahmenbedingungen

S1 - Ökonomische Entwicklung. S2 - Demographische Entwicklung. S3 - Politische Stabilität.
S4 - Umwelt- und Ressourcenpolitik. S5 - Marktanzreize. S6 - Medien

Ressourcensystem (RS)

- RS 1. Sektor (z. B. Wasser, Wald etc.)
- RS 2. Klare Systemgrenzen
- RS 3. Größe des RS
- RS 4. Anthropogene Strukturen
- RS 5. Produktivität des RS
- RS 6. Gleichgewichts Zustände (Besitz)
- RS 7. Vorhersagbarkeit der Systemdynamik
- RS 8. Speicherfähigkeit
- RS 9. Räumliche Situation/Lage

Ressourceneinheiten (RE)

- RE 1. Mobilität der RE
- RE 2. Wachstums/Erneuerungsrate
- RE 3. Interaktion der RE
- RE 4. Ökonomischer Wert
- RE 5. Menge der RE
- RE 6. Bestimmte Merkmale der RE
- RE 7. Räumliche und zeitliche Verfügbarkeit

Handlungssituationen: Interaktion (I)

- I 1. Ernten
- I 2. Informationen austauschen
- I 3. Beratungs-Prozesse
- I 4. Konflikte
- I 5. Investitions-Aktivitäten
- I 6. Lobbying--Aktivitäten
- I 7. Selbst-Organisations-Aktivitäten
- I 8. Networking
- I 9. Monitoring
- I 10. Evaluierung Aktivitäten

Verwandte Ökosysteme (ECO)

ECO1: Klima Muster. ECO2: Umweltbelastungs-Muster. ECO3: Flüsse in/aus SES im Fokus

Governance--System (GS)

- GS 1. Regierungs-Organisationen
- GS 2. Nicht-Regierungs-Organisationen
- GS 3. Netzwerk Struktur
- GS 4. System der Eigentumsrechte
- GS 5. Operative Regelwerke
- GS 6. Kollektive Auswahlmechanismen
- GS 7. Verfassungs-Regeln (RS)
- GS 8. Monitoring und Sanktionen

Akteure (A)

- A 1. Anzahl Akteure
- A 2. Soziökonomische Merkmale der A
- A 3. Nutzungsgeschichte der A
- A 4. Räumliche Verteilung/Lage
- A 5. Führungsstruktur/Unternehmerschaft
- A 6. Normen (reziprokes Vertrauen) Sozialkapital
- A 7. Wissen über SES, mentale Modelle
- A 8. Bedeutung der Ressource (Abhängigkeit)
- A 9. Genutzte Technologie

Ergebnisse Outcome (E)

- E 1. Soziale Leistungsindikatoren (z.B. Effizienz, Fairness, Nachhaltigkeit)
- E 2. Ökologische Leistungsindikatoren (e.g. Übernutzung, Resilienz, Biodiversität, Nachhaltigkeit)
- E 3. Externalitäten, Wirkungen auf andere SES

Tabelle 3: IAD-Governance-Variablen für sozialökologische Systeme

Quelle: Ostrom, 2012 The Future of the Commons S. 73. ¹⁰⁸

Die angeführten Governance-Variablen der zweiten Ebene führte Ostrom in der Hayek Lecture 2012¹⁰⁹ aus. Somit stellt diese Erweiterung den letzten Stand ihrer Forschung zu Commons-Institutionen dar. Was einschränkend jedoch erwähnt werden muss, ist, dass der Commons-Ansatz kaum die Problematik der Entstehung, Errichtung und Entwicklung von Commons-Ressourcensystemen als solche betrachtet, da SES natürlich entstehen. Entscheidungen zur Allokation von Infrastruktur und Investitionen sowie die Bewertung der damit verbundenen Chancen und Risiken für eine Gruppe oder

¹⁰⁸ Ostrom 2012: S. 73.

¹⁰⁹ Ostrom 2012.

Gesellschaft ist für lokale SES weniger relevant als bei flächendeckenden Infrastruktursystemen. Ebenso werden im IAD Externalitäten und Langzeitfolgen eines spezifischen Systems auf verwandte Öko-Systeme begrenzt. Für Infrastrukturnetze und STS ist hingegen eine umfassende Betrachtung der gesellschaftlichen, ökonomischen und sozialen Effekte für eine Bewertung von Entwicklungs- und Allokations-Entscheidungen naheliegend und notwendig, zumal diese Entscheidungen für Netzentwicklung intentionell gestaltbar, interdependent und von den Akteuren verhandelbar sind.

2.2.1 Bauprinzipien von Commons-Systemen

Ostrom warnte davor, *eine* allgemeingültige Lösung für alle Commons-Situationen entwickeln zu wollen, was sie auch nie beabsichtigt habe.¹¹⁰ Die Bauprinzipien lassen sich jedoch an vielfältige Entscheidungs-Situationen anpassen und Ostrom ermutigt Wissenschaftler ausdrücklich dazu, neue Anwendungsfelder für Commons-Reglements zu finden. In diesem Sinne liegt die vorgenommene Anwendung auf mehrstufige Infrastruktursysteme durchaus in der Tradition und explizit im Sinne der Nobelpreisträgerin, da es ihr darum ging, zentrale Systemanforderungen auf lokal unterschiedliche Anwendungssituationen zu übertragen und Akteure der unterschiedlichen Ebenen an der Gestaltung der Systeme und ihrer Governance zu beteiligen.

Ostrom definiert Bauprinzipien für das Funktionieren von Entscheidungssituationen in SES-Commons-Systemen,¹¹¹ die als Gemeinressourcen genutzt werden. Diese generellen Gestaltungsprinzipien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- klare Grenzen zwischen Nutzern und für das Ressourcensystem,
- kohärente Planung auf Basis spezifischer lokaler Gegebenheiten,
- Teilhabe der Akteure an gemeinschaftlichen Entscheidungen,
- Monitoring und Rechenschaftspflicht für Nutzer, Betreiber und Eigner,
- abgestufte und wirksame Sanktionsmechanismen,
- effiziente und stabile Konfliktlösungsmechanismen,
- ein Mindestmaß an „Anerkennung“ der Rechte durch die öffentliche Hand sowie
- Institutionen, die in polyzentrische Governance-Strukturen eingebettet sind.

Diese spätere, von Ostrom selbst aktualisierte, Fassung der Governance-Prinzipien für sozialökologische Ressourcensysteme (SES) lässt sich, wie im Folgenden ausführlich dargestellt wird, auf räumliche und organisatorische Strukturen von mehrstufigen Infrastruktursystemen übertragen und adaptieren. Die Beitrags- und Aneignungsproblematiken der Modern Commons mögen systembedingt für STS anderer Natur sein, treffen aber stets auf vertikal und horizontal organisierte Akteursstrukturen, in denen kollektive

¹¹⁰ Panacea – gr. „Allheilmittel“ Literarisch: erdichtetes „Allheilkraut“ (Quelle Pons).

¹¹¹ Ostrom 1999: S. 235, Ostrom 2011: S. 85f.

Entscheidungen in allen Phasen der Infrastruktur-Entwicklung für das Gesamtsystem nach festzulegenden Regeln getroffen werden.

Modern Commons betreffen technische Flächensysteme, aber die physikalisch notwendige Technisierung bedeutet nicht, dass alle Elemente eines Systems sich im Eigentum eines Eigentümers befinden, alle am Netz beteiligten Akteure gleiche Interessen verfolgen, sämtliche Netzknoten, Leitungen und betrieblichen Abläufe in der Entscheidungsgewalt eines Betreibers liegen oder dass bei überörtlichen, teils internationalen Netzen ein rechtlicher Rahmen überhaupt gegeben ist oder grenzüberschreitend Gültigkeit besitzt.¹¹² Die der Effizienz folgende Standardisierung von Technik und Prozessen in Infrastrukturnetzen widerspricht prinzipiell nicht der polyzentrischen Vielfalt von Commons, sondern profitiert davon, dass diese in einer Vielzahl möglicher institutioneller Arrangements gemäß den regionalen Geographischen, sozialen, wirtschaftlichen oder politischen Gegebenheiten vor Ort differenziert gestaltet und angepasst werden können. Die technischen Sachzwänge führen bei rationalem Verhalten zu einer Aufwärts- und Abwärtskompatibilität der Systeme, unabhängig von Funktionen, Eigentümern und Räumen. Das Beispiel des fragmentierten Automobil- und Eisenbahnsektors in Europa, wo Jahrzehnte des nationalen und industriellen Protektionismus die Entwicklung einheitlicher Systeme und Standards behindert haben, belegt, dass auch für große Bereiche der Volkswirtschaft ökonomische Entscheidungen nicht allein rationales Handeln – im Sinne des Gesamtsystems – maßgeblich ist.

Ostrom ergänzt die genannten Prinzipien durch sieben Arten von Regeln (Rules), die an Grundregeln in Gesellschafterverträgen erinnern, die zur Stabilität und Funktionsfähigkeit von Commons-Systemen durch die Beteiligten in Verhandlungen zu erarbeiten und zu klären sind:

- „Grenz-Regeln (Boundary Rules) definieren, wie der Akteur Teil des Systems wird und unter welchen Bedingungen er es wieder verlassen kann oder muss
- Rollen-Regeln (Position Rules) legen fest, welche Rollen in dem System vorhanden sind und wie viele Akteure welche Rollen innehaben können
- Entscheidungs-Regeln (Choice Rules) beschreiben, welche Entscheidungen von welchen Akteuren in welcher Rolle getroffen werden können
- Informations-Regeln (Information Rules) spezifizieren die Kommunikationskanäle sowie die Informationsrechte und -pflichten zwischen Akteuren
- Geltungsbereichs-Regeln (Scope Rules) beschreiben die Tragweite von Entscheidungen und die Größenordnung der zu erwartenden Effekte
- Abstimmungs-Regeln (Aggregation Rules) legen fest, wie Entscheidungen an einem Punkt (Node) als Zwischenschritte oder endgültige Entscheidungen getroffen werden (Einstimmigkeit, Vetorechte, Regelung von Mehrheits- und Minderheitsrechten)
- Abrechnungs-Regeln (Payoff Rules) beschreiben, wie Kosten und Nutzen zwischen den beteiligten Akteuren verteilt werden.“¹¹³

¹¹² Knieps 2007: S. 2.

¹¹³ Ostrom, Gardner, Walker 1994 S. 41ff; Crawford, Ostrom 1995; Ostrom 2009 S. 85ff.

Solche vertragsüblichen Regeln bestehen prinzipiell in jedem Fall für Institutionen, die technische Infrastruktursysteme planen, bauen und betreiben, sowie deren Nutzern. Diese Regelwerke sind überwiegend nach betriebswirtschaftlichen Kriterien gestaltet und nur in Teilbereichen wie Beteiligungs- und Schlichtungsverfahren in der Planungsphase, Ausgleichsmaßnahmen im Umweltsektor oder geforderten öffentlichen Ausschreibungen an übergreifenden volkswirtschaftlichen Zielen und Nutzen orientiert. Trotz eines im Prinzip diskriminierungsfreien Zugangs zu Infrastrukturnetzen können die Rechte und Pflichten unterschiedlicher Akteurs-Gruppen sehr unterschiedlich gestaltet werden.

Während Nutzer einer Infrastruktur, Auftraggeber und Mitarbeiter von Infrastruktur-Unternehmen ihre Anliegen direkt mit dem Betreiber per Vertrag vereinbaren können, sind Anwohner und zivilgesellschaftliche Vertreter auf Gesetzgebung, öffentliche Veranstaltungen und Verwaltungsgerichte angewiesen, um ihren Interessen gegenüber einem Infrastrukturbetreiber Gehör zu verschaffen. Der Einfluss von Nutzergruppen auf die Planung und den Bau von Infrastruktur variiert bei technischen Netzen stark. Ebenso bestimmt die Rechtsform die formalen Berichtspflichten und das Monitoring zwischen Eigentümer und Management. Beide Sachverhalte verstärken angesichts der hohen Investitionsvolumina und sehr langen Zeiträume bei unvollständigen Verträgen die Asymmetrie der Information in Modern-Commons-Systemen, die in der Governance bedacht werden müssen.

2.2.2 Funktionale Typologie von Commons-Systemen

Commons, Gemeingut, Gemeinschaftsgut und Allmende werden in der Literatur häufig synonym und zunehmend mehrdeutig verwendet. Bisher existiert keine einheitliche Nomenklatur für die diversen Arten der Commons. Deshalb soll zur Orientierung und zur Abgrenzung der Modern Commons der Versuch einer funktionalen Typologisierung unternommen werden, nicht zuletzt, um für diese Arbeit Eindeutigkeit in den zahlreichen deutsch-englischen Sprachschöpfungen zu erzielen.

Edenhofer¹¹⁴ unterscheidet vor allem zwischen *Global Commons*, den natürlichen Ressourcen und Umweltbedingungen, und *Social Commons*, den anthropogenen, von Menschen hergestellten technischen Gemeingütern wie Gebäuden, Städten und Infrastruktur, für welche der Begriff Modern-Commons-Systeme übernommen wurde.¹¹⁵ Letztere sind kulturelle und wirtschaftliche Ressourcensysteme, die geplant und gebaut werden, jedoch i. d. R. von früheren Generationen errichtet wurden und ererbt sind.

¹¹⁴ Edenhofer 2011.

¹¹⁵ Abbildung 4.

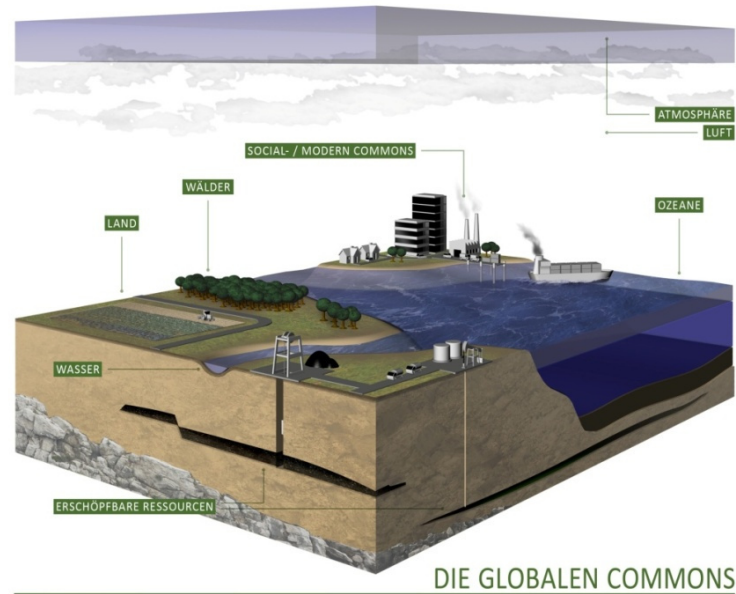


Abbildung 4: Übersicht Global Commons

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Edenhofer 2011, Zeichnung: Crössmann

Bei Helfrich¹¹⁶ finden sich zwei weitere Typen von Commons, die *Cultural Commons*, die auch als Intellectual oder Creative Commons bezeichnet werden, und die Digital Commons. Letztere werden durch eine gemeinsame Peer-to-Peer-Produktion, die kollektive Herstellung digital erzeugter und geteilter Ressourceneinheiten sowie Ausschlussverzicht charakterisiert. Hess¹¹⁷ zeichnet 2008 eine Landkarte der „New Commons“, die sehr umfassend definierte „Infrastruktur-Commons“ beinhaltet.

Auch wenn Commons primär soziale Regelwerke für Ressourcennutzung sind, lassen sich anhand unterschiedlicher Merkmale von CPR-Systemen und den Ressourceneinheiten verschiedenen Commons-Typen differenzieren, wie es in Tabelle 4 zusammengestellt ist. Zuerst bietet sich die Unterscheidung von Commons bzw. den zugrundeliegenden Ressourcensystemen nach:

- der Art ihrer Entstehung an. In Bezug auf die Nutzung unterscheidet Ostrom zudem nach
- Zugangs- bzw. Ausschlussmöglichkeiten und
- Subtrahierbarkeit der Ressourceneinheiten. Dabei geht es nicht nur um eine technische Ausschließbarkeit und deren Kosten. So kann auch bewusst, wie bei Modern oder Digital Commons, auf die Ausübung einer technisch vorhandenen Ausschlussoption verzichtet werden.
- Inwieweit Ressourceneinheiten speicherbar oder zeitlich befristet bzw. verderblich sind, ist sowohl für Nutzung, Entnahmemuster und den Wert von Bedeutung als auch für die Inanspruchnahme der zugehörigen Ressourcensysteme.
- Ressourcenzugang kann räumlich begrenzt wie bei örtlich gebundener Infrastruktur oder ortsunabhängig und mobil möglich sein, wie im Falle von kulturellen Commons.

¹¹⁶ Helfrich 12. 2009: S. 11.

¹¹⁷ Hess 2008b.S:13.

- Für technische Systeme als Commons werden institutionelle Regelwerke oft zeitnah zu ihrer Entstehung etabliert, für örtlich begrenzte und natürliche Ressourcen wie Wälder und Weiden mit hohem Nutzen bestehen solche Regeln oft seit Jahrhunderten, während für die natürlichen und globalen Ressourcensysteme wie Klima oder Ozeane solche Institutionen erst in jüngster Zeit über multinationale Verhandlungsprozesse verbindlichen Charakter erhalten.
- Während natürliche Ressourcenbestände sich durch Wachstum periodisch erneuern, unterliegen anthropogene Ressourcensysteme einer physischen Abnutzung und Alterung. Wälder und Weiden werden aufgrund ihrer nachwachsenden Erträge mehr oder weniger intensiv bewirtschaftet. Technische Systeme bedürfen demgegenüber dauernder Wartung und verursachen zustandsabhängig erheblichen Aufwand für Instandhaltung oder Modernisierung.
- Alimentation bezeichnet sowohl die Finanzierung der Investitionen als auch die Refinanzierung des Investitions-, Instandhaltungs- oder Anpassungsaufwands eines Ressourcensystems. Die Finanzierung des Systems ist ein wesentlicher Faktor für die Regulierung und Preisbildung der erzeugten Ressourceneinheiten.

Differenzierungsmerkmale der Commons Typen						
Commons-Typ/ Commons-Merkmale		Modern Commons (technical)	Global Commons (natural)	Social Commons (techn., institution.)	Cultural Commons (creative, intelltel.)	Digital Commons (peer-product.)
1.	Entstehung des Ressourcensystems	anthropogen, ererbt & erzeugt	natürlicher Prozess	anthropogen, ererbt	anthropogen, ererbt	anthropogen, erzeugt
2.	Ausschluss von Ressourcennutzung	Verzicht auf Ausschluß	Ausschluß selten	selten	selten	Verzicht auf Ausschluß
3.	Subtrahierbarkeit der Ressourceneinheiten	zeit-/raumabhängig begrenzt	zeit-/raumabhängig begrenzt	zeit-/raumabhängig begrenzt	virtuell, teilbar	virtuell, teilbar
4.	Speichbarkeit der Ressourceneinheiten	nein	begrenzt	nein	ja	ja
5.	Räumliche Begrenzung der Ressourcen	ja	ja	ja	nein	nein
6.	Institutionen als verhandelte Regeln	ja	teilweise	ja	ja	ja
7.	Alterung des Ressourcensystems	Technik altert, nutzt sich ab	wächst und erneuert sich	soz. Anpassung findet statt	Innovation findet statt	Software veraltet, Peer-Innovation
8.	Alimentation des Ressourcensystems	Steuermittel, Gesellschaft	indirekt, Umweltschutz	Steuermittel, Gruppe	Bildung, Forschung	Stiftung, Staat, Gruppe (Crowd)

Tabelle 4: Differenzierungsmerkmale der Commons-Typen

Quelle: Eigene Darstellung, Commons-Typologie/Merkmale in Anlehnung an Helfrich 2009: S. 11f.

Neben dieser institutionenökonomischen Betrachtung kann die Einordnung von Infrastruktursystemen als Gemeingüter der Moderne auch abgeleitet werden aus:

- deren unteilbaren und unverzichtbaren sozialen Funktionen in einer modernen Gesellschaft,
- dem technischen Zusammenwirken verschiedener Teilsysteme als ein Gesamtsystem,
- dem gesetzlichen Zugangsstatus als einklagbarem Grundrecht sowie
- aus dem für Infrastrukturnetze vorgeschriebenen diskriminierungsfreien Zugang.

2.2.3 Common-Pool-Ressourcen-Plattformen und ihr Output

Um die Systemfunktionalität vertiefend daraufhin zu überprüfen, inwieweit bei Infrastrukturnetzen von CPR-Systemen gesprochen werden kann, wurde die an der Output-

Funktion orientierte Logik von zugänglichen Ressourcensystemen, die Ressourceneinheiten produzieren, auf die von Buhr entwickelte Systematik¹¹⁸ der kollektiven physischen, sozialen und ökologischen Erfordernisse übertragen, für die Infrastruktursysteme kulturell bereitgestellt werden. Der genutzte Boden und der materielle Kapitalbestand, der in Tabelle 5 mit konkreten Beispielen örtlicher und überörtlicher Infrastrukturen unterlegt wurde, wird als eine Ressourcenplattform im Sinne der Commons dargestellt. Diese Plattform kann je nach Zugangsregeln von der Öffentlichkeit beschränkt oder unbegrenzt genutzt werden. Für die gezeigten Beispiele der Daseinsvorsorge, die sich an physischen und sozialen Erfordernissen orientieren – wie Feuerwehr, Krankenhäuser oder Energieversorgung – ist eine konstante Bereitschaft notwendig. Finanziert wird diese aus Steuermitteln, solidarischen Beitragssystemen der Versicherungen oder unabhängig von der Betreiberform durch nutzungsabhängige oder feste Entgelte.

Bei sozialen Erfordernissen wie Sicherheit oder Bildung variieren die Öffnungs- und Bereitschaftszeiten erheblich aus praktischen Überlegungen. Die flächendeckenden Netze für Kommunikation, Rundfunk und Mobilität sind in Deutschland prinzipiell rund um die Uhr verfügbar. Da Netze physische Monopole darstellen, sind die Nutzungsentgelte für Slots, Trassen oder Stationshalte durch den Infrastrukturbetreiber für alle Nutzungsberechtigten diskriminierungsfrei zu gestalten. Preise für Infrastruktursystemen entnommene Ressourceneinheiten wie Gesprächsminuten, Internetzugang oder Fahrten können im Rahmen der (regulierten) Märkte differenziert ausgestaltet werden.

¹¹⁸ Buhr 2009 : S. 14.

Infrastruktur-Funktion (Bedürfnis-Dimension)	Infrastruktur Plattformen (RS Beispiele)	Infrastruktur Produkte Output (RE Beispiele)
Physische Erfordernisse	Physischer Kapitalbestand	Zugang zu Gut oder Dienst
Wasser	Reservoire, Kanäle, Wasserwerke, Rohrleitungen, Bewässerungsanlagen, Löschwasser, Wasserstraßen	Trinkwasser, Wasser für industrielle Nutzung, Bewässerung, Wasser zur Erzeugung von Elektrizität
Nahrung/Konsum, Ein-/Auskommen	Fabriken, Unternehmen, Produktionsanlagen, Börsen, Marktplätze, Grundversorgung	Arbeit, Eigentum, Institutionen, Arbeitsteilung, Tausch, Handel, Märkte, Wohlstand
Schutz vor Wetter, Gefahr und Naturgewalten	Häuser, Gebäude, Feuerwehr, Dämme, Deiche	Unterbringung, Wohnkomfort, Brandschutz, Schutz gegen Überflutung
Wärme, Kälte	Bohrinseln, Rohrleitungen, Heizungsanlagen, Kohlegruben, Speicher, Kühlhäuser,	Wohnqualität, Gas, Öl, Elektrizität, Kohle, Solarenergie
Licht, Kraft	Klass. Kraftwerke, Erneuerbare Energieerzeugungsanlagen, Stromleitungen, Rohrleitungen	Beleuchtung durch Strom, Gas, Öl,
Gesundheit, Reproduktion	Krankenhäuser, Heime, Apotheken, Sportanlagen, Müllhalden, Entsorgungsanlagen,	medizinische Versorgung, Reproduktion, Abfallbeseitigung, Abwasserentsorgung
Soziale Erfordernisse		
Sicherheit, Handlungsfähigkeit/-freiheit	öffentliche Gebäude z.B. Parlamente, Gerichte, Polizeistationen, Gefängnisse, militärische Anlagen, Banken, Versicherungen	Gesetzlicher Rahmen, liberaler Rechtsstaat, Schutz vor Verbrechen, Verteidigung, militärische Güter, Stabilität der Währung, Marktwirtschaft, Wettbewerb
Erziehung/Bildung, Kultur	Kindergärten, Schulen, Universitäten, Forschungseinrichtungen, Theater, Museen, Kirchen, Datenbanken, Bibliotheken	Kinderbetreuung, Unterricht, Vorlesungen, Forschung, Innovation, Buchausleihe, Onlinerecherche, Kulturelle Bildung, Wissen & Werte
Information/Kommunikation	Produktionsbetriebe der Medien, Telekommunikations-Einrichtungen, Postämter, Rechenzentren, Server, schnelle und sichere Datennetze	Medienvielfalt, Telefonie, Mobilfunk, Radio, Fernsehen, Kino, Zeitungen, Tonträger, Internethandel, Austausch, Co-Working und Cloud-Dienste
Mobilität für Personen und Güter	Straßen, Fernstraßen, Rastplätze, Parkraum, Frachtterminals	Straßennutzung durch Fußgänger, Räder, Autos, Busse, Lastwagen
	Schienen, Bahnhöfe, Anlagen	Zugbetrieb, Fahrplan, Kapazität
	Flugplätze, Satelliten, Navigation, Verkehrsleitsysteme	Flugbetrieb, Zielführung u. Vermeidung von Staus
	See- und Binnenhäfen, Kanäle, Schleusen, Brücken	Wasserstraßen für Schifffahrt
	Vertriebsnetze für Transport- und Verkehrsleitungen Anlagen zur Treibstoff Erzeugung und Verteilung	Informations- und Buchungsmöglichkeiten, Automaten Tank- und Ladestellen für Betrieb von Fahrzeugen
Ökologische Erfordernisse		
Schutz der Atmosphäre	Filter zur Abluftreinigung, Schadsstofffreie Anlagen	saubere Luft, CO ₂ Reduktion, Nox, Schadstofffreiheit
Emissions-/Immissionsschutz	Lärmschutz, EMV-Schutz, Abwasserreinigung	Lärmreduktion, Funkwellen, sauberes Wasser
Erosionsschutz, Landschaft, Wälder, Auen	Keine Oberflächenversiegelung, Landwirtschaftliche Flächen	Wasserkreislauf, Rückhaltefunktion, Agrarproduktion, Rekreation
Biodiversität	Renaturierung, Reservate	Artenvielfalt in Flora und Fauna, Lebensqualität, Rekreation
Generationenausgleich	Risikominimierung für Folgeschäden an den Commons, Recyclinghöfe	Zukünftige Ressourcenbasis und Lebensqualität

Tabelle 5: Materielle Infrastruktur zur Deckung der Daseins-Erfordernisse
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Buhr, 2009

Am Beispiel der ökologischen Erfordernisse lässt sich der infrakulturelle Umgang mit immateriellen Gütern und den Global Commons erkennen. Ziele wie der Schutz der Atmosphäre und des Klimas, Emissionsschutz, Biodiversität und ein fairer Generationenausgleich sind bei jeder Infrastrukturentscheidung zu berücksichtigen. Dafür stehen im Planungsprozess Verfahren zur Verfügung: Bestimmungen, die Umweltbelastungen und Natureingriffe beschränken (Bundesimmissionsschutzgesetz, Flora, Fauna, Habitat-Richtlinie der EU), freiwillige oder vorgeschriebene Nachhaltigkeitsbewertung sowie andere Regelungen sind diesbezüglich von Bedeutung. Darüber hinaus ist der zivilgesellschaftliche Diskurs mit Bürgern und Interessengruppen notwendig, nicht zuletzt, um bei Nutzern und Anwohnern eine hinreichende Akzeptanz des Systems zu erreichen. Tabelle 5 beschreibt ohne Anspruch auf Vollständigkeit den Zusammenhang zwischen der primären Infracategorie nach Buhr, den Ressourcenplattformen und den produzierten Ressourceneinheiten.

2.3 Modern Commons – eine Definition und Abgrenzung

Gemäß der Commons-Definition (Kapitel 2.1, S. 44) sind Modern Commons zentrale wie dezentrale Institutionen, die zur Errichtung von netzgebundenen Infrastruktursystemen entstanden sind und sich für deren Gestaltung, Betrieb und Nutzung bewährt haben. Dieser eigene Begriff wird zur Analyse der Rahmenbedingungen, Anforderungen und Institutionen von mehrstufigen Infrastruktursystemen für Verkehr, Energie und Telekommunikation eingeführt, die in ihrem zunehmend vernetzten Zusammenwirken in der Moderne die Grundlage für gesellschaftliche und wirtschaftliche Interaktion bilden.

Modern Commons bezeichnet jedoch nicht die Netze an sich, sondern die Summe der Vereinbarungen zwischen öffentlicher Hand, privaten Investoren, Netzbetreibern, Nutzern und anderen Akteuren, insbesondere die Rechte und Pflichten, die in formellen und informellen Aushandlungsprozessen entwickelt wurden und denen bezüglich der Nachhaltigkeit eines Infrastruktursystems eine gestaltende und regulierende Rolle zukommt.

Als Modern-Commons-Systeme werden darüberhinausgehend mehrstufige Infrastruktursysteme mit ihren drei eigenständigen Wertschöpfungsebenen (Kapitel 3.2) bezeichnet, zu deren Entwicklung, Betrieb und Erhalt dezentral skalierbare Analyse- und Governance-Prozesse beitragen können und für die eine sektorverbindende Governance im Sinne von Modern Commons zu mehr Nachhaltigkeit führen soll.

Aus verschiedenen Perspektiven sprechen gute Gründe dafür, die Entwicklung der Infrastrukturnetze und deren Zugangsregelung(en) als Modern Commons, also technische Gemeingüter-Systeme der Moderne zu bezeichnen:

- Technische Infrastrukturnetze sind unverzichtbare Kultur- und Wirtschaftsgüter geworden und damit Bestandteil des Arbeitens und Lebensstils in der Moderne. Ohne

das vielgestaltige Leistungsspektrum und die elementaren Funktionen von Infrastruktursystemen funktioniert die moderne Gesellschaft nicht.

- Infrastrukturbetreiber erhalten dazu Nutzungsrechte an öffentlichem Grund und Boden, um meist mit öffentlichen Mitteln darauf Transportsysteme zu errichten und zum Wohle von Wirtschaft und Gesellschaft im Interesse der Allgemeinheit zu betreiben.¹¹⁹
- Infolge dieser fundamentalen Bedeutung und faktischen Unverzichtbarkeit ist der Zugang zum allgemeinen Nutzungsrecht geworden – zumindest in Europa. In Deutschland gilt Zugang zu Energie, Mobilität und Kommunikation als Grundrecht.
- Die regulierten Verfügungsrechte für diese Netze machen sie zu für jedermann zugänglichen Gütern, wenn auch nicht zu entgeltfreien Gütern. In den meisten Fällen unterliegen Zugang und Nutzung von komplexen STS spezifischen Qualifikationen, die Infrastrukturnetze für Verkehr, Energie und Telekommunikation zu einer Mischung aus Allmende und Klubgut werden lassen.

“Socio-technical systems are systems that exhibit both physical and social complexity. Networked infrastructures, such as those for transport of people and goods and for provision of telecommunication, water and energy services, are prime examples of socio-technical systems. Infrastructure systems are complex systems in view of their combined social, economic and physical complexity.”¹²⁰

Die auf Infrastruktursysteme und die beobachteten Dilemmata bezogene Sichtweise entspricht den von Weijnen und Helfrich formulierten Definitionen: „Gemeingüter fügen sich zusammen aus drei Grundbausteinen: den Baustoffen, den Menschen sowie den Regeln und Normen, die es ermöglichen, alle Komponenten zu verbinden.“¹²¹

Zu den physischen Bestandteilen gehören neben Grund und Boden auch die technischen Anlagen und das damit für Infrastruktursysteme gebundene Kapital. Das Interesse der öffentlichen Hand an der Versorgung der Bevölkerung mit Infrastruktur entspricht sowohl politischen Zielen als auch wirtschaftlichen Erfordernissen. Mit zunehmender Leistung und Qualität dieser Netze ist ein volkswirtschaftlicher Effizienzgewinn verbunden, sodass eine erhöhte Werterwartung auf der Mikroebene entsteht, die sich beispielsweise an geringeren Faktorkosten oder höheren Grundstückskosten oder Mieten ablesen lässt.¹²² Mit ihrer Errichtung schaffen flächendeckende Infrastruktursysteme wie Eisenbahnen, Straßen, Energie- und Telekommunikationsnetze öffentliche Resonanzräume und erzeugen mittelbar durch die physische Verbindung von Räumen und Menschen neue Möglichkeiten der Wertschöpfung.

¹¹⁹ Löper 1873: S. 124.

¹²⁰ Weijnen; Herder; Bouwmans 2008.

¹²¹ Helfrich et al. 2009: S. 11.

¹²² George 1935: S. 275.

„Über die Herstellung öffentlicher Güter wird hingegen meist in staatlichen Institutionen entschieden. Da geht es um die Versorgung mit Straßen (...). Und es geht um Daseinsvorsorge und Infrastruktur.“¹²³

Während Helfrich Infrastruktursysteme als öffentliche Güter in staatlicher Regie bezeichnet, wird hier die These vertreten, dass die mehrstufigen Infrastrukturnetze sich zu soziotechnischen Commons entwickelt haben. Technische Systeme an sich wären ohne Akteure und ohne die erforderlichen Regelwerke nutzlos und nicht funktionsfähig. Großflächige Commons-Systeme wie technische Netze erwirtschaften sozusagen einen laufenden Ertrag aus dem eingesetzten öffentlichen Grund und dem Kapital, was reziprok eine kollektive Nutzung impliziert, damit diese verdeckte Landrente nicht zulasten des kollektiven Interesses privatisiert wird. In der ökonomischen Lehre der Güter wird zukünftig eine differenziertere Betrachtung für Common-Pool-Ressourcen notwendig sein, als sie durch die vier klassischen Güterarten beschrieben wird. Ostrom und andere, die Exklusion und Rivalität von Ressourcensystemen untersuchen, weisen deutlich darauf hin, dass zahlreiche Mischformen der in Abbildung 1 gezeigten vier Güterarten existieren.

„Gemeingüter sind keine öffentlichen Güter, aber einige Gemeingüter teilen bestimmte Eigenschaften mit öffentlichen Gütern. So ist es schwierig, jemanden von der Nutzung mancher Gemeingüter wie der Photosynthese, der Wikipedia oder der Algorithmen auszuschließen. Dasselbe gilt für öffentliche Güter. (...) Ein wesentlicher Unterschied zu den klassischen Gütereinteilungen besteht darin, dass Gemeingüter ererbt sind: (...) sie wurden von nicht immer eindeutig identifizierbaren Personen und Gruppen hergestellt und weitergegeben.“¹²⁴

Tabelle 6 zeigt anhand von Ausschlussmöglichkeiten und Rivalität der erzeugten Güter nach Ostrom Eigenschaften und Differenzierungsmerkmale von Hybriden Plattformen, als welche sich Infrastruktursysteme, die Modern Commons, zwischen den klassischen Güterarten herausgebildet haben, und benennt vier Bereiche, in denen sich die Entstehung von neuartigen Commons-Gütern (Emerging Commons) erkennen lässt.

Der diskriminierungsfreie Zugang zu Infrastrukturnetzen ist durch die Regulierung als ein dauerhafter Verzicht auf den technisch möglichen und durchsetzbaren Ausschluss vorgegeben. Diese systemimmanente Einschränkung der Eigentumsrechte unterstreicht den Commons-Charakter dieser zentralen Ressourcenplattformen, weil auf einen wirtschaftlichen Ausschluss von Verkehrs-, Energie- oder Kommunikationsnetzen oder diskriminierende Zugangsvoraussetzungen als vorteilhafte Handlungsoptionen auf Mikroebene verzichtet werden muss. Tabelle 6 zeigt, dass die jeweils spezifischen Bedingungen einer Situation für die Art des Zugangs zu hybriden soziotechnischen Ressourcensystemen und damit auch für Qualität und Menge der verfügbaren Ressourceneinheiten, die diesen Modern-Commons-Systemen entnommen werden, ausschlaggebend sind. Um die räumliche Wirkung von Infrastruktursystemen besser zu erfassen, werden diese

¹²³ Helfrich et al. 2009: S. 9.

¹²⁴ Helfrich et al. 2009: S. 9f. ...

nicht nur als physische Punkt-zu-Punkt-Verbindungen verstanden, sondern beziehen den sozialen und kulturellen Handlungsraum ein.

In ihrer Eigenschaft als Modern-Commons-Systeme verbinden Infrastrukturnetze Menschen und Räume, um kommerzielle und nicht kommerzielle Zwecke zu erreichen. Als solche bilden Infrastrukturen über ihre technische Reichweite hinaus einen realen oder virtuellen Raum für ökonomische, soziale und ökologische Interaktion, der als Resonanzraum bezeichnet wird. In einem Resonanzraum entstehen punktuell oder dauerhaft Beziehungen, die den kulturellen, kommerziellen und sozialen Austausch ermöglichen, unterstützen und kanalisieren. Städte, Kommunen und Schulen können ebenso als Resonanzraum bezeichnet werden wie zivilgesellschaftliche Gruppierungen (Gewerkschaften, Parteien, Kirchen), Internetplattformen oder Sharing-Communities.

		Rivalität (Subtrahierbarkeit)		
		Geringe > 0	Raum-/Zeit- u. Nachfrageabhängig	Hoch < 1
Zugang/Ausschluss	Exklusion	Reine Klubgüter	<i>Hybride Resonanz-Räume</i> (Peer-/Share-Economy, Social Media)	Reine Private Güter
	Diskriminierungs-frei/Verzicht	<i>Atypische Klubgüter</i> (Bahnhöfe, Maut, öff. Parkraum,)	<i>Hybride Plattformen</i> (Verkehrs-, Strom-, Kommunikationsnetze)	<i>Atypische Allmendegüter</i> (Emissionen, Schall, Boden)
	Freier Zugang	Reine Öffentliche Güter	<i>Öffentliche Resonanz-Räume</i> (Stadt, Straßen, Internet)	Klassische Allmendegüter
		Modern Commons	Emerging Commons	

Grau: relevante Commons-Bereiche

Tabelle 6: Eigentumsrechte für Modern Commons (Beispiele in Klammern)
Quelle: Eigene Darstellung,

Die Grenzen zwischen diesen Güterkategorien sind in der Praxis durchlässig und durchaus dynamisch. Zwischen den theoretisch reinen Güterarten entstehen neue hybride und atypische Güterarten, die in Tabelle 6 als *Emerging Commons* bezeichnet werden.¹²⁵ Auch wenn einige davon ähnliche Eigenschaften wie Modern Commons aufweisen, sollen sie zur Diskussion gestellt werden, um die Systematik der gewählten Commons-Abgrenzungen verständlich zu machen, können aber nicht vollständig untersucht werden.

¹²⁵ Hess 2008b.

Die Darstellung unterscheidet zwischen *hybriden Infrastrukturplattformen* der Modern-Commons-Netze für Verkehr, Energie und Kommunikation, den durch sie erzeugten Gütern und den Resonanzräumen, in denen mittelbar weitere Güter – materieller oder immaterieller Art – entstehen. Für *öffentliche Resonanzräume* wie Städte, lokale Straßen (im Gegensatz zu Fernstraßen-Netzen) oder das Internet gilt das Prinzip des freien Zugangs, sodass sie zwischen öffentlichen Gütern und rivalen Allmende-Gütern einzuordnen sind. Durch sie entstehen soziale und physische Räume, in denen Interaktion und Wertschöpfung stattfinden können. Für die Entstehung soziotechnisch *hybrider Resonanzräume*, die durch z. B. Peer-Production und Share-Economy oder auf Social-Media-Plattformen geschaffen werden, ist ein starkes kommerzielles Interesse eine Investitionsvoraussetzung. Direkt oder indirekt wird für die Nutzung von Gütern hybrider Resonanzräume eine Gegenleistung (z. B. Beitrag, Entgelt, Nutzerdaten) gefordert. Diese hybriden Resonanzräume entstehen zumeist in digitalen oder über digitale Räume/n, die Transaktionen – auch in der realen Welt – überhaupt erst ermöglichen (Ebay, Airbnb). Die Freizügigkeit im Zugang, der Nutzern durch die Betreiber gewährt wird, erinnert an die feudal gewährten Commons des Mittelalters, da den anonymen Nutzern im Netz bisher die Möglichkeit zur Mitsprache bezüglich ihrer Rechte fehlt. Dieser Gegensatz zu echten Modern Commons liegt in der privaten Eigentümerschaft der digitalen Plattformen begründet und wird besonders durch die einseitige Veränderung von Funktionalitäten, Rechten und Nutzungsbedingungen deutlich. Dennoch könnten auch in diesen hybriden Räumen Güter mit Commons-Charakter entstehen, wenn beispielsweise individuelle Mobilität zukünftig mittels öffentlicher oder privater Flottenfahrzeuge gewährleistet wird und das Automobil als privates Eigentum seine Bedeutung verliert.¹²⁶ Durch entsprechende Anpassung der Normen und Transparenz könnten auch hybride Resonanzräume zu Modern-Commons-Systemen weiterentwickelt werden.

Für atypische Klubgüter im Verkehrssektor, z. B. die Bewirtschaftung von Bahnhöfen durch Stationsentgelte oder als vermiete Flächen, öffentlicher Parkraum oder Mautstraßen, liegt wie bei Modern Commons ein konditionierter Zugang unter Verzicht auf Ausschluss vor. Insofern Atmosphäre und Ozeane Allmende-Systeme sind, kann deren Schädigung und Gefährdung durch direkte und mittelbare Belastungen von Umwelt oder sozialen Räumen, z. B. durch Transporte, Emissionen oder Giftstoffe, als Verbrauch oder Entnahme atypischer Allmende-Güter bezeichnet werden und sollte geschützt werden können. Durch entsprechende Vereinbarungen zum Schutz der Global Commons über Verzicht auf Reduktion oder Sanktionierung dieser Beeinträchtigungen werden unterlassene Umweltbelastungen zu handelbaren Gütern.¹²⁷ Die Durchsetzung solcher

¹²⁶ Canzler, Knie 2016.

¹²⁷ z.B. Emissionsrechte, Lärmschutz, Renaturierung

umgekehrt angewandten Eigentumsrechts-Vereinbarungen erfordert verbindliche Regelwerke, ein effektives Monitoring, Sanktionsmöglichkeiten und in nicht unerheblichem Maß eine Anpassung vorhandener Infrastrukturplattformen.

Ostrom hat die Dimension der Subtrahierbarkeit von Ressourceneinheiten für Commons-Systeme eingeführt. Diese lässt sich in Bezug auf die CPR-Systeme für die zwei Systemtypen (SES, STS) unterscheiden: in wahre Allmende-Güter, die wie Weiden oder Klima als Teil eines natürlichen Ökosystems bereitgestellt und erneuert werden, und hybride Plattformen, die entsprechend hybride Services erzeugen, die nicht speicherbar sind und nicht organisch nachwachsen, sondern mechanisch oder elektronisch in einer bestimmten Qualität erzeugt werden. Modern-Commons-Produkte entsprechen einer definierten Raum-Zeit-Qualität für die Nutzung einer gemeinschaftlich erzeugten und öffentlich bereitgestellten Plattform.

“Consequently, all collective action problems share the problem that excluding non-contributors to a collective benefit is not trivial. Collective action problems differ in regard to how costly or difficult it is to devise physical or institutional means to exclude others. Some of these stem from the biophysical world itself. It will always be more difficult to exclude users from an ocean or other global commons than from a farmer’s pond (Sandler 1997, 1998).”¹²⁸

Auch wenn Tabelle 6 graphisch klare Grenzen suggeriert, wurden die Trennlinien nicht durchgehend gezeichnet, weil die Übergänge auch in der Realität des Marktes und den urbanen Lebenswelten fließend sind. Die systemische Wechselwirkung zwischen Bevölkerung, Natur und Technik als multiple interdependente Subsysteme macht die Modern Commons zu komplexen Systemen. Commons-Merkmale (Tabelle 4) sind in allen sechs Feldern anzutreffen, wobei es nicht zutreffen wäre, sämtliche Güterarten deswegen als Modern Commons zu bezeichnen. Die Darstellung zeigt auch, dass die Berücksichtigung von Commons-Bauprinzipien anhand der Variablen (Tabelle 3) für Gestaltung und Legitimation von technischen Infrastrukturnetzen als Flächensysteme durchaus hilfreich sein kann, weil die jeweilige spezifische Gestaltung quasi als Einzelfall in einem technisch und regulatorisch gesetzten Handlungsrahmen dezentral verhandelt werden kann. Diese Flexibilität kann besonders für regionale Verkehrsangebote, Smart Grids und den Ausbau von Breitbandnetzen verwendet werden, bei denen im Rahmen der definierten Technikstandards unterschiedliche Technologien und Geschäftsmodelle zu identischen Funktionalitäten führen können. Es liegt im Interesse der Gesellschaft, dass flächendeckende technische Monopolsysteme kompatibel und effizient gestaltet werden, wobei die Effizienz durch Wettbewerb und Vielfalt in Teilsystemen mithilfe von Marktmechanismen verbessert werden kann.

¹²⁸ Ostrom 2003: S. 241.

Erst mit Reife und Diffusion innovativer Technologien entstehen technische Allmende-Systeme und ihre Resonanzräume, sodass die soziale und wirtschaftliche Dynamik von Modern und Emerging Commons eng mit der Entwicklung technischer Infrastrukturplattformen verbunden ist, wie die folgenden Beispiele erläutern. Um 1840 war die Bahnreise ein Privileg für wenige. Bereits 1870 waren die Metropolen Europas durch ein dichtes Eisenbahnnetz miteinander verbunden und Reisen für jedermann waren nicht nur vorstellbar, sondern aufgrund differenzierter Geschäftsmodelle bezahlbar geworden.¹²⁹ Bis in die 1950er Jahre war ein Automobil in Deutschland ein Luxusgut. Mit dem Wirtschaftswunder wuchs mit dem Fahrzeugbestand auch das Autobahnnetz von ca. 2.000 km (1950) auf 5.500 km (1975) und verkehrspolitisch sollte der Zugang zu dieser neuen Infrastruktur für jeden Deutschen binnen 30 Minuten von seinem Wohnort gewährleistet sein. „Kein Deutscher soll mehr als 20 Kilometer von einer Autobahnauffahrt entfernt leben.“¹³⁰

Infrastruktur-Entwicklungen sind eine kollektive Antwort auf ökologische, ökonomische oder soziale Herausforderungen oder strategische und politische Risikoabwägungen. Am Anfang besteht ein konkretes Problem, das mit dem Ziel gelöst werden muss, die Zukunft des gesellschaftlichen Systems zu sichern. In den städtischen Ballungsgebieten stellten zu Beginn der Industrialisierung in Europa Krankheiten und Seuchen eine soziale Bedrohung für das Gemeinwohl und eine Herausforderung unbekannter Dimension für das Gesundheitswesen dar. Der Mangel an Trinkwasser und Hygiene führte zu der Entwicklung von kollektiv genutzten Abwassersystemen und der Einrichtung von Ambulanzen und Krankenhäusern. Die wachsende Armut von Witwen und Waisen machten die Schaffung kommunaler Armenhäuser notwendig. Überschwemmungen in Küstennähe wurden durch Entwässerungskanäle und kollektive Deichbauten zur Befestigung vermieden. In den Niederlanden führte die Risikovorsorge sogar zu nationalen Maßnahmen zur Rückgewinnung von Land aus dem Meer. Als Folge der Automatisierung und Produktivitätssteigerung war der zunehmende Handel eine ökonomische Herausforderung, die zu einem erhöhten Transportbedarf für Arbeitskräfte und Güter führte. Der Ursprung der Infrastruktur liegt also im Bevölkerungszuwachs in urbanen Räumen begründet, die einen steigenden Bedarf an Versorgungsgütern und technischer Unterstützung hatten. Die Stadtbewohner suchten Verbindungen zu anderen Städten, was systematisch zum Aufbau von Straßen und überörtlichen Infrastrukturnetzen führte. Hierarchisch organisierte Infrastrukturen sicherten das Zusammenspiel von Polis und Hinterland und manifestierten physisch die Reflexivität sozialer Beziehungen und die Resonanzfähigkeit urbaner Kulturräume.

¹²⁹ 1855 organisierte Thomas Cook die erste Eisenbahnrundreise für Touristen durch Europa.

¹³⁰ Leber, Georg, Bundesverkehrsminister 1966 Quelle: BBR.

“A typical example is the way the electricity infrastructure evolved in the Netherlands (...). Like most infrastructures, it originated in local networks, established through private initiative. City networks were established around the beginning of the 20th century. Interconnection of local networks and network expansion to rural areas was forged through intervention of the public authorities.”¹³¹

Zu den sozioökonomischen Voraussetzungen für Infrastruktur Entwicklung in einer idealen Welt gehören demnach:

- konkrete Herausforderung, Bedarfe oder Ziele wie die Verbindung zweier Orte über einen Fluss oder *sozio-kultureller Resonanzräume* über größere Entfernungen,
- Know-how zur Nutzung und Weiterentwicklung verfügbarer Technologien,
- ein stabiles politisches Umfeld,
- private oder öffentliche Investitionsbereitschaft und
- eine gemeinsame Zielvorstellung auf Basis der herrschenden gesellschaftlichen Erwartungen und Werte (Belief-System).

Aufgrund der normativen Eigenschaften von technischen Netzen wirken Modern Commons mit ihren Sachzwängen auch restriktiv auf die Gestaltungsfreiheit der Akteure. Eine Stadt verfügt beispielsweise über einen Fernbahnhof, einen Autobahnanschluss oder ein Breitbandnetz oder die lokalen Akteure müssen sich zur Wahrung der Wettbewerbsfähigkeit und der Standortattraktivität zum Teil über Jahrzehnte darum bemühen und die dafür notwendigen Investitionsmittel finden. Gerade in der Transformation von technischen Ressourcensystemen für Verkehr, Telekommunikation oder Energieversorgung eröffnet sich die Chance, Veränderungen gesellschaftlicher Normen, ökologischer Grenzen oder technischer Innovationen in einem Anpassungsprozess zu berücksichtigen. Die Flexibilität der Variablen und die Beteiligungsmöglichkeiten für mehrstufige Commons-Systeme (z. B. lokale, regionale, nationale und internationale Kopplung von Netzstrukturen) können zur Effektivität einer nachhaltigen Infrastrukturgestaltung beitragen. So könnten in einer Kommune im Sinne nachhaltiger Mobilität beispielsweise Verkehrswege für Fahrräder und vernetzte Mobilitätsdienste ausgebaut und intelligente Ladesysteme für Elektromobilität geplant und infolgedessen Fahrspuren für Individualverkehr und Parkplätze zurückgebaut werden. In einem solchen Prozess können Bürger, Kommune und Infrastrukturnetzbesitzer zusammenwirken und unterschiedliche Betreiberlösungen auch in Kooperation mit überregionalen Anbietern entwickelt und ausprobiert werden.

2.3.1 Modern Commons als Schnittstelle zur globalen und sozialen Umwelt

Infrastruktursysteme sind wie dargestellt anthropogene Commons und gleichzeitig formen sie die physische Schnittstelle zu den Global Commons, an der ein wesentlicher

¹³¹ Weijnen et. al. 2008: S. 2.

Teil des stofflichen Austausches mit dem Ökosystem als der natürlichen Umwelt unserer Gesellschaft stattfindet.¹³² Sie sind deshalb nicht allein maßgeblich für die physischen Aspekte der urbanen Agglomerationen, die Transportsysteme und den Verkehrsfluss. Die Infrastrukturnetze für Transport, Telekommunikation, Energie und Wasser sind in einer modernen Gesellschaft unverzichtbar für den Austausch von Waren, Informationen und Dienstleistungen und damit für Wohlstand. Infrastrukturen sind raumverbindend pfadbildend für die Entstehung emergenter sozioökonomischer Muster und wirken normativ auf räumlich-strukturelle Entwicklungen, um die natürlichen Grenzen von Städten und Ländern zu überwinden.¹³³ Mehrstufige Infrastruktursysteme sind daher als sozio-technische Hybridsysteme in hoher gegenseitiger Abhängigkeit zu betrachten, welche die kulturelle Entwicklung mithilfe technischer und sozialer Innovationen verbinden. Kultur formt das unsichtbare Fundament der Entwicklung für jede Form von Infrastruktursystem. Infrastrukturen sind im Gegenzug die maßgebliche Schnittstelle für den gesellschaftlichen Stoffwechsel und die anthropogene Transformation der natürlichen Umwelt. Private oder öffentliche Infrastruktursysteme bestimmen durch den durch sie bedingten stofflichen Austausch mit dem globalen Ökosystem den ökologischen Fußabdruck der Gesellschaft¹³⁴.

In Anbetracht der zunehmenden Konvergenz der Netze ist zu betonen, dass keines der drei Infrastruktursysteme einer modernen Volkswirtschaft (Energie, Verkehr und Telekommunikation) ohne die beiden anderen entstanden oder funktionsfähig wäre. Diese Tatsache unterstützt den Ansatz der systemischen Betrachtung der Infrastrukturnetze als interdependentes Gesamtsystem, da die Änderung eines Elementes dieser Netze erhebliche Auswirkungen auf die Elemente der anderen Netze verursachen kann (z. B. Umstellung von analoger auf digitale Kommunikation, Veränderung der Netzspannung oder veränderte Treibstoffe). Auch wenn Digitalisierung den Konvergenzprozess beschleunigt, bestand Infrastruktur-Entwicklung stets aus intentionalem Handeln in einem kulturellen Kontext, Anweisungen, die übermittelt wurden, und dem Einsatz von Energie und Ressourcen.

Ein *politökonomischer Perspektivwechsel* ist zu konstatieren. Bis heute stellen die Verfügungsrechte über Commons-Güter eine zentrale Frage der Möglichkeiten und der globalen Entwicklungsgerechtigkeit dar,¹³⁵ die für Wissenschaft und Politik bedeutsam ist und für betroffene Gruppen überlebenswichtig sein kann. Angesichts von Umweltverschmutzung, Ressourcenknappheit und drohendem Klimawandel wird seit den 1970er

¹³² Hess 2008b: S. 19.

¹³³ Frischmann, 2012

¹³⁴ Rees, Wackernagel 1996.

¹³⁵ Rawls 1979.

Jahren in den westlichen Ländern der verantwortliche Umgang mit den globalen Commons verstärkt thematisiert.¹³⁶ Dort, wo Zugang zu den natürlichen Ressourcen als gegeben vorausgesetzt wurde, wird zunehmend die Knappheit der freien Ressourcen wie Atmosphäre, Ozeane oder Klima und ihre Gefährdung zur Begrenzung der uneingeschränkten Verfügbarkeit (siehe atypische Allmende-Güter in Tabelle 6).

Der Ökonom und Humanökologe Allen erweitert den klassischen ökologischen Komplex menschlicher Entwicklung um die interagierenden Faktoren der Bevölkerung, Umwelt und Technologie und bezieht ausdrücklich die soziale Organisation in seine humanökologische System-Betrachtung ein¹³⁷. Diese umfasst die Kompetenzen, die Institutionen, die kollektive Fähigkeit, Probleme zu lösen, sowie die zugrundeliegenden Wertesysteme (Belief-Systeme) und bestätigt die gestaltende Bedeutung der Infrakultur und deren explizite oder implizite Rolle. Eine vergleichbare Dimension etabliert Welzer mit dem Konzept der „mentalen Infrastruktur“¹³⁸, die den Umfang der institutionellen Infrastruktur um eine verhaltens- und bewusstseinspezifische Dimension erweitert und damit über die von Jochimsen beschriebenen sozialen Vereinbarungen und Verträge hinausgeht.¹³⁹ Tomasello betont ebenfalls die Bedeutung von Sprache, Bewusstsein, Kommunikation und intellektueller Infrastruktur, mit denen es Gruppen gelingt, wechselnden Herausforderungen in ihrem Umfeld zu begegnen und Kooperation, Austausch und soziale Commons zu etablieren, die eine intentionelle Entwicklung der Gesellschaft ermöglichen.¹⁴⁰ Ostrom weist ebenfalls auf einen starken Zusammenhang von individuellem Verhalten und sozialem Kontext für Kommunikation und Interaktion hin.

“Social scientists also need to recognize that individual behavior is strongly affected by the context in which interactions take place rather than being simply a result of individual differences.”¹⁴¹

Im Gegensatz zu Hardin vertritt Boserupeine optimistische Theorie, wie es Gesellschaften gelingen kann, mittels Innovationen in Landwirtschaft und anderer Maßnahmen des *Ecosystem Engineering* trotz Knappheit der Ressourcen und zunehmender Bevölkerung den Ertrag aus den Ressourcensystemen, die ihre natürliche Versorgungsgrundlage bilden, durch technische Effizienzgewinne zu steigern. Dabei vertritt sie keinen utopischen Fortschrittsglauben, dass neue Technologien das Leben per se verbessern, sondern zeigt auf, dass Menschen, wenn es um ihre Lebensgrundlagen geht, bereit und in der Lage sind, in erheblichem Umfang Arbeit, Kreativität und andere Ressourcen einzusetzen, um Lösungen zu finden. Ihr Ansatz, der sich als „Necessity is the mother of

¹³⁶ Deutscher Bundestag, Enquete-Kommission 2013.

¹³⁷ Allen 2008.

¹³⁸ Welzer 2011.

¹³⁹ Jochimsen 1966.

¹⁴⁰ Tomasello 2010.

¹⁴¹ Ostrom 2009.

innovation“ zusammenfassen lässt, kann als infrakulturelle Prämisse auf die Entwicklung der lebensweltlich relevanten Infrastruktursysteme übertragen werden.¹⁴² Modern Commons stehen als soziale Konstrukte in permanenter Interaktion mit ökonomischen und kulturellen Systemen, die sie umgeben, sowie den natürlichen Systemen der Ökosphäre.

Die Herausforderungen des Klimawandels und der Energiewende in Deutschland sowie die Knappheit der natürlichen Ressourcen und die steigenden Kosten von Emissionen stellen die modernen Industriegesellschaften vor die Aufgabe, einen grundlegenden Umbau der Infrastruktursysteme nachhaltig zu gestalten. Der erhöhte Anpassungsbedarf der Netze trifft auf veränderte haushaltspolitische Rahmenbedingungen wie die Eurokrise oder die föderale Schuldenbremse in Deutschland. Gleichzeitig eröffnen Innovationen wie die Digitalisierung und Automatisierung und andere neue Technologien Chancen, die Produktionsprozesse der Infrastrukturplattformen effizienter zu gestalten. Im Sinne einer erhöhten Systemeffektivität und gesteigerter Effizienz können die historisch kollektiv gewachsenen Infrastrukturnetze als sozioökonomische Hybride der Volkswirtschaft nicht länger als autonome Einzelsysteme verstanden und disjunkt entwickelt werden. Im Rahmen eines nachhaltigen Umbaus müssen die flächendeckenden Netze in ihrer systemischen Wirkung komplementär gedacht und kohärent optimiert und weiterentwickelt werden. Eine trilaterale Vernetzung der Verkehrs-, Energie- und Kommunikationsnetze erschließt beispielsweise Potenziale für die Bündelung oder Klimaneutralität des Mobilitätssektors. Deren Erschließung wiederum bewirkt eine grundlegende Veränderung der sektorspezifischen Regeln für Infrastrukturgestaltung, -investitionen und -management.

Investitionsentscheidungen über Erhalt, Entwicklung oder Entfall einzelner Infrastrukturelemente haben nicht zuletzt aufgrund der Langlebigkeit und Pfadgebundenheit langfristige Auswirkungen, die auch Verpflichtungen für kommende Generationen implizieren. Aufgrund dieser langen Zeithorizonte entsteht eine systembedingte Asynchronität von Planungs-, Investitions-, Nutzungs- und Transformationsentscheidungen, die wenig untersucht wurde. Dementsprechend besteht ein hoher Erkenntnis- und Handlungsbedarf. Eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für systemisch optimierte Allokationsprozesse im Infrastruktursektor liegt angesichts der hohen öffentlichen Investitionsvolumina sowohl im allgemeinen Interesse als auch im Interesse der beteiligten Akteure und der Wissenschaft.

¹⁴² Boserup 1965.

2.3.2 Anschlussfähigkeit zu Soziologie und Psychologie

Infrastruktursysteme erfüllen für den modernen Menschen primär eine lebensweltliche Funktion, wie Habermas¹⁴³ sein Konzept in der *Theorie des kommunikativen Handelns* nennt, das dem Alltag im urbanen Lebensraum einen systemtheoretischen Rahmen eröffnet und die psychoanalytische und dingliche Realität integriert. Weitergedacht kann in Anlehnung an Tönnies *Wesenswillen* die über Infrastruktur verbundene Gruppe jenseits von Raum und Nation als eine Art kollektiver *Daseinsgemeinschaft* in der Moderne beschrieben werden. Essen, Trinken, Duschen und Toiletten befriedigen gleichermaßen physische wie soziale Bedürfnisse. Mobilität und Transport gehören inzwischen ebenso zu den Grundbedürfnissen wie Kommunikation, Energieversorgung oder Abfallentsorgung. Die basalen Bedürfnisse, die durch Infrastrukturen – insbesondere mithilfe der Modern Commons – befriedigt werden, begründen eine Universalität ihrer Funktionen und rechtfertigen es, diese Systeme als Allmenden der Moderne zu behandeln.

Gleichzeitig prägen Modern Commons die mentale Wahrnehmung und Interaktion von Menschen in Räumen, vermessen die individuellen Möglichkeitsräume und prägen das subjektive Erleben von wirtschaftlichen Entfernungen. Mit großer Permanenz und hoher Alltagsrelevanz bestimmen Infrastruktursysteme über Beziehungen, soziale Nähe und Mobilitätsmuster. Der antike Begriff des „Erdkreises“ beschreibt die kollektive Subjektivität dieser räumlichen und symbolischen Dimension. Entfernung und Raum sind wahrgenommene mentale Konstrukte, Weltbilder und Belief-Systeme, die sich kognitiv wie emotional gemäß Wissen und Erfahrungen in jeder Generation wandeln.¹⁴⁴ Der dynamische Charakter dieser einordnenden Wertesysteme und Wertungen in zeitbezogenen Bezugssystemen wird in einer globalen Gesellschaft dadurch veranschaulicht, dass frühere Generationen die Erde als Scheibe, die Sonne als Kern des Universums oder Europa als Zentrum des Weltgeschehens interpretiert haben, bedingt durch den jeweiligen Stand des Wissens, soziale und religiöse Normen sowie technische Möglichkeiten. Diese infrakulturelle Selbstreferenzierung von Generationen einer Gesellschaft in ihrer kollektiven Identität im jeweiligen soziotechnischen Kontext kann als *Bewusstseinsgemeinschaft*, im Verständnis von Tönnies als globalisierter „Kürwille“¹⁴⁵, bezeichnet werden. Der Mensch ist einerseits Produkt seiner Umwelt und in Bezug auf Infrastrukturen auch ihr Schöpfer. Habermas¹⁴⁶ unterscheidet dabei – für Infrastruktur als Commons-Systeme höchst relevant – instrumentelles und soziales Handeln von Individuen oder Gruppen, weshalb das Modern-Commons-Verständnis von Infrastruktur über die

¹⁴³ Habermas 1981.

¹⁴⁴ Diedrichsen et. al. 2013.

¹⁴⁵ Tönnies 1887.

¹⁴⁶ Habermas 1981

ökonomischen Funktionen und Institutionen hinaus erweitert wurde. Die auf Beziehung angelegten sozialen Infracfunktionen wie Verbinden, Einbeziehen, Begrenzen und Unterstützen entsprechen auch dem dialogischen Prinzip, das Habermas vertritt und das von Buber¹⁴⁷ als unverzichtbare Ich-Du-Beziehung grundlegend für menschliches Dasein definiert wird. Im Gegensatz zum descartesschen Bewusstseinsansatz, „cogito ergo sum“, lässt sich dieses dialogische Prinzip nur bedingt kausal begründen und ableiten.

Diese sozialphilosophische Perspektive unterstreicht die Entstehung von Infrastruktursystemen als solche, die durch ihre Finalität, ihren sozialen Zweck und nicht allein durch die ökonomischen oder technischen Kausalitäten bestimmt werden. Liegt der Zweck einer Infrastrukturinvestition jedoch in der Beschäftigungs-, Struktur- oder Konjunkturpolitik, endet diese infrakulturelle Logik an der politischen Pragmatik. In einer Demokratie ist das Primat des Volkswillens quasi als *force majeure* zu akzeptieren. Das parlamentarische *Geschäftsmodell Wiederwahl* nimmt in Ermangelung freiheitlicher Alternativen eine ausgleichende Funktion wahr und gewährleistet eine räumlich repräsentative, demokratische Legitimation von Infrastruktur-Entscheidungen ihrer Mandatsträger für die jeweils repräsentierte Ebene. Eine rein rationale Infrastrukturpolitik, die eine idealisierte Expertenregierung durchaus bewirken und mit längerfristigen Planungen auch durchsetzen könnte (vgl. Singapur oder China), hätte wiederum spezifische Nachteile, beispielsweise soziale oder Verteilungsnachteile für einzelne Gruppen von Bürgern, die der turnusmäßige Wechsel im repräsentativen Parlamentarismus mit periodischer Zielüberprüfung durch Wahlen zu begrenzen weiß. Dennoch kann das praktizierte Governance-Modell zur Entwicklung der Modern-Commons-Systeme aus gesellschaftlicher, ökologischer und ökonomischer Perspektive effektiver und nachhaltiger gestaltet werden.

In ähnlichem Sinne beschreibt Haber¹⁴⁸, Pionier der Ökologie in Deutschland, den Menschen als Lebewesen, welches zuerst mit seinen physischen und sozialen Bedürfnissen wie Luft, Wärme, Licht, Wasser Nahrung, Raum, Information und Beziehung in organisch gewachsenen lebensweltlichen Netzwerken und in einem ständigen Austausch mit seiner Umwelt und seinen Mitmenschen steht. Daraus entwickelt er das Modell eines mentalen und menschlichen *Sondernetzwerkes* der anthropogenen Umwelt, in der das Individuum im reflexiven Spannungsfeld zwischen Verdienst, Fürsorge, Sicherheit, Gerechtigkeit, Spiritualität, Bildung, Arbeit und Machtstrukturen lebt, kommuniziert und wirkt. Diese Rahmenbedingungen werden vielfach durch technische und institutionelle Infrastruktursysteme determiniert, während gleichzeitig die realen Machtstrukturen und Vorstellungen von Gerechtigkeit und Spiritualität als Belief-Systeme die Gestaltung der

¹⁴⁷ Buber 1983.

¹⁴⁸ Haber 2010: S. 32, 33.

Infrastrukturen beeinflussen. Den Modern-Commons-Systemen kommt somit eine determinierende Wirkung auf Lebens-, Arbeits- und Umwelt sowie auf die sozialen und räumlichen Bezugssysteme zu. Diese Faktoren wirken wiederum reflexiv auf die Entwicklung der Möglichkeits- und Handlungsräume einer Bevölkerung und die Fortentwicklung der jeweiligen Infrakultur ein. Ungeachtet der Tatsache, dass Staaten ihre jeweilige Infrastruktur ihren Zielen und Möglichkeiten entsprechend gestalten, enden infrakulturelle Bezugssysteme in einer Welt globaler Herausforderungen wie Klimawandel oder Ressourcenknappheit nicht an politischen oder geographischen Grenzen. Infrakultur als ganzheitlicher Rahmen für Infrastrukturentwicklung in den beschriebenen fünf komplementären Dimensionen in Tabelle 1 umfasst deshalb neben ökonomischen, politischen, sozialen, kulturellen und ökologischen Zielen auch die konkreten lebensweltlichen Bezüge und beinhaltet damit eine globale und intergenerationelle Dimension von Gestaltungsverantwortung. Die von Christaller als *wirtschaftliche Entfernung* beschriebene Determinante für Raumstruktur und die Bildung von Oberzentren¹⁴⁹ muss heute um die soziale, kulturelle und ökologische Dimension der raumbildenden und sektorverbindenden Infrastruktursysteme und die durch sie geschaffenen Resonanzräume ergänzt werden.

Zur Umsetzung dieser Leitbilder sind kommunikative Diskurse und regulatorische Prozesse erforderlich, in denen eine umfassende Bewertung der Vor- und Nachteile erfolgt. Eine rein ökonomische Bewertung wird dem lebensweltlichen Charakter der Infrastruktur nicht hinreichend gerecht, weshalb es nahe liegt, weitere Kriterien für einen infrakulturellen Entscheidungsrahmen auszuhandeln, die im jeweiligen Projekt an die spezifische Situation angepasst werden können. Hayek stellt fest, dass moderne Gesellschaften nicht „zielverknüpft“, sondern „regelverknüpft“ seien¹⁵⁰. Bestehende Interessen- und Zielkonflikte würden durch Regelsysteme und Institutionen überwunden, die in gesellschaftlichen Interaktionsprozessen zu entwickeln sind¹⁵¹. Hierzu wird ein infrakultureller Bezugsrahmen für nachhaltige Infrastruktur-Entwicklung erstellt, das Infracultural Analysis and Development Framework (IDF), welches in Kapitel 4 vorgestellt wird.

Ein Infrastruktursystem wird nicht mit der sich aus einer neuen Technik ergebenden Kausalität oder einer sozialen, wirtschaftlichen oder Geographischen Gegebenheit als Ursache definiert, sondern aus seinem „Wozu“, seiner übergeordneten Finalität, dem sozialen Zweck, dem ökonomischen Nutzen und den ökologischen Funktionen, die durch die Errichtung und den Betrieb einer spezifischen Struktur erfüllt werden. Niemand will *von A nach B*, Menschen bewegen sich zwischen Räumen, verfolgen damit einen Zweck, sie wollen etwas tun, jemanden treffen, etwas verändern oder besorgen oder eine

¹⁴⁹ Christaller 1980: S. 32 in Wiebel 2001.

¹⁵⁰ Hayek 1976/1981 S. 62 in Homann, Suchanek 2000

¹⁵¹ Homann, Suchanek 2000: S. 54.

spezifische Funktion erfüllen. Dazu benötigen Menschen Verkehrsinfrastruktur, deren Funktion es ist, Räume zu überwinden, Räume zu verbinden und dadurch Interaktion und Transaktionen zwischen Räumen zu ermöglichen. Raum selbst wird zum Aktanten zwischen den Netzen und beeinflusst Menschen, Institutionen und Systeme. Wird der Nutzen einer Infrastruktur nicht oder nicht mehr erzielt, erkannt oder benötigt, ist die Struktur an sich infrage gestellt und durch eine wirksamere Infrastruktur zu ersetzen. Eine solche von Funktion und Konsequenzen getriebene Entstehung und Dynamik sozialen Kapitals wird von Latour in der Akteur-Netzwerke-Theorie¹⁵² konzeptualisiert, in der die Aktanten eine reflexive Wirkung auf die Akteure entwickeln. Das Prinzip der Finalität allen menschlichen Handelns wurde von dem Psychotherapeuten Alfred Adler¹⁵³ im Rahmen der Individualpsychologie entwickelt und wird in eine biologische, personale, soziale und rationale Finalität unterteilt,¹⁵⁴ die der infrakulturelle Entwicklungsrahmen für Modern Commons integriert. Die interdisziplinäre Betrachtung der Modern-Commons-Systeme identifiziert Kernelemente der Motivation zu gemeinsamem infrakulturellem Handeln und unterstützt die These, dass die mentalen und gesellschaftlichen Leitbilder von Wohlstand und Lebensqualität für kollektive und individuelle Entscheidungen zur Infrastruktur-Entwicklung handlungsleitend sein können, auch wenn, wie in Kapitel 4 ausgeführt, kollektives Handeln nicht immer ökonomisch rationalen Kriterien folgt.

Im Hinblick auf Infrastrukturen differenziert Tönnies zwei Arten der sozialen Identifikation von Gruppen, und zwar die Identifikation einer lokalen Dorfgemeinschaft, Deichgemeinschaft oder religiösen Gemeinde, die durch die Bejahung – implizit oder explizit – des gemeinschaftlichen „Wesenswillens“ begründet wird. Die gemeinsame existentielle Situation begründet – z. B. durch ein Bedürfnis (Brunnen, Feuer) oder eine externe Bedrohung (Unterkunft, Schutzwall) – eine Teilhabe an der Infrastruktur als einem gemeinsamen Ganzen, einem wie immer definierten Gemeinwesen, das sich selbst genügt, aber durchaus auch Wachstum und Austausch anstreben kann. Tönnies beschreibt Allmende-Systeme außerdem als einen individuellen Interessen auf Dauer übergeordneten Leitgedanken für kollektives Handeln:

„Die Dorf-Gemeinde, auch wo sie den Herren mitumfasst, ist in ihrer nothwendigen Beziehung auf das Land einer einzigen ungetheilten Haushaltung gleich. Die Allmend ist das Object ihrer Thätigkeit und Sorge, theils für die gemeinschaftlichen Zwecke der Einheit, theils für die gleichen und verbundenen Zwecke der Mitglieder bestimmt: wo jenes am gemeinen Walde, dieses an der gemeinsamen Weide deutlicher hervortritt. Aber auch die aufgetheilten Aecker und Wiesen gehören nur für die »geschlossene Zeit« der einzelnen cultivirenden Familie; nach beendeter Ernte werden die Umzäunungen niedergerissen, und der Boden wird als Theil des Weidelandes wieder zur Allmend. Und auch innerhalb jener besonderen Nutzung ist der Dorfgenosse durch das über ihm stehende Gesamtrecht mannigfach beschränkt, indem ihn der

¹⁵² Latour 2010: S. 76ff.

¹⁵³ Dreikurs 1996: S. 48f.

¹⁵⁴ Khoshrouy-Sefat 2010: S. 11.

Flurzwang bei der Bewirthschaftung seiner Wiesen, Felder und Weinberge an die gemeinschaftliche Ordnung bindet.“¹⁵⁵

Demgegenüber unterscheidet Tönnies für individuell entscheidende Akteure den gesellschaftlichen „Kürwillen“, der sich der freiwilligen Mitwirkung von Anderen bedient, und kulturelle Institutionen der Freundschaft und des Vertrauens, auf die ein Akteur fallweise auch verzichten oder an denen er mitzuwirken auch ablehnen kann (Trittbrettfahrer-Problematik). Diese historisch gewachsenen institutionellen Strukturen wurden durch Feudalherren und zentrale Obrigkeiten gefördert, soweit sie zur Stabilität des Gemeinwesens und der Entwicklung tragfähiger Strukturen beitrugen. In Bezug auf Infrastruktursysteme können dies technische oder soziale Konstrukte sein, die gegebenenfalls durch Dritte errichtet und fakultativ genutzt werden (Straßen, Energiequellen, Verkehrs- und Leitungssysteme, Informationsmedien, Kommunikation), von deren Bestehen jedes Mitglied als Nutznießer profitiert. Tönnies bezieht deshalb die soziale und kulturelle Dimension in die Nutzenallokation und Governance ein.

„Die ungeheure Mannigfachheit jener Verhältnisse aber, welche wieder modificirt werden, wenn an der Stelle des Feudalherren ein (geistliches) Collegium, Kloster oder andere Corporation steht, kann hier nicht einmal in Andeutungen befasst werden. Wichtig ist nur überall zu bemerken, wie sehr in der ganzen Dorf-Cultur und auch in dem darauf beruhenden Feudal-system die Idee der naturgemässen Vertheilung und dieselbe bestimmende und darin beruhende des geheiligten Herkommens, alle Wirklichkeiten des Lebens und ihnen correspondirende Ideen der richtigen und nothwendigen Ordnung desselben beherrschen, und wie wenig darin die Begriffe des Tausches und Kaufes, des Vertrages und der Satzung leisten und vermögen.“¹⁵⁶

Durch Tönnies wird die politische Genese von Commons oder Allmende-Systemen als „von oben gewährt“ oder „von der Basis gewählt“ veranschaulicht. Seine Unterscheidung verdeutlicht, dass bei Gestaltung von Modern Commons und der Nutzung von Infrastruktursystemen abhängig von der spezifischen Situation ein „Sowohl-als-auch“ für die Akteure gelten kann, während der Betrieb von Infrastrukturnetzen im gesetzten Rahmen an den technischen und ökonomischen Prinzipien von Effizienz und Effektivität ausgerichtet werden wird. Durch eine zunehmende Individualisierung haben sich diese Institutionen mittlerweile zu einem im Alltag verwurzelten und ihn bestimmenden Mix infrakultureller Mittel und Funktionen entwickelt, die in der modernen Gesellschaft angesichts der Urbanisierung für jede Form der Mündigkeit und Teilhabe existenziell geworden sind. Modern Commons bilden somit die Grundlage für wirtschaftliche, soziale und kulturelle Teilhabe der Bürger an gesellschaftlichen Prozessen.

2.4 Physische Infrastruktur als multifunktionales Ressourcensystem

Intermediäre Infrastruktursysteme sind für jede Form gesellschaftlicher Interaktion und wirtschaftlicher Transaktion notwendig. Als diskriminierungsfrei zugängliche

¹⁵⁵ Tönnies 1887: 38.

¹⁵⁶ Tönnies 1887 ebenda.

Gemeingüter der Moderne verstärken oder dämpfen die Infrastrukturnetze die Dynamik zwischen Infrastruktur-Stakeholdern¹⁵⁷ und ihren Resonanzräumen. Obwohl Netze an sich im primären oder sekundären Sektor einer Volkswirtschaft keine originäre Produktionsfunktion wahrnehmen, sind sie für die Wertschöpfung dieser Sektoren, Förderung und Transport von Rohstoffen, die Produktion, die Veredelung und den Austausch von Produkten unabdingbar. Im tertiären Dienstleistungssektor sind Infrastruktursysteme durchaus als primär wertschöpfend einzuordnen, nicht zuletzt aufgrund der zunehmenden digitalen Vernetzung von Wirtschaft und Gesellschaft mit wachsender Bedeutung. Infrastruktursysteme ermöglichen und fördern ein effizientes Wirtschaften ohne impliziten Wachstumszwang, erfüllen als multifunktionale Plattformen verschiedenste soziale und wirtschaftliche Funktionen und verhindern durch ihre stabilisierenden Grundfunktionen ein stärkeres Auseinanderklaffen der sozialen Schere zwischen Arm und Reich einer Gesellschaft. Modern-Commons-Systeme sind damit einerseits ein Garant für gesamtgesellschaftliche Stabilität und gleichzeitig Mittler und Motor der Transformation.

Die Commons-Debatte verdeutlicht, wie allein der Begriff „Commons“ von gesellschaftlichem Kontext und politischen Rahmenvorgaben mitgeprägt und durch verschiedene Interessengruppen für ihre Ziele beansprucht und normativ besetzt werden kann. Dies spiegelt sich auch an der intensiven Diskussion über einzelne Infrastrukturprojekte wider, die durch transparente gesellschaftliche Zielsysteme und Entscheidungsprinzipien zur Entwicklung der Modern Commons mit den Akteuren effektiver und nachhaltiger geführt werden könnte.

“We use the term commons to refer to a central political concept. It describes goods and resources that share a special relationship with a group of people, a community. This group perceives or views these resources as being “theirs”. In other words, they embrace them as their own – not in the sense of libertarian property law which sanctions whatever one wants to do, but in the sense of stewardship of the resource and ongoing access and use. In this sense, when we talk about the commons, we are referring to the power of the little word “ours,” which encompasses both individual and collective needs. The commons is about not only utilizing but also caring for resources and goods, whether they be social, cultural, or natural.”¹⁵⁸

Infrastrukturnetze werden hier als funktionale Commons-Ressourcensysteme betrachtet. Infrastruktur kann in unterschiedlichen Situationen vielfältige Aktivitäten für Akteure durch unterschiedliche Funktionen erfüllen, die letzten Endes vom Verhalten und den Präferenzen der Nutzer selbst bestimmt werden.

“Infrastructure resources enable many systems (markets and nonmarkets) to function and satisfy demand from many different users. Infrastructure resources are not special-purpose resources ... Instead they provide basic, multipurpose functionality. (...) Users determine what to do with the capabilities that infrastructure provide.”¹⁵⁹

¹⁵⁷ Abbildung 9.

¹⁵⁸ Helfrich, Haas 2009: S. 4.

¹⁵⁹ Frischmann 2012: S. 65.

Seit der neolithischen Revolution ist das Phänomen der Infrastruktur-Entwicklung zu beobachten. Bevor moderne Technik existierte, bildeten Gewässer natürliche Grenzen, schufen geschützte Räume für Ansiedlungen und versorgten Bewohner mit lebenswichtigen Ressourcen. Flüsse, Seen und Küsten sind exemplarisch für natürliche Infrastruktursysteme, nach denen Siedler ihre Standortwahl getroffen und diese Standorträume über lange Perioden bewirtschaftet haben.¹⁶⁰ Ein Lagerplatz in Wassernähe bietet Menschen eine natürliche Infrastruktur, die vier Kernfunktionen erfüllt, die für eine Gruppe komplementären Nutzen erzeugen: Ein Gewässer als Infrastruktur versorgt mit Trinkwasser, ist Nahrungs- und Rohstoffquelle und dient der Entsorgung, verbindet als Transportmedium für kulturellen und ökonomischen Austausch, unterstützt menschliches Handeln in Landbau und Reinigung und liefert Arbeitsenergie und schützt vor natürlichen und menschlichen Feinden. Wozu Menschen eine Infrastruktur verwenden können, wird demnach durch ihre Funktion und Form bestimmt.

Neben Gewässern und Quellen wurden weitere natürliche Ressourcen wie Feuer als Energieträger, Höhlen als Schutzräume sowie Wälder und Auen als Nahrungs- und Jagdreviere und Weiden infrastrukturell genutzt, um den Alltag in einer archaischen Umwelt zu bewältigen. Dabei ist es durchaus kein Zufall, dass dem raumbezogenen, verlässlichen Zugang zu lebenswichtigen Naturressourcen, also den stofflichen Flüssen und deren Wechselwirkung mit den Global Commons wie Wasser, Wald, Weiden und Boden eine Schlüsselfunktion in der frühen Siedlungsgeschichte und der Begründung von Gesellschaft zukommt. Eine zuverlässige Versorgung einer wachsenden Stadtbevölkerung mit lebenswichtigen Gütern aus dem Hinterland, die als eine Vielzahl ökonomischer Transaktionen stattfinden kann, stellt eine Kernfunktion von Infrastruktur dar. Neben Güter- und Leistungsströmen unterstützt Infrastruktur den sozialen Kommunikationsfluss zwischen Individuen und Gruppen und fördert damit die Entstehung von Kulturräumen und Institutionen und damit von gesellschaftlichen Strukturen, die in ihrer Dauerhaftigkeit über physische und soziale Bedürfnisse des Einzelnen oder einer Generation hinausgehen.

2.4.1 Soziale Funktion von Infrastruktur – Infracfunktionen

Räume entstehen durch Grenzen. Grenzen können sowohl physischer, institutioneller und mentaler als auch sozialer Natur sein. Bewohner, die sich innerhalb der Systemgrenze befinden, werden in das soziale Gefüge und die Regeln zur Systemerhaltung einbezogen. Im Umkehrschluss werden Individuen oder Gruppen außerhalb dieser Grenzen von der Mitgestaltung und Mitnutzung ausgeschlossen. Einbeziehen und Begrenzen sind daher die vier Grundfunktionen ergänzenden raumbezogenen sozialen

¹⁶⁰ Wittfogel 1953: S. 17.

Funktionen von Infrastruktursystemen, Kernfunktionen, die wiederum auf die räumliche Dimension von Gesellschaft referenzieren und für die relevante Gruppe identitätsbildend wirken. Die Bereitschaft einer Gruppe, in solche grundlegenden Infrastrukturen zu investieren, erklärt sich aus einem kontextuellen Meta-Nutzen über nichtmaterielle Wertvorstellungen wie Identität, Sinn, Gemeinwohl oder Nachhaltigkeit, also über spezifische Belief-Systeme, die auch auf nichtkommerzielle Einrichtungen wie Tempel, Kirchen und andere Kultureinrichtungen ausgedehnt werden können.

„Die Versorgung mit Wasser und Energie, das Transportieren von Gegenständen, die schnelle räumliche Fortbewegung und die Kommunikation mit entfernten Personen sind verbreitete menschliche Bedürfnisse, auf deren Erfüllung sich sinnhaft ausdifferenzierte (spezialisierte) Tätigkeiten beziehen. (...) Die Funktionssysteme, die die genannten Bedürfnisse erfüllen, könnte man als Infrastruktursysteme bezeichnen, weil ihre hauptsächliche Funktion darin besteht, zahlreiche spezifische Aktivitäten ökonomischer, politischer oder sozialintegrativer Natur zu ermöglichen.“¹⁶¹

Dieser Funktions-Gedanke führt bei Modern-Commons-Systemen dazu, dass sowohl Infrastruktursysteme (Ressourcensysteme) als auch Infrastrukturgüter (Ressourceneinheiten) den Belief-Systeme und der Governance entsprechend ihre Eigenschaften als Güter kontextuell oder funktional verändern können. Auch wenn der Begriff des „Trittbrettfahrers“ negativ konnotiert ist, besitzt er für Infrastruktursysteme als moderne Gemeingüter hohe Relevanz. Dementsprechend muss jeder Bürger als Miteigentümer und jedes Unternehmen als Nutznießer der öffentlich finanzierten Infrastruktursysteme verstanden werden. Ebenso wie der Anwohner sich dem Nutzen einer räumlichen Infrastruktur kaum entziehen kann, leidet er als Betroffener auch unter negativen Nebenwirkungen von Infrastruktursystemen, wie beispielsweise Emissionen, Lärm, Erschütterungen oder Strahlung.

Als Trittbrettfahrer können in mehrstufigen Infrastruktursystemen auch solche Nutzer bezeichnet werden, für die der Wert von entnommenen Einheiten aus einem infrakulturellen Ressourcensystem dauerhaft größer ist als ihr anteiliger Beitrag zum Erhalt und der Entwicklung des jeweiligen Systems. Diese Problematik wird durch die differenzierte Wertschöpfung in den Systemebenen wie in Kapitel 3.2 dargestellt verstärkt, was insbesondere bei notwendigen Investitionen in physische Plattformen zu einer Asymmetrie in der Wert-Allokation führen kann, wenn ein auf der Anwendungsebenen generierter Mehrwert nicht angemessen zum Systemerhalt beiträgt. Beispielsweise sind digitale Anwendungsbetreiber im Telekommunikationssektor in den Industrieländern bisher kaum an Netzinvestitionen beteiligt. In Ländern ohne entsprechende Infrastruktursysteme sind Konzerne wie Alphabet oder Facebook durchaus bereit und in der Lage, wirtschaftlich eigene Infrastrukturinvestitionen zu tätigen, ohne die ihre globalen Geschäftsmodelle an

¹⁶¹ Mayntz 1997: S. 74.

digitaler Reichweite und somit an Ertragskraft verlieren würden. In dem Konzept der „relational property“ formuliert Starr zu Infrastrukturen als Grenzobjekten die These, dass Infrastruktursysteme faktisch erst durch die Nutzungsbeziehung¹⁶² definiert werden. Anschlussfähig an diesen Ansatz, ohne ihn vollständig zu übernehmen, lassen diese Nutzungsbeziehungen sich generisch für Infrastrukturnetze über die Infracfunktion identifizieren und werden als ökonomische Transaktionen, soziale Interaktion oder physische Ströme dargestellt, die interdisziplinär jeweils den korrespondierenden wissenschaftlichen Erklärungsmodi zugeordnet werden können. Diese Infracfunktionen sind handlungsleitend für die Gestaltung und Nutzung der Infrastruktursysteme und werden gemäß den geltenden Belief-Systemen zur Entwicklung von Governance-Prinzipien von geplanten und bestehenden Infrastruktur-Commons herangezogen. Infrastrukturplattformen (in Abbildung 5 grau dargestellt) existieren und funktionieren als Austauschplattformen in einem spezifischen soziokulturellen Kontext und den sozial-ökologischen Systemen (hellgrün), zu deren Nutzung sie errichtet wurden.

Modern-Commons-Systeme ermöglichen es Gruppen und Gesellschaften, konkrete Ziele zu verfolgen. Sechs Grundfunktionen der Infrastruktur¹⁶³ die sich in Kommunikation, Transaktionen und physische Ströme sowie die Raumwirkung einteilen lassen. Die Infrastruktur dient in ihrer Gesamtheit als eine Ermöglichungsplattform („enabling platform“) für individuelles Handeln und kollektive Bedürfnisse. In dieser nahezu universellen Funktionalität begründet sich der motivatorische Antrieb für Gruppen und Individuen, solche multifunktionalen Strukturen zur Unterstützung des eigenen Handelns technisch aufzubauen, gemeinschaftlich zu nutzen und mittels tragfähiger Institutionen dauerhaft zu erhalten.

Diese primären Funktionen der Infrastruktur werden durch geplantes Handeln und habitualisiertes Verhalten von Akteuren emergent und können in einen Zusammenhang mit den physiologischen und sozialen Grundbedürfnissen des Individuums gemäß der Bedürfnispyramide nach Maslow¹⁶⁴ gestellt werden. Modern-Commons-Systeme tragen mit ihren Kernfunktionen zur Befriedigung von primären physischen Bedürfnissen wie Essen, Trinken, Schlafen, materielle Sicherheit und Schutz vor Krankheiten, bei Maslow Defizit-Bedürfnisse genannt und ermöglichen darüber hinaus in der soziokulturellen Funktion von Infrastruktur maßgeblich die Erfüllung von sozialen und Wachstumsbedürfnissen. Obwohl weitere Motive zum Aufbau von materiellen Infrastruktursystemen identifiziert werden können, sind diese vier herausgearbeiteten Grundfunktionen für das Zusammenleben von Menschen unverändert erkennbar. Die enge Beziehung zwischen

¹⁶² Starr, Ruhlander, 2015 (1996): S.380.

¹⁶³ abgeleitet aus Abbildung 3 in Abbildung 5 beschrieben.

¹⁶⁴ Maslow, 1954.

sozialer Ordnung, Strukturen und Räumen und den physiologischen Grundfunktionen als stabilisierender Faktor und Motivator wird durch die funktionsorientierte Argumentation von Parsons bestätigt.¹⁶⁵

Durch ihre unmittelbar physische, ökonomische und soziale Funktion wirken Infrastruktursysteme kulturell determinierend und sind formgebend für die Lebenswelt und die soziale Landschaft. Erst durch die adäquate Bewältigung der physischen Herausforderungen kann soziales und kulturelles Handeln auch über weite Entfernungen gewährleistet werden. Durch die Gewährleistung der elementaren Vital- und Sozialfunktionen kann Energie und Kreativität urbaner Räume für die Zivilisation als Ganzes erschlossen und das kulturelle Bedürfnis nach Kommunikation und sozialen Beziehungen durch Identität und Verbundenheit lokal und überörtlich gestärkt werden. Dadurch dienen intermediäre Modern-Commons-Systeme ökonomisch als effizienzsteigernde Handlungsverstärker von wirtschaftlichen und kulturellen Aktivitäten und fördern Entwicklung, Qualität und Stabilität, aber auch Wachstum des gesellschaftlichen Gesamtsystems.

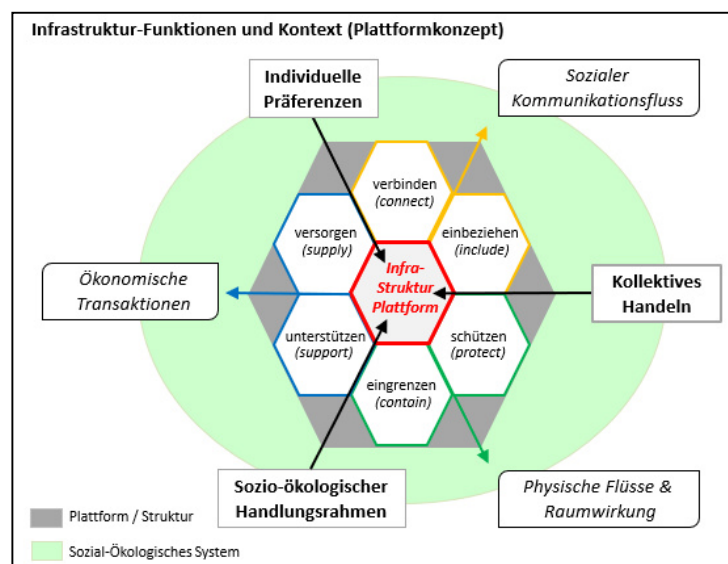


Abbildung 5: Infracfunktionen und infrakultureller Kontext
Quelle: Eigene Darstellung, Hofmann 2015¹⁶⁶

Die beschriebenen Infracfunktionen werden im jeweiligen Kontext mittels sozialer Interaktionen in Form von Kommunikationsflüssen, ökonomischen Transaktionen oder physischen Flüssen und der erzeugten Raumwirkung realisiert.

Die in Abbildung 5 beschriebenen Transaktionen und Interaktionen werden durch Interessen und individuelle Präferenzen sowie durch Institutionen und Mechanismen des

¹⁶⁵ Parsons 1951: S. 27: *First, a social system cannot be so structured as to be radically incompatible with the conditions of functioning of its component individual actors as biological organisms and as personalities, or of the relatively stable integration of a cultural system. Secondly, in turn the social system, on both fronts, depends on the requisite minimum of "support" from each of the other systems. It must, that is, have a sufficient proportion of its component actors adequately motivated to act in accordance with the requirements of its role system, positively in the fulfillment of expectations and negatively in abstention from too much disruptive, i.e., deviant, behavior.*

¹⁶⁶ Hofmann, 2015: S. 241.

kollektiven Handelns intentionell geleitet und finden in einem lebensweltlichen sozialökologischen Handlungsrahmen statt, der durch Infrastruktursysteme sowohl emergent entsteht als auch begrenzt wird. Der Handlungsrahmen wird einerseits sozial definiert, insbesondere durch die gesellschaftliche Interpretation und Belief-Systeme als Grenzen und Normen für infrakulturelles Handeln, andererseits werden durch Natur und Ökosysteme natürliche Grenzen gesetzt. Verhaltensmuster und Kommunikation können sowohl intentional als auch intuitiv entstehen.

Während individuelle Interessen und kollektives Handeln als Einflüsse auf Infrastrukturentwicklung als sichtbarer Teil einer intentionalen Infrakultur beobachtet und analysiert werden können, sind direkte und latente Auswirkungen von Systemeingriffen, wie z. B. Kernkraft, Erosion oder Klimawandel, so komplex, dass sie nur mit erheblicher Unsicherheit prognostiziert werden können. Trotz letzter Unschärfen sind jedoch positive oder negative Effekte von Infrastrukturmaßnahmen auf die Umwelt deutlich erkennbar. Einerseits führen globale Ereignisse wie Fukushima oder der Klimagipfel in Paris 2015 zur Veränderung politischer Prioritäten – mit Folgen für die Infrastrukturplanung –, die wiederum Reaktionen aus Wirtschaft und Gesellschaft erfordern, andererseits werden lang geplante Großprojekte wie Stuttgart 21 oder die Elbvertiefung von großen Teilen der Zivilgesellschaft abgelehnt, was ein Umdenken politischer Stakeholder veranlasst haben dürfte. In Bezug auf die Veränderung vorhandener Infrastruktursysteme ist insgesamt festzustellen, dass in der Gesellschaft über die Bedeutung von Fortschritt, Risiken und Wachstum derzeit kein infrakultureller Konsens besteht.¹⁶⁷

Zugang zu und Verfügbarkeit von Infrastrukturleistungen sind in Europa – anders als in weiten Teilen Asiens, Afrikas und Südamerikas – zu jeder Tages- und Nachtzeit gewährleistet. Die Gewöhnung an eine spezifische Infrastrukturqualität verändert entsprechend die (unbewusste) Erwartung an eine verlässliche Versorgung mit Infrastruktur-Services. Was möglich, üblich und bezahlbar ist, wird für Nutzer selbstverständlich und damit für Bürger zur Norm. Für die Bevölkerung werden die mentalen Isochronen¹⁶⁸ zur inneren Landkarte und Normgröße für Infrastrukturleistungen wie Nachrichten, Reisen und Gütertransport. Durch die höhere Geschwindigkeit von Flugzeugen und Hochgeschwindigkeitszügen wurde die Reisedauer und damit auch die erlebte und „wirtschaftliche Entfernung“¹⁶⁹ zwischen Räumen verkürzt. Logistik und Internet ermöglichen heute Lieferzeiten, die vor 20 Jahren utopisch gewesen wären. Die wahrgenommene infrakulturelle Realität verankert sich in der individuellen und kollektiven Erwartung und bildet die – noch ortsspezifisch geprägte – Vorstellung einer quasi normativen Raum-Zeit-Qualität des

¹⁶⁷ Beck, U. 1986: S. 252. 2009.

¹⁶⁸ Isochronen = Zeit-Raum Radien für Entfernungen z.B. Reisezeiten zwischen Metropolen.

¹⁶⁹ Christaller 1980: in Wiebel 2001.

eigenen Daseins. Dazu erforderliche Infrastrukturnetze spielen in der subjektiven Wahrnehmung der Nutzer nur eine untergeordnete Rolle, wie Studien zu mobiler Internetnutzung oder Stromverbrauch belegen¹⁷⁰. Durch die infrastrukturell bedingte Vernetzung von Energieangeboten, Kommunikation und Transporten ist Globalität zu einer daseinsrelevanten Bezugsgröße für die Pop- und Konsumkultur, den Welthandel, den Tourismus, in Arbeitsbiografien und die Gesellschaft geworden. Die äußere Struktur folgt dabei einer inneren infrakulturellen Ordnung, die per se die kollektive Investitionsbereitschaft und die Allokation von Mitteln in überörtliche, mehrstufige Infrastruktursysteme beeinflusst.

2.4.2 Infrastrukturdimensionen als Ordnungssysteme für Interaktion

Wie gezeigt sind Modern-Commons-Systeme soziotechnische Konstrukte, die sich basierend auf Interaktionen und Transaktionen in ökonomischen Strukturen, Institutionen und technischen Konstruktionen manifestieren. Dass in solchen kulturellen Ordnungssystemen auch Macht- und Marktmechanismen existieren können, belegt Rombach¹⁷¹ in seiner Phänomenologie des sozialen Lebens, welche die Bedeutung der immateriellen Belief-Systeme nach Parsons bestätigt. Deshalb besitzt die Beteiligung der Akteure an der Gestaltung von Infrastruktursystemen sowohl eine ordnende Funktion für infrakulturelle Prozesse des Gebens und Nehmens, wie Renn¹⁷² dies skizziert, als auch Gültigkeit in Bezug auf die Nutzung von Infrastruktursystemen und die Akzeptanz von Systemänderungen.

„Jede Ordnung hat etwas von einem Markt. Man gibt etwas hinein und erhält etwas heraus. Weil dieser Wertaustausch, diese Taximetrie in jeder Ordnung gegeben ist, gibt es den „Markt“ in der wirtschaftlichen Ordnung, nicht umgekehrt. (...) In allen Ordnungen nehme ich nur teil am Gesamtleben, wenn ich etwas beitrage, und sei es auch nur die Risikobereitschaft, die Bereitwilligkeit mit „nichts“ zufrieden zu sein. (...) So sei auch schon das bloße Mitmachen ein entscheidender Beitrag, eine Leistung, die an bestimmte Regeln gebunden ist.“¹⁷³

Dieses *Mitmachen* begründet bei Infrastruktursystemen die Reflexivität und die systemimmanente Resonanzfunktion.¹⁷⁴ Für den Verhaltenswissenschaftler Tomasello ist Kommunikation der bestimmende Faktor für die Entwicklung sozialer Strukturen und die Begründung von Zusammenarbeit. Er dekliniert die Stufen der natürlichen Kommunikation und gemeinsamen Aktivitäten, die auch bei Primaten zu beobachten sind, zur kulturellen informationsbasierten Kommunikation, die letztlich in eine auf geplantes Zusammenwirken und Teilen angelegte Kommunikation mündet.¹⁷⁵ Kultur in Form von bewusster Kooperation und soziale Kommunikation und nicht allein die maslowschen Bedürfnisse sind

¹⁷⁰ Clauß 2011

¹⁷¹ Rombach 1994 :.

¹⁷² Renn 1993.

¹⁷³ Rombach 1994 : S. 111.

¹⁷⁴ Rosa 2016.

¹⁷⁵ Tomasello 2010: S. 239.

also die maßgeblichen Treiber für intentionales Handeln von Gruppen und ermöglicht somit das Entstehen von Kultur- und Infrastruktursystemen sowie Modern Commons, deren beschriebene Infracfunktionen ein Zusammenleben in größeren Siedlungen, Städten und Nationen wiederum erst möglich machen.

“It is more because cooperative communication actually shares an infrastructure of shared intentionality with collaborative activities (...) The Emergence of Cooperative Communication We do not have a specific and detailed evolutionary story to tell here, but there are certain logical or at least plausible ordering relationships among various components of human communication (...) based on the understanding of individual intentionality, to human cooperative communication, based on skills and motives of shared intentionality – using evolutionary processes known to be involved in the evolution of cooperation.”¹⁷⁶

Kooperation und Kommunikation bilden wie gezeigt den Ursprung der Entstehung kollektiver Infrastrukturen. Auch aus ökonomischer Sicht erscheint es deshalb sinnvoll, diese kollektiv erschaffenen infrakulturellen Assets in einem auf Dauerhaftigkeit und Optimierung des Ganzen angelegten kooperativen Regimes wie einem CPR-System als Modern-Commons-Systeme zu planen und zu betreiben. Dazu ist es erforderlich, die Governance-Variablen des IAD für Commons-Systeme an die spezifischen Erfordernisse von technischen Systemen anzupassen, wie es in Kapitel 4 beschrieben wird.¹⁷⁷

Die Infrastrukturnetze wirken als Plattformen wie ein Kristallisationsfaden für die kulturelle, gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung und können so die jeweilige personale und organisatorische Ebene zur Gestaltung dieser Entwicklungen formen und stärken, aber nicht ersetzen. Deswegen kann eine Investition in Infrastruktursysteme nützlich und notwendig sein, bildet allein jedoch noch keine hinreichende Voraussetzung für Wohlstand und Wachstum.

Materielle Infrastrukturen sind unabhängig davon, ob natürlich entstanden oder geschaffen, unmittelbar an den stofflichen Flüssen und der Wechselwirkung zwischen dem Menschen und seiner natürlichen Umwelt beteiligt. Primäres Beispiel sind Stoffwechselbeziehungen, die zwischen Lebewesen und Biosphäre in jedem Ökosystem bestehen. Darüber hinaus tragen Infrastruktursysteme zu einer an Nutzwert ausgerichteten Wertschöpfung durch Produktion und Handel bei, wie nicht zuletzt archäologische Fundstücke belegen. Weder die Veredelung von Tierprodukten noch die Herstellung von Hausrat und Werkzeugen noch die spezialisierte Erzeugung von Kulturgütern wie Waffen, Keramik oder Booten, mit denen Handel getrieben wurde, ist ohne eine Infrastruktur vorstellbar, die den Zugang zu Wasser, Nahrung und Feuer ermöglicht.¹⁷⁸ Diese technikhistorische Einordnung betont die sich unabhängig von einer spezifischen Technik replizierenden Elementarfunktionen von Infrastruktursystemen, da sich die dazugehörigen

¹⁷⁶ Tomasello 2010: S. 191.

¹⁷⁷ Tabelle 18.

¹⁷⁸ Wittfogel 1953: S. 16.

Plattformen nur sehr langsam kulturellen oder politischen Veränderungen anpassen. Die physiologischen Prämissen für menschliches Dasein haben sich in Jahrtausenden kaum verändert, obwohl Ernährung, Hygiene und technische Ausstattung moderner Menschen sich in wenigen Jahrzehnten deutlich gewandelt haben.

In der Soziologie wird der Initiationsschritt von der bedürfnisgetriebenen Sippe zu urbanen Siedlungen mit Arbeitsteilung und infrastrukturellen Grundleistungen als Inkubationsmoment der Verstetigung kultureller Prozesse und *eo ipso* der Gesellschaft verstanden,¹⁷⁹ der in der Reflexion kultureller Veränderungen auch das institutionelle Fundament für spätere Staats-, Wirtschafts- und Infrastruktursysteme begründet.

„Die Infrastruktur spiegelt die verschiedenen Grundvoraussetzungen für eine arbeitsteilig kooperierende Marktwirtschaft wider, die den handelnden Individuen in historisch gewordener Gestalt vorgegeben ist, aber andererseits von der Tätigkeit aller Individuen, die die Gesellschaft bilden, abhängt.“¹⁸⁰

Infrastrukturnetze stellen neben dem materiellen Wert der Infrastrukturanlagen an sich, dem Sachkapital, als gemeinsam geschaffenes Ressourcensystem mit ihren Institutionen sowie personellen und infrakulturellen Strukturen immer auch einen Teil des Sozialkapitals einer Gesellschaft dar.¹⁸¹ Der kollektive Charakter der Infrastruktursysteme wird auch dadurch deutlich, dass Infrastruktur weder exklusiv für individuelle Wünsche und Bedürfnisse Einzelner errichtet noch von einem Einzelnen allein geschaffen oder unterhalten werden kann. Die von einem solchen System produzierten Ressourceneinheiten, vielfältige Güter und Leistungen, können aus Makroperspektive, ohne näher auf die Rolle des Staates einzugehen, zutreffend als Gemeingüter oder Allmende-Ressourcen klassifiziert werden.

“This second quality of material infrastructure implies the obligation of society, the responsibility of the government, to guarantee the supply of infrastructure goods and services to the individual economic agents of a country, i.e., to build up an economy's material infrastructure. Because of this infrastructure quality, material infrastructure outputs are sometimes called collective (or community) goods (...) There, collective goods are defined "(...) to encompass all those goods whose provision and enjoyment are treated as community concerns".¹⁸²

Grundsätzlich können Infrastrukturfunktionen bis in die Moderne einerseits in endverbraucher-gerichtete Funktionen als konsumtive „Down-Stream-Funktion“ eingeordnet werden, die primär der Daseinsvorsorge dienen.¹⁸³ Andererseits trägt Infrastruktur darüber hinaus – bereits in ihrer frühen Ausprägung – als intermediäres System zwischen Anbietern und Institutionen in einer arbeitsteiligen Gesellschaft mit ihrer „Up-Stream-

¹⁷⁹ Marchart 2013.

¹⁸⁰ Jochimsen 1966: S. 101.

¹⁸¹ Jochimsen 1966: S. 104.

¹⁸² Buhr 2009: S. 15.

¹⁸³ Ringwald 2008: S. 137. *Gekennzeichnet ist der Kreis dieser Leistungen (der Daseinsvorsorge, Anm. d. Autors] dadurch, dass er um des einzelnen Bürgers willen angeboten wird. Es geht nicht um Leistungen der Wirtschaftsförderung, nicht primär um Gewinnwirtschaft. Sie richten sich an den Normalbürger, der an sich in der Lage ist, für sein Auskommen selbst zu sorgen, allerdings einzelne wichtige Bedürfnisse weder aus eigener Kraft noch auf dem Markt befriedigen kann.*

Funktion“ wesentlich zur Formung von Wertschöpfungsketten und damit zur Erzeugung von Mehrwert bei. Diese Leistungen müssen als Förderung von wirtschaftlicher Tätigkeit oder Stärkung von Autorität den jeweiligen gesellschaftlichen Systemen zugerechnet werden und umfassen in diesem Zusammenhang investive Leistungen bzw. befähigende Vor- und Zwischenprodukte wie Transport, Energieversorgung und Kommunikation. In der Ökonomie wird die Infrastruktur hingegen als nicht primär produzierendes System gesehen und aufgrund zahlreicher externer Effekte als „Social Cost“ der Gesellschaft an sich beschrieben. Für mehrstufige Infrastruktursysteme wäre dementsprechend die Klassifizierung als gesellschaftliche Transaktionskosten, wie Coase sie für Firmen als Institution beschreibt, zutreffend.¹⁸⁴ Sie sind Kosten, die einen funktionalen Zusammenhalt fördern, der das Zusammenwirken in Wirtschaft und Gesellschaft in mannigfacher Form unterstützt.

In einer von digitalen Veränderungen geprägten Wirtschaft wird die klassische Trennung in Up- oder Down-Stream-Prozesse zunehmend schwierig, da sowohl die Akteure als auch die Produkte ihren Charakter *spontan* wechseln können. Ein Unternehmer nutzt den privaten Zugang zu sozialen Medien für unternehmerische Zwecke wie Recruiting oder Imageaufbau, ein Konsument liefert als Prosument¹⁸⁵ Content an einen digitalen Dienst oder Daten an seinen Mobilitätsanbieter und der Besitzer eines Elektrofahrzeuges speist überschüssigen Strom zurück in ein intelligentes Netz.¹⁸⁶ Statt unidirektionaler Wertschöpfungsprozesse (Down-Stream) bilden sich multilaterale Netzwerke, in denen Akteure auf verschiedenen Wertschöpfungs-Ebenen miteinander beliebige Leistungen Up- und Down-Stream austauschen können, Angebote kooperativ ergänzen oder Leistungen für Dritte zur Verfügung stellen. Mehrstufige Infrastruktursysteme fungieren als universelle, ubiquitäre und intermediäre Plattform für soziale Interaktion und ökonomische Transaktionen.

Gesellschaft beruht auf dem Prinzip von Interaktion und Transaktion, funktional betrachtet auf Kommunikation und Austausch. Infrastruktursysteme verbinden diese gesellschaftliche Dynamik in einer funktionalen Struktur und ermöglichen so erst das effiziente Zusammenwirken in einem übergeordneten gesellschaftlichen Kontext. Infrastrukturnetze sind multifunktionale Ressourcensysteme, deren Gestaltung und Institutionen zwischen Akteuren verhandelbar sind. Technische Systeme sind intentional erschaffen, nicht gewachsen. Als Ergebnis menschlicher Ingenuität und Kooperation sind die ökonomischen und nicht ökonomischen Ziele für Infrastrukturnetze, ihre Dimensionierung und Eigenschaften sowie die Allokation von Nutzen zu Beginn eines Infrastruktur-

¹⁸⁴ Coase 2007/ (1937).

¹⁸⁵ Ahluwalia 2015: S. 260.

¹⁸⁶ Toffler 1980: 264ff.

Lebenszyklus von den Akteuren zu planen und im Laufe der Zeit an veränderte gesellschaftliche, politische, ökonomische oder ökologische Anforderungen anzupassen. Infrastruktursysteme fungieren als intermediäre Transaktionssysteme und bilden faktisch und funktional ein intergenerationelles Bindeglied, das den Zusammenhalt einer modernen Gesellschaft in der globalisierten Welt nicht nur fördert, sondern diesen überhaupt erst ermöglicht.

“That is, the beliefs that individuals, groups, and societies hold which determine choices are a consequence of learning through time - not just the span of an individual's life or of a generation of a society but the learning embodied in individuals, groups, and societies that is cumulative through time and passed on intergenerationally by the culture of a society.”¹⁸⁷

Für moderne Gesellschaften sind die komplementären Infrastrukturnetze in ihrer Bedeutung so existenziell wie das zentrale Nervensystem, der Blutkreislauf und die Muskeln in einem Organismus, um das Funktionieren des gesellschaftlichen Gesamtsystems durch Stabilität und Austausch zu gewährleisten. Da ein Ausfall oder Wegfall kritischer Infrastruktursysteme¹⁸⁸ zu einem Kollaps, einem Verlust der gesellschaftlichen Transaktionsfähigkeit und dem Zerfall der für die gesellschaftliche Ordnung und wirtschaftliche Prozesse notwendigen Strukturen führen würde, ist es eine Aufgabe der Modern Commons, einen friktionsarmen Betrieb und den dauerhaften Erhalt dieser Systeme zu gewährleisten

Infrastruktursysteme sind funktional das Abbild der Bedürfnisse ihrer Erbauer, weshalb die pfadbildenden Weltanschauungen und Belief-Systeme ebenso wie die Umweltbedingungen wesentliche Determinanten zur Gestaltung von Modern Commons darstellen. Infrastruktursysteme sind auf Dauer angelegt. Ihr Ursprung liegt in der alltäglichen Versorgung der antiken Polis als lokal begrenzte, urbane Infrastruktur zum Nutzen ihrer Herrscher, Händler und Bewohner.

„Denn die Partner ziehen zu gemeinsamen Unternehmungen aus, indem sie auf einen bestimmten Nutzen rechnen und um Güter des täglichen Bedarfs zu besorgen. Und so hat sich um des Nutzens willens auch die Polis zusammengeschlossen und bleibt als solche bestehen.“¹⁸⁹

Der Zusammenhang und die gegenseitige Abhängigkeit zwischen der wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes und seiner Infrastruktur sind unbestritten, wenn auch die Katalysatorfunktion in ihrer Komplexität von Wirkungszusammenhängen bisher weder volkswirtschaftlich umfassend messbar gemacht werden konnte noch soziologisch detailliert beschrieben wurde. Die klassische Infrastrukturtheorie beschäftigt sich mit Fragen von Planung, Finanzierung und Regulierung sowie mit Auswirkungen von Technologien und spezifischen Maßnahmen auf Räume, Menschen und Systeme wie Verkehr,

¹⁸⁷ North 1993.

¹⁸⁸ Elsberg 2012.

¹⁸⁹ Olson 2004.

Wirtschaft oder Umwelt. Gleichzeitig wird die gesellschaftliche Bedeutung der Interaktion großer Infrastruktursysteme mit dem globalen Ökosystem und den individuellen Vorstellungen von Lebensqualität als polyzentrische Problemstellung zunehmend von Wissenschaft und Politik thematisiert. Obgleich Infrastruktur physisch ortsgebunden ist, sind Funktion, Nutzen und Folgen von Infrastruktursystemen in einer modernen Informationsgesellschaft und arbeitsteilig organisierten Weltwirtschaft räumlich und zeitlich weit über den spezifischen Standort und die jeweilige Institution hinaus von erheblichem Einfluss auf Wohlstand und Lebensumstände.

Drei dieser Infrastrukturdimensionen wurden von Jochimsen aus dem damaligen Idealbild der sich in der Nachkriegszeit entwickelnden Sozialen Marktwirtschaft abgeleitet und ausführlich beschrieben: „In dieser Arbeit wird der Begriff Infrastruktur jedoch auch systematisch auf institutionelle, soziale und personale Aspekte ausgedehnt.“¹⁹⁰

Angesichts der von Jochimsen beschriebenen Genese der drei normativen Infrastrukturdimensionen werden diese im infrakulturellen Kontext zur Gestaltung von Infrastruktursystemen um zwei notwendige Infrastrukturtypen erweitert: einerseits die natürliche Infrastruktur und andererseits die mentale Infrastruktur, die beide im Nicht-Markt-Bereich der Gesellschaft anzusiedeln sind.

In den klassischen drei Infrastruktur-Dimensionen von Jochimsen werden Externalitäten wie Klimafolgen nur am Rande erfasst, sind aber gemäß dem heutigen Stand des Wissens und einem veränderten globalen Bewusstsein bei der Entwicklung von infrakulturellen Maßstäben angemessen zu integrieren. Die *natürliche Infrastruktur* unterstützt als organische Basis für alle Lebensformen die sozialen und ökonomischen Strukturen als ein vielfältig nutzbares Ressourcensystem, die in der Wissenschaft als Eco-System Services bezeichnet werden. Gleichzeitig setzt die natürliche Umwelt für die Beanspruchung durch die Gesellschaft sensible Grenzen in einem komplexen Ökosystem von Lithosphäre, Rohstoffvorkommen und erneuerbaren Commons. Dieses Ökosystem gilt es als inkonsumierbare Plattform¹⁹¹ für Zivilisation zu erhalten. Sein Fortbestand soll wiederum durch geeignete Institutionen für eine nachhaltige Entwicklung durch die Modern Commons sichergestellt werden. „Environmental infrastructure supports an incredible diversity of life (users) and a wide variety of natural processes (uses) that provide incalculable value to human beings.“¹⁹²

Der erweiterte Infrastrukturbegriff für mehrstufige Infrastruktursysteme schließt die nicht klassischen Aspekte der natürlichen und mentalen Infrastruktur ein (s. Abbildung 6), die

¹⁹⁰ Jochimsen 1966: S. 101.

¹⁹¹ Normativ: Nicht zu konsumierendes Ressourcensystem.

¹⁹² Frischmann 2012: S. 243.

lokal vor Ort existieren und gleichzeitig ortsunabhängig als pfadbildende und damit entscheidungsrelevante Dimensionen einer Gesellschaft auf den Prozess von Infrastruktur-Entwicklung per se einwirken. Als solche interagieren sie in hohem Maße mit der klassischen Infrastruktur als intentional gestaltetes Gesamtsystem. Frischmann¹⁹³ benutzt im Englischen den weiten Begriff „Environment“, der durch den semantisch strapazierten deutschen Umweltbegriff aber nur unzureichend erfasst wird, weshalb die „*natürliche Infrastruktur*“ als treffendere Beschreibung gewählt wird.

Die in Abbildung 6 dargestellten fünf Infrastrukturtypen werden für die Entwicklung der Modern Commons komplementär als gleichwertige Dimensionen einer nachhaltigen Infrakultur betrachtet, in deren Rahmen die Analyse sowohl der Belief-Systeme als auch der Interaktion mit dem Ökosystem auf die Infrastruktursysteme der verschiedenen Sektoren übertragen werden kann. Diese ganzheitliche Perspektive und der nachhaltige Anspruch von Infrakultur setzen mit diesen fünf Dimensionen den konzeptionellen Rahmen für die Analyse, Entwicklung und den Betrieb von Infrastruktur-Systemen und damit auch für die Bewertung und Priorisierung von Infrastruktur-Investitionen.

Außerdem wurde ergänzend zur personalen die *mentale Infrastruktur* als eine abstrakte kulturelle Ebene eingeführt. Diese von Welzer beschriebene *mentale Infrastruktur* geht sowohl über den von Jochimsen definierten Umfang als auch über den von Frischmann genutzten kognitiven Begriff einer „*intellectual infrastructure*“¹⁹⁴ hinaus und bezieht bewusste und unbewusste Denk- und Handlungsmuster, Wertesysteme (Belief-Systeme), Utopien, Mythen, Pfadabhängigkeiten und psychologische Phänomene von Gesellschaft ein.

„Mentale Infrastrukturen sind also nicht nur gebunden an soziokulturelle Großformationen wie Lebenslaufregime, sondern werden auch – und vielleicht vor allem – geprägt in Alltagsroutinen, Gewohnheiten, Wahrnehmungs- und Deutungsmustern, die ihrerseits an den materiellen und institutionellen Infrastrukturen der Außenwelt gebildet sind. Diese Infrastrukturen sind in modernen Gesellschaften nicht nur bestimmt von spezifischen Produktions-, sondern auch von Konsumtionsverhältnissen.“¹⁹⁵

Natur und mentale Infrastruktur bilden quasi immanente Leitplanken und damit den Rahmen, in dem bewährte und innovative Infrastrukturmuster ortsunabhängig selbstähnliche Strukturen bilden und sich vor Ort den spezifischen lokalen Gegebenheiten anpassen, seien diese sozial, ökonomisch, ökologisch, politisch, kulturell, Geographisch oder rechtlich. Im Sinne der Nachhaltigkeit stellt sich für Infrastrukturentwicklung die Frage, wie Modern Commons nach den Ereignissen von Tschernobyl (1986) und Fukushima (2011)

¹⁹³ Frischmann 2012: S. 227f.

¹⁹⁴ Frischmann 2012: S. 275.

¹⁹⁵ Welzer 2011: S. 30.

und den UN-Klimakonferenzen von Rio (1992), Kyoto (1997) und Paris (2015) bedarfsgerecht und zukunftssicher gestaltet werden können.

Diese fünf infrakulturellen Dimensionen der Modern-Commons-Systeme sind interdependent und ihr explizites und implizites Zusammenwirken wird als ein *infrakultureller Prozess* der Infrastruktur-Entwicklung in Kapitel 4 konkretisiert. Mithilfe dieser fünf komplementären Aspekte soll die übergreifende Infrastrukturleistung anhand der sechs Kernfunktionen von Infrastruktursystemen konkret analysiert werden. Unter der Prämisse, dass Infrastruktur ein Mittel zum Zweck und nicht der Zweck an sich ist, verdeutlicht die funktionale Gesamtschau stärker als die Analyse von Einzelfunktionen die integrative Wirkungsweise der Elemente und die pfadbildenden Faktoren im infrakulturellen Gesamtsystem.

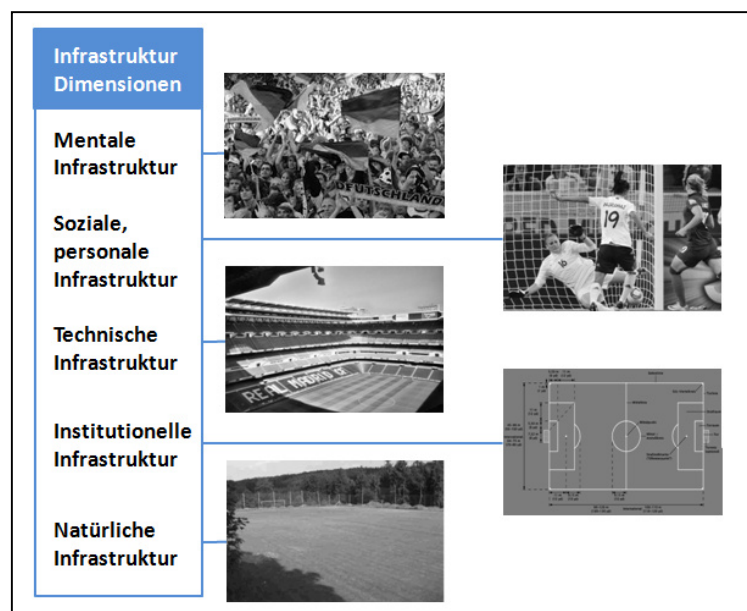


Abbildung 6: Infrastruktur-Dimensionen (Illustration)
Quelle: Eigene Darstellung, Hofmann 2015¹⁹⁶

Die Emergenz eines Infrastruktursystems als Commons mit einer Vielzahl von Akteuren und Funktionen wird in einem infrakulturellen Exkurs am Beispiel Fußball veranschaulicht: *Am Anfang ist es nur eine Wiese, z. B. eine Allmende, auf der Menschen sich treffen und Ball spielen. Für Bewegung und Gemeinschaft treffen sie sich regelmäßig in dieser natürlichen Infrastruktur. Spiel wird zum sportlichen Wettkampf mit vereinbarten Regeln. Bringt ein Spieler den Ball mit dem Fuß oder Kopf über eine gedachte Linie, erzielt die Mannschaft einen Treffer. Das Spiel dauert 90 Minuten. Die Wiese, der Platz, fungiert als ein Ressourcensystem. Tore sind gemeinsam geerntete Ressourceneinheiten. Damit alle Spieler die Regeln besser erkennen, werden Linien und Tore mit Kreide markiert, die Wiese wird zum vermessenen Spielfeld, einer institutionellen Infrastruktur.*

¹⁹⁶ Hofmann 2015: S. 244.

Später werden feste Tore und Eckfahnen errichtet, die anfangs nach dem Spiel wieder entfernt werden. Wird der Bolzplatz regelmäßig genutzt, lohnt es sich, Tore und Eckfahnen fest zu installieren, und ein Sportplatz mit technischer Infrastruktur entsteht. Mannschaften werden gebildet und für die verschiedenen Aufgaben auf dem Spielfeld werden die Besten ausgewählt. Um Streit zwischen den Mannschaften zu vermeiden, übernimmt ein Schiedsrichter die neutrale Rolle, die Einhaltung der Regeln durchzusetzen – ohne personale Infrastruktur kein Spiel. Die Infrastrukturebenen (vgl. Abbildung 6) ergänzen sich und sind voneinander abhängig, interdependent. Eine steigende Nachfrage durch Inanspruchnahme der Infrastruktur „Fußballplatz“ führt zu einem erhöhten Infrastrukturbedarf. Die Spielregeln werden aufgeschrieben, Halbzeitpausen und Ausnahmen wie „Abseits“ und „Elfmeter“ werden vereinbart. Als Folge davon, dass zu den Spielen mehr Zuschauer kommen, werden Bänke aufgestellt. Zum Wohl der Gäste werden Getränke bereitgehalten und Toiletten errichtet. Für Abendspiele wird Flutlicht benötigt und zur Sicherheit ein Zaun. Da dieser technische Ausbau Geld kostet, was die Kommune nicht aufbringt, wird ein Verein gegründet. Sport fördert die Gesundheit, deshalb ist der Verein gemeinnützig. Die Instandhaltung der Vereinsanlage übernehmen Gärtner und Hausmeister. Fußball wird von verschiedenen Vereinen gespielt und zum Leistungsvergleich werden Turniere, Ligen und Meisterschaften auf Kreis-, Regional- und Bundesebene organisiert. Damit die Tore nur nach dem vereinbarten Reglement geerntet werden, werden zwei Linienrichter für die Überwachung der Einhaltung von Regeln benötigt. Neben den Amateuren spielen zunehmend Profis. Jede Mannschaft bekommt im Stadion ihre Kabinen und hat ihre Stars. Ein Pokal und die Champions-League werden eingerichtet, um das Können der Vereine international zu vergleichen und die Bedeutung der Spiele zu erhöhen. Fanclubs bilden sich, um ihre Identifikation mit dem Verein zu kultivieren und Erinnerungen, Leidenschaft und Hoffnungen auf zukünftige Erfolge als mentale Infrastruktur an die nächste Generation weiterzugeben. Die Stadien und Budgets wachsen mit den Erfolgen und induzieren neuen Infrastrukturbedarf für Parkplätze, Zufahrten und öffentlichen Nahverkehr. Aus der Freizeitbeschäftigung ist eine Unterhaltungsindustrie geworden, neue Infrastruktursysteme produzieren komplementäre Ressourceneinheiten. Medien berichten live von Meisterschaften und in den Stadien, die zu modernen Pilgerstätten geworden sind, werden Medienzentren, Fanshops und VIP-Lounges eingerichtet. Ticketverkäufe, Werberechte und Transferzahlungen bringen Millionen für Vereine, Spieler und Manager, ergänzt um Mieteneinnahmen, Sponsoring und Merchandising als weitere Erlösquellen. Der Allmende-Sport Fußball ist zum Milliardengeschäft geworden, Vereine werden in Unternehmen umgewandelt und an Börsen gehandelt. Ausgaben und Aufgaben für Infrastruktur wachsen mit. Je nach Perspektive der Stakeholder können Tore, Spiele, Talente; Fitness, Lizenzen oder Umsätze als entstandene

Ressourceneinheiten verstanden oder als Erträge entnommen werden. Der Anfang war eine Wiese.

North betont die Bedeutung der Interaktion von Institutionen, Technik und Bevölkerung einerseits und die Wichtigkeit der mentalen Dimension und ihrer Anpassungsfähigkeit für das Handeln von Individuen und Gruppen andererseits, was für die Entwicklung von Modern-Commons-Systemen in hohem Grad zutrifft. „Both institutions and belief systems must change for successful reform since it is the mental models of the actors that will shape choices.“¹⁹⁷

North hebt einerseits die Rolle des kulturellen Lernens und der Kommunikation für die Bildung von Werten und Belief-Systemen hervor und andererseits die Bedeutung der kulturellen Kontinuität – damit meint er auch funktionierende Infrastruktursysteme – für die Freiheit und Vielfalt von Handlungsoptionen des Individuums in der Moderne.

“The reason is that as the complexity of the environment increased as human beings became increasingly interdependent, more complex institutional structures were necessary to capture the potential gains from trade. Such evolution requires that the society develop institutions that will permit anonymous, impersonal exchange across time and space.“¹⁹⁸

Umwelt und Ökologie werden von North wie bei Jochimsen zwar am Rande erwähnt, sind jedoch im analytischen Framework von untergeordneter Bedeutung.

2.4.3 Akteure und Transformation von Commons-Systemen

Akteurslandschaften für Modern Commons in Deutschland variieren in den Infrastruktursektoren und innerhalb des Verkehrssektors auch zwischen einzelnen Bundesländern. Die Rollen sind jedoch prinzipiell gültig und in allen Sektoren wiedererkennbar. Aufgrund unterschiedlicher Liberalisierungsgrade und -strategien agieren Telekommunikationsunternehmen oder einzelne Stadtwerke jedoch deutlich stärker vertikal integriert als vergleichbare Netzbetreiber im Energie- oder Verkehrssektor.

Die grundlegenden Funktionen der infrastrukturellen Ressourcensysteme sind quasi als Ressourceneinheiten zu verstehende Systemleistungen, die Individuen und Gruppen für multiple ökonomische, soziale und kulturelle Zwecke zur Verfügung gestellt werden. Dabei übertragen sich wie North darstellt kulturelle und mentale Strukturen und Belief-Systeme der Akteure auf die sozialen, sozioökonomischen und technischen (Infra-)Strukturen bzw. werden von den Akteuren aktiv und latent übertragen.

“Belief structures get transformed into societal and economic structures by institutions – both formal rules and informal norms of behavior. The relationship between mental models and institutions is an intimate one. Mental models are the internal representations that individual cognitive systems create to interpret the environment; institutions are the external (to the mind) mechanisms individuals create to structure and order the environment.“¹⁹⁹

¹⁹⁷ North 1993.

¹⁹⁸ North ebenda.

¹⁹⁹ North 1993.

Im dritten Kapitel folgt eine technisch-soziologische Analyse unterschiedlicher Infrastrukturepochen und ihrer Akteure, anhand derer die Ko-Evolution von Wirtschaft, Gesellschaft und Kultur sowie die Transformation der Infrastruktursysteme illustriert werden. Um die Interaktion der Funktionen zu veranschaulichen, werden in Tabelle 7 Beispiele für nicht technische Infrastruktursysteme wie Bildung und Justiz einbezogen.

„(D)ie gängige Theorie des kollektiven Handelns (hat) die Idee verstärkt, der Staat sei die einzige Alternative zum Markt. Diese Annahme unterstellt, dass freiwillige Selbstorganisation zum Bereitstellung öffentlicher Güter oder zur Verwaltung von Gemeinressourcen höchst unwahrscheinlich ist.“²⁰⁰

Komplementäre Infrastruktur-Dimensionen und Infracfunktion

Funktion/ Infrastruktur	Schützt <i>Protect</i>	Unterstützt <i>Support</i>	Versorgt <i>Provide</i>	Verbindet <i>Connect</i>	Bezieht ein <i>Include</i>	Begrenzt <i>Contain</i>
Mentale Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherheit • Schutzraum 	<ul style="list-style-type: none"> • Werte • Gemeinsinn 	<ul style="list-style-type: none"> • Leistung • Fortschritt 	<ul style="list-style-type: none"> • Freiheit • Solidarität 	<ul style="list-style-type: none"> • Belief System • Zugehörigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerechtigkeit • Pfadabhängig
Soziale, personale, Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Community • Daseinsvorsorge 	<ul style="list-style-type: none"> • Nachbarschaft • Plattform • Zugang 	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeinschaft • Grundversorgung 	<ul style="list-style-type: none"> • Netzwerke • Kommunikat. • Interaktion 	<ul style="list-style-type: none"> • Gesellschaft • Zugangsrecht • „Polis“/Stadt 	<ul style="list-style-type: none"> • Recht/Gericht • Kulturgrenzen • Akzeptanz
Technische Infrastruktur- Systeme	<ul style="list-style-type: none"> • Wohnraum • Phys. Schutz • Zäune • Wehranlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Plattform • Transportnetz • Fahrzeuge • Geräte 	<ul style="list-style-type: none"> • Transport • WWS-Medien • Energienetz 	<ul style="list-style-type: none"> • Telekom., IKT • Fernwirkung • Rundfunk 	<ul style="list-style-type: none"> • Physischer Schutz • Zugangsmedien 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapazität • Standards • Grenzen • Kapital
Institutionelle Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Verteidigung • Gesundheit • Daseinsvorsorge 	<ul style="list-style-type: none"> • Bildung, Wissenstransfer • Rechtssicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> • Daseinsvorsorge • Handel • Eigentum 	<ul style="list-style-type: none"> • Demokratie • Märkte • Wettbewerb • Genossensch. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur • Bildung • Daseinsvorsorge 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulierung • Monopole • Finanzierung • „Urbis“
Natürliche Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Physischer Schutz • Topographie 	<ul style="list-style-type: none"> • Wasser, Luft • Sonne, Wind • Land, Boden 	<ul style="list-style-type: none"> • gl. Commons • Forst- u. Agrarflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Gewässer • Täler, Ebenen • Ressourcen 	<ul style="list-style-type: none"> • Landschaft • Biosphäre • „Habitat“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Topographie • Ökosystem • Ressourcen

Tabelle 7: Komplementäre Infrastruktur-Dimensionen und Infracfunktionen
Quelle: Eigene Darstellung: Hofmann 2015²⁰¹

Am Beispiel der Infrastruktur des öffentlichen Personenverkehrs werden im Folgenden die relevanten Beziehungen und Einflüsse erläutert und die komplexen Entscheidungs- und Finanzierungsprozesse dargestellt. Tabelle 8 zeigt mithilfe der für technische Systeme erweiterten Commons-Variablen²⁰² einen Überblick über die prinzipielle Anwendbarkeit der Governance-Kriterien für Modern Commons unabhängig vom jeweiligen Netztyp oder Sektor. Daraus lässt bzw. lassen sich der Grundsatz der Trennung zwischen Funktion, spezifischer Anwendung und technischer Plattform ableiten, der Nutzen der systemtheoretischen Abstraktion von interdependenten Funktionsebenen belegen und die strukturellen Ähnlichkeiten von sozial-ökologischen Systemen und soziotechnischen Systemen nachweisen.

²⁰⁰ Ostrom 2011: S. 22.

²⁰¹ Hofmann 2015: S. 245.

²⁰² IAD, Tabelle 3.

Inzwischen zeigt sich, dass mit dem methodisch überarbeiteten Bundesverkehrswegeplan 2030²⁰³, mit den Transeuropäischen Netzplanungen der EU (TEN)²⁰⁴ und dem Netzentwicklungsplan 2030²⁰⁵ erste Schritte in Richtung einer integrierten Planung der technischen Infrastruktursysteme gegangen wurden (Tabelle 8, s. GS 6 u. 7).

Konvergenz mit Kommunikations- und Energiestrukturen ist für den Mobilitätssektor kein Phänomen der Moderne. Auch im vortechnischen Zeitalter war sowohl die strategisch betriebene Errichtung von Straßen, Brücken und Hafenanlagen als auch die ökonomisch getriebene Ko-Evolution von technischen Infrastrukturen und Fahrzeugen stets mit dem Aufbau von Nachrichtensystemen (auf dem jeweiligen Stand der Technik) sowie antriebsspezifischer Energieversorgung verbunden.²⁰⁶ Fouquet veranschaulicht am Beispiel Großbritanniens, wie die intermodale Verlagerung der Transporte vom Pferderücken auf Fuhrwerke, Frachtschiffe, Fernstraßen und Schienennetze als eine Folge der ökonomischen Effekte von technischen Innovationen, Energieverfügbarkeit, leistungsfähigen Infrastrukturnetzen und stabilen Institutionen (Sicherheit, Zölle etc.) zu bewerten ist. Er zeigt auf, dass die monopolartigen Flächenstrukturen der Infrastrukturnetze für die Netzbetreiber einen hohen ökonomischen Wert darstellen, solange deren Alleinstellung und Funktion nicht durch andere Plattformen substituiert werden.²⁰⁷

Räumliche Agglomeration, technische Innovationen sowie Institutionen und die wirtschaftliche Entwicklung beschleunigen die physische, technische und administrative Konvergenz der voneinander abhängigen Infrastruktursysteme, was nahelegt, sie als interagierende adaptive Systeme zu planen und zu betreiben. Ein integrierter systemischer Ansatz verbessert die Voraussetzungen dafür, den zukünftig steigenden Systemanforderungen mit knappen zur Verfügung stehenden Finanzmitteln effizient gerecht zu werden und negative Klima- und Umweltfolgen effektiv zu reduzieren. Die Komplexität und Vielzahl der Einflüsse und Entwicklungsmöglichkeiten von komplex-adaptiven Infrastruktursystemen machen die Folgenabschätzung für ein einzelnes Individuum oft nicht möglich, daher sind ein kollektiver Rahmen und Transparenz zur Definition möglicher Folgen notwendig, um der gesellschaftlichen Verantwortung zu entsprechen.

²⁰³ BMVI 2016.

²⁰⁴ Wolf, 2012 EU TEN 2011.

²⁰⁵ NEP 2030, Bundesnetzagentur 2016.

²⁰⁶ Fouquet 2008: S. 139.

²⁰⁷ Fouquet 2008: S. 187.

Governance-Variablen (der 2. Ebene)	Infrastruktur-Sektor (Exemplarische Werte)						
Infra-Strukturnetze (Sozial-ökologische Systeme)	S: Soziale, ökonomische und politische Rahmenbedingungen						
nach Elinor Ostrom (2012) <i>(Kursiv: spez. Ergänzungen durch Autor)</i>	Transport / Verkehrssysteme			Energiesysteme		IKT Systeme	
Ressourcensystem (RS)	Straße	Schiene	Wasserwege	Elektrizität	Andere	Telekommun. Festn./Mobil	Breitband "Kabelnetze"
RS 1. Sektor (z.B. Wasser, Wald etc.)	gering	ja, technisch	gering	ja, technisch	ja	ja, technisch	ja, technisch
RS 2. Klare Systemgrenzen (ausschließba)	Netz km	Netz km	km schiffbar	Netz km	spezifisch	Netz km	spezifisch
RS 3. Größe des RS	PV/GV +++	PV ++ / GV +	GV ++	>99%	spezifisch	> 99%	> 60%
RS 3.1 Reichweite (Abdeckung: Soll/Ist)	ja	ja	teilweise	ja	ja	ja	ja
RS 4. Anthropogene Strukturen	Pkm/Tkm	Pkm/Tkm	Pkm/Tkm	KW	KW	MB/GB/TB	MB/GB/TB
RS 5. Produktivität des RS	Raum/Zeit sp.	Raum/Zeit sp.	Raum/Zeit sp.	Raum/Zeit sp.	spezifisch	Raum/Zeit sp.	Asymmetrisch
RS 6. Ökon. Gleichgewicht (Ang./Nachfr.)	mittel	hoch	mittel	hoch	spezifisch	hoch	mittel
RS 7. Vorhersagbarkeit der Systemdynamik	nein	nein	nein	gering	teilweise	kurzfristig	teilweise
RS 8. Speicherfähigkeit (RE)	<i>Parken</i>	<i>Abstellen</i>	<i>Hafen</i>	<i>Speicher</i>	<i>Speicher</i>	<i>Datenspeicher</i>	<i>Datenspeicher</i>
RS 8.1 Ruhezustände im System	Flächensystem	Flächensystem	Flächensystem	Flächensystem	Flächensystem	Flächensystem	Flächensystem
RS 9. Räumliche Situation/Lage							
Ressourcen Einheiten (RE)							
RE 1. Mobilität der RE	Ortsgebunden	Ortsgebunden	Ortsgebunden	Ortsgebunden	Ortsgebunden	Ortsgebunden	Ortsgebunden
RE 2. Erneuerungsrate (Abnutzung)	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ
RE 3. Interaktion der RE (Interdependenz)	gering	mittel	gering	hoch	spezifisch	spezifisch	spezifisch
RE 4. Ökonomischer Wert	spezifisch	spezifisch	spezifisch	spezifisch	spezifisch	spezifisch	spezifisch
RS 4.1 Preissystem für RE Entnahme	<i>frei/Maut</i>	<i>TPS/APS</i>	<i>frei/Anlagen</i>	<i>Durchleitung</i>	<i>Durchleitung</i>	<i>Mengen/Zeit</i>	<i>Mengen/Zeit</i>
RS 5. Menge der RE	Kapazitätsabh.	Kapazitätsabh.	Kapazitätsabh.	Kapazitätsabh.	Kapazitätsabh.	Kapazitätsabh.	Kapazitätsabh.
RS 6. Bestimmte Merkmale der RE	Dimension	Zeitlage	Wasserstand	Spannung	spezifisch	Formate	spezifisch
RS 7. Räumliche/zeitliche Verfügbarkeit	7/24 Std.	7/24 Std.	spezifisch	7/24 Std.	spezifisch	7/24 Std.	spezifisch
Handlungssituationen: Interaktion (I)							
I 1. "Ernten" (Entnahme/Nutzung)	chaotisch	organisiert	chaotisch	organisiert	spezifisch	organisiert	spezifisch
I 2. Informationen austauschen	individuell	zentral	organisiert	zentral	spezifisch	spezifisch	spezifisch
I 3. Beratungs-Prozesse	individuell	organisiert	organisiert	organisiert	spezifisch	organisiert	spezifisch
I 4. Konflikte (Entnahme n. Errichtung)	Stau/Störung	Stau/Störung	Unfall/Störung	Störung	Störung	Voll/Störung	Störung
I 5. Investition Aktivitäten (Erhaltung)	Staat (ÖP Betr.)	Staat (Betr.)	Staat	Betr. (Staat)	Betr. (Staat)	Betr. (Staat)	Staat (Betr.)
I 6. Lobbying Aktivitäten	hoch	hoch	mittel	hoch	spezifisch	hoch	spezifisch
I 7. Selbst-Organisations Aktivitäten	gering	mittel	gering	mittel	spezifisch	hoch	spezifisch
I 8. Networking (Netzbetreiber)	gering	mittel	gering	hoch	spezifisch	hoch	spezifisch
I 9. Monitoring	gering	mittel	mittel	mittel	spezifisch	hoch	hoch
I 10. Evaluierungs Aktivitäten	sporadisch	spezifisch	spezifisch	spezifisch	spezifisch	spezifisch	spezifisch
Governance-System (GS)							
GS 1. Regierungs Organisationen	Eigentümer	Eigentümer	Eigentümer	ehem. Eigner	spezifisch	z.T. eh. Eigner	-
GS 2. Nicht-Regierungs Organisationen	Zweckgesells.	Betreiber	Betreiber	Betreiber	Betreiber	Betreiber	Betreiber
GS 3. Netzwerk Struktur	polyzentrisch	polyzentrisch	tw. vernetzt	polyzentrisch	spezifisch	polyzentrisch	tw. vernetzt
GS 4. System der Eigentumsrechte	öffentlich	regulierter M.	öffentlich	regulierter M.	spezifisch	regulierter M.	regulierter M.
GS 4.1 Finanzierung Investition (Errichtung)	Haushalt/PPP	Haushalt	Haushalt	Private	spezifisch	Private	Private/Bund
GS 4.2 Wettbewerb Zugangsrechte	phy. Monopol	Diskrim. frei	phy. Monopol	Diskrim. frei	spezifisch	Netzebene	Netzebene
GS 5. Operative Regelwerke: Betrieb, Unt	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden
GS 6. "Collective Choice" Beteiligung	BVWP/Raumlpl	BVWP/Raumlpl	BVWP/Raumlpl	NEP/Raumlpl.	spezifisch	Lizenzen	unbekannt
GS 7. Verfassungs-Regeln (RS)	BVWP - Haushalt, spez. Gesetze	BVWP - Haushalt, spez. Gesetze	BVWP - Haushalt, spez. Gesetze	NEP spez. §	spezifisch	spezifische §	spezifische §
GS 7.1 Rahmenpläne, Anreize, Lenkung	TEN, nationale Gesetze			TEN, Netzausbaugesetz		spezifische Gesetze	
GS 8. Monitoring und Sanktionen	BNetzA	BNetzA	BNetzA	BNetzA	spezifisch	BNetzA	BNetzA
Akteure (A)							
A 1. Anzahl Akteure (Errichtung)	Hoch	Hoch	Mittel	Hoch	Mittel	Hoch	Mittel
A 2. Soziökonomischer Merkmale der A	Gehoben	Gehoben	Gehoben	Gehoben	Gehoben	Gehoben	Gehoben
A 2.1 Institutionelle Struktur der A	Bund/Länder	Bund/Untern.	Bund/Länder	Bund/Länder	spezifisch	Untern./Bund	Untern./Land
A 3. Nutzungsgeschichte der A	Sehr lang	Untern. 20 J.	Sehr lang	Sehr lang	spezifisch	Mobil < 25 J.	< 25 J.
A 4. Räumliche Verteilung/Lage	Bundesweit	Bundesweit	Bundesweit	Bundesweit	spezifisch	Bundesweit	Lokal/regional
A 5. Führungsstruktur/Unternehmenschaft	Behörden	Behör./Untern.	Behörden	Untern./Behör.	Untern./Behör.	Untern./Behör.	Untern./Behör.
A 6. Normen (reziprokes Vertrauen) Sozialkapital							
A 6.1 Akzeptanz Anwohner/Bevölkerung	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Hoch	spezifisch	Hoch	mittel
A 7. Wissen über SES, mentale Modelle	Abnehmend gering	Gering	Hoch	Abnehmend	spezifisch	Gut (EMV)	Gut
A 8. Bedeutung Ressource (Abhängigkeit)	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	Sehr hoch	hoch	Sehr hoch	hoch
A 9. Gen. Technologie (Innovationsgrad)	Tiefbau	Bahntechnik	Wasserbau	Elektrotech.	Elektrotech.	IKT Technik	IKT Technik
Ergebnisse/Outcome (E)							
E 1. Soziale Leistungsindikatoren (z.B. Effizienz, Fairness, Nachhaltigkeit)	Für diese Gesamtdarstellung nicht relevant						
E 2. Ökologische Leistungsindikatoren (z.B. Übernutzung, Resilienz, Biodiversität, Nachhaltigkeit)	Für diese Gesamtdarstellung nicht relevant						
E 3. Externalitäten, Wirkungen auf SES	Für diese Gesamtdarstellung nicht relevant						

Tabelle 8: IAD-Dimensionen für Modern Commons (exemplarische Hinterlegung)
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Ostrom 2012

2.5 SES-Commons im Vergleich mit technischen Infrastruktursystemen (STS)

Der kollektive Charakter von Infrastrukturnetzen und der diskriminierungsfreie Zugang zu diesen mehrstufigen Einrichtungen machen diese zu einem gesellschaftlichen Ressourcensystem mit ausgeprägten Gemeingut-Eigenschaften, die umfassend als *Modern-Commons-Systeme* beschrieben werden können. Dennoch bestehen bei Infrastruktursystemen wie ausgeführt auch deutliche Unterschiede zu den von Ostrom untersuchten Commons in sozialökologischen Ressourcensystemen, die weitgehend lokale und natürlich erneuerbare Ressourcensysteme beinhalten:

- Die Errichtung und der Ausbau von Infrastruktursystemen sind intentionelle Allokations-Entscheidungen als Folge einer kollektiven interessengeleiteten Abwägung von Kosten und Nutzen mittels Investitionen und einer gesellschaftlichen Legitimation. Bei natürlichen SES ist demgegenüber nur die Ressourcenentnahme oder eine Systemveränderung (Anpassung, Klimawandel) Gegenstand des Commons-Reglements.
- Die mehrstufigen technischen Systeme bilden in Ermangelung substituierender Technologien häufig „natürliche“ Monopole, welche physischen Engpässen unterliegen und durch eine hohe und lange Investitionsbindung, die räumliche Verfügbarkeit der Trassen und regulatorische Rahmen gefestigt werden. Technische Systeme wachsen nicht und sie erneuern sich nicht organisch. Kulturelles Wissen, Arbeit und Investitionen sind für Aufbau und Erhalt eines infrakulturellen Kapitalstocks unabdingbar.
- Die erzeugten Ressourceneinheiten der Netzinfrastrukturen werden zeitlich und räumlich gebunden produziert und sind nicht speicherbar. Daten, Waren und Kapital können über lange Zeiträume gelagert werden. Eine Trasse, Verbindung oder Transportkapazität, die nicht genutzt wird, verfällt. Das Geschäftssystem des Netzbetreibers wird daher ökonomisch an der Optimierung von produzierter Kapazität und planbarer Nachfrage ausgelegt sein. Die Interessen des Eigentümers oder der Gesellschaft können jedoch einer anderen sozialen, strategischen oder ökologischen Optimierung den Vorzug geben.
- Technische Netze unterliegen einem Verfall durch nutzungs- oder witterungsbedingten Verschleiß, der intermodal nach Nutzungsmuster und Art der Infrastruktur stark variiert.

Ein schwerer Güterzug belastet eine Weiche stärker als ein Datenpaket einen Router im Breibandnetz, der Lastwagen beansprucht die Fahrbahn stärker als ein Fahrrad. Durch die physische Einbettung in die geographische Umgebung interagiert die Infrastruktur darüber hinaus mit der natürlichen Umwelt und den Global Commons. Ein Unwetter oder Erdbeben kann ein offenes Infrastruktursystem ebenso angreifen, wie Feuer oder Hacker kritische Infrastrukturfunktionen gefährden.

Commons-Systeme/ Lebenszyklusphase	Sozialökologische Ressourcensysteme	Soziotechnische Ressourcensysteme	Unterschiede
1. Bedarfe/ Nutzergruppen	Räumlich oder sozial eingrenz- bare Gruppe, Dritte oder Export	Tlw. anonyme Nutzung möglich, tlw. bekannte Netznutzer, Anonyme Nutznießer	<i>Komplexe Stakeholder und Akteurs Strukturen</i>
2. Planung, Rechtsrahmen	Naturschutz (FFH), Forst- und Agrarrecht, Ent- nahme-, Leserechte	Raumordnung, Planungsprozess, Normen,	<i>Akteurs-Beteiligung an Raumordnungsprozess</i>
3. Errichtung/ Entstehung	Natürliches Wachstum	Anthropog: Menschliche Arbeit und Sachkapital	<i>Allokationsproblematik, Raummonopol, Lock-in, Bei- tragsproblematik</i>
4. Nutzung	„Commons Regeln“, teil- weise Einhegung oder rechtliche Einschränkung, z.B. Naturschutzgebiete	Ausschlussverzicht für Netzzugang, Diskriminie- rungsfreie Preisgestaltung für Ressourceneinheiten	<i>Entnahmeproblematik: Über-/Unterentnahme, so- wohl Kapazitäten als auch Finanzierung → Pflege</i>
5. Instandhaltung/ Pflege	Natürliche Regeneration, Düngung	Instandhaltung durch Ar- beit und Kapital	<i>Beitragsproblematik, Principal-Agent-Problem</i>
6. Anpassung	Natürlicher Wandel oder anthropogener Eingriff (Versiegelung, Fluss-Befes- tigung)	Anthropogen durch Arbeit und Kapital (Lärmschutz, Überformung)	<i>Mitsprache der Anwohner</i>
7. Rückbau/ Entsorgung	Naturkreislauf oder anth- ropogener Eingriff (Feuer, Rodung, Über-nutzung; Überformung)	Zerfall, geplanter Rückbau oder Umwidmung/ Flä- chen-Renaturierung	<i>tlw. Akteurs-Beteiligung, fallweise staatliche Verant- wortung für Risiken</i>

Tabelle 9: Unterschiede von Commons-Ressourcensystemen
Quelle: Eigene Darstellung (vgl. Abbildung 10)

Deshalb erfordert jedes technische Ressourcensystem – ob Commons oder nicht – regelmäßige Überwachung und Unterhalt, um seinen Bestand und damit die Leistungsfähigkeit seiner gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung angemessen zu sichern.

Die in Tabelle 9 beschriebenen Unterschiede und neuralgischen Punkte sind systematisch bedingt und führen zu grundlegenden infrakulturellen Dilemmata für die Gemeingüter der Moderne, die im Hinblick sowohl auf die System-Errichtung als auch auf den System-Betrieb berücksichtigt werden müssen. Als solche weisen Infrastruktursysteme demnach einen engen Bezug zu der Regelung von Verfügungsrechten in CPR-Systemen auf, die Helfrich beschreibt: „Property rights are bundles of rights to access, extract, manage, exclude, and sell, in various combinations.“²⁰⁸

²⁰⁸ Helfrich 2009: S. 7.

Diese können in Hinblick auf sich wiederholende Entscheidungssituationen und Institutionen für Infrastrukturakteure, -betreiber und -nutzer anhand von sechs Dilemmata für Modern-Commons-Systeme wie folgt ergänzt und beschrieben werden:

- Asynchronität und zunehmende Anonymität,
- Asymmetrie von Nutzen und Infrastrukturschatten,²⁰⁹
- Alterung und latente Aversität gegen Innovation,
- Allokations-Optionen der Ressourcen und Ausschluss,
- Alienation von Systemfolgen und öffentliche Alimentierung sowie
- Anpassung des Ressourcensystems und Akzeptanz der Folgen.

In der Realität besitzt jeder Commons-Typ heterogene Dilemmata, die unterschiedlich bewältigt werden oder zu Spill-over-Effekten führen können. Die Dilemma-Strukturen verändern sich dem Commons-Typ entsprechend und sind in Tabelle 10 in einer Synopse schematisch gegenübergestellt. Infrastruktursysteme entstehen durch intentionales, an die spezifischen Geographischen, kulturellen, ökonomischen und ökologischen Rahmenbedingungen angepasstes Handeln, wobei sie sich emergent ausbreiten, was eine horizontale und fraktale Entwicklung von Modern-Commons-Systemen fördert.

Die Konsistenz von Verhaltensweisen, mit denen Menschen auf Innovationen und Veränderungen reagieren, ist eine Frage des spezifischen Kontextes. Wie Menschen Technologie und Infrastruktursysteme empfinden, bewerten und konkret nutzen, wird durch den sozialen und argumentativen Zusammenhang bestimmt, in dem sie sich bewegen. *De facto* ist Verhalten gegenüber Technik nicht nur eine ökonomische Rationalität, sondern stellt immer eine kulturelle Funktion dar. Die Euphorie, mit welcher Innovationen wie *iPhone*, *Skype* oder *Facebook*²¹⁰ von Nutzern angenommen werden, kann ebenso wie eine zunehmende Ablehnung von Großprojekten im Verkehrs- und Energiesektor in diesem Zusammenhang als soziokulturelle Rezeption eingeordnet werden.

²⁰⁹ Infrastrukturschatten beschreibt Nachteile, die mit technischen Infrastrukturen entstehen (Emissionen, Lärm etc.).

²¹⁰ Renn 1993 : S. 68.

Dilemmastruktur unterschiedlicher Commons-Typen

Commons-Typ/ Dilemmata	Modern Commons	Global Commons	Social Commons	Cultural Commons	Digital Commons
1. Asynchronität der Ereignisse	trifft zu - langer Nutzungszyklus	trifft zu Naturereignisse	/	/	
2. Asymmetrie der Nutzen (System)	trifft zu Nutzen - Lasten	trifft zu Klimawandel	/	trifft zu ortsabhängig	trifft zu Netzwerke global
3. Aversität gegen Innovationen	trifft zu hoher Lock in	/	trifft zu Habitualisierung	/	/
4. Allokation der Ressourcen /Finanz.	trifft zu polit. Prozess	/	trifft zu Knappheit	trifft zu Förderung	trifft zu Reichweite
5. Alienation von Systemfolgen	trifft zu Makro- Mikro-Ebene	trifft zu Zukunftsrisiken	/	trifft zu Individualisierung	trifft zu Haftungsrisiko
6. Akzeptanz Anpassung des Ressourcensystems	trifft zu polit. Prozess	/	trifft zu Diversität	trifft zu Diversität	trifft zu Open Source

Tabelle 10: Dilemma-Struktur unterschiedlicher Commons-Typen

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Commons-Typologie Helfrich 2009: S. 11

Obwohl Ordnung und Kompatibilität durch eine übergeordnete Instanz effektiver sichergestellt werden könnten, bilden sich für Infrastruktur dezentral selbstähnliche Systeme, die transurban – im Nachhinein meist nur mit hohem technischem Aufwand – verbunden werden können. Allokationsfragen, Ausgestaltung von möglichen Optionen und der Zugang zu einer Infrastruktur können im Sinne der Effektivität eines Systems durchaus in einem konsensualen Entscheidungsprozess dezentral geregelt werden, während betrieblich-technische Fragen gemäß betriebsrelevanten Vorgaben von Experten effizienter beantwortet werden können.

Für den Umgang mit den für Modern-Commons aufgezeigten Dilemmata bedarf es einer Governance, die den jeweiligen Infrastrukturtyp und seiner funktionsspezifischen Erfordernisse berücksichtigt, zukünftige Anforderungen für das System unter Berücksichtigung der Nachfrage in relevanten Dimensionen analysiert, die ökonomischen, sozialen und ökologischen Systemfolgen hinsichtlich der Nachhaltigkeit systematisch erfasst und bewertet und gemäß der spezifischen Situation vor Ort prozessual einen geeigneten Rahmen und sinnvolle Kriterien zur Überwindung potenzieller Interessenskonflikte bietet. Schwerpunkt einer Governance für Modern-Commons-Systeme muss es sein, die Perspektiven der Akteure, der Systeme und der Umwelt ganzheitlich zu verstehen und die kurzfristigen und legitimen lokalen Interessen durch ein transparentes Vorgehen mit den Stakeholdern mit den „übergeordneten“ Interessen und Zielen einer nachhaltigen Entwicklung für die Gesellschaft und ihre Infrastruktursysteme insgesamt in Einklang zu bringen. Diese Dilemmata werden im Folgenden anhand konkreter Anwendungsfälle erläutert.

2.5.1 Asynchronität und zunehmende Anonymität

Die extrem langen Zeiträume, die bei der Infrastruktur-Entwicklung für Planung, Betrieb und Abwicklung zu berücksichtigen sind, führen zu einer Asynchronität in den Planungshorizonten. Außerdem verlieren die beteiligten Akteure mit zunehmender Systemgröße die verbindlichen Beziehungen und bleiben einander gegenüber anonym. Gelten für betriebswirtschaftliche und wahlpolitische Überlegungen kurze Perioden, laufen soziale und ökologische Veränderungsprozesse sowie deren finanzielle Langzeitwirkungen oft außerhalb der planungstechnischen Betrachtungszeiträume ab. Die Fähigkeit und Neigung von Gremien, langfristig Verantwortung für Entscheidungen zu übernehmen, deren Folgen über den persönlichen Lebensplanungshorizont der Beteiligten hinausreichen, variiert gerade bei nicht vollständigen Informationen und abhängig von der Integrität der handelnden Personen, gemeinsamen Wertvorstellungen und Rückkopplungsmechanismen. Die ökonomische Betrachtungsweise, die zukünftige Risiken monetarisiert und entsprechende Kosten diskontiert, trägt dem Aspekt der Nachhaltigkeit nicht genügend Rechnung und führt zusätzlich zu einer wirtschaftlichen Asynchronität. Neben dem langfristigen Lock-in des gebundenen Kapitals verstärkt dieses Phänomen auch die Problematik des „Moral Hazard“ und eines „Hold-up“ über die sehr großen Zeiträume. Natürliche Ressourcensysteme der Commons sind ebenfalls extrem langlebig, besitzen aber von Natur aus die Fähigkeit, sich selbst und die durch sie produzierten Ressourceneinheiten – in gegebenen Grenzen – periodisch zu regenerieren. Die Überwindung der Asynchronität in Bezug auf die extrem langfristigen Entscheidungen und Wirkungszeiträume im Zusammenhang mit sozialen und ökologischen Folgen der Infrastruktur-Entwicklungen bedarf dauerhafter Institutionen, die durch staatliche Beteiligung oder Überwachung und eine Verankerung in der Zivilgesellschaft geschaffen werden können.

Hinzu kommt bei technischen Systemen eine zunehmende Anonymität der Akteure untereinander, wohingegen in natürlichen Allmende-Systemen Alltagsbeziehungen und sozialen Rückkopplungsmechanismen eine wichtige regelverstärkende Bedeutung zukommt. Die räumliche Gliederung der mehrstufigen Infrastrukturnetze bedingt, dass die handelnden Personen sich untereinander nicht mehr persönlich kennen, die sozialen Bezüge durch institutionelle Rollen ersetzt werden, und Beteiligungsprozesse in der Planungsphase von anderen Personen durchgeführt werden als der spätere Bau oder Betrieb des Infrastruktursystems. Auch darin unterscheiden sich natürliche und anthropogene Ressourcensysteme von den großen technischen Infrastrukturnetzen, die ihren Nutzen gerade durch eine Flächenfunktion erlangen und mehren. Auch wenn staatliche Nähe oder Anerkennung das Vertrauen in einen Betreiber stärken können, bieten Subsidiarität und dezentrale Netzstrukturen persönlichere Kommunikationsstrukturen und direktere Mechanismen in Bezug auf Identifikation, Transparenz, Vertrauen und

Rechenschaft gegenüber Anwohnern und Nutzern, wie es Ostrom anhand der untersuchten Lösungsprinzipien verschiedener lokaler Akteurs-Gruppen belegt. Zunehmende Anonymität erhöht das Risiko mangelnder Rechenschaftspflichten und Rückkopplung mit der Community im Sinne von „Accountability“.

2.5.2 Asymmetrie von Nutzen und Schatten

Modern-Commons-Systeme schaffen eine dauerhafte Raumwirkung. Im Normalfall folgen Infrastrukturnetze der wirtschaftlichen und demographischen Dynamik einer Bevölkerung und fördern diese in einem definierten Raum. Ein räumliches Auseinanderfallen des Nutzens von mehrstufigen Infrastrukturnetzen und der damit verbundenen Lasten führt zu einer sozialen Asymmetrie in der Ressourcenallokation und der Allokation des Infrastrukturschattens sowohl im regionalen als auch im globalen Maßstab, wie Graham es für technische Infrastruktursysteme in Indien beschrieben hat.²¹¹ Als *Infrastrukturschatten* können einerseits unzureichende räumliche Zugangsbedingungen zum System wie große Entfernungen (Raumwiderstand für öffentlichen Personen-Nahverkehr) oder eingeschränkte Leistungsfähigkeit (z. B. Breibandausbau) und andererseits mittelbare Effekte außerhalb des ökonomischen Systems, die als Externalitäten bezeichnet werden, beschrieben werden. Für die Nutzer einer Infrastruktur sind Lasten in gewissem Grad hinnehmbar. Nutznießer und Anwohner, als Betroffene einer Infrastrukturmaßnahme z. T. überproportional betroffen, stehen diesen Nebenwirkungen zunehmend kritisch gegenüber²¹². Diese Asymmetrie der Lastenverteilung ist eine Ursache für das NIMBY-Syndrom²¹³, das mit Blick auf Akzeptanz näher beschrieben wird.

Diese Asymmetrie wird durch die physische Monopolstellung der jeweiligen Infrastrukturnetze verstärkt. Eine spezifische regionale und wirtschaftliche Asymmetrie kann durch gezielte Infrastruktur-Entwicklung bzw. unterlassene Investitionen verstärkt werden. So sind beispielsweise Kommunen ohne Breitband-Netze oder ICE-Bahnhof im Standortwettbewerb um Unternehmen und Einwohner weniger attraktiv. Doch Infrastrukturmaßnahmen allein, ohne einen geeigneten wirtschaftlichen und infrakulturellen Kontext, stellen keine hinreichende Voraussetzung dafür dar, ökonomische oder soziale Asymmetrie zu überwinden, wie die infrastrukturellen Investitionsprogramme des Aufbaus Ost und zahlreiche Entwicklungsprojekte²¹⁴ veranschaulicht haben.

²¹¹ Graham, Marvin 2001.

²¹² z. B. Verkehrslärm, Vibrationen, elektrische Strahlung

²¹³ Not in my backyard – „St. Florians-Prinzip“

²¹⁴ Jochimsen 1966.

2.5.3 Systemalterung und latente Aversität gegen Innovation

Statt revolvierender Regeneration charakterisiert eine in der Sache immanente Degeneration von Modern Commons. Infrastruktursysteme sind kostenintensiv, langlebig und altern, was im Vergleich zu natürlich nachwachsenden Ressourcensystemen einen Nachteil und gravierenden Systemunterschied darstellt. Deshalb sind für Modern-Commons-Systeme andere institutionelle Arrangements als für Ökosysteme erforderlich. Bei einer dörflichen Weide war der kollektive Arbeitseinsatz am jährlichen Allmende-Tag ausreichend, um unerwünschte Auswirkungen von Wild, Winter und Wetter zu beseitigen.²¹⁵ Technische Infrastrukturnetze dagegen erfordern regelmäßige Zustandsüberwachung, zuverlässige Wartung und systematische Erneuerung abgängiger Anlagen, wie sie in Norm ISO 55.000 für Asset-Management beschrieben sind. Da Instandhaltungsarbeiten in Flächennetzen aufwendig und teuer sind und bei Verkehrsinfrastruktur die erzielten System-Mehreinnahmen aus dem laufenden Betrieb deutlich übersteigen können, tendieren Netzbetreiber dazu, größere Investitionen erst im Fall der Obsoleszenz vorzunehmen. Auch wenn Netzerlöse bei Energieversorgern und Telekommunikationsbetreibern kostendeckend sein können, waren Netzbetreiber in beiden Sektoren in der Vergangenheit wenig innovativ. Die Entwicklungen des Wettbewerbs und der Technologie haben seit 2000 zu einer technischen Innovationsdynamik geführt, mit z. T. erheblichen Auswirkungen auf Netzstrukturen, die im Verkehrssektor noch anstehen (z. B. Mobilfunk, Breitband, Digitalisierung, Smart-Metering, intelligente Stromnetze). Während die Endgeräte der Telekommunikation und Energieverbraucher kurzen Innovationszyklen unterliegen, ist der technische und finanzielle Lock-in für flächendeckende Infrastrukturnetze sehr hoch und führt zu schrittweisen, meist konservativen Veränderungen. Zudem wirkt die systemimmanente hohe Pfadabhängigkeit von Infrastruktursystemen innovationshemmend, was zu einer latenten Aversität gegen Innovationen führt, die durch eine oligopolistische Lieferantenstruktur verstärkt wird, welche wiederum von geringer Wettbewerbsintensität, niedrigen Stückzahlen, konservativem Investitionsverhalten, staatlicher Regulierung und technischem Protektionismus geprägt ist, die dazu beitragen, dass die klassische Innovationstheorie von Technology Push und Market Pull bei Infrastrukturnetzen kaum anwendbar ist, was von Etkowitz²¹⁶ und bei McKinsey als Missstand der Infrastruktursysteme treffend beschrieben wird.²¹⁷

Technische Innovation am Beispiel der Frequenzspektren, ebenfalls Teil der Commons, erhöhen nach Helfrich die Effizienz und schaffen neue Anwendungsmöglichkeiten, die

²¹⁵ Becker, B. 1868.

²¹⁶ Etkowitz 2000.

²¹⁷ McKinsey Quaterly 2005/3.

aber durch ein gewinnmaximierendes und innovationshemmendes Verhalten der Netz- und Dienste-Betreiber künstlich eingeschränkt werden können:

“Technology opens up new dimensions in the development of the commons, just as it can contribute to their scarcity. Whatever was previously becoming scarce – such as the availability of electromagnetic spectrum – can now be made more plentiful through digitalisation. An open spectrum platform is now possible. But on the other hand, the business owners of new technologies frequently seek to create artificial scarcity for software and content that could otherwise be made available to all without their quality being compromised. Just as land was earlier enclosed by barbed wire and fences, copy protection mechanisms attempt to erect new barriers around knowledge, ideas and culture today.”²¹⁸

Durch die Langfristigkeit der Kapitalbindung und der Lebenszyklen von Infrastrukturplattformen ist eine modulare und flexible Technik zu wählen, die zukunftsfähig aktualisiert werden kann. Die physische Plattform – Straßen-, Schienen-, Glasfaser- oder Energienetz – bleibt räumlich und funktional erhalten, die genutzten Technologien und Komponenten werden aus Gründen der Effizienz und Zuverlässigkeit im Laufe der Zeit wechseln. Für Modern-Commons-Systeme gibt es nicht mehr *eine* richtige Technik, sondern laufend neue System-Komponenten, was in eine Innovationsstrategie der „Technik-Agnostik“²¹⁹ als zukunftsoffenes, flexibles Anpassungskonzept münden kann. Infrafunktionen werden mit verfügbarer Technologie bedarfsgerecht erfüllt, bis eine noch effizientere Lösung auf Basis einer Nachfolgetechnik die gestiegenen Kundenanforderungen besser befriedigen kann. Mit der Entwicklung offener Standards für Telekommunikationsnetze – IP-Netze, LTE und 5G –, Softwarelösungen – Linux, Ubuntu u. a. – und industrieller Betriebssysteme – Open ETCS, IoE – stehen auch Infrastrukturbetreibern alternative und preiswerte Technologien zur Verfügung, die Effizienzsteigerungen und Skaleneffekte aus anderen Sektoren in die geschlossene Welt besonders der Verkehrs-Infrastrukturen übertragbar machen und sowohl wirtschaftliche als auch technische Netzsynergien durch Bündelung und Digitalisierung ermöglichen.

2.5.4 Effiziente Allokation von Ressourcen und Ausschluss

Bei Allokationsentscheidungen für Investitionen in mehrstufige Infrastruktursysteme sollen drei wiederkehrende Dilemmata zur Diskussion gestellt werden:

- Pareto-effiziente Wert-Allokation,
- Berücksichtigung von Opportunitäten,
- Allokation und Dimensionierung der Infrastrukturfolgen.

Allokation: Interessen von Betreibern, Bund, Bundesländern, Kommunen und Anwohnern können bei der Frage divergieren, wo und wie viel in Infrastruktur eines bestimmten Typs investiert werden soll, wie die zunehmenden Diskussionen über Bahn- und

²¹⁸ Helfrich 28.10.2010: S. 31.

²¹⁹ Obermann 2013.

Stromtrassen, aber auch Straßen und Breitbandnetze belegen. Unternehmen verfolgen eine wirtschaftliche Optimierung ihrer Netzplattformen, die nicht immer mit einem volkswirtschaftlichen Optimum oder den Prioritäten von privaten oder kommerziellen Netznutzern übereinstimmen. In der Vergangenheit folgte öffentlicher Netzausbau einem angebotsgetriebenen Infrastruktur-Paradigma: „build and supply“.

“Overall, the forces of change are challenging the conventional logic of "build and supply", and generating new ways of making utility services more environmentally, socially and economically sustainable.”²²⁰

Die theoretische Kapazität eines Infrastrukturnetzes wird maßgeblich durch den physischen Netzausbau quasi als Obergrenze der Plattform definiert. In der Praxis wird die verfügbare Kapazität von Ressourceneinheiten jedoch maßgeblich durch das Betriebsprogramm, den Produktions- oder Fahrplan und den tatsächlichen Netzzustand bestimmt. Dementsprechend muss eine effiziente Planung einer Infrastruktur zukünftige Nachfrage und Produktionsmuster einschließlich der Instandhaltungsqualität antizipieren und berücksichtigen. Die endgültige Entscheidung über den Standort für eine Investition, eine Straßen- oder Trassenführung beinhaltet immer eine Entscheidung für eine langfristige Wert-Allokation, was einer politischen Güterabwägung entspricht, wie die Debatte um den Stromnetzausbau in Franken²²¹ oder die Entscheidung für die Streckenführung der Schnellfahrstrecke VDE 8.1/8.2 von Berlin nach München – mit Umweg über die Landeshauptstadt Thüringens²²² – belegen. Was politisch im Sinne des Verkehrsnetzes als Gemeingut pareto-effizient sein kann, muss aus der Betreiberperspektive kein ökonomisch rationales Optimum darstellen. Solange ein Modern-Commons-Betreiber mit öffentlichen Mitteln arbeitet, wird dieser sich einem von anderen Interessen geleiteten Einfluss – der demokratisch legitimiert ist – nur bedingt entziehen können. Mithilfe eines an Nachhaltigkeitszielen und Commons-Kriterien ausgerichteten Prozesses wäre eine höhere Transparenz für eine solche *öffentlich-private Entscheidungsfindung* für Modern-Commons-Systeme erreichbar.

In diesem Sinne könnte für öffentlich finanzierte Infrastruktur in der Bundesrepublik umweltpolitisch die Berücksichtigung von Nachhaltigkeits- und Resilienz-Kriterien vom Gesetzgeber verbindlich vorgeschrieben werden. Das Beispiel der Bahnsteighöhe von 5370 Bahnstationen zeigt, wie die Durchsetzung eines zentralen Standards Jahrzehnte in Anspruch nehmen kann oder unter Anwendung dezentral organisierter Kompetenz pragmatisch umgangen werden kann.

²²⁰ Moss 2012 // 2011: S. 1.

²²¹ Koschyk, H. MdB 2014.

²²² BMVI 2014.

Als *steinerner* Nachlass fürstlicher Hoheitsansprüche variiert die Bahnsteighöhe in Deutschland bis heute zwischen 15 cm und 103 cm, obwohl bereits 1928 eine Regelhöhe von 76 cm für das Gebiet der Reichsbahn festgelegt wurde, die auch von der DB AG als Standard definiert ist. Fast 90 Jahre später erfüllen nur etwa 32 % der Bahnsteige²²³ diesen technischen Standard. Diese historisch gewachsene Vielfalt belastet Betreiber, Besteller und letztlich Steuerzahler mit vermeidbaren Mehrkosten für die Errichtung und Anpassung von Bahnsteighöhen, die Beschaffung von flexiblen Schienenfahrzeugen und mit einer erhöhten Systemkomplexität. Statt in einem nationalen Kraftakt diese Vereinheitlichung der Stationsinfrastruktur zu finanzieren, hat sich die wirtschaftliche Lösung, nämlich die Anpassung der anzuschaffenden Fahrzeuge an die jeweilige Bahnsteighöhe in den Bundesländern durchgesetzt. Die Züge können – dank anderer einheitlicher Standards – trotz unterschiedlich hoher Bahnsteige auch an kleineren Stationen halten. Im Investitionsportfolio des Eisenbahninfrastrukturunternehmens (EIU) haben, auch nach Ermessen des Eigentümers, Netzausbau und -erhalt, Modernisierung der Stellwerke und Signaltechnik sowie Instandhaltung von Tunneln und Tragwerken einen höheren Stellenwert und Infrastrukturinvestitionen werden seit Jahrzehnte entsprechend priorisiert. Während technische Systeme von Effizienzgewinnen einer Standardisierung profitieren, können dezentrale Institutionen mit regionalen Entscheidungsstrukturen zu flexiblen Lösungen, beispielweise für Haltepunkte, Lärmschutz, Gebäudesanierung, Renaturierung, Smart-Grids, beitragen.

Opportunitäten: Staatliche Infrastrukturausgaben unterliegen einer politisch geprägten Haushaltspolitik, die Opportunitätskosten nun einmal nach anderen Kriterien beurteilt als ein Ökonom. Eine Infrastrukturmaßnahme bindet Mittel über Jahrzehnte an einen bestimmten Raum. Jede mit öffentlichen oder privaten Mitteln finanzierte Maßnahme wird einem endlichen Budget entnommen, d. h. andere, möglicherweise volkswirtschaftlich attraktiver zu bewertende Maßnahmen können mit den einmal gebundenen Mitteln nicht mehr finanziert werden. Grundsätzlich gilt die Opportunitätsbetrachtung für investive wie für konsumtive Haushaltstitel, wobei auf Infrastruktur bezogene Investitionsentscheidungen im besonderen Maße eine dauerhafte Wert-Allokation für eine Region oder einen Standort – und gleichzeitig den Verzicht für andere Standorte – darstellen.²²⁴ Beispielsweise bindet die Entscheidung für ein neues Kohlekraftwerk oder eine Hafenanlage auch Infrastrukturmittel für Folgekosten wie Strom- und Schienentrassen, standortbezogenen Netzausbau und Instandhaltung. Gleiches gilt für den Tiefbahnhof in Stuttgart oder den Flughafen in Kassel-Calden. Es sind politisch-unternehmerische Investitions-Entscheidungen, die, einmal getroffen, die eingesetzten Bundes-, Landes- und

²²³ ETR 05 :2014 : _ S. 36. Anteil an gesamter Bahnsteiglänge von 1.700 km.

²²⁴ Rauber, 2012: S. 73.

Unternehmensmittel anderen wirtschaftlich attraktiven Investitionsoptionen entziehen. Optionen können in Bezug auf Kosten, Nutzen und verfügbare Budgets auf Bundesebene anders aussehen als in einem Länderhaushalt. Für das Portfolio eines nationalen Netzbetreibers kann eine Maßnahme unwirtschaftlich sein, die für ein kommunales Stadtwerk attraktiv wäre. Wenn Energieleitungen und Breitbandkabel oberirdisch verlegt werden können, ist der Mehraufwand für Erdkabel eine Option. Das gleiche Prinzip lässt sich auf Bahntrassen anwenden, die aus Lärmschutzgründen in Tunnel verlegt werden. Grundsätzlich sollten lokal geforderte Abweichungen von der wirtschaftlich optimalen Lösung im Infrastrukturausbau möglich sein, aber im Sinne von Modern Commons unter angemessener Beteiligung der beteiligten Stakeholder an induzierten Mehraufwänden, insofern diese von Maßnahmen profitieren. Sofern dezentrale Lösungsansätze zu Einsparungen oder Mehrerlösen für die Netzbetreiber führen, sollten die Stakeholder an solchen Optionen, wie sie für Smart-Grids oder Asset-Sharing prognostiziert werden, ebenfalls beteiligt werden. Der Bundesverkehrswegeplan 2030 nutzt die vom UBA erarbeiteten Ansätze zu einer rationalen Gesamtnetzoptimierung,²²⁵ was sich als Schritt in die richtige Richtung erweisen wird, der – auch im Interesse der Nachhaltigkeit – auch intermodal (alle Verkehrsarten) und systemübergreifend (Energie und Verkehr) weiterverfolgt und anhand von Kriterien wie Beiträgen zu den Klimazielen weiterentwickelt und mittels geeigneter Instrumente operationalisiert werden muss.

Infrastrukturfolgen: Jede Infrastrukturmaßnahme stellt einen Eingriff in das Ökosystem und das menschliche Habitat dar. Da die Allokation des Nutzens in einem hohen Grad nach ökonomischen Kriterien erfolgt, gelten für die gleichzeitig getroffene Allokationsentscheidung bezüglich der negativen Auswirkungen, wie beispielsweise Lärm, Vibrationen und Emissionen, zumeist andere als ökologische Kriterien. Commons-Prinzipien zum Umgang mit Verfügungsrechten können sowohl hinsichtlich der Nutzenallokation von Neu- und Ausbaumaßnahmen als auch im Hinblick auf die Allokation des Infrastrukturschattens, z. B. Emissionen, Landschaftsverbrauch, Fluglärm, zur Anwendung kommen. Dabei sind neben *objektiven* Kriterien auch die *subjektiven* Einstellungen zu Nutzen und Verhaltensmuster einzubeziehen und notwendige Eingriffe in die natürliche Umwelt sollten minimal-invasiv abgewogen werden. In einer solchen Systembetrachtung kann auch ein massiver Umwelteingriff wie der Bau des Gotthardt-Tunnels sozialökologisch als beste Variante zur Lösung der Transitproblematik gerechtfertigt sein.

²²⁵ Beckmann 2012.

2.5.5 Alienation von Systemeffekten und Systemfolgen

Der soziologische Begriff der *Alienation*²²⁶, der Entfremdung des Arbeiters vom Produkt seiner Arbeit ist eine allgemeine wissenschaftliche Beobachtung, die auch auf andere Akteure in ökonomischen und technischen Systemen zutrifft. So kann der Prozess der Entfremdung bei Infrastruktur-Akteuren auf den Umgang mit Externalitäten und Folgekosten im Entscheidungsprozess übertragen werden. Je weiter entfernt Entscheider von räumlichen und personellen Bezügen agieren, desto weniger werden sie mit den ökonomischen, ökologischen und sozialen Folgen ihrer Entscheidungen konfrontiert. Bei technischen Infrastruktursystemen ist eine solche Entfremdung nicht nur in Bezug auf Umwelt und Ressourcenbasis zu beobachten, sondern auch volkswirtschaftlich absehbar. „Kommende Generationen werden uns verfluchen wegen der dramatischen Folgekosten für eine überdimensionierte Infrastruktur, die wir ihnen hinterlassen.“²²⁷

Aufgrund der beschriebenen Dilemmata und der staatlichen Verantwortung für Aufgaben und Finanzierung der Modern-Commons-Systeme zur Daseinsvorsorge ist eine latente Alienation bei Infrastruktur-Akteuren zusätzlich eine Alienation in Bezug auf die Effektivität der eingesetzten Mittel (Investitionseffektivität), die zukünftigen Instandhaltungskosten und die Lasten für kommende Generationen zu beobachten. Diese materielle Entfremdung wird durch die Staatsnähe des Infrastruktursektors und die revolvierenden Möglichkeiten einer öffentlichen Finanzierung oder weitreichende Ausfallgarantien unterstützt.²²⁸ Darüberhinaus fördert sowohl ein mentales Festhalten am Status quo als auch die Scheu, einer Fortschreibung der Besitzstände aufgrund neuer Herausforderungen und Einsichten entgegenzuwirken, risikobehaftete Entscheidungen über Veränderungen. Nicht zuletzt führt das Markt- und Staatsversagen²²⁹ im Infrastruktursektor zu einem Mangel an konzeptionellem und kreativem Wettbewerb um die bessere Lösung, die effizientere Technologie und den effektiveren Weg zu einer gelingenden Transformation in Richtung Nachhaltigkeit.

Zum Schutz der natürlichen Umwelt und der Interessen kommender Generationen bieten Commons-Institutionen Möglichkeiten sowohl für Diskurse unter Beteiligung zivilgesellschaftlicher Akteure als auch für die Entwicklung spezifischer Regelwerke mit freiwilligen oder staatlichen Durchsetzungsmechanismen. Generell ist für Modern-Commons-Systeme festzustellen, dass dem Staat in Zukunftsfragen höhere Neutralität und Verantwortungsbewusstsein zugeschrieben wird als rein privaten Institutionen.²³⁰

²²⁶ Marx 1844.

²²⁷ Lange 2012.

²²⁸ Graham 2001: S. 33.

²²⁹ Stadler 2013: S. 1; Beckmann 2007, Verkehrspolitik.

²³⁰ Henzler, Späth 2011.

2.5.6 Anpassung und Akzeptanz von Modern-Commons-Systemen

Leistungen und Aufwände der Infrastruktursysteme sind für Bürger und Konsumenten unsichtbar, sie finden im Hintergrund des lebensweltlichen Alltags statt und werden in einer modernen Gesellschaft angesichts einer funktionierenden Infrastruktur-Versorgung als gegeben vorausgesetzt. Für Anwohner eines Flughafens, einer Autobahn oder Güterverkehrsstrecke ist hingegen der akustische Schatten der Infrastruktur unüberhörbar:

„Es war und ist eine weit verbreitete Praxis, technisch-industrielle Großprojekte in kleinen Zirkeln zu beschließen und dann einseitig zu „bewerben“. Dabei werden grundsätzliche Alternativen zum avisierten Projekt nicht öffentlich debattiert, lediglich dessen Vorteile hervorgehoben und tatsächliche oder mögliche Nachteile verschwiegen oder kleingeredet. Ein solches Vorgehen weckt Misstrauen und Zweifel. Es provoziert mehr oder weniger große Teile der immer selbstbewusster auftretenden Bürgerschaft, die sich nicht ernst genommen fühlt.“²³¹

Die lokale Akzeptanz der Auswirkungen von Großtechnologien und Infrastrukturprojekten hängt nicht allein von einer durch Experten bescheinigten Notwendigkeit eines Vorhabens ab, sie wird zunehmend abhängig von der Überzeugung der Bürger und Anwohner von der Sinnhaftigkeit, Machbarkeit und Finanzierbarkeit eines Unterfangens. Waren in der Vergangenheit, wie die Analyse der technikhistorischen Evolution der Infrastrukturnetze aufzeigt, archaische oder autokratische Regime für die Durchsetzung von Infrastrukturmaßnahmen ausschlaggebend, ist heute eine Demokratisierung der Entscheidungsprozesse zu beobachten. Infrastruktur als Garant der bürgerlichen Souveränität im technisierten Alltag ist einerseits zum Bestandteil der Identität in einer postmodernen Gesellschaft geworden, deren Veränderung und Anpassung andererseits individuell und kollektiv starke Emotionen hervorrufen kann, die jenseits von Fakten und rationalen Argumenten beachtet werden müssen. „Öffentliche Akzeptanz ist das Resultat von Einsicht, Selbstwirksamkeit, Nutzen und Identität.“²³²

2.6 Fazit: Commons-Funktionen und Dilemmata technischer Infrastrukturen

Das Kapitel hat gezeigt, dass gemäß Ostroms Bauprinzipien und den IAD-Variablen für Commons sowie ein von Helfrich formuliertes „Betriebssystem der Commons“²³³ Infrastrukturnetze als Commons-Ressourcensysteme eingeordnet und analysiert werden können. Deshalb wird die Systematik dieses flexiblen Commons-Framework für die Beschreibung und Analyse technischer Infrastrukturnetze als moderne Commons-Systeme genutzt. Nicht übernommen wird die umfassendere Commons-Sichtweise, die Helfrich als eine ideologische, nahezu spirituelle Haltung gegenüber Kollektivgütern und den sie gestaltenden Governance-Systemen (Commonance) beschreibt.²³⁴ Ostrom hat

²³¹ Rucht 2012.

²³² Renn et. al. 2013: S. 279.

²³³ Helfrich et. al. 2011: S. 66f.

²³⁴ Helfrich et. al. 2012: S. 16, 19.

nachgewiesen, dass lokale Gemeinschaften in der Lage sind, öffentliche Güter und CPR über lange Zeiträume nachhaltig zu bewirtschaften.²³⁵ Modern-Commons-Systeme entstehen durch soziale Kooperation, dedizierte Flächen und hohen Kapitaleinsatz mit dem Ziel, für eine Gruppe in einem definierten Raum spezifische Funktionen zu erfüllen. Die durch Infrastruktursysteme verbundenen Räume stehen dauerhaft in einem Austausch. Beziehungs- und verhaltensgeprägte ökonomische Transaktionen, soziale Interaktionen oder physische Ströme wirken sich stimulierend oder dämpfend auf die wirtschaftliche, kulturelle, soziale, politische oder ökologische Entwicklung aus. Eine leistungsfähige Strom- oder Datenleitung kann beispielsweise die Standortattraktivität ebenso erhöhen wie eine gute Straßen- oder Bahnverbindung. Dementsprechend können sich die Stilllegung einer Bahnstrecke, ständige Staus oder Unterversorgung mit Breitbandkapazität oder Energie negativ auf Produktivität und Lebensqualität einer Region auswirken. Infrastrukturnetze stehen grundsätzlich in einer räumlichen und zeitlichen Rivalität, beispielsweise in Bezug auf Investitionen, Flächennutzung oder Umwelteingriffe, ihre entnahmefähige Ressourceneinheiten können hingegen durch intelligente Commons-Arrangements auf eine Vielzahl von Anwendungen und Nutzer verteilt werden. Dauert ein Nachfrageüberhang an, kann die Kapazität des Systems durch einen strukturierten Planungsprozess mittels Investitionen angepasst werden. Dabei übersteigt der erwartete Nutzen für die Gemeinschaft i. d. R. die Summe der Kosten für die Akteure, wobei als Nutzen sowohl monetäre als auch nicht monetäre Beiträge in eine Analyse einzubeziehen sind. Da Detailfragen der örtlichen Systemgestaltung und der laufende Betrieb von Infrastrukturanlagen mit einer zentralistischen Herangehensweise nicht effizient gelöst werden können, besitzen lokale Akteure Kompetenzen, die dezentral zum Prozess der nachhaltigen Entwicklung und zur Akzeptanz von Modern Commons beitragen können.²³⁶ Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in technischen Systemen der Zugang und die Entnahme grundsätzlich gut kontrolliert und gesteuert werden können, was gemäß den politischen Prioritäten und wirtschaftlichen Erwartungen für Netze in Europa praktiziert wird. Während die abgeleitete Nachfrage zur Ressourcen-Aneignung über die Dynamik spezifischer regulierter Märkte (Stromverbrauch, Schienenverkehr) grundsätzlich effizient geregelt werden kann, unterliegen die Nachfragemuster in konsumgeprägten Märkten wie Mobilität und Kommunikation einem volatilen und spontanen Nutzerverhalten. Dieser hohen Dynamik der Nachfrageseite stehen auf der Angebotsseite von Modern-Commons-Systemen nur langsame Reaktionsmechanismen gegenüber, was zu Ineffizienz der Netze führt.

²³⁵ Ostrom 1999.

²³⁶ Rauber 2012: S. 73.

IAD-Variablen können an die Gestaltung von technischen Infrastruktursystemen und die spezifischen Bedürfnisse und Dilemma-Strukturen der Infrastruktursysteme angepasst werden. Neben klassischen Entnahme- und Beitragsdilemmata zeigen Modern Commons die infrastruktur-typischen Dilemmata wie Asynchronität von Ereignissen, Asymmetrie von Systemnutzen und Lasten, die Alterung von Systemen und die latente Aversität gegen Innovationen, Allokation von knappen Ressourcen, Entfremdung von Systemfolgen sowie die Anpassungen von Ressourcensystemen und deren Akzeptanz. Für diese bereits von Smith²³⁷ aufgezeigten Probleme können Commons-Frameworks für eine ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltige Transformation von Infrastruktursystemen adaptiert werden.

Der Erhalt und die Erneuerung eines Infrastruktursystems erfordert im Gegensatz zu natürlichen Ressourcensystemen eine revolvierende Instandhaltung und bedarfsgerechte Anpassung, die durch den Betreiber sicherzustellen ist. Sowohl die Überprüfung dieser Pflichten als auch deren Finanzierung bedarf infrastrukturenspezifischer Vereinbarungen, die an funktionalen Zielen und transparent nachvollziehbaren Leistungskennziffern ausgerichtet werden und vor Ort nachvollziehbar sein müssen. Die Bundesnetzagentur wie auch das Eisenbahnbundesamt sind ebenso Akteure einer institutionellen Überprüfung der Netzinfrastrukturen in Deutschland, wie die Europäische Kommission den freien Zugang zu Infrastrukturnetzen durch Regulierung sicherstellt und deren Weiterentwicklung durch überstaatliche Forschungs- und Entwicklungsprogramme wie TEN oder Horizon 2020 fördert.²³⁸

Neben den Infrastrukturakteuren und -nutzern sind aus Commons-Perspektive die Betroffenen von Infrastruktursystemen zu betrachten, die durch eine aktive oder passive Aneignung von Lasten oder Nachteilen einer Infrastruktur direkt oder indirekt betroffen sind. In Ermangelung von Begrenzungsmechanismen für diverse Arten von Externalitäten wie Lärm, Erschütterungen und Emissionen existieren nach der Errichtung einer technischen Infrastruktur kaum wirksame Ausschlussmöglichkeiten für diese externen Nebeneffekte von Infrastruktursystemen. Diese Defizite können sowohl aus irreversiblen Eingriffen in ein Ökosystem als auch der Beeinträchtigung der Lebensqualität, z. B. durch Emissionen, räumliche Trennungswirkung oder den Verlust von historischen Landschaften, resultieren. Betroffene, die sich räumlich und zeitlich auch in großer Entfernung einer konkreten Infrastruktur befinden können, wie Graham und Marvin²³⁹ herausstellen, sind häufig andere Personengruppen als die Nutzer oder Betreiber einer

²³⁷ Smith 1776.

²³⁸ Forschungsprogramm der EU Horizon 2020, z.B. Förderprogramm Schiene: Shift2Rail.

²³⁹ Graham, Marvin 2001.

Infrastruktur, weshalb diese oder ihre zivilgesellschaftlichen Vertreter als gesonderte Akteurs-Gruppen, quasi als Miteigner der Commons, in die Planungen einzubeziehen sind.

Für Infrastruktursysteme können unabhängig von den realen staatlichen, privaten oder hybriden Eigentumsverhältnissen der Anlagen bei funktionierender Governance die Nutzungsrechte und potenziellen Konflikte dezentral von den beteiligten Akteuren wie in einer Community von nicht technischen Ressourcensystemen effizient ausgehandelt und Dilemmata transparent gelöst werden. Mit der europäischen Regulierung der Infrastrukturnetze wurde für diese modernen Gemeingüter ein rechtlicher Rahmen geschaffen, der den Netzzugang prinzipiell diskriminierungsfrei regelt. Bei mehrstufigen Netzen können dezentrale Arrangements einer in der Praxis stattfindenden *Ko-Regulierung* durchaus Interessen der Stakeholder europaweit einbeziehen, ohne notwendigerweise im Einzelfall auf staatliche Eingriffe in das Ressourcensystem angewiesen zu sein. Durch die Nutzung eines Commons-Framework kann für die Gestaltung von Modern-Commons-Systemen vor Ort die Transparenz erhöht, die Beteiligung der Bevölkerung verstärkt und die Nachhaltigkeit in allen drei Dimensionen verbessert werden.

3 Infrastruktur: Fundament der modernen Gesellschaft

Infrastruktursysteme sind sowohl Kultur- als auch Wirtschaftsgüter, die aufgrund der physischen Monopolstellung von Infrastrukturnetzen und des Verzichts auf Ausschluss sowie der Rivalität um Systemkapazität Eigenschaften von CPR aufweisen. Technische Netze fungieren, wie hier dargestellt wird, als kollektiv genutzte Ressourcen-Plattformen, die nach einem definierten Produktionsprogramm multipel nutzbare Ressourceneinheiten erzeugen. Auch wenn der Zugang zu diesen Systemen diskriminierungsfrei gestaltet wird, ist weder die Errichtung noch der Systembetrieb noch die Ressourcenentnahme frei von Kosten. Die folgenden Ausführungen zeigen anhand von Modellen und empirischen Beobachtungen, wie sich die natürliche und soziale Umwelt, die Entwicklung von Bevölkerung und Wirtschaft sowie Innovationen auf die Gestaltung und Transformation von Infrastruktursystemen auswirken.

Infrastruktursysteme unterscheiden sich als soziotechnisches Konstrukt beispielsweise in Planung, Finanzierung, Betrieb und Dilemmastruktur – wie in Kapitel 2 ausgeführt – von sozialökologischen Commons-Systemen. Mehrstufige Infrastrukturnetze sind multifunktional. Sie werden errichtet, um spezifische Infracfunktionen wie Versorgen, Verbinden, Unterstützen, Schützen, Einbeziehen und Eingrenzen zu erfüllen. Zur Erbringung ihrer Funktionen lassen sich für Infrastruktursysteme sektorunabhängig drei Wertschöpfungsebenen differenzieren: Plattformen, Betriebsprogramme und die Anwendungsebene, die in unterschiedlichem Grad als Commons-Subsysteme klassifiziert werden können. Anhand eines Wertschöpfungsmodells für technische Infrastruktursysteme, einer technikhistorischen Retrospektive sowie der Beschreibung signifikanter Phasen im Lebenszyklus von Modern-Commons-Systemen werden sowohl die Treiber für Entwicklungen als auch die Dilemmata von Infrastruktursystemen analysiert. Ausgehend von Smith²⁴⁰ Überlegungen zu Infrastruktursystemen und Commons-Theorie werden durch Anwendung der Commons-Frameworks aktivierbare Verbesserungspotenziale aufgezeigt.

3.1 Nutzen und Kosten von Infrastruktursystemen

Infrastruktur stellt neben den natürlichen Gegebenheiten ein soziokulturelles Ressourcensystem dar, das Menschen in ihrer Lebensführung unterstützt. Infrastruktursysteme arbeiten und ihre Funktionen sind in verschiedenen Ausprägungen in der Verbindung und dem Zusammenwirken von Gruppen sowie der Gestaltung von Gesellschaft und menschlichem Habitat anzutreffen.

²⁴⁰ Smith 1776.

Ausgangspunkt für eine systematische Analyse der Infrastrukturfunktionen (s. Abbildung 5) ist das Verständnis, dass Infrastruktur die Befriedigung der Bedürfnisse von Individuen und Gruppen nach Kommunikation und Transaktionen zur Alltagsbewältigung unterstützt und in einer modernen, arbeitsteiligen Gesellschaft diese teilweise grundsätzlich erst möglich macht.²⁴¹

3.1.1 Infrastruktursysteme im Wandel

Der Begriff Infrastruktur wird oft verkürzt für Verkehrswege oder Energienetze benutzt, ohne ihn näher zu definieren. Tatsächlich bildet Infrastruktur heute das soziotechnische, technische und sozialökologische Fundament einer modernen Gesellschaft, das Akteure und Aktanten als eigenständige Elemente verbindet und diese sowohl räumlich und ökonomisch als auch sozial zusammenhält.

Die Bezeichnung Infrastruktur wurde seit 1927 im Oxford English Dictionary (OED) übergreifend als Sammelbegriff für Straßen, Brücken, Eisenbahnlinien und ähnliche öffentliche Einrichtungen angegeben, die in ihrer Gesamtheit oder in ihren Teilen für das Funktionieren einer industriellen Wirtschaft notwendig sind.

“The term infrastructure has been used since 1927 (OED) to refer collectively to the roads, bridges, rail lines, and similar public works that are required for an industrial economy, or a portion of it, to function. The term also has had specific application to the permanent military installations necessary for the defense of a country.”²⁴²

Der Begriff Infrastruktur unterliegt wie die Infrastruktur selbst einem ständigen Wandel. Dieser Wandel hat seine Ursache in technischen und ökonomischen Entwicklungen, aber auch in gesellschaftlichen Veränderungen, welche die sozialen, ökologischen und letztlich politischen Anforderungen an Infrastruktur beeinflussen. Bis in die 1970er Jahre findet sich in der europäischen Literatur die klassische definitorische Argumentation, dass Infrastrukturbereitstellung, da defizitär, primär eine staatliche Aufgabe sei. List argumentiert Mitte des 19. Jahrhunderts in einem Beitrag zum Staatslexikon, der Staat könne besser auf den Nutzen des Ganzen als auf den Vorteil des Einzelnen sehen, „mehr auf den Staatszweck als auf den augenblicklichen Ertrag der Unternehmungen“.²⁴³ In der Natur des Staates liege es, „nicht nur die Bedürfnisse der Gegenwart, sondern auch die der künftigen Generationen ins Auge zu fassen“, während sich private Unternehmen eine möglichst hohe Dividende zum Ziel setzen müssten.²⁴⁴

In der europäischen Verkehrsinfrastruktur wie dem Straßennetz traf dies auch weitgehend zu, wobei die euphorische Entwicklung der kommerziellen Kanäle, Turnpikes und der ersten Eisenbahnlinien zeigte, dass es wie in dem aufstrebenden und liberal

²⁴¹ Ringwald 2008: S. 144.

²⁴² OED 1927 bei Goldsmith, 2015: S. 27.

²⁴³ List 1837, in Frey 1972: S. 9.

²⁴⁴ List, ebenda S. 152.

geprägten Wirtschaftssystem der Vereinigten Staaten von Amerika auch in Europa gelingen konnte, privates Kapital für Infrastrukturprojekte zu mobilisieren. Rothschild, Delbrück und Carnegie wurden zu erfolgreichen Finanziers des infrastrukturellen Aufbruchs im Eisenbahnzeitalter.²⁴⁵

Für die privaten Betreibergesellschaften von Kanälen, Eisenbahnnetzen und Straßen (Turnpikes) folgte einer anfänglichen Euphorie die betriebswirtschaftliche Ernüchterung, verbunden mit hohen Fixkosten und einem erhöhten Kapitalbedarf. Das führte zu einer wirtschaftlichen Konsolidierung und in letzter Konsequenz der Übernahme von verschuldeten Infrastrukturbetreibern durch die selbstbewussten Nationalstaaten, die dabei sowohl strategische als auch wirtschaftliche Interessen verfolgten.

“Nach BRETON spiegeln politische Entscheidungen zur Infrastrukturentwicklung weit mehr die Machtverteilung in einer Gesellschaft wider als die individuellen Präferenzen der entscheidenden Individuen.“²⁴⁶

Infrastruktursysteme stellen als technische Plattformen unabhängigen Akteuren in Wirtschaft und Gesellschaft Güter in Form von universellen Leistungen (Output) zur Verfügung, mit denen eine Vielzahl an verschiedenen Nutzen erzielt werden kann. Die Bereitstellung von Gütern erfolgt einerseits *Up-Stream* an die Unternehmen im primären und sekundären Sektor als intermediäre Güter oder Vor- bzw. Teilleistungen einer weiteren produzierenden Wertschöpfungsstufe oder *Down-Stream* für die Erbringung weiterer Dienstleistungen oder den direkten Verbrauch durch Endnutzer. Diese prozesshafte Differenzierung aus dem Chemiesektor kann zur Bewertung des spezifischen Wertbeitrages der Infrastrukturleistungen zu einer in Folge erbrachten eigenen Wertschöpfung herangezogen werden. Für produzierende Unternehmen der Montan-, der chemischen oder der Automobilindustrie sind effiziente Energie-, Kommunikations- und Transportsysteme, die Rohstoffe zuliefern oder Fertigprodukte verteilen, stofflich und physisch unabhängig, damit diese ihre originäre Wertschöpfung erbringen können. Vorausschauende Infrastrukturpolitik bedeutet dementsprechend, Standortvorteile auszubauen sowie den wirtschaftspolitisch bedeutenden Erhalt von Arbeitsplätzen und Lebensqualität einer Region zu sichern.

Für den Verbraucher ist die Ubiquität von Infrastrukturleistungen Teil des modernen Lebensstils geworden, Für die Nachkriegsgeneration sind fließendes Wasser, Zentralheizung oder Kanalisation eine Selbstverständlichkeit. Die Kosten für die Bereitstellung dieser Leistungen werden vom Verbraucher über monatliche Abschlagszahlungen bestritten. Für die Kriegsgeneration oder ehemalige DDR-Bewohner sind dies keine

²⁴⁵ Rothschild 1887.

²⁴⁶ Breton in Frey 1959: S. 86.

Selbstverständlichkeiten, sondern Errungenschaften von Wiederaufbau, Wirtschaftswunder und Wiedervereinigung.

List²⁴⁷ gelang es, drei Eigenschaften der Infrastruktur herauszuarbeiten, die bis heute prägende Gültigkeit besitzen. Er beschreibt diese als ausgeprägte externe Effekte, die von staatlichen Investitionen in Infrastruktursysteme ausgehen und die wiederum Unternehmen zu wertschöpfenden Investitionen veranlassen, die ihrerseits Überschüsse und Wachstum generieren und infolgedessen die bestehende Infrastruktur stärker in Anspruch nehmen.²⁴⁸

- lange Lebensdauer von Infrastruktursystemen im Gegensatz zu anderen Gütern,
- die Interdependenz insbesondere von Verkehr (technische Netze für Elektrizität und Telekommunikation existierten nur rudimentär),
- unmessbare und vom Markt nicht bewertete Erträge der Infrastruktur („intangibles“), welche die Beurteilung ihrer gesamtwirtschaftlichen Wirksamkeit stark erschweren.

Für öffentlich bereitgestellte Infrastruktursysteme gibt es kein ökonomisch rationales Regulativ für ein angemessenes Niveau von Infrastrukturinvestitionen. Für Steuermittel, die von der öffentlichen Hand nach Bürgerwunsch oder politischen Abwägungen investiert werden, existiert keine statische Grenze für die Kapazität oder Qualität eines Infrastrukturangebotes. Solange Haushaltsmittel vorhanden sind oder Kredite gewährt werden, besteht – ohne verbindliche Maßstäbe für eine entsprechende Governance – die Gefahr von interessengetriebenen Fehlallokationen. Private Investoren oder Betreiber priorisieren bei Infrastrukturprojekten die Rentabilität, was ohne geeignete Vorgaben und Kontrollen zu Einschränkungen an Verfügbarkeit, Qualität oder Instandhaltung eines Netzes führen könnte.

Auch Infrastrukturnachfrage und -angebot unterliegen Lebenszyklen, die technisch, ökonomisch oder aufgrund veränderter Wertvorstellungen auch politisch oder sozial induziert sein können. Dabei bleiben Infrafunktionen und errichtete physische Plattformen über sehr lange Zeiträume erhalten, während sich die Technik selbst im Laufe der Zeit wandeln kann.

Telegraphie oder Telex, bis vor wenigen Jahren Rückgrat des internationalen Handels, sind heute vollständig substituiert.²⁴⁹ Der Zugang zum Internet ist binnen zweier Jahrzehnte zu einem Allmende-Recht geworden. Auch die Rolle des Staates unterliegt einem Wandel. Die ehemals staatlichen Netze für Post, Energie und Eisenbahn, die durch öffentliche Investitionen über Jahrzehnte aufgebaut wurden, sind Eigentum von Unternehmen geworden, an denen das öffentliche Eigentum im Rahmen der Liberalisierung

²⁴⁷ List 1837.

²⁴⁸ List in Frey 1959.

²⁴⁹ Ablösung dieser Dienste: Telex 2006, Telegraphie 2013.

gezielt zugunsten des Haushaltes abgeschmolzen wurde. Diese Entwicklung wird von Wissenschaft und Politik zunehmend infrage gestellt, nicht zuletzt infolge der globalen Finanz- und Wirtschaftskrise, des Klimawandels und der Energiewende.

Ein oberflächlicher Infrastrukturkonsens der politischen Akteure reicht nicht aus, um der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Dynamik einen Impuls in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung zu geben und einen pareto-optimalen Ressourceneinsatz für Infrastrukturinvestitionen sicherzustellen. Die Frage, wie Nachhaltigkeit in Bezug auf die beschriebenen Herausforderungen der Infrastruktursysteme zu definieren ist, steht am Anfang eines notwendigen Diskurses über die Ziele, Folgen und effizienten Wege einer Transformation im Sinne einer effektiven und nachhaltigen Infrakultur. Ein Diskurs über Infrakultur, wie im Folgenden für die nachhaltige Entwicklung von Verkehrssystemen beschrieben, muss für eine rationale Infrastrukturpolitik und die Schaffung effektiver Institutionen und resilienter Infrastruktursysteme als grundlegend erachtet werden. Für eine dezentrale Gestaltung von Infrastruktursystemen unter Berücksichtigung lokaler Spezifika fehlt den Akteuren ein verbindlicher institutioneller Rahmen, in dem Planung, Beteiligung und Interessenabwägung im Sinne der Nachhaltigkeit effizient und transparent durchgeführt werden können.

Infrastruktursektoren und -typologie (Beispiele)

Sektor/ Typologie	Verkehr	Energie	Kommuni- kation	Wasser	Sonstige
Personale Infrastruktur	Zugführer, Betriebsleiter, Wagenmeister, Wegemeister	Turbinen- meister, Kesselwart, Heizer, Müller	Postmeister, Fernmelder, Administrator	Lotse, Schiffer, Brunnenbauer, Netzmeister, Versorgungs- techniker	<i>Lehrer, Richter, Soldaten, Politiker</i>
Institutionelle Infrastruktur	Wegerechte, Vogtei, Verbund, Landkreis, Kommune	Leserechte (Holz), Mahlrechte, Versorgungs- gebiete	Telgramm, Brief, Postsystem, Lizenzen, Software	Binnenschiff- fahrtsrecht, Seerecht, Seezeichen,	<i>Polizei, Militär, Feuerwehr, Justiz, Parlament, Universitäten</i>
Physische Infrastruktur	Straßen, Schienen, Bahnhof, Hafen, Kanal	Leitung, Mühle, Kessel, Generator, Fluss, Boden	Postamt Frequenz, Funknetz, Rechner, LAN	Quelle, Kanal, Brunnen, Rohrleitungen, Rieselfelder, Klärgrube	<i>Gebäude, Anlagen, technische Einrichtungen</i>

Tabelle 11: Infrastruktursektoren und -typologie (örtliche Beispiele)
Quelle: Eigene Darstellung

Am Beispiel ortsspezifischer Infrastruktursysteme wird in Tabelle 11 gezeigt, wie die Infrastrukturtypen sich mit Fortschreiten der Zeit in den Sektoren verändert haben und dennoch in ihrer Grundfunktion über die Sektoren, Perioden und Innovationssprünge hinaus erhalten geblieben sind. Lokführer oder Kesselwarte sind bis heute für den Betrieb von mobilen oder stationären technischen Anlagen verantwortlich, auch wenn der Betrieb weitgehend automatisiert wurde. Die autonomen Systeme im Verkehr bedürfen einer wie auch immer gestalteten Aufsicht, Koordination und Instandhaltung. Ein vollautonomer

Betrieb ohne menschliches Handeln und Eingreifen ist derzeit im öffentlichen Verkehrsraum noch nicht durchführbar. Dass Technologien von Infrastruktur-Systemen im Gegensatz zu ihren Funktionalitäten einem ständigen Wandel unterliegen, lässt sich am Beispiel des Telegraphen beschreiben. Parallel zu Bahnstrecken wurde seit Mitte des 19. Jahrhundert ein Telegraphensystem errichtet,²⁵⁰ da ohne Kommunikation kein sicherer Betrieb der Eisenbahnnetze möglich war. So konnten Ankunft, Fahrplanänderungen und Störungen über große Entfernungen unabhängig vom Zug und wesentlich schneller übertragen werden, um das neue, mechanisierte Verkehrssystem sicher zu steuern. Das innovative Kommunikationsmedium erfüllte schnell weitere strategische und kommunikative Aufgaben, z. B. die Fern-Benachrichtigung per „Kabel“.²⁵¹ Trotz rasanter Fortschritte in Telekommunikation und Computertechnik dauerte es lange, bis mit einer Vielzahl von neuen Medien die gleiche Rechtssicherheit gewährleistet werden konnte wie mit dem traditionellen Telegramm. Die letzte kommerzielle Telegraphenstation wurde aus wirtschaftlichen Gründen 2013 geschlossen,²⁵² das Internet hat die Telegraphie und Fernschreibfunktion weltweit mit höherer Qualität zu geringeren Kosten abgelöst und exemplifiziert die technische Generationenfolge durch Innovationen. So wie selbstfahrende Elektroautos und moderne Triebzüge bestehende Straßen- und Schienennetze für ihre Transportfunktion verwenden, können auch Datenpakete im Internet über Kupferleitungen aus der Kaiserzeit übertragen werden, allerdings mit reduzierter Geschwindigkeit.

Infrastrukturnetze sind kapitalintensiv und stellen soziotechnische Hybridsysteme dar. Dennoch wird der Entstehung, Erhaltung und bedarfsgerechten Entwicklung von Infrastrukturnetzen als einem gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Gesamtsystem im wissenschaftlichen Diskurs weniger Aufmerksamkeit zuteil als den Problemen der Finanzierung und des Infrastrukturbetriebs. Gleichzeitig werden politische Prämissen und wirtschaftliche Kriterien zur Gestaltung technischer Großprojekte sowie die Auswirkungen von Risiken und Folgen durch die Zivilgesellschaft zunehmend kritisch hinterfragt. In „Towards a Framework For the Governance of Infrastructure“²⁵³ benennt die OECD folgenden Punkte als die zehn strukturellen Herausforderungen für Infrastrukturplanung:

- Fehlen einer Vision,
- Fehlende Bürgerbeteiligung,
- Koordination unterschiedlicher Behörden,
- Qualifikationsdefizit der Mitarbeiter,
- Unsichere Erlösaussichten,

²⁵⁰ Löper 1873: S. 138.

²⁵¹ Telegraphie-Nachrichten wurden als „Kabel“ bezeichnet, das Transportmedium wurde zum Gattungsbegriff

²⁵² AP, Associated Press: S. 1.

²⁵³ OECD 2015: S. 8ff.

- Verwaltungsverhalten,
- Verfügbarkeit und den Zugang zu entscheidungsrelevanten Daten,
- Falsche Incentivierung,
- Regulatorischer Rahmen und politische Interventionen,
- Gefahr von Korruption und Missmanagement.

Damit hat die OECD umfassende Anforderungen zur Governance von Infrastruktursystemen formuliert, zu deren Operationalisierung in der vorliegenden Arbeit durch die Theorie der Modern Commons ein substantieller Beitrag geleistet werden soll.

3.1.2 Infrastruktursysteme - Multifunktionale Transaktionsplattformen

Jedes Land hat die Infrastruktur, die es verdient. Diese Aussage gilt für moderne Industrienationen in mehrfacher Hinsicht. Zuerst verfügt jedes Land räumlich nur über solche Infrastrukturen, in die investiert wurde. Deshalb ist, abgesehen von natürlichen Bedingungen (Flüssen, Küsten) und außergewöhnlichen Gebietsveränderungen, jedes Land zum einen direkt verantwortlich für die materielle und immaterielle Infrastrukturausstattung, die Wirtschaft und Gesellschaft zur Verfügung steht. Zum anderen kann sich ein Land auf Dauer nur die Infrastruktursysteme leisten, die es als Volkswirtschaft auch zurückverdient. Sonst ist selbst bei gutgemeinten Geschenken der technischen Entwicklungshilfe durch unterlassenen Unterhalt nach wenigen Jahren die Funktionsfähigkeit spezifischer Infrastrukturnetze stark eingeschränkt oder nicht mehr gegeben. Darüber hinaus verdient ein Staat mittels der Infrastruktur, die sich das Land leistet: durch erhöhte Produktivität als Plattform für den effizienten Austausch von Waren und Dienstleistungen, durch erhöhte Mobilität, Wohlstand und Wohlbefinden seiner Bürger, was letztlich zu einer höheren Lebensqualität der Bevölkerung und steigenden Staatseinnahmen führt. Infrastrukturbezogenes Handeln von Regierungen und privaten Akteuren muss daher sicherstellen, dass die Existenzgrundlage einer Volkswirtschaft langfristig gemäß dem sozioökonomischen Zielsystem der Gesellschaft – wie immer das definiert ist – geplant, genutzt, gepflegt und über Generationen weiterentwickelt und erhalten wird. Infrastrukturnetze sind daher Gemeingüter der Moderne, deren Governance volkswirtschaftlich am Ziel der Nachhaltigkeit auszurichten ist.

Innerhalb räumlicher und kultureller Bezüge entwickeln sich funktionspezifische Infrastrukturen durch Ideen, Interessen und intentionales Handeln zu komplexen Netzwerken, die in ihrem Zusammenwirken wiederum zu emergenten Systemen werden. An diesen Netzwerken und dem durch sie ermöglichten Austausch manifestiert sich die menschliche Ingenuität in ihrer technisch-normativen Qualität, um im Kontext von positiven oder negativen Zukunftserwartungen soziales und wirtschaftliches Kapital zu bilden. Aufgrund ihrer physischen und ökonomischen Eigenschaften entwickeln sich Infrastrukturnetze zumeist in Relation zur Dynamik einer Bevölkerung in spezifischen

Räumen. Handel und Industrialisierung wurden lange als ein konzentrisches Kraftfeld zwischen Zentrum und Peripherie verstanden. Aber soziale Netze fungieren nicht als bloße Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Kultur, Bevölkerung, Siedlungsstrukturen und Ressourcenbasis bestimmen als reales und mentales Hinterland den Handlungs- und Möglichkeitsraum für wirtschaftliche, soziale und kulturelle Beziehungen und Interaktionen, die sich wie in einem Klangkörper gegenseitig zu Resonanz stimulieren oder diese hemmen können. Diese Netze beanspruchen de facto öffentlichen Grund und Boden und schaffen dadurch dedizierte wirtschaftliche, soziale und kulturelle Resonanzräume, die wiederum öffentlich zugänglich sind und somit von der Bevölkerung für multiple Zwecke beansprucht werden können. Aufgrund ihrer wirtschaftlich integrativen Funktion für eine Volkswirtschaft kann der Aufwand für Errichtung und Erhalt von Modern-Commons-Systemen dementsprechend den gesellschaftlichen Transaktionskosten²⁵⁴ zugerechnet werden. Gosh und De teilen in diesem Sinne Infrastruktur in drei Kategorien ein – physische, soziale, finanzielle Infrastruktur –, die eine andere struktur-funktionale Perspektive erfassen.

“Infrastructure facilities can be understood largely as public infrastructural inputs from the supply side. However, depending on the nature of services delivered, infrastructure can be broadly divided into *physical, social and financial categories* – all economically desirable. The first of these consists of transport (railways, roadways, airways and waterways), electricity, irrigation, telecommunication, water supply and the like. (...) In a “cumulative causation” fashion, physical infrastructure contributes to economic growth through lower transaction cost and generates “multipliers” of investment, employment, output, income and ancillary development. Social infrastructure, through the enrichment of human resources in terms of education, health, housing, recreation facilities and the like, improves the quality of life. (...) Finally, financial infrastructure incorporating banking, postal and tax capacity of the concerned population represents the financial performance of the state. These three taken together represent the relative income-generating capability of a state within a country or a country within a region. Hence, even in a federal polity, some amount of competition is inevitable among the constituent regions.”²⁵⁵

Technische Netze folgen einer systemimmanenten Netzwerkökonomie und entwickeln sich daher zu natürlichen und ökonomischen Monopolen, in denen Faktoren wie Zugang, Raumwirkung und Allokation von Nutzen und Lasten für viele Jahrzehnte festgelegt werden. Deshalb unterliegt der Betrieb dieser elementaren Infrastrukturnetze in Europa – unabhängig von den faktischen Eigentümerstrukturen – einer Regulierung.

Ein von vielen genutztes Infrastruktursystem kann demnach trotz mangelnder wirtschaftlicher Tragfähigkeit durch Institutionen über lange Zeiträume zweckmäßig erhalten und ausgebaut werden. Diese Beobachtung kann jedoch nicht als eine unbegrenzte Garantie für die Existenz, Förderung oder Nutzung von technischen Infrastruktursystemen

²⁵⁴ Coase 2007/ (1937).

²⁵⁵ De; Gosh 2005: S. 84 (Fettdruck durch K.M.H. durch Kursivschrift ersetzt).

gewertet werden. Die Wirtschaftsgeschichte kennt zahlreiche Beispiele, wie in der Vergangenheit bedeutende Infrastruktur-Systeme beispielsweise für Telegraphie, Schmalspurbahnen, Passstraßen oder Kanäle durch die Entwicklung neuer Technologien oder moderne Infrastrukturen (Brücken, Tunnel) ihre wirtschaftliche Existenzberechtigung verloren haben, da ihre Funktionen effizienter erfüllt werden konnten. Ebenso haben politische und soziale Einrichtungen²⁵⁶, die vor wenigen Jahren zur unabdingbaren Infrastruktur der Gesellschaft gezählt wurden, an Bedeutung und Einfluss verloren.

Solche Funktions- und Bedeutungswechsel rückwirkend zu erkennen, ist nahezu trivial, diese für technische Infrastruktursysteme zu antizipieren, ist angesichts der Unwägbarkeiten ausgesprochen schwierig: beispielsweise der Markterfolg neuer Technologien bzw. die Vorhersagbarkeit von Regulierungseingriffen (Fukushima, Klimaziele) und verändertem Nutzerverhalten, wie einerseits die exponentielle Entwicklung der Anwendungen des mobilen Internets zeigt und andererseits die fehlende Marktdynamik für Elektromobilität in Deutschland verdeutlicht.

Die Entwicklung von flächendeckenden Infrastrukturnetzen erfolgt heute in der Regel reaktiv, da die private wie öffentliche Investitionsbereitschaft sich an der Behebung von belegbaren Versorgungsengpässen orientiert und nur selten proaktiv eine innovative Infrastruktur als Vorleistung für eine optimierte Nutzung aufgebaut wird. Die immanenten Risiken der Investitionsunsicherheit können für Modern-Commons-Systeme durch dezentrale Erprobung in kleineren Strukturen deutlich reduziert und so der volkswirtschaftliche Nutzen insgesamt erhöht werden. Damit könnte dem gesellschaftlichen Interesse an Technologie-Offenheit Rechnung getragen werden, insoweit sich der Aufwand in einem volkswirtschaftlich vertretbaren Rahmen bewegt.

3.1.3 Infrastrukturnetze verbinden Räume und Menschen

Jedes technische Netz erfüllt zuerst die soziale Funktion, für die es erschaffen wurde. Eine Straße, die nirgendwo hinführt, wird nicht gebraucht. Ein einzelnes Telefon ist sinnlos, da ohne einen zweiten Apparat kein Gespräch geführt werden könnte. Ein Gleis benötigt mindestens zwei Bahnhöfe, um zwei Orte zu verbinden. Neben der physischen Verbindung zwischen zwei Punkten erfüllt Infrastruktur also eine Brückenfunktion zwischen Räumen, die eine ökonomische, soziale und kulturelle Vernetzung der Bewohner möglich macht. Infrakulturell geht Vernetzung über eine individuelle Punkt-zu-Punkt-Verbindung hinaus und bezieht das jeweilige Hinterland und seine Bewohner als Resonanzraum²⁵⁷ in die Interaktion ein, wie beispielsweise die Öresund-Brücke in der Region mehr verbindet als nur die Stadt Malmö mit Kopenhagen. Durch Wegfall der naturbedingten

²⁵⁶ z.B. Parteien, Genossenschaften, Vereine, Kirchen.

²⁵⁷ Rosa 2012 vgl. Resonanzverfahren: S. 5.

Trennung durch den Öresund wurde die geographische Nähe mit räumlicher Erreichbarkeit verbunden. Als Folge der geringeren wirtschaftlichen und mentalen Entfernungen entstand ein grenzüberschreitender Resonanzraum für wirtschaftliche, soziale und kulturelle Aktivitäten jedweder Art.

Ein Infrastrukturnetz kann demnach als ein mehrstufiges Ressourcensystem betrachtet werden, dessen Wert mit der Anzahl der Personen, die Zugang zu diesem System erhalten, wächst. Auch für Infrastruktursysteme gelten Grenznutzen und Grenzkosten, aber je intensiver die Nutzer ein System nutzen, desto größer sind die dadurch entstehenden Verbundeffekte.²⁵⁸

Infrastruktursysteme sind wie anderen Commons-Systemen sowohl spezifische Beitrags- als auch Entnahmedilemmata eigen. Im Vergleich zu den erneuerbaren Ressourcensystemen in Ostroms Commons-Forschung bestehen Gemeinsamkeiten, jedoch lassen sich auch systemische Unterschiede für Entstehung und Betrieb technischer Systeme feststellen²⁵⁹:

- *Gemeinsamkeiten:*

- Infrastrukturnetze sind keine natürlichen Ressourcenplattformen wie Seen, Wälder, Weiden, Ozeane oder die Atmosphäre, stehen jedoch aufgrund ihrer systemimmanenten physischen Funktionen in einer intensiven Wechselwirkung mit ihrer natürlichen Umwelt. Deshalb sind Commons-Governance-Prinzipien in Bezug auf Eigentumsrechte nicht nur auf den Zugang zu einer Infrastrukturplattform anzuwenden, sondern auch auf deren Bau und Betrieb und den Umgang mit den durch das System verursachten sozialen, ökonomischen und ökologischen Externalitäten.
- Insbesondere in Bezug auf Allokationsentscheidungen bei Investitionen können Interessen von Betreibern, Bund, Bundesländern, Kommunen und Anwohnern durch Anwendung von Commons-Frameworks zum Umgang mit Verfügungsrechten sowohl hinsichtlich der räumlichen und zeitlichen Nutzenallokation durch Neu- und Ausbaumaßnahmen als auch im Hinblick auf die nachhaltige Allokation von Investitionen, aber auch Infrastrukturlasten²⁶⁰ vermittelt werden.
- Infrastruktursysteme sind kollektive Kulturgüter und soziale Netzwerke mit Commons-Eigenschaften, wie ein kurzer Robinson-Exkurs belegt. Unabhängig von seinem materiellen und intellektuellen Vermögen hätte kein Einzelner das Bedürfnis oder wäre allein in der Lage, ein Infrastrukturnetz zu errichten oder zu

²⁵⁸ Knieps 2007: S. 5.

²⁵⁹ Ostrom 1990, 1997, 2012

²⁶⁰ z. B. Emissionen, Landschaftsverbrauch, Lärm.

betreiben. Der gestrandete Robinson findet in dem Roman²⁶¹ auf der Insel alles, was er zum Überleben benötigt. Ein Infrastrukturnetz braucht Robinson für sein neues Dasein nicht, solange er sich allein glaubt. Erst mit der Entdeckung von Mitmenschen, erst durch das Soziale, Freitag als notwendiges Gegenüber und später in größerer Entfernung weitere Menschen, erhalten Kommunikation, Wege und Tausch erneut Relevanz für den Schiffbrüchigen. Ohne das Bedürfnis nach sozialer Interaktion und Transaktionen, ohne moderne Siedlungen wären Infrastrukturnetze weder notwendig noch bezahlbar. Erst in einem sozialen Kontext mit verlässlichen Institutionen ist Infrastruktur wirtschaftlich zu errichten und als Commons dauerhaft zu erhalten.

- *Unterschiede:*

- Infrastrukturnetze sind dynamische Ressourcensysteme, aber sie wachsen bekanntlich nicht von allein. Ein technisches System degeneriert mit seiner Inbetriebnahme und regeneriert sich im Gegensatz zu SES auch nicht natürlich. Neben den hohen Anfangsinvestitionen für Errichtung und technische Ausstattung muss ein Netz für die Dauer seiner Nutzung mit hohem technischem Aufwand gewartet, instandgehalten und erneuert werden.
- Anders als bei natürlich erneuerbaren Ressourcen, die biologischen Reproduktions-Kreisläufen unterliegen, steht in technischen Systemen in einer definierten Periode die gleiche nutzbare Menge an Ressourceneinheiten zur Verfügung. Die Rivalität um die Ressourceneinheiten nimmt jedoch zu, wenn es durch Nachfrageüberhänge oder betriebliche Einschränkungen zu Engpässen (Störung, Stau, Netzknoten) kommt.
- Von technischen Infrastrukturnetzen erzeugte Ressourceneinheiten sind identisch und als Transportkapazität i. d. R. nicht speicherbar. Deshalb besteht im Rahmen der vorhandenen Kapazität nicht nur grundsätzlich eine gute Teilbarkeit, eine effiziente Kapazitätsauslastung nutzt dem Plattformbetreiber auch wirtschaftlich. Volkswirtschaftliche Effizienzkriterien, z. B. Netzauslastung, Netzverfügbarkeit oder Resilienz, können jedoch von betriebswirtschaftlichen Zielen oder spezifischen Nutzeranforderungen, z. B. Netzdurchsatz, Yield-Ziele, Netzneutralität, abweichen, was abhängig von Netztyp, Sektor oder Märkten variieren kann.
- Die von Ostrom²⁶² untersuchten Ressourcensysteme können im wirtschaftlichen Kontext durchaus unabhängig voneinander betrachtet werden und weisen eine begrenzte räumliche Wirkung auf, ohne jedoch völlig autark zu sein. Mehrstufige Infrastrukturnetze unterliegen demgegenüber hohen Wechselwirkungen mit

²⁶¹ Defoe 1719.

²⁶² Ostrom 1990.

anderen technischen Netzen, den Systemnutzern und der jeweiligen sozioökonomischen Raumstruktur. Sie besitzen sowohl eine lokale Raumwirkung als auch eine überregionale und internationale Raumwirkung, z. B. Klima, Lärm, Emissionen.

Diese struktur-funktionale Betrachtungsweise des individualisierten „Ich“ als Teil einer modernen Gesellschaft in seiner mentalen, aber auch physischen Abhängigkeit von sozialen Systemen und Teilhabe belegt die Bedeutung von Infrastrukturnetzen als Modern-Commons-Systeme. Infrastruktursysteme verkörpern eine abstraktere Form des Gemeinwesens, die nicht individuell geschaffen, sondern intentional kollektiv erzeugt und weiterentwickelt wird und zum Erhalt der Funktionsfähigkeit des gesellschaftlichen Ganzen dient. Infrastruktur dient neben der physischen Grundfunktion als ein verlässliches Fundament einer postmodernen Gesellschaft. Dabei lassen sich die Objektebene, die Funktionsebene und die Systemebene unterscheiden, für welche Eigenschaften und Komponenten im Lebenszyklus der Subsysteme den gültigen Zielhierarchien entsprechend zu definieren sind. Aufgrund des lokalen Charakters von Infrastrukturanlagen können dezentrale Entscheidungsprozesse in einem definierten Rahmen in mehrfacher Hinsicht sinnvoll und effizient sein, zumal zentrale Steuerungsinstrumente in der Beteiligung örtlicher Akteure aufwendig sind und in Planung und Ausführung nicht immer hinreichend differenzieren.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Infrastruktursysteme elementare Funktionen für Wirtschaft und Gesellschaft erfüllen und einen Mehrwert erzeugen, dessen Nutzen und Kosten jedoch monetär nur unvollständig erfasst werden können. Gleiches gilt für systemimmanente und intergenerationelle Risiken. Da Infrastruktursysteme einem ständigen Wandel unterliegen, erschwert dieser sektorspezifische Mangel an Transparenz eine Strategiefindung für die Infrastrukturentwicklung und lässt Entscheidungsprozesse komplex werden. Hohe Investitions- und Fixkosten, unsichere Erlösaussichten und Aufwände in der Zukunft, die Unvollständigkeit von Informationen sowie der faktische Lock-in und die Monopolstellung von Netzbetreibern erhöhen die ökonomischen Gegensätze zwischen öffentlichen Auftraggebern, zivilgesellschaftlichen Interessen und privaten Investoren.

Um Infrastruktursysteme dauerhaft effizient zu betreiben und Investitionen planen zu können, muss eine nachhaltige Infrastruktur-Governance die Diskrepanz von volkswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Zielsystemen erkennen und Interessenskonflikten durch adäquate Entscheidungshilfen bei Standortentscheidungen, Umweltauflagen, Förderung von Investitionen, Instandhaltung sowie der Sicherstellung eines diskriminierungsfreien Systemzugangs und wettbewerbsgerechter Preise vorbeugen. Die

folgenden Governance-Ansätze für Infrastruktursysteme tragen in den von der OECD aufgezeigten Handlungsfeldern zur Realisierung einer an Nachhaltigkeit ausgerichteten Infrastruktur-Governance bei. Im Gegensatz zu den SES umfasst der Entscheidungsprozess für STS gleichermaßen die Dimension der Systemgestaltung und den Betrieb. Dazu werden für die Entwicklung von Infrastruktursystemen den ökonomischen und technischen Funktionen in einem übergreifenden Zielsystem langfristige soziale, politische und ökologische Anforderungen, Nutzen und Risiken gegenübergestellt. Erst durch die für Commons-Systeme übliche Integration von dezentralen Akteuren in die Definition strategischer Prämissen sowie lokaler Beteiligungsverfahren werden Kriterien transparent und die Entscheidungen vor Ort nachvollziehbar, sodass lokale Kompetenzen und öffentliche Interessen aktiv in einen Transformationsprozess eingebracht werden können.

3.2 Infrastruktur-Systeme und ihre Wertschöpfungsebenen

Systemisch betrachtet lassen sich die Funktionen einer klassischen Netz-Infrastruktur gut mit den Elementen eines modernen Rechnernetzes oder einer vernetzten IT-Plattform vergleichen. In der IKT wird der Infrastrukturbegriff systembeschreibend eingesetzt und bezieht sich auf die materielle Ausstattung eines Rechenzentrums oder Endgerätes²⁶³ mit Hardware²⁶⁴ und die Software²⁶⁵. Auch für Infrastruktursysteme, so soll im Folgenden gezeigt werden, können drei funktional differenzierte Ebenen unterteilt werden: eine materielle Basis, also eine Hardware, ein den Betrieb ermöglichendes Regelwerk, ein Betriebsprogramm und die Nutzung des Infrastruktursystems, das Anwendungsprogramm. Infrastruktur-Plattformen sind damit in den Kontext des soziokulturellen Systems und der Veränderungen eingebettet und unterliegen darüber hinaus der Dynamik der technisch-ökonomischen Systeme, die sowohl Infrastrukturnachfrage als auch -angebot mitbestimmen.

3.2.1 Infrastruktursysteme als vernetzte Plattformsysteme

Das dreistufige Wertschöpfungsmodell von Bereitstellen des Zugangs, Betreiben des Systems und Entnahme der Produkte (Abbildung 7) lässt sich prinzipiell auf die Arbeitsweise von traditionellen Infrastruktursystemen im Verkehrs-, Energie- und Kommunikationssektor übertragen. Die systemische Sichtweise ermöglicht eine funktionspezifische Perspektive auf Technik, Institutionen und Prozesse, z. B. im Sinne der nachhaltigen Transformation von bestehenden Infrastruktursystemen. Straßen und Stromverteilnetze

²⁶³ z.B. Computer, Mobiltelefon, Smartphone.

²⁶⁴ z.B. Zentraleinheit, Speichersysteme und Schnittstellen.

²⁶⁵ z.B. Betriebssystem, Anwendungsprogramme.

folgen den gleichen Prinzipien einer hierarchisch aufgebauten und regional differenzierten Netzarchitektur.

Vernetzte Infrastruktursysteme wie ein Schienenverkehrsnetz bestehen ebenfalls aus Hardware, der physischen Trasse, dem Unterbau, Schwellen und Schienen, Oberleitung und Leit- und Sicherungstechnik sowie Signalen, also aus technischen Subsystemen, ohne die kein sicherer Betrieb möglich wäre. Diese Hardware ist stationär und bildet die physische Distributionsbasis für die räumliche Verteilung der Leistungen eines infrastrukturellen Ressourcensystems, das in seiner Gesamtheit interurbane Regionen, Länder und Kontinente verbindet. Damit ein Zug auf dem Schienennetz fahren kann, benötigt der Lokführer einen Fahrplan, eine Fahrstraße und die Freigabe der Betriebsleitzentrale. Diese im betrieblichen Regelwerk genau definierten Prozesse bilden quasi das Betriebsprogramm des Schienenverkehrsnetzes. Die Apparate und Prozesse auf Anwendungsebene unterscheiden sich bei den verschiedenen Netzen. Ohne entsprechendes Equipment²⁶⁶ ist eine Ressourcenentnahme für den Nutzer eines Infrastruktursystems technisch kaum möglich.

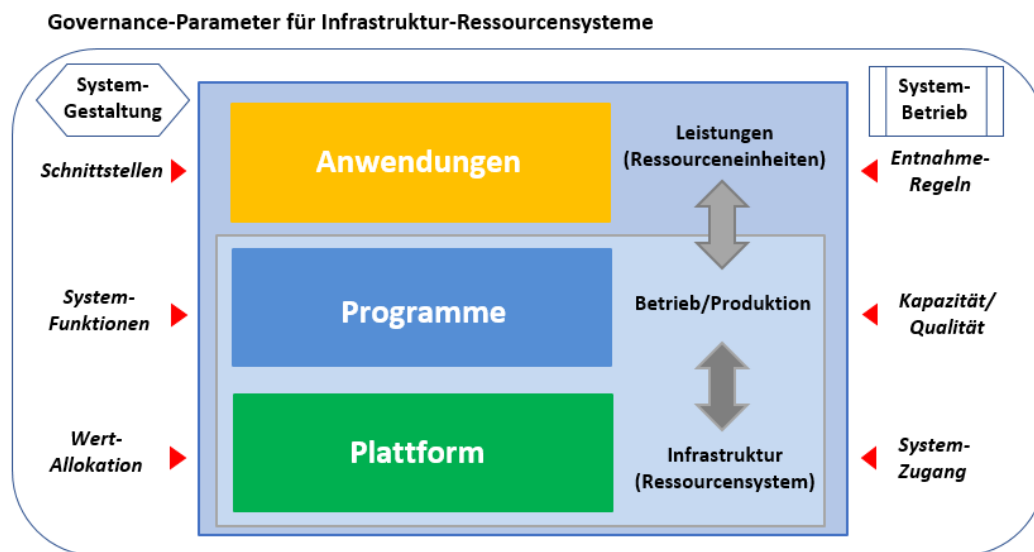


Abbildung 7: Governance-Parameter für Infrastruktur-Ressourcensysteme
Quelle: Eigene Darstellung

Somit können für Infrastruktursysteme anhand der funktionalen Transaktionsbeziehungen von Angebot und Nachfrage, Aktion und Reaktion, Plattform und Produkt strukturell drei komplementäre Infrastrukturebenen unterschieden werden: die physische Plattform, die Programme zum Betrieb sowie die Anwendungen zum Bezug von Infrastrukturleistungen. Dabei lassen sich für Systemgestaltung und Betrieb auf jeder der drei Ebenen die unterschiedlichen Parameter für eine nachhaltige System-Governance aufzeigen.

²⁶⁶ z. B. Telefone, Fahrzeuge, elektrische Apparate.

Wenn Infrastruktursysteme entwickelt oder angepasst werden, ist das auf der Plattformentebenen zuerst die Frage der Wert-Allokation, die ebenso wie der Systemzugang aus einer übergeordneten Perspektive entschieden werden sollte, und zwar unter angemessener Berücksichtigung der lokalen Spezifika und Interessen besonders bezüglich externer Effekte und Systemfolgen. Die Eckpunkte der Produktionsprogramme (Fahrplan, Produktionsplan etc.) hingegen und die tatsächlich erbrachten Kapazitäten und Qualitäten sollten hingegen so weit möglich den lokalen Bedürfnissen entsprechen und daher mit den Akteuren vor Ort vereinbart werden. Da zukünftig lokale Sharing-Verkehrsangebote und intelligente Vernetzung²⁶⁷ an Bedeutung gewinnen, wächst den lokalen Akteuren eine aktive Mitwirkung an der Systemgestaltung, Finanzierung und Betrieb als Prosumenten zu, besonders wenn Kraftwerke oder ICE-Halte nicht für jeden einzelnen Standort wirtschaftlich rentabel betrieben werden können. Durch die zentrale Definition der Schnittstellen werden Offenheit und Skaleneffekte sichergestellt, während die Entnahmeregeln systemspezifisch und flexibel auf lokale Gegebenheiten und Lösungen abgestimmt werden können.

Obwohl Infrastruktursysteme ihre Leistung über große Entfernungen entfalten, sind die Komponenten physisch und örtlich an einen konkreten Ort gebunden und damit an spezifische Umweltbedingungen sowie nationale oder internationale Rahmenbedingungen. Deshalb sind Investitionen in Infrastruktur-Entwicklung eine dauerhafte Wertallokation, unabhängig davon, ob sie privat oder öffentlich finanziert werden, und damit gleichzeitig ein Abbild der gesellschaftlichen Werte und Erwartungen an Wohlstand und Lebensqualität in Form soziotechnischer Möglichkeitsräume.²⁶⁸ Konvergenz und das gestiegene globale Bewusstsein für Klima und Ressourcen-Effizienz öffnen ein Handlungsfenster für eine sektorverbindende Reorganisation der Infrastruktursysteme, die von Branscomb und Keller in ihren Konvergenz-Untersuchungen der Infrastruktur-Industrien für die US-Regierung im Ansatz beschrieben wurde.²⁶⁹

3.2.2 Plattformbasierte Wertschöpfungsprozesse

Was für Laien wie eine homogene Infrastruktur erscheinen mag, ist in der technischen und wirtschaftlichen Funktionalität ein vielschichtiges „Gebäude“ mit unterschiedlichen „Etagen“. Das Prinzip von Infrastrukturnetzen als Plattformsystem lässt sich funktional vertiefen. In Anlehnung an das OSI-Layer-Modell für IT-Netze können neun eigenständig wertschöpfende Funktionsschichten innerhalb der drei Funktionsebenen von Infrastrukturnetzen identifiziert und unterschieden werden. In IT-Netzen kommuniziert jede Schicht X in einem Teilsystem mit anderen Schichten nX der anderen Teilsysteme. In

²⁶⁷ z.B. Smart Grids, Mobility2Grid, Breitbandversorgung.

²⁶⁸ Bijker, Hughes, Pinch 1987: S. 46.

²⁶⁹ Branscomb, Keller 1996.

Datensystemen werden für diese „Peer-to-Peer“-Kommunikation spezielle Protokolle (Layer-Protokolle) und Regeln festgelegt. Prinzipiell können Rollen und Regeln der Akteure in Infrastruktursystemen ebenfalls festgelegt werden, müssen aber zwischen den jeweiligen Akteuren für ein spezifisches Infrastrukturnetz spezifisch ausgehandelt werden. In den Netzebenen entstehen wirtschaftlich multipel verwertbare Produkte und diverse Verhandlungssituationen. Auch die Modern-Commons-Systeme sind geteilte Ressourcensysteme mit jeweils eigenständigen funktionalen Subsystemen, die als Elemente einer übergeordneten Modern-Commons-Infrastruktur von staatlichen, privaten und zivilgesellschaftlichen Akteuren entsprechend der lokalen Erfordernisse differenziert gestaltet werden können.

Im Internet erfolgt beispielsweise die Adress-Allokation und -Verwaltung für das globale Internet über nicht staatliche Commons-Institutionen wie die Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN). Während kommerzielle Infrastrukturbetreiber, Nutzer und Regulierer maßgeblich an der kommerziellen Gestaltung von Netznutzung und Zugang beteiligt sind,²⁷⁰ sorgt eine nahezu anonyme Organisation für die technische Funktionalität und Kompatibilität der Subsysteme. Auch bei anderen Infrastrukturnetzen wird explizit von Commons und den damit verbundenen Aushandlungsprozessen gesprochen, zumal durch die überstaatliche Regulierung ein diskriminierungsfreier Zugang sichergestellt und formale Netzneutralität hergestellt wurde.²⁷¹

Die proprietär gewachsenen Organisationsmodelle der Infrastrukturbetreiber im Energie- und Transportsektor folgen – historisch bedingt – einer vertikalen und hierarchischen Organisationslogik, während die IT-Industrie seit den 1990er Jahren in vernetzten horizontalen Funktionsebenen arbeitet. Der sukzessive Umbau dieser vertikal integrierten Strukturen zu funktional differenzierten horizontalen und transparenten Leistungsstrukturen von physischer Plattform, Enabling Services und Applikationen ist, nicht zuletzt aufgrund der Regulierung sowie technischer Entwicklungen, zunehmend auch in den klassischen Infrastruktursektoren erkennbar.²⁷²

Die physische Plattform (Ebene 1) stellt die infrastrukturellen Voraussetzungen und den Systemzugang sicher und auf den höheren Schichten (Ebene 2.1 – 3.2.) findet die erforderliche transaktionsbegleitende, logische Kommunikation zwischen Infrastruktur, Transporteuren, Netzzugangseinrichtungen (Endgeräten) und Nutzern statt. Auf den Ebenen 2 (2.2) und 3 (3.3) erfolgt über die Infrastrukturnetze ein physikalischer Transport

²⁷⁰ Knieps 2010.

²⁷¹ Knieps 2015.

²⁷² Whitney, Mottl 1996: S. 31; s. Tabelle 12.

im Sinne von einer realen Verbindung, einer Energie- oder Daten-Übertragung oder physischen Transportleistungen.

Ebene 1 bildet die technische Plattform und repräsentiert die Investitionen in die physische Infrastruktur, die in drei Funktionssichten gegliedert werden kann: 1.1 die Integration in die natürliche Infrastruktur, 1.2 die technische Infrastruktur, 1.3. den physischen Systemzugang zur jeweiligen Infrastruktur.

Infrastruktur Sektor/ Netz-Ebenen (vgl. OSI/IP-Modell)		Verkehr	Energie	Telekommunikation (IKT)
3. Produkt-Ebene: [Anwendungsschicht] → Öffentliches Gut, CPR, Privates Gut, Klubgut				
3.3	Infrastrukturabhängige Dienste (<i>Application Layer, Nutzung</i>)	Transportdienste, Eigentransport	Energiebezug, Einspeisung	IKT-Dienste, GPS, Internet, Media
3.2	Distributorischer Angebotszugang (<i>Presentation Layer, Portal, Vertrag</i>)	Buchungssystem, Tarif, Fahrerlaubnis	Vertrieb, Tarifmodell, Liefervertr.	Tarifmodell, Paket, Vertrag, Roaming
3.1	Phys. Nutzungszugang [Endgerät] (<i>Access Device Layer, Steuereinheit</i>)	Rad, Auto, Bus, LKW, Zug, Schiff, Flugzeug	Apparate, Geräte, Elektrofahrzeuge	PC, Telefon, Smart- Phone, Computer
2. Programm-Ebene: [Transportschicht] → Klubgut, CPR (Diskriminierungsfrei), Allmende, Gemeingut				
2.3	Kommerzielle Netzzugangsregeln (<i>Commercial Access Layer, Vertrag</i>)	Trassenpreis, Anlagen- preis, Maut, Parken	Energiebezug, Volumen, Rück-/ Einspeisung	Taktung, Volumen, Periode, Anschlüsse
2.2	Infrastrukturleistung (Betriebsleist.) (<i>Transport Layer, phys. Transport</i>)	Verbindung, Qualität, Zeitlagen, Verfügbarkeit, Verlässlichkeit, Reichweite, Nutzungsprofile, „Nutzlast“, Kapazität, Durchsatz		
2.1	Betriebssystem; Netzsteuerung, Service (<i>Network Layer, Sicherung</i>)	Regeln, Fahrplan, Netz- Management. Wartung	Netz- und Lastmana- gementsystem, Wartung	Regelwerke, Wartung Netzmanagement
1. Plattform-Ebene: [Netzwerkszugangsschicht] → Common Pool Resource (CPR), Allmende, Gemeingut				
1.3	Physischer Systemzugang (<i>Phys. Access Layer, Vermittlung</i>)	Bahnhof, Terminal, Häfen, Parkraum	Einspeisepunkt, Ver- teilnetz, Ladesäulen	Anschluss, Router, Netzknotten, Server
1.2	Technische Infrastruktur, Konstrukt., Transformation, Unterhalt, Rückbau (<i>Physical Link Layer, Verbindung</i>)	Schienen, Straßen, Signale, Brücken, Rangieranlagen, Schleusen, Kanäle	Leitung, Fernnetz, Verteilnetz, Masten, Generatoren	Leitungen, Sender, Antennen, Satelliten Basisstationen, NOC
1.1	Integration Natürliche Infrastruktur (<i>Physical Layer, örtliche Verankerung</i>)	Damm, Schwelle, Tunnel, Fundamente	Damm, Graben, Fundament, Erdung	Gräben, Fundament, Kabelschacht, Hügel

Tabelle 12: Infrastruktur als sektorverbindende Systemebenen (Beispiele)
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an OSI-Modell

Diese Plattform-Ebene stellt den physischen Zugang und die Betriebsfähigkeit eines Infrastrukturnetzes sicher. In der ersten, sozusagen der untersten Schicht (1.1) gilt es, in Planung und Ausgestaltung die Schnittstellen zur natürlichen Umwelt, also die Integration in die jeweils vorhandene Geographie, Topologie und natürliche Infrastruktur zu definieren. Es mag trivial erscheinen, aber in diesem ersten konzeptionellen Schritt, der darüber entscheidet, ob und wie ein Damm, ein Tunnel, ein Fundament oder der Unterbau einer Fahrbahn physisch gestaltet und in die Natur eingepasst werden, liegen wesentliche Hebel für die nachhaltige Gestaltung resilienter Infrastruktursysteme und ihrer

Wechselwirkungen mit der natürlichen Infrastruktur, wie der *Leitfaden für nachhaltiges Bauen* des Bundesbauministeriums es verdeutlicht.²⁷³

Für jede Ebenen lassen sich je drei Funktionssichten herausarbeiten, die die Infrastrukturprozesse schematisch umfassend darstellen und somit die Handhabung von infrastruktur-spezifischen Governance-Prinzipien in der Praxis erleichtern. Da im Umgang mit der Natur nicht nur ökonomische Maßstäbe gelten, können Wirtschaftlichkeit und Effizienz nicht die einzigen Maßstäbe für die Bewertung von Handlungen sein.

Zuvorderst stellt sich die Frage nach Effektivität der jeweiligen Maßnahmen in Bezug auf die gesellschaftspolitischen Zielsysteme und mögliche Alternativen bzw. Opportunitäten. Diese werden im BVWP 2030 auf Basis von Anregungen durch die Wissenschaft²⁷⁴ verstärkt berücksichtigt, auch wenn die verkehrspolitischen Ziele der Bundesregierung in Bezug auf Nachhaltigkeit von Infrastrukturinvestitionen noch nicht erreicht wurden. Es fehlen konkrete Vorgaben, um daraus spezifische Ziele, Investitions-Prioritäten für Bundesländer und Regionen abzuleiten, wie beispielsweise den angestrebten Versorgungsgrad mit Infrastruktur-Leistungen (Unter- oder Überversorgung), spezifische Anforderungen an Systemqualitäten oder andere Systemanforderungen an die weitgehend öffentlich finanzierte Verkehrsinfrastruktur. Es besteht ebenso Diskursbedarf über eine nachhaltige Zielarchitektur der Energienetze oder die angemessene Breitbandausstattung im ländlichen Raum als Beispiel aus der Telekommunikation, da öffentliche und private Investitionen von sich wandelnden gesellschaftlichen Erwartungen und politischen Vorstellungen ebenso beeinflusst werden wie von technischem Fortschritt oder verändertem Verbraucherverhalten. Verkehrs- oder umweltpolitisch definierte Ziele wie weniger Unfälle, Verkehrstote oder Emissionen durch Mobilität, weniger Landschaftsverbrauch, Gewässerschutz oder Diversitäts-Ziele können in der Planung von Infrastruktursystemen nicht auf die Einhaltung von Grenzwerten reduziert werden.

Die standortspezifische Planung eines Tunnels oder Windrades, einer Brücke oder Verkehrsstation nach Raumordnungs- und Umweltschutzrichtlinien soll nicht weiter vertieft werden. Im Sinne einer nachhaltigen Wertallokation durch Entscheidungen zur Infrastrukturentwicklung gilt es, neben den bautechnisch und funktional notwendigen Überlegungen und Maßnahmen frühzeitig übergeordnete Interessen der Gesellschaft für die standortspezifische Situation und entsprechende Anforderungen zu operationalisieren und verbindlich im Planungs- und Finanzierungsprozess für Infrastruktursysteme zu verankern. Zur Gestaltung von nachhaltigen Strategien, Prozessen und

²⁷³ BMVBS Leitfaden 2011.

²⁷⁴ Beckmann, Rothengatter, UBA 2012.

Bewertungssystemen bietet sich grundsätzlich die Modern-Commons-Theorie einschließlich der im Folgenden vorgestellten Methoden und Instrumente an.

Die zweite Schicht (1.2) beinhaltet die Anforderungen und die Ausgestaltung der technischen Infrastruktur sowohl im Rahmen von Neu- und Ausbaumaßnahmen als auch für eine Transformation – wie den Umbau eines lokalen Stromnetzes als Speicher- und Ladeinfrastruktur für Elektromobilität – und stellt damit die Kompatibilität und Funktionalität der physischen Teilsysteme einer Transportinfrastruktur, *de facto* den Transport- oder Übertragungsweg sicher. Dieser Oberbau umfasst alle ortsfesten Gewerke der technischen Ausstattung vom Asphalt bis zur Ampelanlage, von der Stahlschiene bis zum digitalen Signalsystem, dem Kanal und der Schleusenanlage oder den Mobilfunkantennen, Basisstationen und Netzleitzentralen, die in der Logik des Netzaufbaus vergleichbare Funktionen ausüben, obwohl die System-Komponenten sich in ihrer Technik je nach Anwendungsbereich stark unterscheiden.

Infrastruktur bedarf eines geregelten Systemzugangs, der durch die dritte Schicht (1.3) sichergestellt wird. Im Schienentransport sind neben Bahnhöfen das bekannteste Beispiel Schranken, die an Bahnübergängen offen Zugang gewähren oder geschlossenen Zutritt verwehren und damit Gefährdungen zwischen ungleichen Verkehrsteilnehmern verhindern. Ähnliche technische Sicherungen bestehen im Energiesektor und in Kommunikationsnetzen. Verkehrsstationen, Bahnhöfe, auch Bus- oder Rangierbahnhöfe fungieren als intermodale Portale der Infrastruktur zu den Verkehrsträgern im Personen- und Güterverkehr.

In den untersuchten mehrstufigen Infrastruktursystemen werden seit der Liberalisierung der Netze die technischen Ausschlussmöglichkeiten per Gesetz beschränkt, sodass jeder, der sich dafür qualifiziert, das Ressourcensystem zur Erbringung seiner Dienstleistungen nutzen darf. Eine Regulierungsbehörde, die Bundesnetzagentur, entscheidet über die Netzzugangsberechtigung, die Höhe der Entgelte, Zulassungs- bzw. Ausschlusskriterien und schlichtet Konflikte.

Auf der Programm-Ebene eines Infrastrukturnetzes, die auch als Transport-Ebene bezeichnet wird, entsteht im Regelbetrieb eine messbare Infrastrukturleistung, die über die Verfügbarkeit, den Umfang und die Qualität der produzierten Ressourceneinheiten entscheidet. Dadurch werden die vermarktbare System-Kapazität und Performance bestimmt.

Die erste Funktionsschicht (2.1) bildet das Management-System ab, das den Betrieb und die ordnungsgemäße Instandhaltung gewährleistet und somit eine sichere und möglichst friktionsfreie Nutzung der Infrastruktur ermöglicht. Kein Infrastruktursystem funktioniert

ohne Regeln, nach denen Produktions- oder Fahrpläne erstellt werden, die die Interessenskonflikte von Transporteuren für Züge, Energie oder Daten aussteuern und Kollisionen während eines Transportes vermeiden. Entnehmen unterschiedliche Transporteure durch Nutzung derselben Infrastruktur Ressourceneinheiten, unterliegen sie alle einem Regelwerk, um ein Höchstmaß an Sicherheit und Qualität für alle Beteiligten zu gewährleisten. Was die bei sozialökologischen Commons-Systemen die Natur leistet, ist bei soziotechnischen Infrastruktursystemen nur mit Investitionen und laufendem Steuerungsaufwand zu erreichen. Der Bedarf an transparenten Verkehrsregeln ist durchaus nicht neu, bereits Tacitus²⁷⁵ berichtet über Vorfahrtsregelungen im alten Rom und der Sprach- und Sozialforscher Jakob Grimm hat anhand zahlreicher Beispiele aus den unterschiedlichen deutschen Landschaften die Rechtsprechung – z. B. über Wegerechte, Abgaben oder Fristen – dokumentiert und verglichen.²⁷⁶

In der zweiten Funktionsschicht (2.2) wird die konkrete Transportleistung der Infrastruktur geplant und jeden Tag neu hergestellt. Hier werden Trassen-Anfragen, Datenvolumina oder Energieflüsse geplant, gebündelt und in den Tagesfahrplan eingesteuert. Der Verlauf realer Transporte beansprucht hingegen physische Kapazität in einem Netz, das in der Realität auseinanderfallen kann. Jedes System hat deshalb Reserven, die bei einem planmäßigen Verlauf zu hoher Zuverlässigkeit und Transportqualität führen, während Störungen im Betriebsablauf, solange sie sich im Rahmen der Reserven bewegen, ausgesteuert werden können oder je nach Umfang und Dauer zu Verzögerungen oder zu erheblichen Einschränkungen im Gesamtsystem führen. Bei einem Rechnernetz kann dies zu Millisekunden an Wartezeit, im Stromnetz zu einem Kurzschluss oder im Verkehrsbetrieb zu einer Verspätung führen, also zu Systemstörungen, die je nach ihrer Dauer und Lage im jeweiligen Subsystem mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des ganzen Netzes, also mit Risiken für das Gesamtsystem verbunden sind.

Die dritte Funktionsschicht (2.3) stellt der kommerzielle Netzzugang dar, der sich in der Regel nicht an Endverbraucher richtet. Hier werden die Grundlagen zur Buchung und Abrechenbarkeit von erbrachten Infrastruktur-Leistungen sichergestellt sowie die Tarife hinterlegt. Die Preisgestaltung bei liberalisierten Infrastrukturnetzen wie Telekommunikation, Schienen, Bahnhöfe und Energie unterliegen in Deutschland einer Regulierung durch die Netzagentur, die jedoch netzspezifisch sehr unterschiedlich gestaltet wird. Obwohl sich die komplementären Infrastrukturleistungen im Schienenverkehr an dieselben Kunden richten, besteht in den Preissystemen für Trassen, Rangieranlagen und

²⁷⁵ Fuchs, Kreowski 1911.

²⁷⁶ Grimm, J. 1866.

Bahnhöfe keine Konsistenz oder gemeinsame Logik. Für Straßen und Wasserstraßen besteht bisher keine allgemeine Mautpflicht, allerdings wird für Lkw seit 2000 eine Maut erhoben und eine Straßenabgabe für Pkw ist geplant.

Zeitabhängige Preissysteme, die über den Zugang zu Häfen oder die Nutzung von Telefonnetzen und Parkplätzen bestimmen, sind ein Beispiel für die Wechselwirkung von Kapazität und Angebotsmanagement. Die dynamische Tarifgestaltung für öffentlichen Parkraum oder der Zugang zu Sonderzonen (Busspur, Innenstadt) gewinnt angesichts der veränderten Anforderungen, z. B. des Bedarfs an Ladestationen und Anreizen für Elektromobilität, für die Programmebene als flexibles Steuerungsinstrument im Sinne der nachhaltigen Nutzung an Bedeutung.

Die Definition von gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Anforderungen, die sich aus der Programmebene im Vorfeld einer Infrastrukturmaßnahme ergeben, bietet die Möglichkeit, Kosten und Nutzen ganzheitlich zu bewerten und Auswirkungen auf Menschen und Umwelt von Planungsvarianten zu vergleichen. Um diesen Prozess in einem Maßnahmen-Portfolio – wie beispielsweise dem BVWP – transparent zu gestalten, sind geeignete qualitative und quantitative Kriterien für Nachhaltigkeit zu entwickeln und zwischen den Akteuren abzustimmen, um einen optimalen und nachhaltigen Einsatz von öffentlichen Mitteln zu gewährleisten. Ebenso wie Infrastrukturnetze Regelwerke für den Systemzugang und die diskriminierungsfreie Entnahme von Leistungen benötigen, sind verbindliche Regeln für die nachhaltige Bereitstellung, den Unterhalt und die Anpassung von Infrastruktursystemen erforderlich. So könnten Investitionen und regionale Ausschreibungen für Verkehrsleistungen an Emissionsziele (CO₂, NOX) oder Bedienqualitäten (z. B. Fahrplan, Deutschland-Takt) gekoppelt werden.

Erst die dritte Ebene, die Produktebene der Infrastruktur-Systeme, vermittelt die jeweilige Infrastrukturleistung an den gewerblichen und privaten Nutzer. Infrastrukturleistungen können sowohl als Endprodukte konsumiert wie auch als Vorprodukte in anderen Wertschöpfungsprozessen genutzt werden. Gespeichert werden kann das System-Output in Form der Ressourceneinheiten i. d. R. nicht. Dagegen kann der Zeitpunkt der Inanspruchnahme eines Anrechts auf Nutzung bzw. Entnahme von infrastrukturellen Ressourceneinheiten durch Tarifgestaltung oder Nutzungsbedingungen beeinflusst werden. Deswegen ist für ein besseres Verständnis der geleisteten Wertschöpfung zwischen dem reinen Infrastrukturzugang und dem Bezug bzw. Verbrauch der entsprechenden Infrastrukturleistung zu unterscheiden. In den monopolistisch geprägten Infrastrukturmärkten befand sich diese Produktebene traditionell in der eigenen Gestaltungshoheit der vertikal integrierten Netzbetreiber.

Auf dieser Produktebene teilen sich heute – als Folge der disruptiven Transformation des Infrastruktursektors – verschiedene Netzbetreiber, Serviceprovider und Hersteller die Aufgaben der Produktgestaltung. Dadurch gewinnt diese oberste, nachfrageorientierte Ebene faktisch an Einfluss auf infrastrukturbasierte Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsprozesse. In digitalen Industrien haben sowohl Diensteanbieter (Google, Amazon etc.) als auch Endgerätehersteller (Apple, Tesla) und Betreiber von komplementären Netzen²⁷⁷ damit begonnen, ihre Wertschöpfungsketten auf die Anwendungsebene auszudehnen. Betreiber von digitalen Netzen integrieren oder reintegrieren ihre Leistungsangebote vertikal über eigene Infrastrukturdienste (iTunes, Skype) und horizontal über das Angebot von vorhandenen Infrastrukturkapazitäten an Dritte (Rechenzentren, Satelliten) bzw. eigene Endgeräte (iPhone, Kindle). Durch infrastrukturnahe Leistungsangebote, die sowohl die Kundenbindung als auch die Systemauslastung erhöhen erweitern Netzbetreiber die eigene Wertschöpfungstiefe strategisch. Die Vielzahl innovativer Lösungen zur Systemnutzung unterstreicht den Commons-Charakter der Infrastruktursysteme, weil auf derselben technischen Plattform fallweise Markt-, Gemeingut- oder CPR-Regelungen für die Ressourcenentnahme getroffen werden.

Die erste Funktionsschicht ist der physische Zugang (3.1) über das infrastrukturspezifische Endgerät. Der Zugang zu einer beliebigen Infrastruktur erfolgt für den Nutzer über ein technisches Hilfsmittel (Device), welches ihm die Nutzung und Entnahme von Ressourceneinheiten, z. B. Transportleistung, Strom oder eine Verbindung, ermöglicht. Im Verkehr sind es Fahrzeuge, auch Schienen-, Luft- und Wasserfahrzeuge, im Energiesektor sind es z. B. Elektrogeräte, die Strom verbrauchen, und in der Telekommunikation ist es in der Regel ein elektrischer Apparat, der eine Verbindung zu einem Kommunikationsnetz herstellt, ein Telefonapparat, Radio, Fernsehgerät oder schon digitale Endgeräte wie Computer, Router, GPS-Empfänger oder Smartphones.

Die nächste Funktionsschicht (3.2) bestimmt den distributorischen Netzzugang. Dieser ist wichtig, weil er darüber entscheidet, wie der Infrastrukturnutzer über die Netzleistung verfügen kann. Hierüber entscheiden sowohl Tarifmodelle als auch (digitale) Vertriebssysteme, die teilweise mit Endgeräten oder Liefervereinbarungen gekoppelt sind. Stadtwerke stellten im 19. Jahrhundert ihren Kunden den Gasherd mit einem Gasanschluss und einem Versorgungsvertrag zur Verfügung. Anbieter nutzen auch heute, z. B. in der Telekommunikation, ähnliche Vertriebsmechanismen. Der öffentliche Personenverkehr stellt seine mobilen Endgeräte Bus, Bahn, Carsharing oder Taxi dem Nutzer anteilig für eine Periode oder Strecke zu einem definierten Preis zur Verfügung. Im Güterverkehr bringen Kunden eigene Waggons mit oder beauftragen einen Spediteur mit dem

²⁷⁷ Energie-, IKT-, Straßen- und Schienennetze

Waretransport. Der Transport kann unter Festlegung auf eine Infrastruktur erfolgen oder der Spediteur kann die von ihm organisierten Warenströme intermodal bündeln und optimieren. Operativ erfolgt diese Festlegung i. d. R. in Abhängigkeit von den Transportkosten, wobei gewerbliche Nachfrager von einer betriebswirtschaftlichen Vollkostenbetrachtung ausgehen und beispielsweise die Verzinsung des gebundenen Kapitals einrechnen. Das macht z. B. den Schienentransport hochwertiger Kapitalgüter (Computer etc.) zwischen China und Westeuropa attraktiver als den zehn Tage länger dauernden Seetransport.

Die dritte Funktionsschicht (3.3) betrifft die Gestaltung der Dienste. Durch die scheinbar unendlichen Möglichkeiten für innovative und individualisierte Angebote wirkt das (mobile) Internet reflexiv auf die traditionellen Infrastrukturen, fordert deren Transformation und unterstützt diese gleichzeitig technisch als Enabler. Werden die aus dem Internet bekannten Mechanismen, die durch diese Ebenen repräsentiert werden, in die Wertschöpfungsprozesse klassischer Infrastrukturbetreiber übertragen, werden neue, disruptive Geschäftsmodelle denkbar. Die Fähigkeit neuer Marktteilnehmer, digitale Geschäftsmodelle flexibel, nachfrageorientiert und effizient zu gestalten, ist disruptiv für die Zukunft bestehender Infrastrukturbetreiber und somit strategisch wie wirtschaftlich existenziell. Gleichzeitig können durch Vernetzung und Digitalisierung eine flexiblere Nutzung, eine erhöhte Qualität und Auslastung sowie eine zustandsgerechte Instandhaltung von Infrastrukturnetzen gewährleistet und negative Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft gezielt reduziert werden.

Für Infrastruktur-Plattformen kann zusammenfassend festgehalten werden, dass durch die Differenzierung ihrer Funktionen in den genannten Wertschöpfungsebenen die Systemgestaltung und Leistungserbringung transparent diskutiert und flexibler anhand lokaler Bedürfnisse gestaltet werden kann. Im Sinne von Modernen Commons trägt die Mitwirkung lokaler Akteure somit zur wertschöpfenden Systemgestaltung und dem Betrieb bei, was durch die Möglichkeiten der digitalen Interaktion zusätzlich gefördert und wirtschaftlich attraktiver wird. Jede Art der Fortbewegung benötigt Energie, deren Bereitstellung bei Straßen-Elektromobilität wie im schienengebundenen Verkehr prinzipiell über Leitungen²⁷⁸ oder wie marktvorbereitend in Erprobungen über mobile On-Board-Speicher²⁷⁹ und stationäre Ladesysteme²⁸⁰ oder mobile Ladesysteme²⁸¹ erfolgen kann.²⁸² Am gewählten Transformationsbeispiel der Elektromobilität lässt sich erkennen, wie sich Rollen in der Infrastrukturbereitstellung herausbilden, sektorübergreifend vernetzen und

²⁷⁸ z. B. Trolley-Busse, spurgeführte Fahrzeuge, Induktionssysteme.

²⁷⁹ z. B. Batterien, Wasserstoff, Brennstoffzellen.

²⁸⁰ z. B. Ladesäulen, Induktionsleitungen.

²⁸¹ z. B. Hybridmotor, Solar o. a.

²⁸² MKS der Bundesregierung, BMVBS 2013.

verändern werden. Grundsätzlich stellt Elektromobilität im Verkehr zuerst eine neuartige bzw. nach 100 Jahren wiederentdeckte Antriebsform im bestehenden Infrastruktursystem Straße dar. Im Schienenverkehr in Europa wird seit rund 100 Jahren die Mehrzahl der Fahrzeuge elektrisch angetrieben, was zum Aufbau einer engmaschig vernetzten Elektrizitäts-Versorgungsinfrastruktur entlang der Bahntrassen durch die Eisenbahnunternehmen geführt hat.

Heute steht weder fest, wie sich das Elektroauto als Alternative im karbongetriebenen Individualverkehr durchsetzen wird, noch welche Batterie-Technologie letztlich die erfolgreiche Lösung unterstützen wird. Sofern Elektromobilität, Wasserstoff- oder LNG-Antriebe nicht nur eine konzeptionelle „Orchidee“ in laborartigen Schutzräumen bleibt, sind Konsequenzen für die Infrastrukturausstattung im Energiesektor absehbar. Gleichzeitig sind zwei weitere Trends erkennbar, das autonome Fahren und die digitale Vernetzung, z. B. über Smartphones und ein mobiles Internet. In dem Maße, in dem sich technische Entwicklungen wie autonomes Fahren oder in Echtzeit vernetzte und damit intelligent organisierte Mobilität im Verkehrsmarkt durchsetzen, werden sich zwangsläufig die Anforderungen an die Gestaltung von Straßen- und Energienetzen sowie die öffentlichen Verkehrssysteme anpassen. Ein Beispiel für autonomes Fahren ist ein Projekt in Großbritannien,²⁸³ das die Interdependenzen und die Crossover-Effekte aus verschiedenen Industriesektoren veranschaulicht.

Die Ausgestaltung von Ladeinfrastrukturen als Systemzugang (Funktionsschicht 1.3) kann nicht unabhängig von der Entwicklung von Fahrzeugen und dem Fortschritt bei Antriebs- und Batterietechnologien (Funktionsebene 3.1 u. 3.3) erfolgen, da diese sowohl quantitativ als auch qualitativ entscheidende Schlüssel einer zukünftigen Nachfrage sind. Wesentliche Aufgaben und Prinzipien der Infrastrukturplattformen können und müssen zeitgleich und unabhängig vom einem spezifischen Endgerätetyp entwickelt, erprobt und festgelegt werden, damit die Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge von Beginn der Nutzung an zur Verfügung steht. Einen Schritt auf diesem Weg stellen die Bemühungen zur europaweiten Standardisierung und darunter die Einführung eines einheitlichen Ladesteckers²⁸⁴ dar. Auch einer gemeinsam genutzten Technik, die als

²⁸³ In der englischen Kleinstadt Milton Keynes beginnt mit einem Feldversuch 2015 eine neue Ära der Mobilität. Ab 2017 sollen dort selbstfahrende Kabinenroller die Menschen von A nach B transportieren. Autonom, elektrisch und vernetzt lassen sie sich per Smartphone ordern. 100 Fahrzeuge fahren elektrisch und auf einer eigens für sie etablierten Spur. Die Geschwindigkeit beträgt max. 19 Km/h und kann vom zentral geplanten Server gut berechnet werden. Je schneller eine Einheit sich bewegt, desto schneller muss das Systemrechnen rechnen können. Die Kapseln agieren aufgrund der eingebauten Sensorik, die durch Software ausgewertet werden. Bis zum Jahr 2017 soll die Flotte stehen und ihre Reichweite soll mit weiterführender Technologie ausgeweitet werden. Das Projekt, das rund 75 Millionen Pfund kosten wird, wird von der britischen Regierung finanziert. Die Kooperation umfasst auch die Cambridge University, sowie das Ingenieurbüro ARUP. Der Preis für die Fahrt beträgt zwei britische Pfund (~2,40 Euro). Es werden Einnahmen von zwei Millionen Pfund pro Jahr erhofft. Quelle: The Audi Urban Future Initiative, 2013

²⁸⁴ Typ 2, Mennekes-Stecker, Der Spiegel: März 2014.

Infrastruktur-Plattform vereinbart wurde, können Eigenschaften von Commons zukommen. Die von der EU unterstützte Einigung auf eine gemeinsame Stecker-Technologie senkt Entwicklungsaufwand und Produktionskosten für Hersteller, die Risiken der Marktdurchdringung und Kosten für Infrastrukturanbieter, während Marktchancen für Fahrzeughersteller und Zulieferer steigen.

Diese Wirkung freiwilliger, multilateraler Standardisierungsprozesse für die Entstehung einer flächendeckenden Infrastruktur im Sinne von Gemeingütern der Moderne lässt sich empirisch am Beispiel der durch die EU und die CEPT geförderten Entwicklung des GSM-Standards für Infrastruktur und Endgeräte im digitalen Mobilfunk belegen. Der 1989 industrieübergreifend entwickelte Standard hat sich als ein technisches Commons zum pfadbildenden Weltstandard des digitalen Mobilfunks entwickelt.²⁸⁵ Der exponentiell wachsende Weltmarkt für digitalen Mobilfunk wurde später zum kosteneffizienten Treiber der permanenten Vernetzung für das mobile Internet, und die GSM-basierte Logik und Netzinfrastruktur fungierten als technische Plattform für die nachfolgenden Übertragungsstandards UMTS, LTE und demnächst 5G. Entsprechend können Commons-Eigenschaften in der Standardisierung der Interoperabilität von Infrastrukturnetzen für Datennetze, Funkfrequenzen, Navigationssatelliten (Galileo), aber auch Energiesysteme,²⁸⁶ Straßenverkehr, Luftverkehr (Euro Control), Schienenverkehr²⁸⁷ als Commons-Regelungen für gemeinschaftlich genutzte Infrastruktursysteme bezeichnet werden.

Dynamische Programme verbessern Infrastrukturnutzung und -auslastung. Die mehrstufigen Infrastrukturnetze in Europa wurden in den letzten Jahrzehnten liberalisiert und stehen damit als Ressourcensysteme unterschiedlichen Nutzern offen. Die jeweiligen Programme zur Erbringung der betrieblichen Infrastrukturleitungen unterliegen einer technischen Überwachung und anlagenspezifischen Genehmigung. Aufgrund eines politisch induzierten Verzichtes auf Anwendung der prinzipiell vorhandenen technischen Ausschlussmöglichkeiten handelt es sich um CPR-Systeme, die teilweise Klubgut-Eigenschaften aufweisen. Straßen, Parkplätze, Telefonzellen stehen ebenso wie Seen und Wasserstraßen prinzipiell jedermann zur Nutzung offen, soweit dafür keine spezifische Nutzungsgenehmigung (Fahrerlaubnis, Angelschein) gefordert wird. Die infrastrukturelle Nutzung von Energienetzen oder Schienennetzen bedarf hingegen eines geregelten Systemzugangs. Dieser offene Zugang kann zeitlichen Einschränkungen unterliegen, wie es bei Nebenstrecken der DB Netz AG oder bei spezifischen Systemzugängen wie Bahnhöfen, Häfen und Haltestellen der Fall ist. Die Infrastrukturnutzung ist systemabhängig entgeltpflichtig (Telefonnetze, Energienetze, Schienennetz, Straßen oder

²⁸⁵ EITO Yearbook 1999.

²⁸⁶ z. B. Spannungsfrequenzen, Overlay-Netze, Taktung.

²⁸⁷ z. B. Spurbreite, Lichtraumprofile, Signal- und Kommunikationssysteme, ETCS.

Tunnel mit Mautpflicht, bewirtschafteter Parkraum) oder kostenfrei (Internet, Straße für Fußgänger, Radfahrer, Pkw, freie Parkplätze und Gewässer). Der Systemzugang, die Kapazitätsallokation und Entgelte für Infrastruktursysteme unterliegen weitgehend einer öffentlichen Regulierung.

Infrastrukturnetze bilden natürliche Monopole. Als diskriminierungsfreie Plattformen realisieren sie volkswirtschaftliche Größen- und Verbundvorteile und folgen gleichzeitig der ökonomischen Logik von CPR-Systemen. Je mehr Individuen ein Netz benutzen, desto mehr erhöhen sich der gemeinsame Nutzen und die Effizienz für den Betreiber.²⁸⁸ Diese Skaleneffekte können sowohl bei der Errichtung als auch beim Betrieb von Infrastruktursystemen auftreten und fallweise als Synergien zum Systemausbau genutzt oder als Kostenvorteile an Netznutzer weitergegeben werden. So wird der Nutzen eines Commons-Ressourcensystems größer und die Ressourceneinheiten können aufgrund von Skaleneffekten kostengünstiger erzeugt werden.

Die Entwicklung des vertikal integrierten Energiemarktes in Deutschland nach der Liberalisierung zeigt die Dynamik, die sich zwischen und auf den differenzierten Ebenen herausgebildet hat, die insgesamt im Laufe von zwei Jahrzehnten zu einem neuen Marktmodell einer effektiven Kooperation diverser unabhängiger Anbieter geführt hat. Durch Marktregulierung Anfang des 20. Jahrhunderts vorgegebene Strukturen wurden mittels neuer Rahmenbedingungen weiterentwickelt und die Erschließung erneuerbarer Energieträger in großem Umfang hat die physischen Flüsse und Geschäftsmodelle im Energiesektor verändert. Die nächste Transformation der digitalen Vernetzung zwischen den Infrastruktursektoren steht bevor, wie die Entwicklung der Elektromobilität belegt.

Das Prinzip skalierbarer Wertschöpfungsebenen im Infrastruktursektor basiert auf funktionaler Differenzierung von Leistungen, einer Kompatibilität der technischen Subsysteme. Dies ermöglicht eine flexible Struktur zur Schaffung verlässlicher Institutionen, die diskriminierungsfreien Zugang zu Infrastruktur-Plattformen gewähren und beispielsweise Wettbewerb auf der Dienste-Ebene ermöglichen, Entwicklungen, die in der Telekommunikation, im Energiesektor und zunehmend auch im Verkehrssektor²⁸⁹ zu beobachten sind,.

Whitney²⁹⁰ weist mit Blick auf die zunehmende Konvergenz der technischen Infrastrukturen auf wesentliche Unterschiede der Dynamik in Funktionen, Innovationsgrad sowie deren Auswirkungen auf Zielsysteme, Investitionsverhalten und Systeminstandhaltung in den Sektoren hin, die z. B. für Verkehrssysteme zu berücksichtigen sind. Die

²⁸⁸ Knieps 2007: S. 5.

²⁸⁹ Buchungsplattformen für Flüge, Hotels, Fernbus, Car-Sharing-Angebote.

²⁹⁰ Whitney, Mottl 1996.

Entwicklung der Informationstechnologien sei von einer offenen Vision für Entertainment kommerzgetrieben, während die bestehenden Transportsysteme auf Straße und Schienen mit geringerer Priorität seitens der öffentlichen und privaten Investoren funktional nach dem Obsoleszenz-Prinzip betrieben werden, das einer administrativen Kosten-Nutzen-Logik mit dem Anspruch auf politische Gestaltungseingriffe und inkrementellen Fortschritt folgt.²⁹¹

Als Zwischenfazit ist festzuhalten, dass die vertikal integrierten Infrastruktur-Sektoren für Verkehr, Energie und Telekommunikation (IKT) sich zu horizontal organisierten Wertschöpfungsebenen von Plattform, Programm- und Anwendungsebene wandeln. Zur Erfüllung der fundamentalen Infrafunktionen wurden flächendeckende Infrastruktursysteme geschaffen, die Skaleneffekte nutzen und sich von vertikal integrierten Monopolstrukturen zu vernetzten Funktionsebenen im Infrastruktursektor transformieren. Treiber dieser systemischen Vernetzung durch Innovationen und Digitalisierung sind zunehmende Nachfrageorientierung der Anbieter, technische Konvergenz, Eintritt neuer Akteure in den Markt sowie eine veränderte Rolle des Staates und verschärfte Umweltziele, die auch durch Knappheit der Global Commons bedingt sind.

3.2.3 Infrastruktur als Plattform gesellschaftlicher Entwicklung

Gesellschaft und Wirtschaft unterliegen mit Schlagwörtern wie Globalisierung, Digitalisierung, Vernetzung und Disruption diskutierten ständigen Innovationsprozessen, die mit einer Tendenz zu steigenden Systemkosten für nachhaltige und resilient ausgelegte Transaktionsplattformen verbunden sind. Die ökonomische Bedeutung der digitalen Transformation ist so groß geworden, dass sich nach dem Heranwachsen junger Wirtschaftszweige der „New Economy“ mit ihren insbesondere technikbasierten und werbefinanzierten Geschäftsmodellen ein gravierender Wandlungsprozess in der „Old Economy“ abzeichnet, der in Deutschland unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ zusammengefasst wird. Auf neuen Informations- und Kommunikationstechnologien basierend und mit den Möglichkeiten moderner Infrastruktur-Plattformen ausgestattet, werden digitale Vernetzung und Systeme die realen Produktionsprozesse in Industrie und Dienstleistung grundlegend verändern.²⁹² Die flächendeckenden Infrastrukturnetze für Eisenbahn, Elektrizität und Telefonie entstanden in ihrer Struktur im 19. Jahrhundert und wurden in der Vergangenheit – und werden in Zukunft – sukzessiv Veränderungen von Grenzen, Märkten, Technologien und Bedürfnissen angepasst.

Welche Funktionen als Nutzen für die Allgemeinheit verstanden werden, unterliegt wie die Technologie selbst einem Wandel. Durch Innovationen wird die allgemeine

²⁹¹ Whitney, Mottl 1996: S. 39f.

²⁹² Picot et. al. 2005.

Wahrnehmung des technisch Machbaren verändert, erst mit Aufbau der entsprechenden Infrastruktur wandeln Infrastruktursysteme die realen Möglichkeitsräume, abhängig von Verfügbarkeit von Netzen und Endgeräten in hinreichender Qualität, sinkenden Kosten und Zugangsbedingungen zu Infrastrukturangeboten. Obwohl in den frühen 1980er Jahren das analoge C-Netz für Mobilfunk schon gebaut wurde, wäre niemand auf die Idee gekommen, Funktelefone im öffentlich beweglichen Landfunk (OEbL) der Bundespost mit damals etwa 250.000 Nutzern als unverzichtbaren Teil der Daseinsvorsorge zu bezeichnen. Im Rahmen der Privatisierung der Bundespost (1995) wurde der Telekom AG eine Mindestversorgung mit Telefonzellen politisch vorgeschrieben. Die Entwicklung des Mobilfunks zum Massenprodukt war zu diesem Zeitpunkt zwar technisch absehbar, aber wurde nicht als realistische Substitutionsmöglichkeit wahrgenommen.

Noch Anfang der 1990er Jahre wurde der Zugang zu digitalem Mobilfunk im D-Netz als exklusives privates Gut mit prohibitiv hohen Preisen betrachtet, obwohl mit der Öffnung des Netzbetriebes für private Betreiber 1989 die Weichen für einen potenziellen Massenmarkt gestellt worden waren, was die Zahl von 50 Mio. Nutzern in digitalen Funknetzen im Jahr 2000 belegt.²⁹³ Im Jahr 2015 gab es über 100 Millionen Mobiltelefonanschlüsse in Deutschland und die Übertragungsgeschwindigkeit von unter 1 Mbit/s im mobilen Internet (UMTS) gilt als Unterversorgung. 50 Mbit/s werden in der digitalen Agenda der Bundesregierung als Mindeststandard genannt und von der Allgemeinheit erwartet.²⁹⁴ Mit der Verbreitung einer neuen Technik verändern sich sukzessive die Möglichkeitsräume und die gesellschaftlichen Erwartungen an Funktion, Verfügbarkeit und Qualität von Modern-Commons-Systemen.

Deutschlands erster Provider für intelligente mobile Dienste, SmapCo (Smart Mobile Applications Company), wurde Anfang 2000 gegründet. In der damals bestehenden GSM-Infrastruktur ermöglichte die verfügbare Netzbandbreite für Ortung (LBS) oder individualisierte WAP-Dienste (Wireless Application Protocol) keine ausreichende Servicequalität und Responsezeiten für die Nutzer.²⁹⁵ Der zeitgleich gegründete Diensteanbieter Jamba spezialisierte sich auf standardisierte Klingeltöne und Logo-Downloads mit geringer Bandbreite, was mit den verfügbaren GSM-Netzen und Endgeräten einwandfrei funktionierte und im Jahr 2000 eine technische Sensation darstellte. Jamba wurde zu einem erfolgreichen Start-up, das vier Jahre später von den Gründern mit Gewinn

²⁹³ Offizielle Schätzung des Bundespostministeriums 1989 für Mobilfunk im Jahr 2000 lag bei 4 Mio. Kunden (FAZ, CeBit Beilage März 1989).

²⁹⁴ BMWi Digitale Strategie 2025 Bundesregierung, IT Gipfel 2016,

²⁹⁵ Hofmann 25. Mai 2014: Erfurt; Das Unternehmen SmapCo bot Kunden intelligente mobile Dienste in Echtzeit (Ticketing, Reisenden-Informationen und Pushdienste), die der WAP Standard im Prinzip unterstützte, aber mangels Bandbreite komplexe Dienste nicht ausreichend komfortabel. Die technisch verfügbaren Location Daten für LBS Dienste waren für unabhängige Diensteanbieter in frühen Geschäftsmodellen nicht wirtschaftlich.

verkauft wurde.²⁹⁶ SmapCo hingegen stagnierte und wurde wegen fehlender Umsätze 2001 vom Mobilfunkanbieter Mobilcom AG übernommen. Im Hinblick auf Anwendungen der vernetzten Mobilität verdeutlicht diese Interdependenz von Endgeräte-Entwicklung und Funktionalität von Infrastrukturnetzen, dass für Elektromobilität und Autonomes Fahren gleichzeitig mit den technischen Standards die infrastrukturellen Voraussetzungen durch Investitionen in Plattformen geschaffen werden müssen, damit innovative Lösungen angeboten und von Nutzern in der Fläche nachgefragt und angenommen werden können.

Infrastruktursysteme unterliegen, wie Abbildung 8 illustriert, einerseits sozialen und kulturellen Treibern für Veränderung (wie der Bevölkerungsentwicklung und gesellschaftlichen Erwartungen), politischen Rahmenbedingungen und Wertvorstellungen (wie Umweltbewusstsein), andererseits ökonomischen Einflüssen (wie Wirtschaftswachstum und Strukturwandel) und technischen Transformationsprozessen (wie Innovation und Digitalisierung). Infrastruktur-Plattformen definieren Resonanzräume für wirtschaftliches Handeln und sind eng mit der Entwicklung von Wohlstand und Wohlbefinden verbunden.

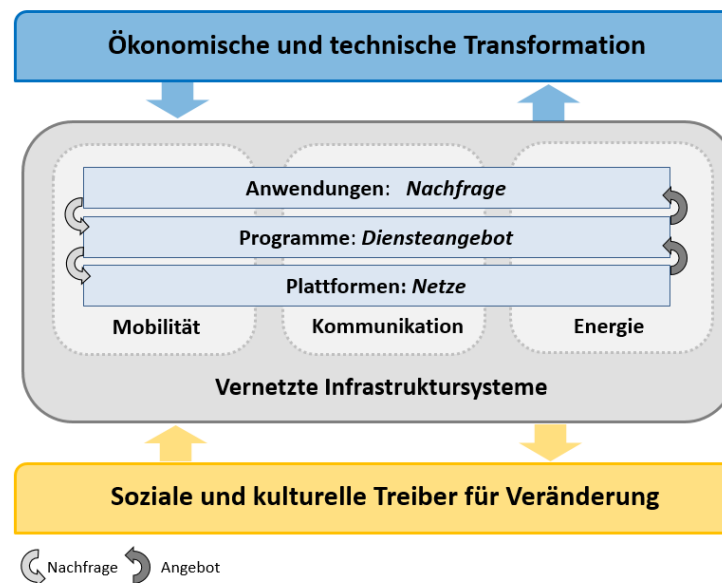


Abbildung 8: Treiber der Transformation von Infrastruktursystemen
Quelle: Eigene Darstellung

Die systemischen Effekte machen Infrastrukturen zu einem Schlüsselsektor für jede Volkswirtschaft, was eine ganzheitliche und nachhaltige Bewertung von Nutzen, Lasten und Nebenwirkungen von Infrastrukturmaßnahmen notwendig macht. Ein kleines lokales Projekt, welches größeren Anpassungsbedarf verursacht und der Bevölkerung in einem Bereich, z. B. übermäßigen Lärm, Emissionen, Strahlung oder Oberflächenversiegelung, größere Lasten aufbürdet, kann von entscheidender Bedeutung im Hinblick auf Qualität und Kapazität der transeuropäischen Netze sein. Gleichzeitig können große

²⁹⁶ Es folgte (Samwer-)Unternehmen Nummer zwei, der Klingeltonversand Jamba, der beim Verkauf an den US-Kommunikationskonzern Verisign 2004 bereits 273 Millionen Dollar einbrachte. Quelle: ARD 2014

öffentliche Investitionen in einem bestimmten Projekt und Budgets für andere Projekte schmälern, die nicht weiterverfolgt werden und so das gemeinsame Interesse an einer pareto-optimalen Ressourcenallokation in Bezug auf die Opportunitätskosten knapper Mittel potenziell unterlaufen. Ein früher und umfassender Stakeholder-Diskurs über Zweck und Mittel einer angemessenen Entwicklung der Infrastruktur fördert die Transparenz und die gesellschaftliche Akzeptanz. Da die Infrastruktur sich zu einer Art von Bindemittel der heutigen Gesellschaft entwickelt hat, müssen die politischen Prämissen zur Ermittlung von sozialen und wirtschaftlichen Prioritäten sorgfältig in einem gesellschaftlichen Narrativ und den Belief-Systemen verankert werden.

Obwohl bei kulturtechnischen Entwicklungen und Innovationen von einer immanenten Pfadabhängigkeit und davon auszugehen ist, dass nachfolgende Kulturen auf vorhandenen Infrastrukturplattformen aufbauen, bedeutet dies keine Vorfestlegung darauf, dass jeder Entwicklungsschritt vorwärtsführe. Auch zukunftsfähige Ideen können scheitern oder Jahrhunderte ungenutzt schlummern – wie das Telefaxverfahren, welches Mitte des 19. Jahrhundert als Kopiertelegraph erfunden und als „Pantélégraphes“ in Frankreich eingesetzt wurde²⁹⁷. Ebenso konnte sich die Grundlagentechnik für Elektrofahrzeuge,²⁹⁸ die zu Anfang des 20. Jahrhunderts marktreif war, wirtschaftlich auf der Straße im Gegensatz zur Schiene nicht durchsetzen. Andere infrakulturelle Errungenschaften werden durch neue Gegebenheiten oder Technologien schnell überformt.²⁹⁹ Infrastrukturelle Institutionen verändern zwar ihre technischen Eigenschaften, bleiben aber funktional und institutionell erhalten wie beispielsweise das Postmonopol oder das Straßennetz. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich Endgeräte zur Nutzung von Infrastrukturdiensten³⁰⁰ wie gezeigt technisch in deutlich kürzeren Fristen wandeln als die korrespondierenden Infrastrukturnetze.³⁰¹ Flächendeckende Netze besitzen in sich sowohl eine räumliche Stabilität als auch eine dem Selbsterhalt dienende technische Wandlungsfähigkeit. Dementsprechend ist für Modern Commons die Fähigkeit zur Anpassung von Institutionen, Prozessen und Anwendungen an veränderte Bedürfnisse und Rahmenbedingungen von hoher Bedeutung für die Stabilität und die funktionale Weiterentwicklung von Infrastruktur-Plattformen, was durchaus eine Substitution technischer Subsysteme einer Plattform durch effizientere Lösungen beinhalten kann.

Die international liberalisierten Postdienste sind ein weiteres Beispiel für die Entwicklung von infrastruktur-basierten Commons-Systemen, die dezentral den technischen Wandel, die Flexibilisierung und die Anpassung von Organisationsstrukturen unter Beibehaltung

²⁹⁷ Patent A. Bain, Schottland 1843, Kommerzieller Betrieb Paris- Lyon 1865.

²⁹⁸ Erfindung R. Anderson, Aberdeen, 1839, Kommerzieller Einsatz A. Flocken, Coburg 1888.

²⁹⁹ z. B. Kutsche durch Eisenbahn und Auto, Dampfmaschine durch Generator, Segelschiffe durch Motorschiffe.

³⁰⁰ z. B. Apparate, Fahrzeuge, Maschinen.

³⁰¹ z. B. Straßen, Schienen, Strom-, Telefon- oder Wasserleitungen.

ihrer Kernfunktionalitäten und kompatibler Standards bewältigt haben. Das Postprivileg hatte unabhängig von politischen Systemen von 1500 bis in die 1990er Jahre des letzten Jahrhunderts Bestand und überdauerte den konstanten Wechsel der infrastrukturellen Plattformen von handgeschriebenen und versiegelten Briefen über Postkutschen, Telegramme, Schreibmaschinen, Telefone, Radio, Postbusse, Telex, Satelliten bis zur Konvergenz von Text, Sprache, Daten und Bildern in mobilen Kommunikationsdiensten. Das Monopol wurde in Europa beendet, als die Backend-Systeme multimedialfähig wurden, und 20 Jahre, nachdem in den Vereinigten Staaten von Amerika das Postmonopol von AT&T und den Bell-Companies durch das Anti-Trust-Verfahren 1974 aufgelöst und mit dem Telecommunications Act (1996) der Markt für Telekommunikation vollständig liberalisiert wurde.³⁰² Dieser Liberalisierung der Kommunikationsnetze in den USA folgte ein Innovationsschub an konvergierenden Kommunikationsdiensten wie Telefax, Anrufbeantworter, Modems und schließlich der Durchbruch des Internets mit seinen nahezu unbegrenzten Diensten und Anwendungsmöglichkeiten.

Drei Jahrzehnte nach Beginn der Liberalisierung der staatlich geprägten Infrastruktur-Märkte gewinnt Nachhaltigkeit in den europäischen Institutionen an Bedeutung. Die entsprechende Berücksichtigung in nationalen und föderalen – weiterhin politisch geprägten – Infrastrukturprozessen variiert stark zwischen den drei Sektoren, den zuständigen Ministerien und Parteien sowie letztlich den regulierten Märkten. Zusätzlich sehen sich die Akteure erstmals dazu gezwungen, Wachstum und Schrumpfung von Infrastruktur gleichzeitig zu bewältigen, je nach Entwicklungen einer Region. Die traditionelle Angebotslogik von Infrastruktur im Gegensatz zur klassischen Nachfrageslogik von Märkten ist für polyzentrische Netze bei asymmetrischer Nutzenverteilung und Raumwirkung neu zu interpretieren. Infrastruktur-Entwicklung mehr an der Nachfrageseite auszurichten, ist eine zentrale Forderung von Frischmann, der argumentiert, dass die Effizienz, Effektivität und Zuverlässigkeit der Infrastruktursysteme intensiver in die Bewertung und Planung mit den Akteuren von Infrastrukturen einzubeziehen ist.

“Infrastructure valuation, management and policy must pay closer attention to and be guided by activities, systems, as ends enabled by infrastructure. (...) Infrastructure is a means to other ends, and effectiveness, efficiency, and reliability of its contribution to these ends must ultimately be the measure of infrastructure performance.”³⁰³

3.2.4 Raum, Struktur und Resonanzräume

Infrastrukturnetze werden von der jeweiligen Raumstruktur, hohen Investitionskosten, der verfügbaren Technik, den sozioökonomischen Rahmenbedingungen und der Resonanz, die sie erzeugen, geprägt. Sie unterliegen einer starken gegenseitigen

³⁰² Sharma, WSJ, 2009.

³⁰³ Frischmann 2012: S. 64.

Abhängigkeit, was in der Fläche und an systemkritischen Knoten die Bildung monopolartiger Strukturen befördert. Die Infrastruktur-Entwicklung folgt dem Prinzip der *zentralen Orte*, das Christaller als raum-strukturbildend entwickelt hat. Nicht der physische Abstand, sondern die *wirtschaftliche Entfernung* ist die Leitwährung der Emergenz von Siedlungsmustern und den sie begleitenden Infrastrukturen.

(„(D)er mathematische Ausdruck der Entfernung in Metern oder Kilometern (ist) völlig nebensächlich, nur der wirtschaftliche Ausdruck entspricht der wirtschaftlichen Bedeutung der Entfernung. Diese ‚wirtschaftliche Entfernung‘ ist bestimmt durch Frachtkosten, Kosten der Versicherung, Lagergebühren, Zeitdauer, Gewichts- oder Raumschwund infolge des Transports usw., im Personenverkehr vor allem durch die Reisekosten, die Reisedauer und die Bequemlichkeit.“³⁰⁴

Gleichzeitig sind überörtliche Infrastrukturnetze in der Lage, die *wirtschaftliche Entfernung* und weitere wettbewerbsrelevante Standort-Rahmenbedingung zu verändern. Das Prinzip der zentralen Orte wird dadurch polyzentrisch, um die Dimensionen der virtuellen und physischen Vernetzung zu erweitern, und geht damit über das traditionelle Muster der Dynamik von Zentrum und Peripherie hinaus. Der Entwicklung der modernen IKT-Infrastruktur verursacht eine Implosion der Raumwiderstände („Death of distance“)³⁰⁵ und definiert Standortvorteile und Produktionsmuster branchenübergreifend neu. Wie in Tabelle 13 beschrieben wird, ergänzen sich Infrastruktursysteme auf lokaler, regionaler und nationaler bzw. internationaler Ebene. Die Akteure, Nutzungsmuster und die Finanzierungsmöglichkeiten für private Betreiber, Stadtwerke, Gebietskörperschaften oder nationale Verwaltungen unterscheiden sich zwischen den Sektoren und die Anforderungen der unterschiedlichen Ebenen lassen differenzierte Prozesse für Systemgestaltung, Betrieb und Transformation sinnvoll erscheinen.

Gleiches gilt für die Transportfunktionen und die Raumwirkung von Straßen, Bahnen und Stromnetzen als alltagsverändernde Innovationen ihrer Zeit. Modernere Infrastruktursysteme verbinden nicht nur Punkte und Objekte miteinander, sondern polyzentrische Räume. Sie schaffen und strukturieren soziale, kulturelle und wirtschaftliche Möglichkeitsräume, die sich aufgrund der vielfältigen Interaktionen und Transaktionsfunktionen gegenseitig beeinflussen und daher auch als dynamisch reflexive Resonanzräume bezeichnet werden können. Tabelle 16 zeigt Zusammenhänge zwischen Infrastruktursystemen und deren Einfluss auf Räume und Reichweiten auf.

In der sektorübergreifenden Darstellung von Infrastruktursystemen und ihren sozialen, mentalen bzw. institutionellen Strukturen ist das Modell der Ko-Evolution als konzeptionelle Meta-Struktur wiederzuerkennen. Ausgehend von einer intentionalen Entwicklung

³⁰⁴ Christaller 1980: S. 32 in Wiebel 2001: S. 12.

³⁰⁵ Cairncross 2001: S. 233.

der mehrstufigen Infrastrukturnetze ist die Beobachtung folgerichtig, dass Infrastrukturen von Menschen erbaut werden, die in ihren politischen, ökonomischen und geographischen Kontexten und Lebensmustern leben oder diese freiwillig verlassen, um ihr Wissen und Engagement zum Aufbau vergleichbarer Strukturen an anderen Orten vorteilhaft einzubringen. Eine ko-evolutionäre Schlüsselfunktion kommt der personalen Infrastruktur, den unternehmerischen und fachkundigen Individuen zu, die ihr Wissen mobilisieren und an anderem Ort gegen Wohlstand eintauschen. Die ersten Eisenbahnen wurden in Großbritannien und Frankreich von Kanal- und Kesselbauern errichtet. Englische Eisenbahnexperten zogen der Nachfrage entsprechend um 1830 nach Deutschland und Frankreich. Die Autobahnen in Deutschland wurden von den nationalen Experten für Transportbetrieb, den Bau- und Verkehrsingenieuren der Deutschen Reichsbahn gebaut, die auch für den Aufbau der ersten Fluglinie in Deutschland unternehmerisch tätig wurde.

Reichweiten von technischen Infrastruktursystemen (Beispiele)					
	Verkehr (inkl. Brücken/Tunnel)	Energie	Kommunikation	Wasser (exkl. Transportfunktion)	Sonstige
Nationale, internationale Netze/Systeme	Flughäfen Autobahnen, Fernstraßen Raststätten Seehäfen, Wasserstraßen, Binnenhäfen, Kanäle Schienennetz Pipelines	Stromversorgung Gasversorgung Bahnstromnetz Stauseen/ Pumpspeicher	Seefunk Satelliten, GNSS (GPS) Sprach-/Datennetze Mobilfunknetze/ Bewegungsprofile GSM-R Rundfunk/TV	Wasser-Fernleitungen, Ozeane, Flüsse, Seen	Verteidigung Deiche/Dämme Zivilschutz Universitäten/ Forschungszentren
Regionale Netze/Systeme	Regionale Flughäfen Fern-/Rangierbahnhöfe Nahverkehrsnetze (U-/S- Bahnen/Straßenbahn) Fracht-, KV-Terminals Häfen, Kanäle, Schleusen, Freizeithäfen, (Rad)-Wanderwege	Gasversorgung Wärme-Versorgung Verteilnetze/ Umformer Smart Grids	Richtfunk Bündelfunk Verkehrsdaten/ Verkehrsleitsysteme Rechenzentren, Datenspeicher/ WAN, Datenringe	Trinkwasser-Speicher Kühlwasser Abwasser/ Entwässerung Klärsysteme Bewässerungssysteme	Hochwasserschutz BOS Ausbildungs-Stätten /Schulen Polizei, Sicherheit Krankenhäuser
Lokale Netze/Systeme	Berg-, Seilbahnen Straßenbahnen, Bahnhöfe, Stationen Straßen, Parkraum, Parkhäuser Radwege/ Radschnellwege Fußwege/Plätze	Gas-/ Energiespeicher Solarzellen-Vereinb/ Ortsnetz Tanken, Ladestationen Blockheizkraftwerk	Sprechfunk LAN, WLAN Kabelnetze Anschlussleitung „Letzte Meile“	Trinkwasser Brauch-/Abwasser Kläranlagen Brunnen, Quellen	Deiche/Dämme Kultureinrichtungen Ärztzentren Sicherheits-/ Zugangssysteme Müllentsorgung, Lärmschutz Feuerwehr

Tabelle 13: Reichweite von technischen Infrastruktursystemen
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Aschauer 1990

Mit der „dampfgetriebenen“ Industrialisierung bildeten die Nationalstaaten leistungsfähige Transportsysteme für Arbeitskräfte, die in die Städte zogen, und Güter sowohl in Form von Rohstoffen als auch fertigen Produkten. Die Reichweite für Materialströme und Informationen vervielfachte sich, die Entfernungen verloren mit zunehmender Transportgeschwindigkeit an Bedeutung. Nachrichten wie Waren konnten verlässlich binnen eines Tages landesweit ausgeliefert werden. Dass der sichere Betrieb eines Eisenbahnnetzes auf effektive Kommunikation angewiesen ist, führte dazu, dass entlang jeder Eisenbahnstrecke Telegraphen zur Kommunikation und Wassertürme als Energiespeicher errichtet

wurden. Die Eisenbahn schuf früh eine dreifache Vernetzung aller transportrelevanten Medien zu einem gemeinschaftlich genutzten Commons-Ressourcensystem.

Infrastruktur kann mit dieser Beschleunigung der Geschäfte als Haupt-Enabler oder als die Verstärkungsplattform für wirtschaftliche und soziale Entwicklungen erkannt werden, als ein Treibriemen der Globalisierung, aber nicht als deren Ursache. Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Gewinns an Geschwindigkeit (*rapidité*) wird von Koechlin in der Vorstudie zur Erlangung der Konzession für die Eisenbahnlinie Straßburg – Basel besonders betont, wobei er auch das internationale Potenzial einer Verbindung von Mannheim (D) und Basel (CH) im Vergleich zum Transport mit Binnenschiff aufzeigt.³⁰⁶

Mit der Einführung der mehrstufigen Infrastrukturnetze für Elektrizität wurde die Reichweite und Dynamik der Gesamtwirtschaft erneut signifikant gesteigert.³⁰⁷ Nachrichten konnten über große Entfernung am gleichen Tag übermittelt werden. Mit der ölgetriebenen Ausbreitung des Automobils und der Luftfahrt konnten erstmals Personen und Güter signifikante Distanzen an einem Tag überwinden. Die Einführung der elektronischen Medien (Radio, Fernsehen) und der Datenverarbeitung leitete eine neue Ära, das Informationszeitalter, ein. Wissen wurde durch moderne Kommunikations-Infrastrukturen einem weltweiten Publikum zeitgleich zugänglich gemacht, Daten wurden in nie gekannter Menge, Geschwindigkeit und Qualität transportiert, ausgewertet und nutzbar gemacht, und das als eine logische Folge von Innovationen in den intermediären Transaktionssystemen. In dieser Epoche ist eine Allianz zwischen öffentlichen und privaten Strukturen zum Aufbau flächendeckender Infrastrukturnetze auszumachen, wie die seit 1910 bestehenden Versorgungsgebiete im Elektrizitätssektor³⁰⁸ ebenso belegen wie die mehrfachen Eigentümerwechsel zwischen nationalen, regionalen und auch privaten Institutionen im Energie- wie im Bahnsektor. Erneut ist eine große Synergie zwischen den sektorspezifischen Systemen zu erkennen.

3.2.5 Exkurs: Semantische Evolution des Infrastrukturbegriffs

Es wurde festgestellt, dass Infrastruktur sowohl Kultur- als auch Wirtschaftsgut ist. Im Rahmen einer umfassenden Einordnung der Entwicklung von Infrastruktursystemen folgt ein infrakultureller Exkurs in die semantischen Wurzeln und den Kontext der Entstehung der Infrastruktur-Begrifflichkeit, weil die sprachwissenschaftliche Genese zu Beginn der Industrialisierung zum besseren Verständnis der Commons-Charakteristik und der Funktionalität von technischen Infrastruktursystemen beitragen kann. Auch der gewählte interdisziplinäre Ansatz dieser Arbeit, die Infrastrukturthematik sowohl aus

³⁰⁶ Koechlin 1837: S. 19ff.

³⁰⁷ Vgl. Kapitel 3.4.1, Tab. 15.

³⁰⁸ Schacht 1908.

sozialwissenschaftlicher als auch aus wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive zu betrachten, legt eine eingehendere Quell- und Bedeutungsforschung dieses heute multipel genutzten Fachwortes „Infrastruktur“ nahe.

Der aus dem französischen stammende Begriff „*Infrastructure*“ wurde in den Bau- und Boom-Jahren der „Public Works“ erstmals von Deharme in seinem umfassenden Werk zur Mobilität, *Die Wunder der Fortbewegung* (Les merveilles de la locomotion) von 1874 als umfassender Oberbegriff für die Tiefbauarbeiten zur Errichtung einer Eisenbahnstrecke eingeführt.³⁰⁹

„B. - INFRASTRUCTURE. - Installations préliminaires. - Travaux. - Terrassements: l'homme, le cheval, la machine, les principales tranchées. - Ouvrages d'art: souterrains, tracé, percement, accidents; les principaux souterrains, le tunnel des Alpes. - Viaducs en pierre, en bois, en fer, en fonte. Principaux viaducs. - Principaux ponts. Pont du Niagara.“³¹⁰

Im dem Kapitel „Infrastructure“ beschreibt Deharme erstmals im Detail die Techniken, Verfahren und Arbeitsschritte der notwendigen Erd- und Gründungsarbeiten zum Bau einer Eisenbahnstrecke, die von dem erfahrenen Kanal- und Brückenbauer in einen direkten Vergleich zu seinen bisherigen Erfahrungen gestellt werden. In der später erschienenen Enzyklopädie der öffentlichen Arbeiten, *Travaux Publics*, wird der Unterbau „Infrastructure“ als Grundlage den Ingenieurarbeiten des Oberbaus, der „Superstructure“, gegenübergestellt.³¹¹

Unter der Überschrift „Infrastructure, Terrassement et Deblais“ findet sich 1919 folgende beschreibende Aussage:

„Beschaffenheit des Terrains und zum geologischen Schnitt. Die erforderlichen Terrassierungen für eine Eisenbahnlinie unterscheiden sich kaum, abgesehen von wenigen Ausnahmen, von den sehr ähnlichen Arbeiten, die notwendig sind, um einen Kanal auszuheben, oder die für die Umleitung eines Flusses oder irgendwelche öffentliche Arbeiten notwendig sind.“³¹²

Damit wird die Infrastruktur durch die Gleichung „Infrastruktur = Superstruktur und Ingenieurarbeiten“ zum Oberbegriff im heutigen Sinne für alle fest installierten Komponenten eines Bahnsystems, einschließlich der technischen Anlagen und betrieblichen Elemente im Eigentum des privaten Linienbetreibers: „Les travaux de l'infrastructure et les ouvrages de la superstructure, lorsqu'ils sont terminés, mettant la compagnie en possession de sa ligne.“³¹³

Während Jochimsen den sprachlichen Ursprung des Begriffes Infrastruktur auf den militärisch strategischen Gebrauch der NATO in den 1950er Jahren zurückführt, weist das

³⁰⁹ Deharme 1874.

³¹⁰ Deharme 1878: S. 141.

³¹¹ Deharme 1890.

³¹² Bellet 1919: S. 22 (Übers. d. Autors).

³¹³ Bellet 1919: S. 5.

Oxford Dictionary 1927 auf den französischen Ursprung des Begriffes hin: „Origin: early 20th century: from French (see infra-, structure)“³¹⁴ ohne die Genese näher auszuführen.

Geformt wurde der technische Fachbegriff „Infrastructure“ offenbar von Ingenieuren und Kaufleuten in Frankreich während der Errichtung der Kanäle und des nationalen Eisenbahnnetzes um 1830 und später als *buchhalterische Kontogruppen-Bezeichnung für sämtliche bautechnischen Gewerke des Unterbaus*, der grundlegenden Erdarbeiten und der dazugehörigen Ingenieurleistungen.³¹⁵ Buchhalter schaffen auch heute für neue Technologien dauerhafte Ordnungssysteme, wie der Begriff des Roaming für Abrechnung zwischen verschiedenen Mobilfunknetzen belegt.

Infrastruktur als „Unterbau“ stand dabei anfangs immer in Abgrenzung zu den ingenieurstechnischen Gewerken des Oberbaus, der *Superstructure*, wie in den Haushaltsplänen und Protokollen der Regionalräte (*Conseil général*) in zahlreichen Departements³¹⁶ und dem grundlegenden Eisenbahnbuch *Superstructure* von Deharme³¹⁷ von 1874 nachzuvollziehen ist. Das 1842 verabschiedete Eisenbahn-Gesetz³¹⁸ wird in der französischen Fachliteratur ab 1860 als „loi d'infrastructure“ bezeichnet, was eine allgemeinere Nutzung des Begriffes belegt.

Die älteste bekannte schriftliche Erwähnung von Infrastruktur und Superstructure in einem mittlerweile digital zugänglichen Dokument findet sich 1857 in einer Meldung der Pariser Börsenzeitung über die öffentliche Ausschreibung der Konzession durch das russische Zarenreich für den Bau und Betrieb einer Eisenbahnstrecke von Sankt Petersburg nach Warschau.

§ 2 La concession, pour ce qui concerne le chemin de Saint-Pétersbourg à Varsovie, comprend les terrains, les terrassements et les ouvrages d'art, l'infrastructure et la superstructure de la voie de fer-avec leurs dépendances.³¹⁹

Diese kurze Notiz in einem führenden Finanzmedium seiner Zeit dient in dreierlei Hinsicht als infrakulturelles Indiz für:

- die große Bedeutung der Eisenbahnprojekte für den privaten Kapitalmarkt und reziprok den Einfluss des Finanzsektors auf die Entwicklung der Eisenbahnen in Europa,
- die frühe Internationalisierung dieser ursprünglich englischen Innovation durch den globalen Austausch von technischem Wissen, Personal und Kapital zwischen Europa, Amerika und den damaligen Kolonialgebieten in Asien und Afrika,

³¹⁴ Oxford English Dictionary 1927.

³¹⁵ Franz: *Terrassement, Ballastage, Ouvrage d'art*.

³¹⁶ Conseil général Oise 1866: S. 151 ; Conseil général du Lot 1878.

³¹⁷ Daharme 1874.

³¹⁸ Le ministre secrétaire d'Etat des travaux publics 1842.

³¹⁹ Gazette de la Bourse 1857: S. 3.

- die reflexive Beziehung von kaufmännischen Rahmenbedingungen, technischen Tätigkeiten und der politischen Dimension internationaler Vernetzung.

3.3 Epochen der infrakulturellen Ko-Evolution

Im Folgenden wird die historische und techniksoziologische Infrastruktur-Entwicklung, die zur Entstehung von Modern Commons führte, synoptisch aus infrakultureller Perspektive analysiert, wobei neun unterscheidbare Epochen identifiziert werden, die jeweils einen wesentlichen Schritt der Infrastruktur-Entwicklung darstellen und in welche die Evolutionsgeschichte der westlichen Infrakultur eingeteilt werden kann.³²⁰ Jede dieser unterscheidbaren Epochen, deren früheste um etwa 6.000 v. Chr. einsetzt, ist von einem dominanten Belief-System, bestimmten Technologien und Infrastrukturplattformen einschließlich der jeweils verwendeten Energieträger³²¹ sowie der Nutzungsmöglichkeiten, Programme und „Endgeräte“ geprägt, die von den jeweiligen Technologien der Infrastruktur-Plattformen unterstützt wurden.

Belief-Systeme sind die Summe der kollektiven Normen und Wertvollstellungen, die ihren Ausdruck in sozialen und wirtschaftlichen Strömungen, politischer Willensbildung und den gesellschaftlichen Institutionen finden. Sie sind von individuellen Erinnerungen, Erleben und Erwartungen geprägt und schaffen einen mentalen Rahmen, der es ermöglicht, Gestaltungsoptionen für Infrastruktursysteme zu bewerten und einzuordnen. Sie bedingen einerseits eine Pfadabhängigkeit für Veränderungen und Innovationen und schaffen andererseits die mentalen Freiräume für Entdeckungen, Kreativität und Transformation, die wiederum erneut pfadbildend wirken können.

Diesen neun Epochen lassen sich vier als revolutionär einzustufende Umbrüche der sozioökonomischen Strukturen, Belief-Systeme und Entwicklungstreiber zuordnen. Die ko-evolutionäre Entwicklung der Modern Commons, wie sie hier definiert werden, beginnt mit der dritten infrakulturellen Revolution, dem Zeitalter der Industrialisierung.

- Erste infrakulturelle Revolution: Expandierende Kulturräume:
 - Lokale Agrargemeinschaften,
 - Urbane Schmelztiegel,
 - Transurbane Netzwerke.
- Zweite infrakulturelle Revolution: Skalierbarkeit von Kultur und Werten:
 - Infrakulturelle Netzknoten,
 - Infrakulturelle Netzwerke.
- Dritte infrakulturelle Revolution: Implosion der Entfernungen:
 - Industrielle Netzwerke,

³²⁰ Hofmann 2015 : S. 247.

³²¹ Fouquet 2008.

- Automations-Netzwerke,
- Interaktive Netzwerke.
- Die Vierte sich abzeichnende infrakulturelle Revolution: Die Ermächtigung digitaler Systeme: Transformativ Netzwerke - Digitalisierung getrieben von Algorithmen und Künstlicher Intelligenz.

Ungeachtet einer umfangreichen und sorgfältigen Analyse erhebt die gewählte Einteilung keinen Anspruch darauf, einen umfassenden Rückblick auf die historische, technische und kulturelle Entwicklung soziotechnischer Systeme der Menschheit darzustellen. Sie wurde vor allem dazu entwickelt, die systemischen Interdependenzen von komplementären Infrastruktur-Netzwerken und die reflexiven Systemzusammenhänge des infrakulturellen Rahmens aufzuzeigen, wobei es darum geht, die Wirkung von Innovationen in den Dimensionen der Nachhaltigkeit von Raum und Natur einerseits sowie Gesellschaft und Wirtschaft andererseits zu verdeutlichen. Als zentrale Schlussfolgerung kann vorweggenommen werden, dass diese systemanalytische Betrachtung der Infrastruktur-Entwicklung als soziotechnische Systeme (STS) gemäß Ostrows IAD-Kriterien hinreichend zeigt, dass mehrstufige Infrastrukturnetze analog zu sozial-ökologischen Systemen (SES)³²² als komplexe CPR-Systeme zu klassifizieren sind.

Der Zweck von Infrastruktursystemen liegt in der verlässlichen Befriedigung von physischen, sozialen und ökonomischen Bedürfnissen einer Gruppe und insbesondere darin, die Verbindung zu anderen Gruppen zu ermöglichen, Schutz zu bieten, Versorgung sicherzustellen sowie vielfältige soziale und wirtschaftliche Aktivitäten zu unterstützen. Als Jäger und Sammler sesshaft wurden und damit begannen, den Boden als Ressourcensystem für Nahrungsanbau zu kultivieren, erhielt der Austausch zwischen anthropogenen Kulturen und ihrer natürlichen Umgebung eine neue Qualität. Die neolithische Revolution gilt als Beginn der Zivilisation. Sie markiert gleichzeitig den Anfang der Schaffung von Siedlungen und Infrastruktur durch Menschen. Die ersten Wege außer natürlichen Wasserwegen waren wohl von Tieren gangbar gemacht worden. Der Homo sapiens nutzte die von der Natur vorgegebene Infrastruktur: z. B. Seen und Flüsse zum Angeln und für Transporte, Höhlen und Klippen als Schutz und Unterkunft, Quellen und Bäche für die Trinkwasserversorgung. Im weiteren Sinne können Commons wie Mutterboden, Wälder und Meere als natürliche Infrastruktur für die menschliche Entwicklung eingeordnet werden. Die Versorgungs- und Erholungsfunktion der Natur als Infrastruktur ist von Aschauer³²³ ausführlich diskutiert worden, während dieser Dimension bei Jochimsen nur geringe Bedeutung zukommt³²⁴. In Bezug auf Verkehrssysteme sei erwähnt,

³²² Ostrom 2012.

³²³ Aschauer 1990.

³²⁴ Jochimsen 1966.

dass Schiff- und Luftfahrt für den Transportweg selbst die Global Commons, also Wasser und Luft benutzen, aber auf natürliche oder angelegte Infrastrukturen wie (Flug-)Häfen zur intermodalen Verknüpfung angewiesen sind.

In dieser Arbeit geht es nur am Rande um die historisch früh entstandenen lokalen Infrastruktursysteme für Bewässerung, Ernährung, Abwehr, Energieversorgung oder Hygiene, dennoch waren diese Infrastrukturen und die zu ihrer Errichtung erworbenen Fertigkeiten aus naheliegenden Gründen pfadbildend für weitere Entwicklungsschritte und die untersuchte Bedeutung und Entstehung von mehrstufigen Infrastrukturnetzen einschließlich ihrer institutionellen Systeme im sozialen Kontext. Die Entwicklung der technischen und sozialen Infrastrukturnetze trägt zu einem besseren Verständnis der Wechselwirkung von Technik und Gesellschaft bei, das konkrete Konzept der Infrastruktursysteme wird in dieser Übersicht auf die Epochen 6 bis 9 (Tabelle 14) beschränkt.

3.3.1 Lokale Agrargemeinschaften – Räume brauchen Grenzen

Die erste infrakulturelle Revolution entzündete sich in ländlichen Agrargemeinschaften durch kontrollierten Einsatz von Feuer, einer grundlegenden technologischen Fähigkeit, die den physischen Schutz vor Wetter und Kälte verbesserte, Schmiedearbeiten für Werkzeuge und Waffen und die Produktion von anderen nützlichen Artefakten unterstützte und vor allem die Qualität der Ernährung signifikant verbesserte.³²⁵

Das Zusammenleben in Gruppen bot Sicherheit und Unterstützung für schutzbedürftige Personen (z.B. Kinder, Mütter, Alte). Die physische Sicherheit vor Tieren oder Eindringlingen wurde durch den Bau von Palisaden erhöht. Die Bewohner konnten sich, ihre Familien und ihr Eigentum besser gegen Eindringlinge verteidigen. Der Schutzwall verdeutlichte, wer zur Gemeinschaft gehörte und wer nicht zum Clan gehörte. Letztlich bot die Errichtung der gemeinsamen Infrastruktur Fremden auch einen Weg der Inklusion: Sie konnten ihren Wert für die Gruppe durch einen Beitrag zum Gemeinwohl beweisen. Ein Dorf oder Lager schuf Grenzen und dadurch eine räumliche Identität, stärkte das Gefühl, zu einer spezifischen Gruppe zu gehören, und somit die kollektive Identität. Das funktionale Kollektiv und die unterstützende Infrastruktur wurden zu einer sozialen Voraussetzung für Produktion, Reproduktion, Brutpflege und kulturelle Errungenschaften und ermöglichten eine lebensweltliche Strukturalis gesicherter Rahmen für generationsübergreifende soziale Bindung.³²⁶

³²⁵ Hofmann 2015: S. 247ff, Das historisch analytische Konzept der Ko-Evolution in infrakulturellen Epochen wurde auf einem CESifo-Symposium 2013 vorgestellt und in dem Tagungsband 2015 auf Englisch in Auszügen vorab veröffentlicht.

³²⁶ „Lebenswelt“ als soziologischer Begriff nach Husserl, vgl. hier insbesondere Habermas 1981 „Theorie des kommunikativen Handelns“.

Über den bloßen technischen Fortschritt hinaus kann jede anthropogene Infrastruktur als ein soziales und institutionelles Regelsystem verstanden werden. Während die sozialen und wirtschaftlichen Vorteile der lebenswichtigen Infrastrukturfunktionen auf der Hand liegen, konnte die Beeinträchtigung der Natur durch Infrastrukturbauten vernachlässigt werden. Aufgrund der geringen Größe der Gruppen, der räumlichen Flexibilität und des Überflusses an verfügbarem Ackerland verursachten ländliche Gemeinschaften nur geringe Belastungen in ihrer natürlichen Umgebung. Archäologie und Artefakte belegen in Ermangelung schriftlicher Dokumentation, dass ein gewisses Maß an Handel und kulturellem Austausch zwischen diesen Gruppen, auch über große Entfernungen stattgefunden hat.

3.3.2 Urbane Schmelztiegel: veränderte Regeln des Zusammenlebens

Der zivilisatorische Aufstieg expansiver Stadtstaaten entlang der Flussläufe von Euphrat und Tigris oder am Nil markiert die zweite infrakulturelle Epoche, die der urbanen Schmelztiegel. Die Wissenschaft hat sich intensiv mit den antiken Stadtkulturen von Uruk und Babylon in Mesopotamien und den frühen ägyptischen Königreichen befasst. Die Stadtstaaten der Antike brachten es zu ansehnlichem Reichtum sowie komplexen kulturellen und religiösen Strukturen. Ausgrabungen belegen, dass diese antiken Metropolen Arbeitskräfte und Händler aus anderen Regionen anzogen und dadurch eine vielfältige kulturelle Synthese entstand. Das wirtschaftliche Rückgrat dieser Hydro-Agrar-Gesellschaften waren die Flüsse als natürliche Infrastruktur für Bewässerung, die mittels Wasser- und Windkraft oder durch Nutztiere und menschliche (Sklaven-)Arbeit nutzbar gemacht wurden.³²⁷ Arbeitsteilung, schriftliche Kommunikation (z. B. Kodex Hamurabi) und organisierte Ferntransporte ermöglichten Wohlstand und räumliche Expansion. Innovation wurde vor allem durch Bevölkerungsdruck, Knappheit und die Notwendigkeiten angetrieben und von kreativen Spannungen zwischen einzelnen Gruppen, menschlicher Ingeniosität, sozialen Beziehungen, Besitzstandswahrung und der Bereitschaft, begrenzte Transformationsrisiken einzugehen, verstärkt. Visuelle Zeugnisse der verbindenden Staats- und Glaubenssysteme sowie der Fähigkeit, Ziegel zu produzieren und Bauwerke aus ihnen zu konstruieren, werden durch die reiche Architektur und beeindruckende Bauwerke (Tempel, Pyramiden, Burganlagen) belegt, deren Reste noch heute zu besichtigen sind.

Verkehrlich ist dieser Periode vor allem die Entwicklung umfassender Handelsnetze zu Lande und auf Wasserwegen zuzuschreiben, was auch die Errichtung umfangreicher Hafenanlagen, Speichergebäude und weitreichender Aquädukt-Systeme mit sich führte:

³²⁷ Wittfogel 1953.

„Entscheidend ist aber offensichtlich die Erfindung der Schrift (und Bildungsinstitutionen). Die Schrift, so Schippmann ..., wurde zur Erleichterung und Vereinfachung der sumerischen Tempelwirtschaft erfunden. Die hier abgebildete Tafel ist einer der ältesten Schriftfunde überhaupt. Wenn auch noch nicht lesbar, so lässt sich die Tafel (...) doch als Wirtschaftstext einordnen.“³²⁸

Serbser³²⁹ belegt für diese Epoche die Bedeutung der Schrift als kulturell pfadbildenden Meilenstein, der durch die personenunabhängige Speicherbarkeit von Informationen eine überörtliche Organisation und Kommunikation von Kultur und Werten ermöglichte. Diese infrakulturellen Voraussetzungen ermöglichten erst die Entwicklung technischer Systeme und die Errichtung großflächiger Infrastrukturnetze. Zahlreiche Schrifttafeln Hamurabis dokumentieren als eine Art Statistik und institutionelles Regelwerk die spezifischen Beiträge verschiedener Gruppen zum Bau und Erhalt von kollektiv genutzter Infrastruktur in Uruk und dem gesamten Reich (Kanäle, Tempel etc.).

3.3.3 Transurbane Netzwerke: die lebendige Straße

In der Antike wuchsen im Mittelmeerraum transurbane Netzwerke von großräumiger Ausdehnung. Das Militär dominierte den Auf- und Ausbau regionaler Reiche. Pharaonen, griechische Tyrannen und römische Kaiser formten als gottähnliche Institutionen die Infrastrukturen ihrer Reiche durch den umfangreichen Einsatz von Sklaven, Steuergeldern und Streitkräften. Diese weiträumigen Imperien wurden mit zweckmäßigen Verwaltungsstrukturen und effizienten Informationssystemen (Relaisstationen, Botendienste) überörtlich und hierarchisch organisiert effektiv regiert.

Wie Institutionen der Infrastruktur im Spannungsfeld von menschlichen Bedürfnissen, natürlichen Rahmenbedingungen und politischen Herrschaftsstrukturen entstanden sind, lässt sich an den antiken Hochkulturen im Mittelmeerraum erläutern. Im Zweistromtal (Euphrat/Tigris) und Ägypten (Nil) verbanden Städte wie Babylon und Memphis ihren infrastrukturellen Standortvorteil der geographischen günstigen Verkehrslage mit der Entwicklung urbaner Zivilisationen, die ihren Einfluss und Machtbereich durch den systematischen Aufbau umfangreicher Straßennetze und effizienter Verwaltungsstrukturen erweiterten und dadurch die militärische und ökonomische Stärke der Stadtstaaten verbesserten.³³⁰

„Der Ort ist gut gewählt. Memphis verdankt seine Bedeutung seiner günstigen geographischen Lage nahe der Südspitze des Nildeltas (...) ideal um (...) den Handel nach Oberägypten zu kontrollieren. (...) In diesem Großraum treffen eine Reihe Verkehrswege zusammen: die Schiff(f)ahrtswege vom Süden aus Oberägypten und die vom Mittelmeer durch die östlichen Nilarme des landschaftlich von Mittel- und Oberägypten völlig verschiedenen Deltas, die Landwege vom Fayum und den Oasen über Bahriya und nordwestlich der Landweg zum Wadi Tumilat hinüber zum Sinai und nach Palästina.“³³¹

³²⁸ Serbser 2008: S. 2853.

³²⁹ Serbser ebenda.

³³⁰ Francke 2002; Senff 2002.

³³¹ Francke 2002: S. 8.

Auffällig ist dabei, dass die von absolutistischen Herrschern errichteten Institutionen sowohl technische und soziale als auch administrative Infrastrukturen umfassen. Dabei sind Infrastrukturen kein Selbstzweck, sondern ergänzen sich in ihrer multifunktionalen Nutzung als Verkehrs- und Handelswege, militärisch-administrative Strukturen, effektive Kommunikationsmittel und kulturelle Glaubenssysteme und beschleunigen als emergentes Gesamtsystem die Entwicklung der jeweiligen Reiche. Die primäre Standortwahl für die Allokation von Städten und ihren Infrastruktursystemen in verkehrsgünstigen Lagen ist ein essenzieller Faktor für deren zukünftige wirtschaftliche, strategische und kulturelle Bedeutung. Standortentscheidungen für Infrastruktur sind selten, komplex, kapitalintensiv und von sehr langfristiger Wirkung, da sie einmal getroffen kaum reversibel sind:

„Für den Aufstieg einer Stadt zur Handelsmetropole war die Lage am Kreuzungspunkt wichtiger Verkehrswege entscheidend. In erster Linie diente das Mittelmeer den Griechen als Grundlage eines gemeinsamen Verkehrsnetzes. 1). Die Siedlungsplätze waren aber meist auch im Hinblick auf Verkehrsverbindungen mit dem Inland gewählt, denn in den Hafenstädten endeten vielfach wichtige Landwege, die durch Täler in das Siedlungsgebiet angrenzender Kulturen führten und den Fernhandel mit weiter entfernten Siedlungsräumen ermöglichten. (...) Die aus den sozialen Institutionen resultierenden Nutzungsprivilegien waren dabei auf eine kleine aristokratische Gruppe beschränkt.“³³²

Standortentscheidungen wirken sich reflexiv auf die Entwicklung von Verkehrs-, Handels- und Migrationsströmen aus; ein guter Standort zieht Interaktionen und Transaktionen an. Ist ein Standort weniger attraktiv, erhöht sich der wirtschaftliche und soziale Aufwand – auch infrastrukturell –, um ein vergleichbares Ergebnis zu erzielen. Dieser enge Zusammenhang von Verkehrseinrichtungen, Wirtschaftswachstum und politischer Macht manifestierte sich vor allem in der zweckdienlichen Förderung sakraler und profaner Bauvorhaben durch lokale Machthaber zur symbolischen Kommunikation und Betonung ihrer Bedeutung:

„Der Hafen von Samos, dessen Wirtschaft aus einer Mischung von friedlichem Seehandel und Piraterie bestand, erhielt unter Polykrates Schiffshäuser und Molen, die eine überragende Ingenieurleistung darstellen. Der Tyrann Periander ließ für Korinth den Hafen von Lechaion und den Diolkos genannten gepflasterten Schleifweg für Schiffe quer über den Isthmus von Korinth bauen. Der Diolkos verbesserte zwar hauptsächlich den Transportweg fremder Schiffe (...), doch wird Korinth aus diesem Transitverkehr und vielleicht aus Abgaben einen Nutzen gehabt haben.“³³³

Das Prinzip, dass Infrastrukturgestaltung eine Frage der ökonomischen, sozialen und realen Macht darstellt, hat sich bis in die heutige Zeit bewahrt, auch wenn die Formate der Machtausübung und Legitimation sich im Laufe der Jahrhunderte gewandelt haben.

³³² Francke 2002; Senff 2002: S. 39f. In der von Homer beschriebenen kretisch-mykenischen Palastkultur am Ende der Bronzezeit steht die Wirtschaft unter der zentralen Lenkung und Kontrolle der herrschenden Aristokratie, wie die Abrechnungsunterlagen in der sog. Linear B-Schrift zeigen. (...) Zwar sind die Fürstensitze in ein Netz von internationalen Kontakten in Politik und Handel eingespannt, aber die Dimensionen dieser Beziehungen, an denen nur eine kleine Oberschicht Anteil hatte, sind sehr bescheiden. Die Hauptmasse der Bevölkerung lebt in verstreuten Siedlungen auf dem Lande, von denen keine größer als ein Dorf ist.

³³³ Senff 2002: S. 30.

Wachsende Städte mit ihrer Infrastruktur veränderten den Arbeitsalltag der Bevölkerung und förderten dadurch die Arbeitsteilung zwischen Landwirtschaft, Handwerk, Kriegshandwerk und Künsten. Darüber hinaus ermöglichte diese Entwicklung eine zunehmende Spezialisierung der Arbeitskräfte. Mit dem Berufsbild des „Tekton“ (Baumeister, Zimmermann) wurde der Vorgängerberuf des heutigen Architekten etabliert (griech. Wurzel von *Technik*, *architecton*). *Technikos* bedeutet ursprünglich kunstvoll, sachverständig und fachmännisch und bezieht neben der Planung und Herstellung von nutzenorientierten Konstruktionen auch das Wissen um Verfahren und Systemkompetenz ein:³³⁴

„Mit der Funktion der Stadt als Produktions- und Handelsmetropole ist noch ein weiterer Aspekt gerade im archaischen Griechenland sehr eng verbunden, nämlich der des Kunstzentrums. Im Griechischen bezeichnet der eine Begriff „*techne*“ beides, was im modernen Verständnis als profane Technik und als Kunst auseinanderfällt.“³³⁵

Der *Tekton* markiert die kulturelle Geburtsstunde des zivilen Ingenieurberufes. In der Periode der Entstehung erster mehrstufiger Infrastrukturnetze lassen sich die vier Nutzendimensionen technischer Infrastruktursysteme nachweisen. Infrastruktur schützt Städte physisch, indem sie ihren Bürgern Schutz vor Naturgewalten und gegnerischen Angriffen gewährt und den eigenen Truppen eine effektive Logistik bietet. Sie nützt den Herrschern und der Bevölkerung, indem sie die Versorgung mit Wasser und Grundnahrungsmitteln auf lokalen Märkten ermöglicht, die hygienischen Bedingungen auf dichtem Raum verbessert und nicht zuletzt Einnahmequellen aus Steuern und Zöllen sichert. Sie erhöht den Lebensstandard, indem sie den Aufbau von Handelsbeziehungen unterstützt und damit zusätzliche Absatzmärkte für die eigene Produktion erschließt. Und sie ermöglicht gewerbliche und private Reisen und knüpft personale, kulturelle und soziale Verbindungen, die in formale oder interfamiliäre Bündnisse zum gegenseitigen Vorteil münden.

Die Römer erschlossen Zentraleuropa mit einem Netz künstlich angelegter Straßen für ihre militärischen, administrativen und kommerziellen Interessen. Das römische Recht unterschied verschiedene Arten von Straßen: öffentliche Straßen, deren Grund im öffentlichen Eigentum stand, Staats- und Heeresstraßen sowie Gemeindestraßen und Privatwege, auf denen ein öffentlicher Verkehr stattfand, oder reine Privatwege ohne öffentlichen Verkehr. Jeder Straßentypus erfüllte differenzierte Funktionen und strukturierte unterschiedliche Räume. Diesem viergliedrigen Straßensystem lag eine

³³⁴ Siebicke 1968: S. 16 in Fuchs, Hofkirchner, 2003.

³³⁴ Zweck 1933: S. 9 in Fuchs, Hofkirchner, 2003

³³⁵ Senff 2002: S. 32.

ausgefeilte Bau- und Instandhaltungsordnung zugrunde, die mit der Verwaltungsstruktur des Römischen Reiches verknüpft war:

- Die Staats- und Heerstraßen (*viae publicae* oder *viae militares*) wurden zentral von Rom aus geplant, bezahlt und gebaut. Für den Bau wurden sowohl Soldaten als auch Sklaven eingesetzt.
- Die Provinzstraßen (*viae vicinales*) als zweithöchste Kategorie mussten von Provinzen errichtet und unterhalten werden. Auch größere Städte konnten verpflichtet werden, eine Straße zur nächsten Ortschaft zu bauen.
- Privatstraßen (*viae privatae*) wurden zwischen Gütern und kleineren Orten angelegt. Hierfür standen selten Soldaten als Arbeitskräfte zur Verfügung, sondern Sträflinge und Sklaven oder Leibeigene der Gutsherren, deren Besitz an die Straße grenzte, machten die Arbeit. Dabei hatten es die Sklaven besser als die Sträflinge, denn sie stellten lebendes Kapital ihrer Besitzer dar.

Die Straßen nutzen die landschaftlichen Gegebenheiten zum Schutz der Reisenden und folgten beispielsweise Flussläufen oder Bergketten.

„1. Les grandes voies militaires, dites consulaires et prétorienne, qui sont données, ainsi que leurs stations, par les Itinéraires d’Antonin et la Table théodosienne. 2. Les voies militaires secondaires, dont le tracé éminent stratégique reliant les points fortifiés et les positions militaire. 3. Les voies commerciales qui mettaient la vallée du Rhin en communication avec l’Intérieure des Gaules. Leur trace habituellement les cours d’eau; (...) 4. Les voies vicinales promptement dites qui reliant les groupes d’habitations.“³³⁶

Vor den Römern gab es teilweise künstlich angelegten Altstraßen. Da die Täler unwegsam und unsicher waren, wurden diese oft als Hochstraßen angelegt, die sich in Heerstraßen, Handelsstraßen (z. B. Hal-/Salzstraßen) und Pilgerwege einteilen lassen. Die römischen Straßen waren Kunststraßen und einschließlich ihrer Straßenbauwerke derart dauerhaft errichtet, dass sie zum Teil heute noch benutzt werden.

Diese Periode ist mit der Durchsetzung von Social Commons wie einem effektiven, internationalen Steuersystem und Gesetzen zur Regelung privater Eigentumsrechte verbunden, beides sind infrakulturelle Leistungen, die bis heute in modernen Staaten Anwendung finden. Im Hinblick auf die Akzeptanz der Belästigungen durch Infrastruktur muss erwähnt werden, dass der römische Schriftsteller Tacitus über den widerlichen Gestank, die mangelnde Hygiene in den Straßen Roms und den intensiven Lärm in der Nacht klagte, der durch zu schnell fahrende Wagen verursacht wurde.³³⁷

Die große kulturelle Leistung der Römer besteht nicht nur in der Errichtung eines europaweiten Straßensystems, sondern vor allem in der Schaffung einer dezentral funktionierenden Ordnung von Rechten und Pflichten für lokale Akteure, die den Erhalt der

³³⁶ Morlet 1861: S. 46–47.

³³⁷ Fuchs, Kreowski 1911.

Straßen als technisches Commons-System über Jahrhunderte und wechselnde Herrschaftsformen hinweg gewährleistet haben. Gut dokumentierte Institutionen und funktionierende Qualitätsstandards sind ein Grund dafür, dass diese Infrastruktur den Nukleus der bis heute genutzten Verkehrswege, Kultur- und Wirtschaftsräume und Verwaltungsebenen in Europa bildet. Vergleichbar große Netzwerke wie die Inkastraßen³³⁸ belegen, dass eine einmal errichtete Infrastruktur über Generationen soziale, ökonomische und strategische Infracfunktionen erfüllt, auch wenn Regierungen, Grenzen, Technologien und sozioökonomische Rahmenbedingungen im Laufe der Jahrhunderte wechseln:³³⁹

“The Inca road network was the most expansive transport and communication system in the pre-Columbian Americas. (...) The Incas employed creative and resourceful road construction techniques to adapt their transportation and communication network to the wide range of environments, from coastal plains and deserts to rugged mountains, which coexisted within their empire, Tawantinsuyu. In addition to building new roads the Incas incorporated preexisting road systems into their own, facilitating the rapid expansion of the Inca empire over an extremely large and diverse territory. Roads and their supporting infrastructure of messengers, lodging houses and well-stocked storage facilities contributed to the success of the Inca empire by enabling efficient communication and movement of people and goods for administrative, economic, political and military purposes.”³⁴⁰

Jede Verkehrsstraße erfüllt als Commons-System unabhängig vom kulturellen Kontext eine Vielzahl von ökonomischen und nicht ökonomischen Funktionen, deren spezifische Ausprägung und deren Wert jedoch durch den infrakulturellen Kontext bestimmt werden. Für das südamerikanische Volk der Inka bildet das Straßennetzwerk bis heute ein kosmopolitisches Gesamtsystem, eine lebendige Straße („a Living Road“).³⁴¹ Diese Metapher kann ebenso für die Infrastruktur als Lebensader einer modernen Gesellschaft stehen. Es erscheint wie eine Ironie der Geschichte, dass die Straßen, mit denen die Inka und die Römer ihre Reiche aufgebaut und regiert haben, auch von nachfolgenden Eroberern genutzt wurden, um deren Erbauer abzulösen.³⁴²

3.3.4 Infrakulturelle Netzknoten: Skalierbarkeit einer infrakulturellen Revolution

Schrift ist, neben der Sprache ein Hauptmedium von Kommunikation und kulturellem Erbe und damit Träger der Entwicklung von Wissen und Gesellschaft. Ergänzt wird sie durch Erzählungen, Bilder und sonstige Artefakte, die ebenso Vorstellungswelten und Handlungsräume prägen. Wurde bis zum Mittelalter ein Text von ausgebildeten

³³⁸ 40.000 km

³³⁹ UNESCO World Heritage Centre 2015: S. 1 This site is an extensive Inca communication, trade and defence network of roads covering 30,000 km Constructed by the Incas over several centuries and partly based on pre-Inca infrastructure, this extraordinary network through one of the world's most extreme geographical terrains linked the snow-capped peaks of the Andes – at an altitude of more than 6,000 m – to the coast, running through hot rainforests, fertile valleys and absolute deserts. It reached its maximum expansion in the 15th century, when it spread across the length and breadth of the Andes.

³⁴⁰ Reimer-Dorratt 2014.

³⁴¹ BBC Magazine 2015.

³⁴² O'Brien BBC 2015.

Schreibern von Hand, Seite für Seite, auf Pergament übertragen, veränderte der Buchdruck die Reproduzierbarkeit des kulturellen Wissens grundsätzlich.

Die Epoche *Infrakultureller Netzknotten* ab 600 n. Chr. war in Europa von einer andauernden Expansion von Städten, dem Ausbau von stabilen, sozialen Vertrauensnetzwerken und der Skalierbarkeit von Kultur und Wissen geprägt. In den Unruhen der Völkerwanderung wurden Klöster zu Horten der Stabilität und zu Speichern kulturellen Wissens. In den europaweit fraktal organisierten Ordensstrukturen wurden infrakulturelle Fähigkeiten bewahrt, vermittelt und weiterentwickelt. Die spezifische Mischung aus Theologie und einem kulturell prägenden Glaubenssystem diente der Kirche und den Orden mit ihren stabilen mehrstufigen Führungsstrukturen und Kompetenznetzwerken neben dem religiösen Anliegen auch zur Legitimation und Sicherung weltlicher Machtstrukturen. In Schreibstuben wurden säkulare und theologische Schriften vervielfältigt und Wissen über Haushaltsführung, Heilkunde und Handwerk weitergegeben. Diese polyzentrischen, fraktal organisierten Netzwerke, die sich auf ihre römische Zentralfunktion als eine quasi global umfassende Autorität der damaligen Gesellschaft berufen konnten, wurden zu wichtigen Knoten des wirtschaftlichen, kulturellen und politischen Lebens in Interaktion mit jeweiligen weltlichen Herrschern von regionaler oder überregionaler Bedeutung. Der Bau von weithin sichtbaren Kathedralen diente neben missionarischen Zwecken vor allem der symbolischen Manifestation und Kommunikation des stabilisierenden Bündnisses aus quasi göttlich verliehener Macht und überörtlichen und weltlich organisierten Machtstrukturen zu deren Erhalt.

Auch moderne Infrastrukturnetze kennen solche Knoten, die für das Gesamtnetzwerk eine stabilisierende Funktion wahrnehmen, eine Schlüssel- und Steuerungsfunktion erfüllen, aber auch zu kapazitiven Engpässen im physischen Fluss werden können: Städte oder später große Bahnhöfe, Autobahnkreuze, Umspannwerke oder Internetknoten. Klöster, Kirchen und Bischofssitze trugen nach dem Zerfall des Römischen Reiches, wie sich an zahlreichen Ortsgründungen erkennen lässt, zur Bildung von internationalen Verkehrsnetzwerken in Europa bei. *Stabilitas loci*, die Stabilität des Ortes in einem dynamischen Umfeld ist sowohl im kulturellen Kontext als auch in räumlicher und wirtschaftlicher Zentralfunktion ein Ankerpunkt für weiterführende Entwicklungen, die auch von Städten wahrgenommen wurden. Die Kirche war über Jahrhunderte Träger der öffentlichen Ordnung und in Großbritannien war sie für den Unterhalt der Straßennetze zuständig.³⁴³ Im Deutschen Reich wurde diese Infrastrukturaufgabe von regionalen Fürsten und in der Schweiz von den Vögten übernommen.³⁴⁴

³⁴³ Fouquet 2008: S. 187.

³⁴⁴ Gasner 1889.

Mit der Gründung erster europäischer Universitäten ab 1300 etablierte sich sukzessive eine säkulare Wissenschaft, die die spirituellen Netzwerkknoten ergänzte und sukzessive in ihrer infrakulturellen Leitfunktion beerben sollte. Die schrittweise Emanzipation der Untertanen von Fürsten und zentralen Autoritäten ist daran festzumachen, dass die dezentrale Nutzung von natürlichen Ressourcen in verschiedenen Gegenden Europas neu geregelt wurde. Als ein weiteres Beispiel für die commons-ähnlichen Regelwerke zur arbeitsteiligen Instandhaltung der Landstraßen und Pässe durch Vögte, Gemeinden und Anwohner (*anstöszer*) folgt eine Beschreibung aus dem St. Galler Land:

„§ 46 Item wo landstraussen zwischen gütern hingand, da sollen die anstöszer die weg und straussen an enandern helfen machen und in eren han und die geben greben nach notturft welcher anstöszer aber dem andern nit helfen weit, dem sol man gebieten als von der vatten wegen, dann welcher das nit det und verzug wirt dem sin guot ufgeprochen und dardurch gefarn, den schaden sol er selb han. ob ainer nit anstöszer hett und baidenthalb sin wer der sol es ouch allain machen. § 47 Item wo aber erdprüstinen oder wasser güssinen die weg zergangind oder ain stras über gemein merk fieng oder über ain wasser da sol die gemaind wegen und den in eren han, und sol man das gebieten als obstät.“³⁴⁵

Ohne feste Orte, Ordnungen und effektive Kommunikationsstrukturen wäre die infrakulturelle Dynamik der globalen Entdeckungen und Handelsnetze nicht möglich gewesen. Ohne Handwerk, Kapital und Bodenschätze wären keine Wege und Fahrzeuge, Ernährungswirtschaft oder Bildung entstanden. Ein stabiles Hinterland mit verlässlichen Regeln für Interessenausgleich trägt als sozialer Resonanzkörper zur wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung einer Region bei.

3.3.5 Infrakulturelle Netzwerke: Verbindung von Resonanzräumen durch Medien

Die europäische Renaissance markiert eine historische Verschiebung der politischen Achsen für Macht und Wohlstand vom östlichen Mittelmeerraum zum Atlantischen Ozean im Zeitalter der Navigatoren und Entdecker. Um diese Unternehmungen zu finanzieren, wurden zwischen Händlern und Banken, später zwischen wohlhabenden Bankhäusern (z. B. Fugger, Medici) und Staatsoberhäuptern Allianzen geformt, um deren imperialistischen Expansionsdrang finanziell zu unterstützen.

Mit der Erfindung der Druckmaschine konnten Texte erstmals mechanisch beliebig oft und kosteneffizient reproduziert werden. Wissensträger und Wissen wurden technisch entkoppelt und leiteten weltweit eine wissensgetriebene zweite infrakulturelle Revolution ein. Die Einführung von beweglichen Lettern durch Johannes Gutenberg (1395–1468, die einen Text aus seinem ursprünglichen Kontext nehmen und in seine einzelnen Elemente zerlegen, um die singulären Buchstaben im Druckstock wieder zu Inhalten auf Seiten zusammenzufügen, kann als Beginn der *Defragmentierung* und der

³⁴⁵ Grimm, J. 1866: S. 162.

mechanischen Skalierbarkeit von Wissen, also als eine frühe Form der „Digitalisierung“ angesehen werden, wenn auch mechanisch betrieben und noch nicht auf elektronischer Basis. Diese präindustrielle Trennung der Inhaltsgenerierung³⁴⁶ vom Produktionsprozess war die Geburtsstunde der Skalierbarkeit *ad infinitum*. Die Speicherung und Distribution von Wissen und Kultur wurde „entpersonalisiert“, also unabhängig vom Autor, wodurch erstmals intellektuelle Güter entstanden, die in nennenswerten Stückzahlen handelbar und über große Entfernungen verbreitet wurden. Bücher und Zeitungen wurden zum „medium du jour“ und verbreiteten dank der signifikanten Kostendegression aktuelle Nachrichten, Ideen und (technisches) Wissen in einer nie zuvor erreichten Qualität und Geschwindigkeit an ein anonymes Publikum.

Diese bahnbrechende Kulturtechnik verbreitete sich schnell und wurde ein zentraler Treiber der ersten mediengetriebenen Revolution der europäischen Glaubensfundamente, der Reformation. Die personale Infrastruktur rekrutierte sich aus anderen Handwerkszweigen, die ersten Drucker waren zuvor als Goldschmiede und Graveure ausgebildet worden und zogen mit ihren neu erworbenen Fertigkeiten in die vitalen humanistischen Hochburgen, wo die mentale Infrastruktur ihre junge Handwerkskunst prosperieren ließ. Eine Karte über die Ausbreitung von Druckereien in Europa im 15. und 16. Jahrhundert korreliert mit bestehenden Handelsstraßen und den Aktivitäten der reformatorischen Prediger wenige Jahrzehnte später in den Städten, die von diesen Straßen verbunden werden, z. B. Straßburg, Basel, Nürnberg, Augsburg, Leipzig und Erfurt. Auch ein zeitgenössischer Künstler und Medienunternehmer war gelernter Goldschmied und Drucker. Albrecht Dürer (1471–1528) schrieb Handbücher für den Kaiser und den Nürnberger Stadtrat mit innovativen Ratschlägen für Festungsbau, Planung der idealen Stadt und Umgang mit wachsenden Umweltbelastungen wie Kaminabgasen und Gestank (1527). Er schuf mit der typischen Signatur „AD“ das erste Markenzeichen, um sein geistiges Eigentum und seine Druckerzeugnisse vor Raubkopierern zu schützen. Schon damals nutzten Trittbrettfahrer den jeweiligen Stand der Technik in allen offenen kulturellen Tauschsystemen zu ihrem eigenen Vorteil, wohingegen Dürers Invention einer Marke als Rechtsinstitution Schutz gewähren sollte und als Institution bis heute Bestand hat.

Die Bedeutung der Kontrolle von Medien und Nachrichtensystemen kann daran verdeutlicht werden, dass Kaiser Maximilian I. um 1500 den Familien Thurn und Taxis ein fast europaweites Postmonopol gewährte. Dieses „von oben“ gewährte institutionelle Privileg führte zum Aufbau des ersten allgemeinen europaweiten Post- und Nachrichtennetzes, das in gewissem Umfang auch Warensendungen beförderte. Die Post war nach der

³⁴⁶ Content-Management

Straße das erste moderne Gemeingut, ein Modern-Commons-System, weil sie öffentlich von jedermann überörtlich genutzt werden konnte. Unabhängig von der Präsenz einer Person konnten Nachrichten und Güter über große Entfernungen mittels einer vertrauenswürdigen infrakulturellen Institution ausgetauscht werden. Die neue technische Infrastruktur bestand aus Wegen, Wagen, Zugtieren und privaten Postrelais-Stationen, an denen Pferde getauscht und Nahrung aufgenommen werden konnte. Gaststättennamen wie „Zur Post“ oder „Postillion“ entlang der Hauptstraßen bezeugen europaweit die enge Verknüpfung von mehrstufigen Netzen und lokalen Infrastrukturen.

Das neue Gleichgewicht zwischen Kirche und Kaiser, gefolgt von den Erschütterungen der Reformation und fundamentalen naturwissenschaftlichen Entdeckungen – z. B. von Kopernikus, Galileo, Newton – führte in der frühen Informationsgesellschaft zum Aufbruch eines selbstbewussten Bürgertums. Dessen rationalistisch geprägte Vordenker – wie z. B. Hobbes, Descartes und Rousseau – entwickelten auch neue Anforderungen an Staatsführung und Demokratie, die sie mithilfe der infrastrukturellen Möglichkeiten verbreiteten. Neue Technologien und damit steigende Kapazitäten für Seetransporte, die Erschließung rohstoffreicher Kolonien und ein verlässliches Kreditwesen förderten die Bildung staatsnaher, aber unabhängiger Handelsgesellschaften, die sich geographisch unabhängig von den Glaubenskriegen im Schutz imperialistischer Nationen mit mächtigen Flotten zu ertragreichen Wirtschaftsunternehmen und einflussreichen globalen Netzwerken entwickelten.

Die Analyse der Netzwerkknoten veranschaulicht, dass Infrastruktursysteme nie nur eine „Person-zu-Person-“ oder „Punkt-zu-Punkt-“Verbindung darstellen, sondern über große Entfernungen kulturelle Räume und Systeme miteinander verbinden, die dadurch gegenseitig als *Resonanzräume* fungieren. Diese infrakulturellen Resonanzräume nehmen soziale und wirtschaftliche Entwicklungen auf und wirken fallweise verstärkend, stabilisierend oder dämpfend. Die Initiativfunktion geht nicht vom Netz an sich oder der technischen Plattform aus, sondern der mögliche Effekt wird abhängig von der Intensität des Impulses, seiner Frequenz und der Komplementarität von der technischen Plattform weitergegeben. Innovation und Diffusion von Infrastruktursystemen und Technologien tragen zu sozialer und wirtschaftlicher Entwicklungen bei und ermöglichen deren Beschleunigung.

3.3.6 Industrielle Netzwerke: Massen-Mobilität und Urbanisierung

Die dritte infrakulturelle Revolution war karbongetrieben und begründete das Zeitalter der Modern Commons. Der Beginn der Industrialisierung ging mit einer zeitlichen Reduktion zur Überwindung räumlicher Distanzen durch den Ausbau der Transportnetze, neue Verkehrstechnologien und moderne Kommunikationsmöglichkeiten einher was

auch eine mentale Veränderung der erlebten wirtschaftlichen Entfernungen bewirkte. Primär durch Nutzung der Kohle als universellem Treibstoff auch zur Erzeugung von Elektrizität und später des Öls als multifunktionalem Roh- und Kraftstoff ermöglicht, ist dieser Trend bis heute von fossilen Energieträgern abhängig. Große industrielle Infrastrukturnetze für den Transport und die Verstetigung des dezentralen Zugangs zu Energie führten zu Produktivitätssteigerungen und wurden zu einem Wendepunkt in der mechanisierten Fertigung. Weben, Bergbau und alle Arten von Fabrikation nutzten diese beispiellose Quelle der Effizienz, um die Qualität und Quantität ihrer Produktion bei sinkenden Kosten je produzierter Einheit zu erhöhen. Heimische Rohstoffe aus Landwirtschaft und Bergbau oder Rohstoffe aus den Kolonien in Übersee konnten mit steigender Geschwindigkeit transportiert, verarbeitet und monetarisiert werden. Märkte bewegten sich von traditionellen Marktplätzen zu einem Stellvertreterhandel durch lizenzierte Handels-Kompanien, auch über große Entfernungen, sodass quasi eine frühe Vorform des virtuellen Handels bestand. Nicht zuletzt dank der infrastrukturellen Neuerungen wie Kanäle und Eisenbahnen wurden effiziente und bezahlbare Transportplattformen für den Massenversand und den Transport von Arbeitskräften geschaffen.

Industrialisierung schuf Wohlstand und bot somit einer verarmten Landbevölkerung die Perspektive auf bezahlte Beschäftigung in aufstrebenden Städten. Gleichzeitig entstand ein reger Wettbewerb der Nationen und der sozialen Entwicklungen, der den Urbanisierungsprozess beschleunigte und zur Errichtung von starken – auf Kohle und Stahl beruhenden – Wirtschaftsimperien führte. Eine erhöhte Nachfrage von Kommunikation und die Verbesserung der öffentlichen Dienstleistungen wie Abwassersysteme und Gesundheitsdienstleistungen waren eine logische Konsequenz des Bevölkerungswachstums in den Metropolen. Diese wirtschaftliche Entwicklung brachte bereits als 'Auffangstationen' der Folgen kapitalistischer Ausbeutung auch soziokulturelle Institutionen wie Kranken-, Waisen- und Armenhäuser hervor. Die Mechanismen und Nachteile der kapitalistischen Wirtschaft wurden früh von Soziologen wie Marx und Weber beschrieben. Die Entwicklung der Infrastruktur wurde von einer großen Mehrheit der Bevölkerung positiv aufgenommen und von wenigen Skeptikern warnend kommentiert, vergleichbar mit der Euphorie für „New Economy“ oder „Digitalisierung“ Anfang des 21. Jahrhunderts.

Die Entwicklung von Infrastruktur-Institutionen, die auf bestehenden Institutionen aufbaut und von einer aktuellen Technologie unabhängig ist, kann am Beispiel der Regelungen zur Infrastrukturarbeiten an der badischen Hauptbahn illustriert werden. An der Eisenbahntrasse um Haslach wurden dem Bürgermeister (Meier) um 1866 Bau- und Instandhaltungsarbeiten übertragen und zur Unterstützung der Ortskräfte (Knechte) Soldaten aus dem nahegelegenen Regiment abgeordnet (Schützen):

„§ 11 Der meier soll der schutzen dri haben und soll si meinem gn.h. antworten und mag er der shutzen nit haben so soll er m gn h sin recht darfur thun damit ist er ledig 12 Es soll ouch mein gn. H. haben die wegruome halb an der gersten dri schuw von dem gleitze und die acker die über den weg ziehent die gebent ein sit und ander sit nutzt 13 Es sollent meins gn h knechten werden drithalb schilling pfenning bare und wer in das nit gibt so verbieten si zu schniden und sollent die baneleut die pfenning legen und sollent si m gn. H. knechte samlen _ 14 Und ist es das die baneleut einuog machen so sind si halber meins gn h und soll meins gn.H. meiger die einungen riegen.“³⁴⁷

Bemerkenswert ist sowohl das deutliche öffentliche Interesse an der Funktion und Instandhaltung der staatlich errichteten Eisenbahn (in Baden) als auch die konkret empfohlene Vergütungsregelung, die auf einer Beteiligung der Instandhalter an zukünftigen Erlösen der Bahn basiert, eine bis heute gültige rationale Risikoteilung zum gegenseitigen Nutzen von Staat und Infrastrukturunternehmen. In anderen Regionen Deutschlands errichteten private Eisenbahngesellschaften Schienennetze, um eine identische Infrfunktion zu erfüllen. Der Variantenreichtum der rechtlich administrativen Institutionen hat zu einer Vielfalt der technischen Lösungen und zur Resilienz der Eisenbahnen als erste Commons der Moderne beigetragen.

3.3.7 Automationsnetzwerke: Social Engineering einer idealen Gesellschaft

Die siebte infrakulturelle Epoche zu Beginn des 20. Jahrhunderts war das Zeitalter der automatisierten Netzwerke, die durch Elektrizität und Öl angetrieben und von Entfernungen unabhängiger wurden. Die Pfadabhängigkeit des Denkens und die Selbstähnlichkeit von Infrastruktursystemen zeigt ein Artikel von Schacht, der den Ausbau der Stromnetze im Ruhrgebiet als Analogie der „Krafttelegraphie“ mit der bewährten räumlichen Verteilfunktion der Telegraphennetze vergleicht:

„Anstatt die Steinkohle zu verfrachten und an verschiedensten räumlich getrennten Produktionsstätten zur Kesselfeuerung zu verwenden, wird die Kohle am Fundort selbst in elektrische Energie umgesetzt und so die der Kohle innewohnende Kraft auf dem billigeren Wege des elektrischen Leitungsdrahtes an die entfernten Betriebsstätten verpflanzt. Es ist das, was man als die „Verfrachtung der Kohle auf den Draht“ bezeichnet hat und was man in Anwendung auch auf andere Kraftquellen vielleicht am verständlichsten mit dem Ausdruck Krafttelegraphie charakterisieren kann.“³⁴⁸

Schacht folgt dabei der funktionalen Infrastrukturlogik, Güter zu sammeln und effizient – über zu Gemeinschaftsleistungen zusammengeführte Leitungsnetze in großräumigen Monopolstrukturen –³⁴⁹ gebündelt zu verteilen. Gleichzeitig belegt der Artikel, wie durch Infrastruktursysteme eine natürliche Ressourcenbasis und geographische Gegebenheiten vor Ort in die Gestaltung von Netzen und Wertschöpfungsketten integriert werden können.

(...) zeigt sich der Gegensatz in der Politik des Werkes zu Rheinfeldern gegenüber derjenigen in Essen und Oberschlesien. Bei dem einen ist das Problem der billigen Kraftlieferung durch

³⁴⁷ Grimm, J. 1866: S. 421.

³⁴⁸ Schacht 1908: S. 92.

³⁴⁹ Schacht 1908: S. 96, 98.

die Natur gelöst und es gilt nur, den Absatz zu organisieren, bei den anderen ist ein großes natürliches Absatzgebiet, ein gewaltiger Bedarf vorhanden, und das Problem geht dahin, die billige Krafterzeugung zu ermöglichen.³⁵⁰

Der Institution der Wegerechte kommt beim Ausbau von Infrastruktursystemen und bei der ökonomischen Gestaltung der Versorgungsgebiete eine Schlüsselstellung zu, die Schacht als Jurist in Bankdiensten als Wettbewerbsvorteil der Rheinisch Westfälischen Energiewerke erkannte und in Form der Versorgungsmonopole für definierte Gebiete zu skalieren und nachhaltig zu festigen verstand.

„Für die geplante große Stromproduktion musste ein entsprechend großer Stromverbrauch geschaffen bzw. angegliedert werden. Vorbedingung hierfür war die Möglichkeit, ein großes Leitungs- bzw. Kabelnetz zu verlegen. Hierzu gehörte das Wegenutzungsrecht, das von den Gemeinden erworben werden musste. Erwarb man bestehende Elektrizitätswerke, so erwarb man damit auch deren Wegerechte. (...) Nicht die Produktionsanlagen werden bezahlt, sondern das Monopol, welches unsere Rechtsverfassung diesen Werken garantiert.“³⁵¹

Schacht befürwortet einerseits eine polyzentrische Verantwortung für Gestaltung und Betrieb technischer Netze unter Beteiligung von Kommunen und Industrie. Er fordert andererseits im Sinne des effizienten Netzbetriebes erstens die Festlegung durchgängiger technischer Standards für mehrstufige Netze (keine Kirchturmpolitik), zweitens eine angemessene Beteiligung des Staates an den Effizienzgewinnen durch fortschrittliche Technologien (Elektrizität)³⁵² und drittens die Beibehaltung der Beteiligung des Staates sowohl an der Lösung von Interessenkonflikten auch bei privaten Betreiberstrukturen als auch an relevanten Entscheidungsprozessen.

„Eine Verbindung von Staat und Privatunternehmer zu gemeinschaftlicher Produktion, in der das wirtschaftliche Prinzip durch den Unternehmer und das soziale durch den Staat gewahrt bleibt.“³⁵³

³⁵⁰ Schacht 1908: S. 100.

³⁵¹ Schacht 1908: S. 98.

³⁵² Schacht 1908: S. 104.

³⁵³ Schacht 1908: S. 114.

Netz-Epochen Periode	Infrakulturelle Belief-Systeme (z. B.)	Infrastruktur Plattformen (z. B.)	Infracfunktionen Services (z. B.)	&
1. Erste infrakulturelle Revolution: → expandierende Kulturräume				
1.1 Agrar Gemeinschaften 6000 BC	<ul style="list-style-type: none"> • Lokale Gruppen • Clan, Stamm, Häuptling • Subsistenzwirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Gewässer, Feuer, Zäune • Quellen, Brunnen • Felder, Wälder, Auen 	<ul style="list-style-type: none"> • Obdach, Trinkwasser • Sicherheit, Schutz • Ernährung 	
1.2. Urban Schmelztiegel 3000 BC	<ul style="list-style-type: none"> • Königreiche, Migration • Schrift & Handwerk • Überschuss-Ökonomie • Götterglaube 	<ul style="list-style-type: none"> • Tempel, Ziegelgebäude • Feuerstellen, Schmieden • Festungen, Speicher • Häfen, Leuchttürme 	<ul style="list-style-type: none"> • Erste Arbeitsteilung • Werkzeug, Bewässerung • Waffen, Rüstung • Handel, Schifffahrt 	
1.3. Transurbane Netzwerke 2000 BC – 600 AD	<ul style="list-style-type: none"> • Regionale Reiche • Zentrale Autoritäten • Adel, Sklaverei 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportwege, Straßen • Briefe, Urkunden, Boten • Aquädukte, Heizung 	<ul style="list-style-type: none"> • Militärische Dominanz • Gesetze, Religion • Eigentum, Steuern 	
2. Zweite infrakulturelle Revolution: → Skalierbarkeit von Kulturwissen				
2.1. Infrakulturelle Netzknotten 600 – 1450	<ul style="list-style-type: none"> • Völkerwanderung • Kreuzzüge, Feudalismus • Kaiser, Fürsten, Stände 	<ul style="list-style-type: none"> • Klöster, Spitäler • Wind- & Wassermühlen • Universitäten, Theater 	<ul style="list-style-type: none"> • Bildung, Speicherwissen • Medizin, ö. Gesundheit • Rechte, Commons 	
2.2. Infrakulturelle Netzwerke 1450 – 1750	<ul style="list-style-type: none"> • Renaissance, Bankwesen • Reformation, Nationen • Merkantilismus, Kolonien 	<ul style="list-style-type: none"> • Buchdruck, bew. Lettern • Gruben, Gold, Erze • Postmonopol (PTT) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bücher, Zeitungen • Handel, Börse, Schulen • Seefahrt, Entdeckungen 	
3. Dritte infrakulturelle Revolution: → Implosion der Entfernungen				
3.1. Industrielle Netzwerke 1750 – 1900	<ul style="list-style-type: none"> • Wealth of nations • Industrialisierung • Kapital-/Imperialismus 	<ul style="list-style-type: none"> • Kanäle, Eisenbahn, Stahl • Chemie, Abwassersyst. • Kabel, Telegraphie 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabriken, Schwerguttran. • Pendeln, Gesundheitsw. • Metropolen als Zentren 	
3.2. Automations- Netzwerke 1900 – 1970	<ul style="list-style-type: none"> • Wirt. Supermächte • Öl- & Nuklearzeitalter • Daseinsvorsorge 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrizität, Kohle, Gas • Autobahn, Pipelines • Telefonie, Rundfunk 	<ul style="list-style-type: none"> • Massenproduktion • Autos, Massenmedien • Agrochemie 	
3.3. Interaktive Netzwerke 1970 – nahe Zukunft	<ul style="list-style-type: none"> • Wohlfahrts-Demokratie • Freier Welthandel • Reflexive Moderne 	<ul style="list-style-type: none"> • Mikroelektronik • Computer, Satelliten • Erneuerbare Energie 	<ul style="list-style-type: none"> • Globales Internet • Netz-Konvergenz • Nachhaltigkeitsziele 	
4. Vierte Infrakulturelle Revolution: → Ermächtigung der Datennetze				
4.1. Transformative Netzwerke Mittlere Zukunft (<i>Ungewissheit</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Postmoderne • Klimawandel • Wachstum entkoppelt • Grüner Lebensstil 	<ul style="list-style-type: none"> • Internet der Dinge • Echtzeit Smart-Grids • Big-Data-Dynamik • Gentechnologie, Bionik 	<ul style="list-style-type: none"> • Dekarbon. Transporte • Resilienz, Netzsicherheit • Autonome Systeme/KI • Robotik und Nanotechnik 	

Tabelle 14: Epochen der Ko-Evolution von Infrakultur und Infrastrukturplattformen
Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Hofmann 2015³⁵⁴

Europa wurde in dieser Periode politisch von demokratischen Experimenten, wirtschaftlicher Depression und zwei Weltkriegen zerrissen, was zu einer Kaskade von technischen Innovationen, flächendeckender Zerstörung in Europa und dem anschließenden Aufstieg zweier globaler Supermächte führte. Das Fließband revolutionierte die

³⁵⁴ Hofmann 2015: S. 250. In Anlehnung an Fouquet (2008), Popitz (1995), Toynbee (1976), Parsons (1951).

Produktion, die automatisierte Taylorisierung begann in den Schlachthöfen Cincinnati³⁵⁵ und wurde von Ford in Detroit erfolgreich auf die Automobilproduktion übertragen. Agrochemische Dünger und Landmaschinen erhöhten die Produktivität der Landwirtschaft, sodass die schnell wachsende Zahl an Industriearbeitern, die an die Fließbänder kamen und von schnell wachsenden Vorstädten absorbiert wurden, versorgt werden konnte. Der Fordismus ebnete den Weg für die Massenmotorisierung und die Massenproduktion, die Grundlagen für die Konsumgesellschaft und individuelle Mobilität, die in Form eines eigenen Automobils zum Wohlstandssymbol der Nachkriegszeit wurde.

Die wirtschaftlichen Ideale eines stetigen Wachstums, hoher Beschäftigung und eines funktionalistischen Social-Engineering des Fortschritts wurde in den 1920er Jahren mit einer Weltwirtschaftskrise konfrontiert. Die Krise wiederum erzeugte öffentliche Investitionen zur Schaffung von Nachfrage am Arbeitsmarkt. Der New Deal in den USA und die Folkhemmet-Initiative der Regierung in Schweden waren große staatliche Investitionsprogramme zur Modernisierung der Infrastrukturen in einer Epoche, in der die Ideen des Funktionalismus und des Social Engineering, die Schaffung einer an die funktionalen Bedürfnisse der Menschen angepassten Umwelt und dadurch eine bessere Gesellschaft fördern sollten. Die Zentralregierung der Vereinigten Staaten konnte mit diesen Investitionen die Folgen der Depression überwinden und schuf bleibende Infrastrukturen, die landesweite Verbindungen ermöglichten. Schweden verwirklichte Folkhemmet (Volksheim) als sozialdemokratische Version einer gerechten Verteilung des Wohlstandes zwischen Arbeitern und Kapital und schuf mittels Wohnungsbau hoch standardisierten Wohnraum mit funktional optimierter Quartiersplanung und Infrastruktur.

„Die „ambivalente Moderne“ hat Spuren hinterlassen – auch in Schweden. Social Engineering schien eine Möglichkeit, die negativen Folgen der Moderne aufzufangen, indem die sozialen Beziehungen neu gestaltet werden. (...) In Schweden, den USA und Asien versuchten sie zwischen 1930 und 1980 eine gerechte Gesellschaftsordnung zu entwerfen, die jedoch das Paradebeispiel einer „Normalisierungsgesellschaft“ darstellt.“³⁵⁶

In beiden Varianten definiert der sorgende Staat als initiativ handelnde Instanz das Wohl seiner Bürger und verteilt die verfügbaren Ressourcen als guter Souverän.³⁵⁷ Die Wiederaufbaumaßnahmen der Nachkriegszeit und insbesondere das European

³⁵⁵ Cincinnati ab 1870, Ford fand sein Vorbild Anfang 1900 in Chicago. Mechanische Fließbandarbeit wurde in Venedig im 15. Jhrdt. im Schiffsbau genutzt, in Frankreich 1780 Bau von Musketen, ab 1830 Kaffeeverarbeitung in Hamburg

³⁵⁶ Etzemüller 2010.

³⁵⁷ Etzemüller 2009: S. 18 f.: „Entscheidend ist für Popper die Unterscheidung zwischen einem »piecemeal social engineering« und einem »Utopian social engineering«. Letzteres gilt Popper als gefährlich, weil es einen dogmatisch zu befolgenden Plan zur Erlangung eines ideologisch fixierten Ziels entwirft und sich zu radikalieren droht. Ersteres ist rational, weil es mit Hilfe von Planung reflektiert und schrittweise gesellschaftliche Missstände abstellen will, immer bereit, sich veränderten Gegebenheiten anzupassen. Genau diese dezidiert gemäßigte Vorstellung von social engineering können wir beispielsweise im Schweden der 1930er Jahre beobachten: Jede Form von Planung muss ein offener Prozess sein, der sich Veränderungen flexibel anpasst.“ Doch die wenigen Seiten Poppers machen immer noch nicht klar, wie das Phänomen präzise zu fassen sein könnte.

Reconstruction Program (ERP), auch als Marshall-Plan bekannt und vom US-amerikanischen Staat finanziert, führten in Europa zu weiteren Verbesserungen der Industrie- und Infrastruktur und damit der Produktivität. Die maßgebliche Rolle des Staates zur Gestaltung der Infrastruktur unterliegt einem andauernden Wandel, während Plattformensysteme, Raumstrukturen und Institutionen beständig sind. Somit bleibt es Aufgabe jeder Generation, infrakulturelle Zielsysteme zu überprüfen und Spielregeln veränderten gesellschaftlichen Anforderungen und technischen Möglichkeiten anzupassen, um so ein dynamisches Regelwerk für Modern Commons aufrechtzuerhalten.

3.3.8 Interaktive Netzwerke: global vernetztes Leben und Arbeiten

Telekommunikation, Computer und Mikroelektronik eröffneten in den 1970er Jahren völlig neue Wirtschaftszweige, die mit globalen Massenmedien und gesteigerter Produktivität durch digitale Automationsnetzwerke hohe Wohlstandserwartungen weckten und diese sogar übertrafen.

Die Perspektive einer gemeinsamen, aber endlichen Erde³⁵⁸ als Lebensgrundlage vereinte die Nachkriegsgeneration nach 1968 bei der Lösung der öffentlichen Interessenkonflikte zwischen Nationen und Systemen. Die Inkarnation des globalen Internets deckt sich dabei mit den kulturellen Veränderungen der 1970er Jahre, welche die westlichen Wohlfahrtsstaaten transformierten. Das Streben nach den gemeinsamen Idealen von generationenübergreifender Nachhaltigkeit und globaler Verantwortung steht dabei in Bezug auf Infrastrukturgestaltung in einem latenten Konflikt mit den verstärkten Trends zu Individualisierung und Urbanisierung.

3.3.9 Transformative Netzwerke: Ermächtigung der Algorithmen

Die Bestimmung des Systemhandelns durch Algorithmen wird unter dem neuen Begriff der transformativen Infrastrukturnetze zusammengefasst und ist gekennzeichnet von drei signifikante Entwicklungen: Die Vernetzung von stationären und mobilen Systemen über neue Kommunikationstechnologien (5G u. a.), die Verarbeitung von großen Datenmengen ohne Zeitverluste durch leistungsfähige Backend-Rechnersysteme sowie die zunehmende Unterstützung, Optimierung und Ausführung von system- oder anwenderrelevanten Entscheidungen durch „intelligente“ Algorithmen. Für Betreiber von Infrastrukturnetzen ermöglicht die laufende Überwachung von Anlagenzuständen sowie Betrieb und Auswertung von Nutzerdaten eine Optimierung der Verfügbarkeit und dadurch eine Erhöhung der nutzbaren Systemkapazität. Die zunehmende Automatisierung von Infrastruktur-Prozessen führt zu einer Verlagerung von operativen Entscheidungen an KI-gesteuerte Wirksysteme, die für einen reibungslosen Betrieb von Energie-,

³⁵⁸ Diedrichsen et. al. 2013.

Telekommunikations- und Verkehrsnetzen führen sollen. Dabei drängt sich aus wirtschaftlicher und regulatorischer Sicht die Frage auf, ob diese wertschöpfende Intelligenz in die Infrastrukturplattform, auf Programmebene oder in die Endgeräte einzubauen ist. Mit der Allokation der System-Intelligenz wird die Entscheidung über zukünftige Wertschöpfung präjudiziert. Ungeachtet dessen, wie die realen Systeme diese Kompetenzen und zukünftige Erträge verteilen, ist seitens der Betreiber durch eine transparente Infrastruktur-Governance die Kompatibilität der Anwendungen unterschiedlicher Anbieter mit der Infrastruktur als offene Systemplattformen zu unterstützen und einer erhöhten Verwundbarkeit dieser Plattform u. a. durch offene Schnittstellen Rechnung zu tragen.

Transformative Netze und die Dynamik von Big Data werden die Vernetzung in der modernen Gesellschaft für Prosumenten und andere Akteure maßgeblich gestalten. Beispielsweise werden Smart Grids und die digitale Vernetzung von Energieerzeugern, Netzbetreibern und Verbrauchern in Echtzeit intelligente und individuelle Angebote ermöglichen und die Nachfragemuster dadurch sukzessive verändern. Die Diversifizierung der Energieversorgung durch erneuerbare Energieträger wird innovative Lösungen für Energieeffizienz und Nachhaltigkeit hervorbringen, welche die Herausforderungen des Klimawandels aufnehmen. Mit der Ausweitung einer konsequenten Maschine-zu-Maschine-Kommunikationen³⁵⁹ entstehen besonders im Verkehrssektor neben autonomen Transportsystemen innovative Kommunikationsplattformen, um Angebot und Nachfrage im laufenden Betrieb aufeinander abzustimmen. Gleichzeitig wird durch die Analytik der Hintergrundsysteme, die präventive Verkehrslenkung und den zunehmenden Bedarf an verlässlichen Warn- und Sicherheitsfunktionen immer mehr Entscheidungsmacht auf intelligent vernetzte Systeme übertragen, was neuen Regelungsbedarf hervorruft sowie gesicherte Datenübertragung und verlässliche Institutionen zu deren Organisation erfordert.

Der ubiquitäre Zugriff auf das Internet hat den Zugang zu Daten und Wissen gleichermaßen dezentralisiert und globalisiert. Die konvergierenden Netzwerke ermöglichen eine differenzierte Wertschöpfung durch die gleichzeitige Verknüpfung von Daten und Algorithmen – ein Geschäftsmodell, das Produktion und Konsum, soziale und kulturelle Aktivitäten, kurzum Wirtschaft und Gesellschaft sukzessive in jedem Lebensbereich verändern wird. Die durch limitierte natürliche Ressourcen und Tragfähigkeit des Ökosystems auferlegten Grenzen des Wachstums können nach Boserup mithilfe neuer Technologien kurzfristig überwunden und das Erreichen dieser Grenzen kann durch Effizienzgewinne weiter in die Zukunft verschoben werden.³⁶⁰ Inwieweit diese

³⁵⁹ z.B. Embedded Systems, (Internet der Dinge).

³⁶⁰ Boserup 1965.

Effizienzgewinne der Infrastruktursysteme im Sinne der Nachhaltigkeit genutzt werden, wird von den jeweils gültigen Zielsystemen bestimmt, die beispielsweise Klima-, Qualitäts- oder Kostenziele messen und gleichermaßen auch System-Resilienz und soziale Akzeptanz als relevante Zieldimensionen berücksichtigen können.

Das globale Ziel eines ökologischen Gleichgewichts und die ambitionierten klimapolitischen Ziele wurden von Politik und Zivilgesellschaft auf die infrakulturelle Agenda gesetzt. Der Anpassungsbedarf der Infrastruktursysteme für eine Energie- und Verkehrswende kann am Beispiel nachhaltiger und vernetzter Mobilität deutlich gemacht werden. Mit veränderten technischen Möglichkeiten und gesellschaftlichen Anforderungen an Infrastruktursysteme wandeln sich auch Rollen von Infrastruktur-Akteuren und ihren Institutionen.

3.4 Rollenwandel überregionaler Infrastruktursysteme

3.4.1 Beitrag von Infrastruktur zur Wertschöpfung

Während der Expansion der Kulturräume (Epoche 1–3) dienten die Infrastrukturnetze zu Diffusion von Machtstrukturen und Verlängerung der physischen Wertschöpfungsketten primär durch Kommunikations- und Transportleistungen für Waren und Truppen. Dies galt auch für interurbane Infrastruktursysteme, die somit stabilisierend für die durch Landwirtschaft, Handwerk und Bodenschätze geprägte wirtschaftliche Entwicklung wirkten.

Mit der Skalierbarkeit von Wissen und Kulturräumen (Epoche 4–5) wurden funktionierende Institutionen und Infrastrukturnetze zur Voraussetzung für Wirtschaftswachstum, insbesondere in Handel und Handwerk, aber auch für religiöse und säkulare Verwaltungssysteme. Die neue Skalierbarkeit ermöglichte die Errichtung verlässlicher Wertschöpfungsketten zwischen Zentren, die über physische Transportleistung hinaus auch Fertigkeiten, Dienstleistungen sowie Inhalte und Werte personen- und ortsunabhängig übertragbar machten.

Mit der dritten infrakulturellen Revolution beginnt die Entstehung der Modern Commons und als Folge der Implosion der Entfernungen (Epoche 6–8) wandelte sich die Rolle der Infrastrukturnetze erneut. Über die Transportleistung hinaus wurden Infrastruktursysteme als Träger der Energien³⁶¹ für wachsende Produktionsstätten zu einem unverzichtbaren integralen Bestandteil der Wertschöpfung im primären und sekundären Wirtschaftssektor. Durch eine Beschleunigung des überörtlichen Waren- und Kapitalumschlags trug die allgemein zugängliche Infrastruktur signifikant zum

³⁶¹ z.B. Wasser, Kohle, Dampf, Elektrizität etc

Wirtschaftswachstum der westlichen Nationalstaaten bei und definierte vorerst in den Städten mit zunehmender Verbreitung von Eisenbahn, Strom, Gas und Telefon den erstrebenswerten Lebensstandard für das Bürgertum.

Beginnend mit den interaktiven Netzwerken bilden moderne Kommunikationssysteme die Basis der lokalen und globalen Verknüpfung von Produktions- und Dienstleistungen, Informations- und Energienetzen zu Wertschöpfungsverbänden, die durch die „Transformativen Netzwerke“ (Epoche 9) eine bisher nicht erlebte Geschwindigkeit und Qualität von Vernetzung ermöglichen. Waren Infrastrukturnetze zuvor Mittler und Treibriemen für wirtschaftliche Entwicklung, wird sich diese Rolle mit einer zunehmenden Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft weiter wandeln. In einer hypervernetzten Gesellschaft kann nicht nur die digitale Infrastruktur, sondern können auch physische und energetische Transportnetze zu eigenen Wertschöpfungsstufen für das Gesamtsystem werden, wie es im Schichten-Modell multifunktionaler Plattform-Systeme (Kapitel 3.2) dargestellt wird. Die horizontale Vernetzung der Infrastrukturnetze erfolgt zunehmend über Sektor-grenzen hinaus, wie Tabelle 15 zeigt.

Ko-Evolution von Infrastruktur, Reichweiten und Systemdynamik

Infrastruktursektor/ Infrakultur-Epoche	Verkehr	Energie	Telekom- munikation	Reichweite/ Systemdynamik
Transformative Netze mittlere Zukunft	Vernetzte, erneuerbare Mobilität	Proaktive Angebots-/ Verbrauchslenkung in intelligenten Grids	Kommunikation intelligenter, autonomer Systeme	orbital, biometrisch <i>analytisch/antizipativ</i>
Interaktive Netze ca. 1970 - nahe Zukunft	Container und intermodal kombin. Transportsysteme	Smart Grids und Nachfragemgmt.	elektronische DV- u. Übertragung, mobile Systeme, Internet	global/ <i>Echtzeit</i>
Automatisations Netzwerke ca. 1900 - 1970	Autobahnen, int. Luftverkehr	Kernkraft, Öl, Elektrizität, Gas	Funk, elektrische Übertragungssysteme	International/ <i>tagesaktuell</i>
Industrielle Netzwerke ca. 1800 - 1900	Eisenbahn-Netze, Dampfschiffe	Dampfmaschine, Wasserturbine	manuelle-/optische Übertragungssysteme	national/Regional/ <i>nächster Tag</i>
Vor-Industrielles Netze vor 1800	Schiffe, Wagen, Zugtiere, Menschen	Wind-/Wasserkraft	Post, Schrift, Kuriere, optische Übertragung	lokal/ <i>langsam</i>

Tabelle 15: Ko-Evolution von Infrastruktur, Reichweiten und Systemdynamik

Quelle: Eigene Darstellung, Infrakultur-Epochen Hofmann, 2015 in Anlehnung an Alt, Schmid, 2000: S. 4

Tabelle 15 beschreibt anhand der jüngeren Infrakultur-Epochen diesen ko-evolutionären Prozess und die horizontale Konvergenz in den drei untersuchten Modern-Commons-Sektoren. Vorindustriell herrschte in lokalen Netzwerken Knappheit an Energie und Gütern, die überwiegend lokal hergestellt wurden, was zu einem räumlich begrenzten Austausch von Waren und Wissen führte. Handel und Reisen waren ein Privileg für wenige. Eine durch zunehmende Reichweite beschleunigte Systemdynamik – sichere Verbindungen, physische Sicherheit bei Reisen auf Landstraßen waren bis ins 19. Jahrhundert in Deutschland nicht selbstverständlich – führte zur Bildung von zentralen Orten als

Zentren und Oberzentren.³⁶² Die wirtschaftliche Entfernung relativiert sich mit der Einführung von Innovationen. Damit reduzierten Infrastruktursysteme den kollektiven Zeitbedarf zur Überwindung physischer Entfernungen und der alltägliche Aufwand des Einzelnen zur Verbindung von Menschen und Räumen – sei es durch Sprache, Information, Tausch oder Migration – nahm kontinuierlich ab.

Erfolgte Infrastrukturentwicklung früher überwiegend sektoral, eröffnet die zunehmende elektronische Vernetzung interaktiver Systeme neue Möglichkeiten und gleichzeitig schaffen die Anforderungen transformativer Netze (Tabelle 15 oben) eine Notwendigkeit zur sektorübergreifenden Koordination der Planung und Integration von infrastrukturellen Teilsystemen. Um dabei vorteilhafte Wirkungen für Umwelt und Gesellschaft zu erreichen, sind besonders für von Algorithmen gesteuerte Infrastruktursysteme im Verkehrs- und Energiesektor messbare Zielsysteme für Synergien und externe Effekte erforderlich.

Die Gestaltung von Infrastruktursystemen ist ein in komplexen Netzwerken von staatlichen und nicht staatlichen Akteuren gewachsener Prozess. Die in Commons-Systemen entwickelten Strategien und Instrumente können für die Entwicklung der Modern Commons dort effektiv zur Lösung von potenziellen Interessenkonflikten beitragen, wo klassische Marktmechanismen in der effizienten Allokation knapper finanzieller und physischer Ressourcen, der Optimierung der Raumwirkung, der ausgewogenen Verteilung von Lasten und Risiken oder der Bewertung von systemischen Opportunitäten einer Infrastruktur keine Wirkung erzielen. Aufgrund der in Kapitel 2 aufgezeigten Dilemmata scheint ein systemübergreifender Ansatz im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung für Infrastrukturnetze daher wirtschaftlich sinnvoll und gesellschaftlich geboten.

3.4.2 Dezentrale Entwicklung in überregionale Strukturen

Welche Faktoren bei mehrstufigen Infrastruktursystemen als komplex adaptiven Flächensystemen die Entwicklung insbesondere der Netzstrukturen bestimmen, soll aus übergeordneter Sicht erörtert werden. In Bezug auf die Gestaltung zukunftsfähiger Infrastrukturen wachsen mit zunehmendem räumlichem und zeitlichem Abstand sowohl Komplexität als auch Unsicherheiten kommender Entwicklungen. Dennoch gilt es gerade in einer zunehmend global agierenden Wirtschaft und im Hinblick auf die extreme Langlebigkeit der Infrastrukturinvestitionen, die analytischen Zeithorizonte in Rück- und Ausblick weit genug zu fassen, um handlungsleitende Muster zu erkennen.

„Eine neue Technik zu erzeugen, bedeutet demnach nicht nur, die technischen Objekte zu schaffen, sondern auch „soziale Ordnungen zu gestalten“ und „soziale Akteure miteinander zu verknüpfen“ (ebd., vgl. auch Bender 2003). Das technische Artefakt ist somit „stets ein

³⁶² Vgl. Christaller 1980 s. O.

Element eines komplexen Netzwerks hybrider Elemente“ (Disco/v.d. Meulen 1998a: 3), und der Test des Artefakts entscheidet somit auch über das Schicksal des Netzwerks.“³⁶³

Für die Anpassung bestehender Infrastruktursysteme und die Einführung neuer Infrastrukturen (Glasfaser-Netze, Magnetschwebbahn) sind bereits in der Planung die sozialen Ordnungen und Institutionen zu etablieren, welche die Finanzierung, eine effektive Ressourcenallokation und später einen regelkonformen und effizienten Betrieb gewährleisten.

Eine wichtige Bedeutung kommt dabei den unterschiedlichen Kompetenzen und Perspektiven der Akteure, die an der Systemgestaltung sowie an Betrieb und Nutzung beteiligt sind zu. Aufgrund seit Jahrzehnten bestehender Infrastrukturen und damit verbundener Institutionen sind öffentliche und private Akteurskonstellation häufig über Jahre konstant.

„Disco/van der Meulen grenzen sich mit ihrem akteurzentrierten Ansatz also sowohl vom Technikdeterminismus als auch vom Sozialkonstruktivismus, aber auch vom Sozialdeterminismus ab, indem sie ein Choice-Constraint-Modell entwickeln, dem sie das Label „Gesellschaftlicher Konstruktivismus“ (Societal Constructivism) verleihen. Akte der sozialen Konstruktion von Technik sind somit stets geprägt durch „die spezifische Art und Weise, wie die Akteure bereits miteinander vernetzt sind“ (1998a: 5). Die gesellschaftlichen Strukturen haben damit eine Doppelfunktion: Sie beschränken („constrain“) den Spielraum der Möglichkeiten, aber sie eröffnen („enable“) zugleich Gelegenheitsstrukturen und damit Handlungsoptionen.“³⁶⁴

Diese Vertrautheit im Umgang bildet die Grundlage für arbeitsteilige und dauerhafte Kooperation. Für die technische Planung sind topographische Gegebenheiten, erwartete Nachfrage und Stand der Technik sowie die verfügbaren finanziellen Mittel entscheidend. Dennoch reproduzieren sich auch bei großflächigen Systemen selbstähnliche Strukturen sowohl technischer als auch kultureller Ausprägung. Dies liegt plausibel in den von Disco/v.d. Meulen³⁶⁵ beschriebenen „Choice Constraints“ begründet, die sich daraus ergeben, dass Eigentümer ähnliche Infrastrukturanlagen an mehreren Standorten errichten und diese als Subsysteme in einem Gesamtnetz technisch und wirtschaftlich miteinander verknüpfen. Solche systemimmanenten Ähnlichkeiten lassen sich auch beobachten, wenn industrielle Infrastrukturen wie Energie- oder Schienennetze von unterschiedlichen Betreibern und in unterschiedlichen Regionen errichtet werden, aber über Landesgrenzen hinaus die gleichen Standards verwenden und die gleichen betrieblichen Prozesse abbilden, um durch Skaleneffekte Effizienzgewinne zu erzielen.

Aus funktionaler Sicht festzustellen, dass gleiche Funktionen zu erfüllen sind, die zu sehr ähnlichen bis identischen technischen Strukturen führen, da sie in einer bestimmten

³⁶³ Weyer 2003: S. 11.

³⁶⁴ Weyer 2003: S. 11f s.o.

³⁶⁵ Disco, van der Meulen 1998.

Ausformung von Strukturen am besten wahrgenommen werden können. Durch Standardisierung können wirtschaftliche Skaleneffekte für Planung, Errichtung sowie bei der Beschaffung von Material und Komponenten erreicht werden. Diese Tatsache trifft umso mehr zu, als bei Errichtung und Instandhaltung auf gleiche Lieferanten und standardisierte Elemente zurückgegriffen werden kann. Darüber hinaus ist die Entwicklung des Standes der Technik letztlich eine kulturelle Funktion, da sie darauf basiert, dass Wissen, Fertigkeiten und Praktiken durch akademische Lehre oder gewerbliche erlernte Gewerke von einem Projekt zum anderen, von einer Institution zur nächsten und letztlich von einer Generation zur folgenden weitervermittelt werden, womit auch infrakulturell vergleichbare Muster erzeugt werden. Dies geschieht auch bei der Schaffung von Sicherheitsstandards und Regelwerken, oft auch über Landesgrenzen hinaus. Wie der Bau von Eisenbahnen und Tunneln belegt, kann die Entwicklung auch zu technischen Varianten führen, wie der Vergleich des Gleisbaus in den USA und Europa bis ins 20. Jahrhundert hinein zeigt.³⁶⁶ Darüber hinaus können nationale wirtschaftliche oder strategische Interessen zu einer spezifischen Ausgestaltung von Technologie führen, um künstliche Barrieren zu errichten. Diese Form des Protektionismus lässt sich an zahlreichen Beispielen aus Fernsehtechnik, Telekommunikation und Bahnsystemen in Europa erkennen. Besonders Letztere erzeugen bis heute Mehrkosten für Eigentümer und Betreiber von Schienensystemen. Viertens fördern Interessen staatlicher oder privater Investoren den Austausch von Know-how und Technologie zwischen Infrastrukturbetreibern, z. B. durch Entwicklungspolitik oder Forschungsprogramme.

Die Epoche der interaktiven Netzwerke, die an der Dynamik des Internets festgemacht werden kann, zeigt eine ko-evolutionäre Entwicklung zwischen öffentlich geförderten Forschungsaktivitäten einerseits und unternehmerischer Investitionsbereitschaft, wie sie insbesondere von der amerikanischen IT-Industrie und Finanzkreisen betrieben werden, andererseits. Das Silicon Valley steht für die sich selbst perpetuierende Trias aus Staat, Wissenschaft und Wirtschaft und ist zum globalen Symbolbegriff für Innovationskraft geworden. Die wirtschaftlichen, intellektuellen und sozialen Netzwerke für Infotainment, Interaktionen, Transaktionen und Co-Produktion sind global vernetzt und verbinden Menschen und Maschinen nahezu ohne Zeitverlust. Arbeit und Handel finden nicht nur an Finanzmärkten weltweit im 7/24-Rhythmus in Wertschöpfungsallianzen statt und werden an den Börsen als werthaltige Zukunftsversprechen gehandelt. Obwohl auch die traditionellen Infrastruktursysteme an diese neue Transaktions-Geschwindigkeit und -Qualität angepasst werden müssen, fehlen dem Staat dafür die Mittel, weil diese haushaltspolitisch an anderer Stelle gebunden sind. Unternehmen, welche die Bereitschaft zeigen,

³⁶⁶American Journal Engineers 1882.

Investitionen in Infrastruktur außerhalb der Ballungszentren zu tätigen, obwohl deren Rentabilität nicht den rationalen Renditeopportunitäten entspricht, erwarten stabile Rahmenbedingungen und eine staatliche Absicherung der Investitionen. An zahlreichen Beispielen nicht wahrgenommener Infrastruktur-Investitionen wird nicht nur exemplarisch das Markt- und Politikversagen deutlich, sondern der gesellschaftliche Bedarf an einer übergreifenden Perspektive auf Funktion und Nutzen von Infrastruktur als rationale Richtschnur für staatliche und private Infrastruktur-Investitionen im Sinne einer systemverbindenden Infrakultur.

Die beginnende neunte Epoche der Infrakultur bietet mit Transformativen Netzen hierzu Anlass und Gelegenheit. Bedingt durch eine sowohl technische als auch kommunikative Vernetzung, aber auch das normative Postulat einer energetischen Optimierung aus Sicherheits- und klimapolitischen Überlegungen verstärken die in Tabelle 15 schematisch dargestellte sektorübergreifende Vernetzung von Verkehrs-, Energie- und Telekommunikationswirtschaft. Über eine physische Vernetzung hinaus ist die Übertragung zahlreicher Entscheidungen im betrieblichen wie persönlichen Alltag an Applikationen und Algorithmen absehbar, die von *Down-Stream* gerichteten Endnutzer-Systemen wie Smartphones, Smart-Grids und Smart-Houses nur ansatzweise angedeutet wird. Das Internet der Dinge ermöglicht nicht nur autonomes Fahren, sondern wird sowohl in Industrie und Verwaltung als auch im Bildungs- und Gesundheitsbereich alle prozessualen Abläufe grundlegend beeinflussen.

3.4.3 Rollen und Dynamik der staatlichen und nicht staatlichen Akteure

Als Anwendungsfall für die Theorie wurde das Feld der vernetzten Mobilität gewählt, das öffentliche Verkehrsanbieter, private, zunehmend vernetzte Diensteanbieter im Verkehrssektor und die intermodalen Infrastrukturbetreiber einschließt.

Das Akteursnetzwerk für öffentlichen organisierten Verkehr ist über Jahrzehnte gewachsen und komplex, wie Abbildung 9 illustriert. Durch die föderale Struktur der Bundesrepublik und eine zwischen Bund, Ländern und Gemeinden vertikal verteilte Verantwortung werden die Komplexität der Beziehungen, die Varianz der leistungsspezifischen Vereinbarungen sowie der Zeitbedarf für Verhandlungen erhöht. Die polyzentrische Struktur der Bundesrepublik spiegelt sich auch in der Gestaltung der föderalen Verantwortung für Infrastruktursysteme wider. Tabelle 16 zeigt die unterschiedlichen Modelle der Zuordnung von Zuständigkeiten für Infrastruktur auf Landesebene. Diese Ebene weist eine für Commons-Systeme übliche Variantenvielfalt auf, die eine Vielzahl an spezifischen Arrangements zwischen Akteuren erfordert und gleichzeitig unterschiedliche Lösungs- und Organisationsmodelle für gleiche Funktionalitäten ermöglicht. Die Tabelle zeigt, dass fünf der Länder „Infrastruktur“ als Begriff in der Ministeriumsbezeichnung

verwenden (Stand 2011). Auf Bundesebene wurde 2013 erstmals ein Ministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur etabliert, was – auch aufgrund der Ausstattung mit entsprechenden finanziellen Mitteln – als Zeichen für die zunehmende Bedeutung der Infrastruktur gewertet werden kann.

Zuständigkeiten für Infrastruktur (Ministerien auf Länderebene)													
Ressortaufgaben/ Bundesland	Infrastruktur (im Namen)												
	Verkehr	Wirtschaft	Landesentwicklung/Innen	Technologie/Forschung/Innovation	Energie	Stadtentwicklung/Bauen/Wohnen	Umwelt/Klima	Landwirtschaft	Arbeit	Sport	aktuelle Bezeichnung des Ministeriums		
Baden-Württemberg	x	x	x	x	x	x	x	x					Ministerium für Verkehr und Infrastruktur ; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft (Bau, Technologie); Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Bayern	x	x	x	x									Staatsm. für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie
Berlin	nein		x	x									Senator für Stadtentwicklung, Verkehr und Umwelt Senator für Wirtschaft, Technologie und Forschung
Brandenburg	x									x			Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft ; Ministerium für Wirtschaft und Europangelegenheiten; Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
Bremen	nein	x					x	x					Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen; Senator für Umwelt, Bau und Verkehr
Hamburg	nein	x	x	x									Senator und Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation
Hessen	nein	x	x	x						x			Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung
Niedersachsen	nein	x	x								x		Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
Nordrhein-Westfalen	nein	x				x	x						Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr
Mecklenburg-Vorpommern	x	x		x	x								Min. für Infrastruktur, Energie und Landesentwicklung (Verkehr) Ministerium für Wirtschaft, Bau und Tourismus
Rheinland-Pfalz	x			x								x	Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur , Min. für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung; Min. für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten
Saarland	nein	x				x		x					Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr , Ministerium Wissenschaft und Wirtschaft
Sachsen	nein			x									Staatsministerium des Innern (Landesentwicklung) Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
Sachsen Anhalt	nein			x									Ministerium für Wissenschaft und Wirtschaft; Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt
Schleswig Holstein	nein	x	x		x								Ministerium für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr
Thüringen	nein	x		x				x					Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr
Summe	1	5	11	7	6	5	4	4	3	2	1	1	Stand: Nov. 2011

Tabelle 16: Zuständigkeiten für Infrastruktur in Ministerien (Länder)
Quelle: Eigene Darstellung³⁶⁷

Für den Verkehrssektor (ÖPNV) in Deutschland als ein Gemeingut der Moderne wurden zwölf relevante Akteursgruppen identifiziert, zwischen denen verschiedene Interaktionen und Transaktionen in Bezug auf Infrastruktur- und Verkehrsplanung sowie Bau und Betrieb stattfinden. Horizontal befinden sich unter den Lieferanten andere Infrastrukturbetreiber wie Energie- und Kommunikationsnetz-Betreiber, deren Leistungen für jedes Verkehrsnetzwerk unverzichtbar sind. Die Verkehrsinfrastruktur für Straße, Schiene und Binnenschifffahrt wird in Deutschland weitgehend von der öffentlichen Hand oder von den von ihr beauftragten Organisationen geplant und betrieben. Der Zugang zu diesen Infrastrukturen ist diskriminierungsfrei, was aber nicht in jedem System mit

³⁶⁷ Vor Ort Erhebung und Internet Recherche auf Seiten der Ministerien. Stand November 2011.

„unentgeltlich“ gleichzusetzen ist (Maut, Trassen- und Stationsentgelte, Schleusengebühr). Ohne im Detail auf die Besonderheiten des öffentlich bestellten Personennahverkehrs einzugehen, ist festzuhalten, dass der Bundeshaushalt den Bundesländern jährlich *Regional-isierungsmittel*³⁶⁸ für die bedarfsgerechte Bestellung von regionalen Verkehrsleitungen auf Straße und Schiene zur Verfügung stellt.

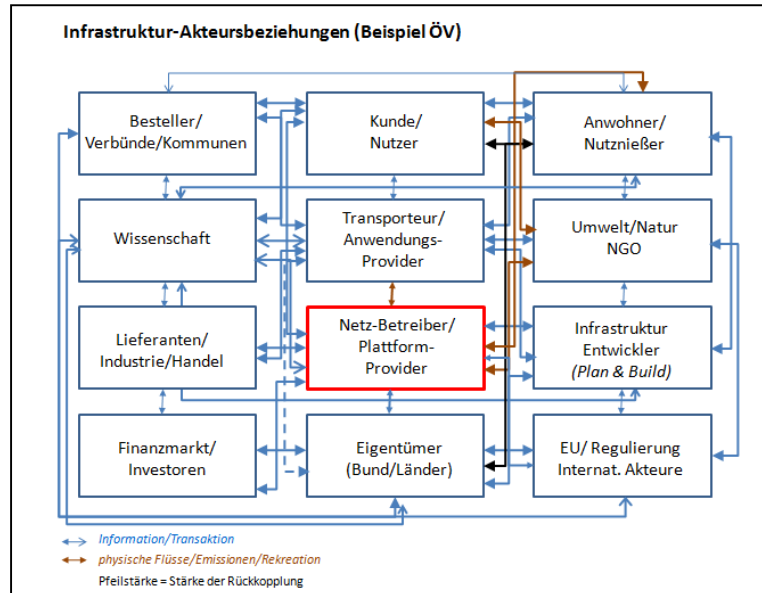


Abbildung 9: Übersicht Akteursbeziehungen im öffentlichen Verkehr
Linien repräsentieren exemplarische Flüsse
 Quelle: Eigene Darstellung, nach: BMVI, AEG, DB AG u.a.

Gemeinden werden für die Erbringung von lokalen Beförderungsleistungen und die Durchführung von Infrastrukturmaßnahmen durch das Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG)³⁶⁹ finanziell entlastet. In ihrer Gesamtheit sind diese Mobilitäts-Subventionen volkswirtschaftlich dem Infrastruktursektor als Aufwand zuzurechnen.

Im Gegensatz zu lokalen Nutzergemeinschaften von SES sind die Akteure in technischen Infrastruktursystemen häufig anonym und teilweise über große Entfernungen oder verschiedene Verwaltungsebenen voneinander getrennt. Nach Ostrom³⁷⁰ sind die Beziehungen der Akteure in Bezug auf das gemeinsame Ressourcensystem zu ermitteln und die Charakteristik der Beitrags- und Entnahme-Dilemmata für Common-Pool-Systeme zu definieren, was in Abbildung 9 für den öffentlichen Verkehrssektor in Deutschland vereinfacht visualisiert wurde. Wie Kunden, Systemnutzer und öffentliche Aufgabenträger, die Verkehrsleistungen definieren und bestellen, befinden sich auch die Anwohner und Nutznießer auf der obersten Ebene (Produkt), da diese den Systemnutzen und mögliche Lasten direkt erfahren. Auf der zweiten Ebene von oben (Betriebsprogramm) sind neben Transporteuren (Verkehrsunternehmen) und dem Infrastruktur-

³⁶⁸ RegG mit Bahnreform 1994 eingeführte Haushaltstitel, seit 2014 ca. 7,3 Mrd. Euro p.a. (Quelle VCD).

³⁶⁹ GVFG im Bundeshaushalt 2014 ca. 1,5 Mrd. Euro – Änderung ab 2019 geplant.

³⁷⁰ Ostrom 1999.

Plattformbetreiber auch die Wissenschaft als Akteur und die Natur als Aktant in der Abbildung enthalten, weil die Natur sowohl durch das laufende Verkehrsaufkommen als auch durch Baumaßnahmen direkt beeinträchtigt wird. Interessen an der Konservierung und der Nachhaltigkeit der Nutzung der Natur werden durch Organisationen der Zivilgesellschaft in Gremien aktiv vertreten und die Wissenschaft ist an der Systementwicklung und Interpretation der Systemeffekte beteiligt. Auf der unteren institutionellen Ebene sind Gesetzgeber und Eigentümer, Regulierer und der Finanzmarkt dargestellt, die in Deutschland maßgeblich über die Rahmenbedingungen für öffentlichen Verkehr und Infrastrukturprojekte entscheiden. Für den Bau und Betrieb von Infrastrukturen sind Investoren und Kreditgeber erforderlich, zur Finanzierung von Straßen und Autobahnen aus Mauteinnahmen wurde 2000 die VIFG gegründet und durch das BMVI wurden weitere ÖPP-Projekte³⁷¹ geplant. Auch die Infrastrukturnetze für Verkehr unterliegen einer nationalen Aufsicht³⁷² und aufgrund ihrer Monopolstellung einer europäischen Marktregulierung. Vertreter der Wissenschaft werden von den anderen Akteuren regelmäßig als Berater hinzugezogen. Zuletzt wird der Plattformbetreiber auf der zweiten Ebene von Systemlieferanten und Experten für Bau und Betrieb umgeben. Die komplexen Beziehungsgeflechte werden schematisch mit blauen Pfeilen für Information und finanzielle Transaktionen illustriert und mit braunen Pfeilen für physische Flüsse, Emissionen und Rekreation als eine soziale Infrastrukturfunktion. Durch zwei Pfeilstärken wird die Intensität der Rückkopplung dargestellt. Der schwarze Pfeil repräsentiert die Rückkopplung durch den Wähler an das politische System und damit die demokratische Legitimation für den Eigentümer.³⁷³

Infrastrukturnetze sind über Jahrzehnte und länger gewachsen, die Akteure, die handelnden Personen, die Organisationsstruktur³⁷⁴ und die Rollen, z. B. im Rahmen einer Privatisierung (Kommunen werden Eigentümer von überregionalen Energieversorgern), wechseln im Zeitverlauf oder die Regulierung schafft neue Institutionen (EU-Kommission, BNetzA). Der funktionsorientierte Ansatz erlaubt es, die Vielzahl möglicher Akteure unabhängig von ihren Institutionen einer der drei Funktion entsprechend den Nachhaltigkeits-Dimensionen zuzuordnen. Tabelle 17 zeigt, ausgehend von der Funktion des Netzbetreibers, schematisch die Betroffenheit und Interaktion im Lebenszyklus einer spezifischen Infrastruktur und ermöglicht damit, die Intensität der Interaktion mit den jeweils anderen Akteuren zu erkennen. Die Akteure und Aktanten werden in ökonomische,

³⁷¹ BMVI 2014.

³⁷² Vgl. Schacht 1908

³⁷³ Vgl. Abbildung 9

³⁷⁴ Infrastrukturbereiche der Deutschen Bundesbahn wurden mit Gründung der Deutsche Bahn AG 1994 in die drei Eisenbahn-Infrastrukturunternehmen (EIU) DB Netz AG, DB Station & Service AG, DB Energie GmbH aufgeteilt.

soziale und ökologische Akteure eingeteilt, je nach dem identifizierten Hauptinteresse in der jeweiligen Rolle und Entwicklungsphase.

Ökonomische Akteure wie Investoren und Lieferanten weisen in der Planungs- und Errichtungsphase eine intensive Interaktion mit dem Netzbetreiber als Bauherren auf, der gegenüber Politik, Anwohnern und Umwelt die technische Machbarkeit, das finanziell Mögliche und eine wünschenswerte Entwicklung in Einklang bringen soll. Als Aktant ist Umwelt in diesem Modell doppelt vertreten: Zum einen ist Umwelt lokaler Aktant im unmittelbaren Sinne von Flora, Fauna und Habitat in der direkten Umgebung von Infrastrukturvorhaben. Zum anderen ist sie ein überörtlicher Aktant in Bezug auf die mittelbaren Auswirkungen von Infrastrukturen auf das gesamte Ökosystem, insbesondere das globale Klima, was in unterschiedlichen Nachhaltigkeitsperspektiven seinen Ausdruck findet.

Interaktionsgrad mit Modern Commons Akteuren (Verkehr)

		<i>Infrastruktur Lebenszyklus (schematisch)</i>			
		Infrastruktur Phase/ Akteure	I. – III. System-Planung/Errichtung	IV. System-Betrieb/Nutzung	V. – VII. System-Anpassung
Rollen der Akteure	Ökonomische Akteure	Netz-Betreiber			
		Transporteur/Provider			
		Investoren			
		Lieferanten/Industrie			
		Eigentümer (Bund)			
		Kunde/Nutzer			
	Soziale Akteure	Besteller/Länder			
		Nutznießer/Bürger			
		Anwohner			
		EU/ Regulierung			
		Kommunen			
		Politik (Bund/Länder)			
	Ökologische Akteure	Umweltexperten			
		Wissenschaft			
		NGO/Umweltverb.			
		Natur/Flora/Fauna			
		Ökosystem/Habitat			

Interaktionsgrad Hoch Mittel Gering

Tabelle 17: Interaktionsgrad mit Modern-Commons-Akteuren
 Quelle: Eigene Darstellung

Infrastrukturgestaltung ist ein polyzentrischer Prozess, an dem zentrale und dezentrale Akteure beteiligt sind. Akteure unterscheiden sich nicht nur, wie Olson³⁷⁵ festgestellt hat, in ihren Interessen, sondern sie bringen je nach Perspektive auf ein zu verhandelndes Objekt oder System ihre unterschiedlichen Werte, Zeithorizonte und Referenzsysteme

³⁷⁵ Olson 2004.

mit. Während ein Ministerium eine politisch geprägte und volkswirtschaftliche Analyse eines Sachverhalts als normale Vorgehensweise sieht, handelt der Unternehmer pragmatisch und ergebnisorientiert für sein Unternehmen, die Anwohner einer Infrastruktur haben andere Bewertungsmaßstäbe für den Nutzen einer Infrastruktur-Investition als ein Mandatsträger, der Entscheidungen nach Haushaltskategorien und Wahlperioden trifft.

Wie in Tabelle 17 dargestellt wird, können sich die daraus resultierenden multilateralen Diskussionen über Jahre entwickeln, zu einer konkreten Projektidee führen, sowohl mit zentral agierenden auf internationaler und nationaler Ebene organisierten Akteuren als auch mit dezentralen Akteuren und lokal betroffene Individuen.

In der Nutzungs- und Betriebsphase schwenkt der Schwerpunkt der Interaktion auf Transporteure, Besteller und Kunden und wird, soweit relevant, von den Regulierungsinstitutionen überwacht. Da der Zugang für Verkehrssysteme im Grundsatz gesetzlich geregelt ist, wurde in dieser Darstellung der Wechselwirkungen die Akteurs-Struktur exemplarisch festgeschrieben. Die in Allmende-Systemen bestehende Möglichkeit, den Ressourcenzugang über differenzierte Preisgestaltung und zeitlich differenzierte Nutzungsanreize zu regeln, wird in Deutschland, wenn auch aus unterschiedlichen Gründen, bisher weder im Schienenverkehr noch im Straßenverkehr, aber durchaus im Luftverkehr genutzt. Werden eine Anpassung, ein Ausbau oder der Rückbau des Systems oder eines Teilsystems geplant, sind wieder andere Akteure stärker beteiligt. Die beiden Darstellungen in Abbildung 9 und Tabelle 17 geben ein Bild von der Vielzahl möglicher Kombinationen und Gestaltungsräume, die für spezifische Commons-Plattformen mit den Akteuren auszuhandeln und inhaltlich zu füllen sind.

3.5 Infrastruktur-Entwicklung und ihre Dilemmata nach Smith

Die aus der Commons-Forschung entwickelten Thesen zur Infrastruktur als ein erweitertes CPR-System werden einer Überprüfung an der ökonomischen Theorie unterzogen. Dazu dient als eine klassische Betrachtung der vergleichenden Nationalökonomie *An Inquiry into the Wealth of Nations*, in der Smith unter dem Begriff *Public Works* zentrale Infrastruktur-Problemstellungen seiner Zeit thematisiert, die wiederum klassische Commons-Dilemmata beschreiben und dessen Beobachtungen und Aussagen nichts an Aktualität verloren haben.

1. Die Rolle des Staates ist es, Verkehrsinfrastrukturen bereitzustellen, die von einem Einzelnen oder einem Unternehmen nicht profitabel errichtet oder betrieben werden können.
2. Die Allokation von Infrastruktur-Investitionen ist nach übergeordneten volkswirtschaftlichen Maßstäben zu gestalten und der Missbrauch durch Partikularinteressen lokaler Akteure durch entsprechende Kriterien zu vermeiden.

3. Mandatiert der Staat einen Agenten mit Errichtung oder Erhalt einer Infrastrukturanlage, so muss er den vereinbarten Zielzustand regelmäßig überwachen, damit er nicht von dem Treuhänder übervorteilt wird.
4. Die Kosten der für das Zustandekommen wirtschaftlichen Austauschs unabdingbaren physischen Infrastrukturen wie Häfen, Brücken, Kanäle und Straßen sollen von Nutzern und Nutznießern verursachergerecht getragen werden,
5. Bei der Preisgestaltung für Nutzung der Infrastruktur seien nicht nur der Aufwand für Errichtung und Unterhalt anzusetzen, sondern auch der durch die Nutzung geschaffene Wert für den Nutzer und die Tragfähigkeit bzw. Zahlungsfähigkeit des Nutzers zu berücksichtigen.³⁷⁶

Smith beschreibt damit den sozialen Charakter der physischen Infrastrukturen als CPR, deren ökonomischer Wert für eine Volkswirtschaft steigt, wenn sie von mehr Nutzern in Anspruch genommen werden, und verankert konzeptionelle Eckpfeiler für notwendige institutionelle Arrangements zu Planung, Betrieb und Nutzung. Smiths Fazit lautet im 18. Jahrhundert, dass der Staat seine Investitionen in Infrastruktursysteme über die dauerhafte Steigerung der Produktivität, die Erleichterung des Austausches von Gütern und Leistungen sowie die Verbesserung des Allgemeinwohls (Wohlbefinden und Wohlstand) auf lange Sicht über Mehreinnahmen aus Steuern refinanziert. Smiths Argumentation wird in Kapitel 4 vertieft. Infrastrukturaufwendungen sind, wenn Smith den Zusammenhang heute formulieren würde und Coase³⁷⁷ gekannt hätte, Transaktionskosten für das Betriebssystem einer arbeitsteiligen Gesellschaft.

Für Infrastruktursysteme können im Laufe ihrer Entwicklung sieben Phasen identifiziert werden, in denen sich in Bezug auf eine mehrstufige Infrastruktur unterschiedliche Fragen zu Zweck, Nutzen und Lastenverteilung der jeweiligen Netze stellen. Diese sieben Entwicklungsphasen, im Folgenden aus Perspektive des Bereitstellers definiert, werden i. d. R. für einzelne Projekte und Vorhaben betrachtet und inhaltlich sequenziell erarbeitet. Für eine Theoriebildung auf Makroebene erscheint es notwendig, diese generischen Phasen der Infrastruktur-Entwicklung systemisch zu betrachten, insbesondere mit Blick auf Erhalt, Innovationen, Interdependenzen und intermodale Netzwirkungen, und ihren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung näher zu analysieren. Zu Beginn der Industrialisierung befasste Smith sich intensiv mit Infrastruktur als effizienzsteigernder Grundlage wirtschaftlichen Zusammenwirkens innerhalb der Nationen. Die von ihm aufgezeigten Muster sind auch für Modern Commons aktuell, deshalb werden die grundlegenden Gedanken dieses Vordenkers nationalökonomischer Systeme hier zitiert, insbesondere da die von Smith identifizierten Infrastruktur-Dilemmata große Ähnlichkeiten mit Ostroms Beitrags- und Entnahmedilemmata in CPR-Systemen aufweisen.

³⁷⁶ Smith 1748: S. 617 ff.

³⁷⁷ Coase 2007/ (1937).

3.5.1 Phase I: Bedarfs- und Nutzenermittlung

Die extreme Langlebigkeit von Infrastrukturen, die Pfadabhängigkeit der Entwicklung sowie der physische und mentale Lock-in-Effekt machen den asynchronen Zeithorizont zu einem entscheidenden Faktor für Infrastruktur-Planung und jede Investitions-Entscheidung. Stabilität und Dynamik der Infrastruktur-Entwicklung werden geprägt von: dem technischen Lebenszyklus einer spezifischen Infrastruktur geprägt, der sowohl physisch und ökonomisch als auch sozial oder politisch begrenzt werden kann, durch verkürzte Innovationszyklen von Infrastrukturtechnologien und die daraus entstehende Konvergenz sowie durch veränderte gesellschaftliche Rahmenbedingungen und sozioökonomische Anforderungen an Bereitstellung und Betrieb von Infrastrukturplattformen und die durch sie erbrachten Services, also z. B. durch Umweltauflagen, veränderte Finanzierungsmöglichkeiten oder Kundenverhalten.

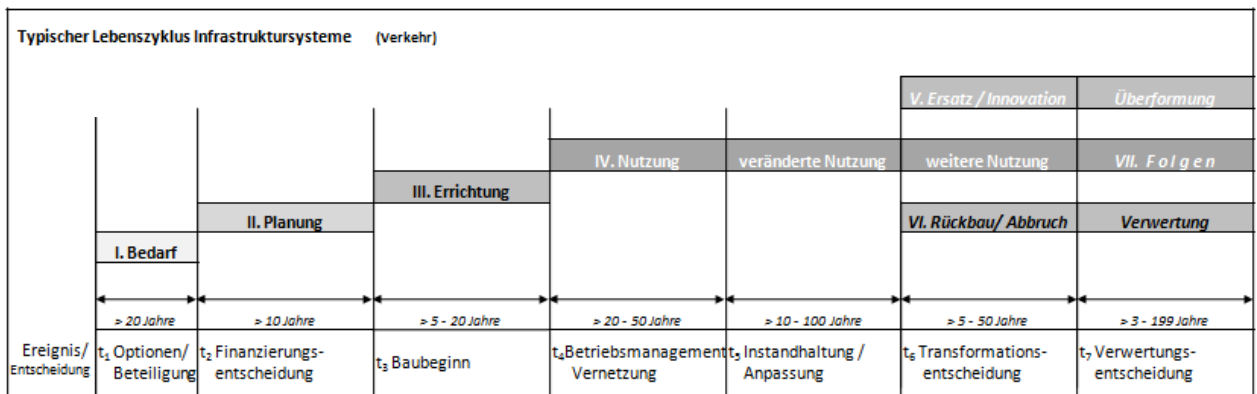


Abbildung 10: Typischer Lebenszyklus Infrastruktursysteme (exemplarisch Verkehr)
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an. Haardt 2012: S. 12.

Die langfristige Kapitalbildung für große Investitionsvolumina, die immanente Unsicherheit bezüglich der abgeleiteten Nachfrage und der Folgekosten für Betrieb und Instandhaltung, die Problematiken von Ersatzinvestitionen und Entsorgung sowie die Bewertung zukünftiger Externalitäten sind wirtschaftlich bewertbare Aspekte. Des Weiteren liegt eine Herausforderung in den zeitlichen und räumlichen Wechseln von Akteuren (Profiteuren, Defiziteuren) und gesellschaftlichen Bezugssystemen im Laufe eines Infrastrukturlbenszyklus. Die *Delokalisierung* (Translokation/Dislozierung) von Verantwortlichkeiten und Effekten für Akteure und Institutionen für die mehrstufigen Infrastruktursysteme wird verstärkt durch sich wandelnde gesellschaftliche Erwartungen an und Voraussetzungen für Politik und Betreiber, z. B. bezüglich Demographie, Daseinsvorsorge sowie Energie- und Umweltpolitik.

Es liegt nahe, dass die langen ökonomischen Wellen, wie Kontradiëff³⁷⁸ sie beschreibt, und die Entwicklung von Siedlungsstrukturen wesentlich langsamer verlaufen als die

³⁷⁸ Kontradiëff in Händler 2003.

Innovationswellen für die Entwicklung von Unternehmen und Produkten.³⁷⁹ Auch die gesellschaftlichen Normen und Wertesysteme wie die Bedeutung von Familie, Arbeit und Umwelt sowie die Erwartungen der Bürger an ihren Staat verändern sich als Teil der mentalen Infrastruktur langsamer als das Verhalten von Konsumenten oder die Akzeptanz von bestimmten Technologien und alternativen Energieträgern. Die explosionsartige Nutzung von Apps und smarten Mobiltelefonen in der Kommunikation oder im Verkehr belegt dies auch für Deutschland. Solche Einstellungs- und Verhaltensänderungen wiederum wirken reflexiv auf politische Entscheider und damit auf die von ihnen vertretenen Systemanforderungen. Dass der Zugang zum Internet binnen zwei Jahrzehnten vom Bundesgerichtshof mit dem allgemeinen Recht auf Mobilität auf eine Stufe gestellt wird, konnte 1990 niemand ahnen. Die Bundesregierung definierte 2014 eine digitale Agenda quasi als Spiegel der Erwartungen von Wirtschaft und Bürgern und beschleunigte mit finanziellen Anreizen den Ausbau digitaler Infrastrukturnetze.³⁸⁰ Beim Ausbau der lokalen Breitbandnetze – insbesondere der „letzten Meile“ – zeigt sich, dass durch die Wahl der Technologie, die Art der Förderung und den Zugang Dritter zu den bestehenden Netzen die physischen Monopole der vorhandenen Netzbetreiber entweder gefestigt oder aufgeweicht werden können. Während dezentrale Netzbetreiber dazu bereit sind, lokal in moderne Glasfasertechnik zu investieren, festigt die überwiegende Förderung der Vectoring-Technik durch die Aufrüstung bestehender Netzanschlüsse primär die Marktposition des Netzinhabers Deutsche Telekom.³⁸¹

Infrastruktur-Entwicklung erfolgt kontextbezogen und antizipativ als Antwort auf eine abgeleitete Nachfrage. Schimank warnt, dass die gestiegenen Bürgererwartungen in einer Demokratie zu einer „Inflationierung der Menschenrechte“ führen könnten,³⁸² die den Staat finanziell auf Dauer und die Tragfähigkeit des Ökosystems mittelfristig überfordern. Demgegenüber stellt der gestiegene Anspruch auf Teilhabe eine Errungenschaft der Zivilgesellschaft dar, die einen „von der Basis entfremdeten“ Staat und primär an Rendite orientierte Unternehmen im Interesse des Gemeinwohls und gemäß den Bedürfnissen kommender Generationen in Bezug auf nachhaltige Entwicklung beeinflussen können. Diese Bandbreite an widersprüchlichen Interessen und Ansprüchen wird besonders bei größeren Infrastrukturvorhaben anzutreffen sein. Es gilt, diese erweiterten Bedürfnisse zu strukturieren und inhaltlich mit der realen Entwicklung zu verknüpfen.

Im Hinblick auf die Komplexität und Vielzahl der Einflussfaktoren und Unsicherheiten der Zukunft per se ist Nachhaltigkeit deshalb weniger das Resultat einer mathematischen

³⁷⁹ BMWi: 2015.

³⁸⁰ Wunsch 2013 "

³⁸¹ Heise.de 14.08.2017

³⁸² Schimank 2008: S. 7.

Formel zur Allokations-Optimierung als das abgewogene Ergebnis eines mehrstufigen Prozesses zur reflexiven Bewertung wirtschaftlicher und sozial-ökologischer Vor- und Nachteile in Bezug auf konkrete Ziele und gesellschaftliche Opportunitäten.³⁸³

Die grundlegende Infrastruktur-Problematik von Asynchronität und Asymmetrie in den jeweiligen Phasen sind nicht grundsätzlich neu, weshalb die von klassischen Ökonomen in der Vergangenheit treffend formulierten Herausforderungen als systematischer Leitfaden für die Analyse erkennbarer Dilemmata im Lebenszyklus von Infrastruktursystemen gewählt wurde. Im Laufe der zeitlichen Dimensionen von Infrastruktursystemen variieren die Rolle und Perspektiven der Akteure. Während der Nutzer einer Infrastruktur primär die Phasen IV bis VI (Abbildung 10) wahrnimmt, stellen sich für Politik und potenzielle Betreiber alle sieben Phasen als logisch miteinander verkettete Abfolge dar. Phase I und II der Projektierung können dabei als *mentale Vorlaufzeit* für ein geplantes Projekt angesehen werden, die genutzt werden muss, um Akteuren die Vorteilhaftigkeit des Vorhabens frühzeitig und umfassend zu vermitteln. Sie bieten die Zeit, um in einen Austausch zu treten und lokale Stimmungen und Einwände aufzunehmen und so die Identifikation und soziale Akzeptanz zu erhöhen. Entsprechend ist sowohl Phase VI als auch VII als *ökosozialer Nachlauf* einer Infrastruktur zu bewerten. Dieser ökosoziale Nachlauf besitzt neben den schwer messbaren Externalitäten auch eine spezifische ökonomische Dimension (Schulden, Kosten für Altlasten oder Migration, wirtschaftliche Bewertung von Folgerisiken), die sich jedoch angesichts der extrem langen Laufzeiten und Nutzungsperioden durch eine marktübliche Diskontierung und Wahrscheinlichkeitsannahmen in der Planungsphase derzeit betriebswirtschaftlich kaum entscheidungsrelevant bewerten und integrieren lässt.³⁸⁴

Ebenso werden absehbare Instandhaltungs- oder Anpassungskosten folgerichtig diskontiert, was dazu führen kann, dass eine moderne Infrastruktur zwar errichtet, aber deren Unterhalt bei veränderter – beispielsweise demographisch bedingter – Nachfrage in einigen Jahrzehnten nicht aus den erwarteten Einnahmen finanziert werden kann. Als einen Versuch der Erklärung dieser betriebswirtschaftlichen Verdrängungsmechanismen nennt Wiesenthal eine weit „verbreitete Neigung zur Diskontierung der Zukunft gegenüber der Gegenwart (...) und ein unzureichendes Vermögen für den Umgang mit komplexen ‚Zeitgestalten‘“³⁸⁵, die sowohl als psychologisches Phänomen bei Individuen als auch als institutioneller *Blinder Fleck* bei Organisationen anzutreffen ist.

³⁸³ Voß et. al. 2006: S. 17ff.

³⁸⁴ Ein Umweltrisiko von 1.000.000 Euro, mit Eintrittswahrscheinlichkeit von 100%, weist in der betriebswirtschaftlichen Kalkulation über 60 Jahre einen planerischen Barwert in Höhe von rd. 160.000 bzw. 53.000 Euro auf (Zinsfuß 3% - 5%).

³⁸⁵ Dörner 1991: S. 158 in Wiesenthal 1997: S. 13.

Infrastruktur wächst nicht. Im Gegensatz zur Entstehung von natürlichen Plattformen mit infrastruktureller Funktion oder zum Wachstum von Wäldern und Nutzpflanzen bedarf die Errichtung und Anpassung einer technischen Infrastrukturplattform menschlicher Planung und Handlung. Für Smith war es selbstverständlich, dass die Errichtung und Unterhaltung von Infrastrukturnetzen wie Straßen, Brücken, Kanälen oder Häfen in unterschiedlichen Perioden der wirtschaftlichen Entwicklung mit dem erforderlichen finanziellen Aufwand („required degree“) sowohl dem zukünftigen Bedarf als auch dem aktuellen Stand der Technik kontinuierlich nutzenorientiert angepasst werden müssen, was heute für jedes kommerziell eingesetzte Produktions- oder Betriebssystem selbstverständlich ist.

“The strength of a bridge must be suited for the number and weight of the carriages which are likely to pass over it. The depth and the supply of water for a navigable canal must be proportioned to the number and tonnage of the lighters, which are likely to carry goods upon it; the extend of a harbour, to the number of shipping which are likely to take shelter in it.”³⁸⁶

Jeder Infrastruktur-Entwicklung liegt ein Bedürfnis zugrunde, das entweder als Bedarf wahrgenommen wird (Mobiltelefon) oder nur latent vorhanden ist und für das die Nachfrage erst durch die Entstehung infrastrukturbasierter Angebote induziert wird (z. B. LBS-Dienste für Smartphones). Die Angemessenheit des erforderlichen finanziellen Aufwands gegenüber einem erwarteten Nutzen sowie die pareto-optimale Allokation in einem Raum und die Auswahl des spezifischen Ortes stellen mit aller prognostischen Unsicherheit im Verkehrssektor die folgenreichste Entscheidung für die Nachhaltigkeit einer Infrastrukturinvestition dar.

Latente Bedarfe können in Form von Visionen beginnen und über Jahrzehnte reifen, in einigen Fällen zur Überwindung von topographischen Trennungen sogar Jahrhunderte. Zum Beispiel dauerte die Untertunnelung des Ärmelkanals³⁸⁷ von den ersten Ideen Desmarests 1753 bis zur Realisierung des Eurotunnels 1990 fast 250 Jahre. Die Querung der Straße von Messina durch eine feste Brücke wurde erstmals von Ferdinand II. von Bourbon im Jahre 1850 geplant,³⁸⁸ die Fertigstellung dauert voraussichtlich bis 2017. Aufwendige Bedarfe, die einen großen Eingriff in die Natur mit sich bringen wie Brücken (Öresund-Brücke, 1991–2000)³⁸⁹ oder Tunnel (NEAT-Projekt, 1975–2016)³⁹⁰ erscheinen zuerst sehr risikoreich oder überteuert, nicht zuletzt aufgrund von Umweltauflagen. Diese werden bei transparenter und frühzeitiger Kommunikation und einer angemessenen *mentalen Vorlaufzeit* von den Anwohnern, Bürgern sowie späteren Nutzern als verantwortbar und sinnvoll wahrgenommen. Transparente und objektivierbare Kriterien einer

³⁸⁶ Smith 1998: S. 414.

³⁸⁷ <http://de.wikipedia.org/wiki/Eurotunnel>, April 2014 Nicolas Desmaret.

³⁸⁸ http://de.wikipedia.org/wiki/Br%C3%BCcke_%C3%BCber_die_Stra%C3%9F_von_Messina, April 2014.

³⁸⁹ Larsson 2005: S. 13.

³⁹⁰ Jeker 2010.

gesellschaftlich nachvollziehbaren Bedarfsbestimmung sind deshalb von hoher Bedeutung für die öffentliche Akzeptanz von neuen Infrastrukturvorhaben. Das legitime „Geschäftsmodell Wiederwahl“ ist sowohl bei Mandatsträgern in der Politik als auch bei Organen in der Wirtschaft wie Vorständen, Geschäftsführern oder Aufsichtsräten anzutreffen. Es kann ökonomisch dieselben Folgen hervorrufen wie Nepotismus oder eine kurzfristige Fixierung auf persönliche finanzielle Anreize. Die Tatsache interessengeleiteter Entscheidungen ist jedoch immanent mit jeder größeren Investitionsentscheidung einer Gruppe von Akteuren oder Stakeholdern verbunden und als solche kein Phänomen, das erst in jüngerer Vergangenheit zu beobachten ist, wie Smith belegt:

“A magnificent high-road cannot be made through a dessert country, where there is not or little commerce, or merely because it happens to lead to the country villa of the intendant of the province, or to that of some great lord, to whom the intendant finds it convenient to make his court. A great bridge can not be thrown over a river at a place where nobody passes (...); things that happen in countries, where works of this kind are carried on by any other revenue than which they themselves are capable of affording”.³⁹¹

In seiner Beschreibung der *Publick Works*³⁹² schildert Smith an Beispielen von Lordschaften, Grubenbesitzern und Kanalbauern bereits im 18. Jahrhundert im Hinblick auf Infrastruktur das institutionelle Principal-Agent-Problem, erörtert Nachhaltigkeitsthemen besonders bei überörtlichen Verkehrssystemen als soziale, ökonomische und gesellschaftliche Effizienz- und Gerechtigkeitsfragen und zeigt Allokations- und Beitragsdilemmata. Er warnt mit Blick auf Infrastruktursysteme deutlich vor der Verschwendung öffentlicher Mittel mit Hinweis auf individuelle Gründe für solche Fehlallokationen wie Eitelkeit, Partikularinteressen oder politische Einflussnahme und beschreibt damit treffend das Phänomen der „Entfremdung von Budgets“. Diese bis heute anzutreffenden Fälle von Moral Hazard,³⁹³ einer pareto-suboptimalen Allokation oder der Diskontierung von Zukunftsrisiken, sind als ein Hauptgrund für Politik- und Marktversagen in der Infrastrukturplanung einzustufen.

Ein ökonomischer Bedarf und ein damit verbundener Nutzen kann *ex ante* durch direkte oder indirekte Nachfrage, Kaufbereitschaft und Kaufkraft unter Bildung entsprechender Annahmen abgeleitet und prognostiziert und *ex post* durch tatsächliches Nutzerverhalten nachgewiesen werden. Demgegenüber ist ein sozialer Bedarf schwerer zu ermitteln, sodass ein mittelbarer und unmittelbarer Nutzen in der ökologischen oder sozialen Dimension schwerer zu messen ist. Dies wird angesichts ökonomischer und rechtlicher Prämissen für den Umgang mit Externalitäten und sozialen Kosten verstärkt. Aschauer³⁹⁴ weist auf die Erholungswirkung von öffentlichen Parks und Naturflächen hin,

³⁹¹ Smith 1998: S. 277.

³⁹² Smith 1776.

³⁹³ Dembe A, Boden L. 2000.

³⁹⁴ Aschauer 1990.

Frischmann³⁹⁵ auf den sozialen Wert z. B. der integrativen Wirkung von geteiltem Wissen und geteilten Ideen. Bei einer umfassenden Betrachtung des Nutzens von Infrastrukturvorhaben sind deshalb einerseits die Nutzer und Nutznießer und andererseits auch die Risiken und Nachteile von Infrastruktur-Entwicklung einzubeziehen.

Die Ermittlung eines öffentlichen Bedarfs mündet idealtypisch in einen breiten Diskurs über einen zukünftigen Bedarf und eine Bewertung möglicher technischer und wirtschaftlicher Handlungsoptionen, um eine vorhandene Infrastruktursituation nachhaltig den gesellschaftlichen Prioritäten anzupassen. Das jeweils relevante Zielsystem einschließlich der Bedeutung von Nachhaltigkeit variiert dabei nach Art der Infrastruktur, räumlichen Alternativen, soziökonomischen Rahmenbedingungen und Interessen der Beteiligten.

Jedes Land besitzt die Infrastruktur, die es verdient, wurde eingangs festgestellt und damit ist die Infrastruktur gemeint, die eine Nation mit entsprechenden Investitionen sich leisten, unterhalten und deren Kosten sie letztlich als Volkswirtschaft mit Mehrwert zurückverdienen kann. Inwieweit hier angesichts des eng verbundenen europäischen Binnenmarktes und einer globalen Klimapolitik die nationalen Bezüge für ein Land allein maßgeblich sein können, wäre zu diskutieren, weil Infrastruktursysteme, ihre Resonanzräume und die Externalitäten sich nicht an nationalen Grenzen orientieren. Während Europa wirtschaftlich wie ein Markt für Transporte, Energie und Kommunikationsdienste funktioniert, folgt die Infrastrukturplanung den nationalen Strukturen. In Grenzregionen könnte Infrastruktur effektiver gestaltet werden, wenn die geographischen Räume als Einheit geplant würden. Beispielsweise liegt der Euro-Airport Basel auf französischem Staatsgebiet, der Badische Bahnhof der Deutschen Bahn in Basel auf dem Territorium der Schweiz. Eine grenzüberschreitende Bahnverbindung von Berlin nach Usedom über Polen würde die Reisezeit deutlich verkürzen.

3.5.2 Phase II: Planung und Beteiligung

„Das, was wir vor uns sehen, hat niemand entworfen, geplant oder gewollt – es ist emergent entstanden.“³⁹⁶ Mit dieser Feststellung beschreibt Eisinger als Architekt die Situation und die systemischen Wechselwirkungen von Infrastrukturen in Westeuropa insgesamt recht treffend. Im Gegensatz zu den natürlichen Commons werden Infrastruktursysteme von Menschen geschaffen. Auch wenn die einzelnen Gewerke sehr wohl geplant werden, fehlt in dieser Planung oft eine systemübergreifende Folgenabschätzung, die über das jeweilige Einzelvorhaben und die Perspektive eines Betreibers hinausgeht.

³⁹⁵ Frischmann 2012.

³⁹⁶ Eisinger, Angelus, vgl. Daum 2010.

„Die räumliche Verortung einzelner Vorhaben setzt nämlich zunächst ein fachliches Gesamtkonzept voraus, aus dem sich ergibt, daß und warum es sich in die vorhandenen Anlagen und Netzkonfiguration sinnvoll einfügt.“³⁹⁷

Nach einer prinzipiellen, meist politisch getriebenen Entscheidung zur Durchführung eines Infrastrukturvorhabens folgt eine Planungsphase, in der zu Beginn die Dimensionierung, die verfügbare Technik, die geplante Finanzierung und die zukünftigen Eigentumsverhältnisse erörtert werden. Diese sind im Verlauf der Planung einvernehmlich zwischen den Akteuren zu klären, was mehrere Jahre beanspruchen kann. Bei örtlicher Infrastruktur wie Straßen, Kanalisation oder Gebäuden ist der Nutzerkreis relativ sicher zu bestimmen. Bei den mehrstufigen Infrastrukturen ist dies erschwert, weil die Nutzer anonym bleiben und Wohlfandeffekte und Infrastrukturschatten räumlich getrennt auftreten können. Frey beschreibt, dass die Wohlfandeffekte durch Infrastrukturinvestitionen in vier Wachstumsdimensionen direkt und indirekt gemessen werden können: Kapazitätseffekten, Rationalisierungseffekten, indirekte Produktivitätseffekten und direkte Wohlfandeffekten, wobei die Produktivitätseffekte den wichtigsten Wachstumsimpuls darstellen.³⁹⁸

Dabei kommt der irreversiblen Ressourcen-Allokation für eine überörtliche Planung und der tatsächlichen physischen Verbindung von Quellen und Senken eines bestimmten Verkehrs systemgestaltende Bedeutung zu. Die Notwendigkeit der physikalischen Verbindung gilt gleichermaßen für Nachrichten und Datenströme, für Personen- und Güterverkehr oder eine spezifische Art Energieerzeugung und den Energietransport. Im Gegensatz zur rein technischen Betrachtung von Netzfunktionen ermöglichen die sozialen Eigenschaften der Infrastruktur-Netzwerke eine Austauschfunktion zwischen *infrakulturellen Resonanzräumen*, was auch die soziale, kulturelle, ökonomische und ökologische Interaktion fördert. Das für Datenaustausch zwischen Computern entwickelte OSI-Modell wurde in der vorliegenden Arbeit auf die Funktionalität von Infrastruktursystemen übertragen. Die konkrete Ausgestaltung der Infrastrukturplattformen für Verkehr richtet sich nach den räumlichen Verteilungsströmen, dem Verkehrsaufkommen und nach der Speicherbarkeit des Transportgutes. Dabei fallen die topographischen Umwelteingriffe für Verkehrsnetzwerke und Anlagen zur Energieerzeugung deutlich umfassender aus als Eingriffe für Kommunikations- oder Stromleitungsnetze.

“The first plans for constructing an HSR line between Cologne and Frankfurt, consequently, date back to as far as the early 1970s. Since then, it took more than 30 years until the opening. A reason for the long time period was the complex evolution process of infrastructure projects in Germany. Several variants at the left-hand and right-hand side of the Rhine were discussed during the decades of negotiations. Taking into account the difficult geography of the Central German Uplands, it was ultimately decided to construct a right-hand side connection that

³⁹⁷ Hermes 1998: S. 405.

³⁹⁸ Frey 1972: S. 55–56.

would largely follow the highway A3 in an attempt to minimize construction and environmental cost as well as travel time between the major centers. These benefits came at the expense of leaving relatively large cities like Koblenz and the state capitals Wiesbaden (Hesse) and Mainz (Rhineland Palatinate) aside.”³⁹⁹

In der klassischen Ökonomie werden vorwiegend Down-Stream-Flüsse von der Primär- zur Sekundärindustrie und letztlich zum Konsumenten betrachtet. Aufgrund der zunehmenden Vernetzung von Konsumenten und Produzenten und der Produzenten untereinander in multilateralen Wertschöpfungsallianzen müssen zukünftig Netze mit bidirektionalen Fähigkeiten, für die sich Wertschöpfungsprozesse differenzierter gestalten lassen, stärker berücksichtigt werden. Im Energiesektor sind die „schlauhen Netze“, die Smart Grids, ein Beispiel dafür, wie verschiedene Energieverbraucher und diverse Arten der Energieerzeugung über ein intelligentes Netz mit Speicherfähigkeit bedarfsgerecht vernetzt werden und sich gegenseitig abhängig von Angebot und Nachfrage mit Energie beliefern.⁴⁰⁰ Diese Entwicklung wird nach der Telekommunikation und dem Energiesektor mit hoher Wahrscheinlichkeit auch im Verkehrssektor die klassischen Geschäftsmodelle verändern und neue Angebote und Anbieter auf den Markt bringen. Als Konsequenz dieser erhöhten Komplexität, aber auch der daraus resultierenden Optimierungsmöglichkeiten werden sich mittelfristig auch die Planung von Infrastrukturnetzen und die Betreibermodelle anpassen.

Auf die notwendige und aufwendige technische Planung wird nicht weiter eingegangen, da sie für die unterschiedlichen Infrastrukturnetze zwar prinzipiell vergleichbar ist, aber inhaltlich sehr unterschiedlich durchgeführt wird. Die technische Ausgestaltung der Infrastruktur trägt nur unwesentlich zur gewählten Fragestellung bei. In Allokationsentscheidungen zur Netz- und Standortplanung ist die Politik auf Erfahrung der Netzbetreiber angewiesen, verfügt aber mit Finanzierung und Regulierung über die entscheidenden Hebel zur Durchsetzung regionaler Interessen und übergeordneter Infrastrukturziele.⁴⁰¹

Am Anfang seiner Ausführungen zu den öffentlichen Anlagen von Gewerken in Hoch- und Tiefbau zeigt Smith, dass deren Errichtung und Betrieb für eine Gesellschaft zur Senkung volkswirtschaftlicher Transaktionskosten und zum Zustandekommen von Kommunikation, Leistungsaustausch und Handel vorteilhaft sein können. Gleichwohl weist er auf das betriebswirtschaftlich immanente Rentabilitätsziel der Investoren hin. Gerade mehrstufige flächendeckende Infrastrukturen, in denen Nutzer und Nutzen über Ballungsgebiete und große ländliche Räume verteilt sind, besitzen aufgrund der hohen

³⁹⁹ Ahlfeldt et. al. 2010: S. 8.

⁴⁰⁰ Canzler et. al. 2013.

⁴⁰¹ Hermes 1998: S. 407.

Investitionen für einzelne Unternehmen oder private Investorengruppen keine hinreichende Ertragsperspektive und damit eine geringe wirtschaftliche Attraktivität.

“The third and last duty of the sovereign or commonwealth is that of erecting and maintaining those public institutions and these public works, which, though they may be in the highest degree advantageous to a great society, are however, of such a nature, that the profit could never repay the expence to any individual or a small number of individuals, and which therefore, cannot be expected that any individual or a small number of individuals should erect or maintain.”⁴⁰²

Smith folgert daraus jedoch keine zwingende Notwendigkeit dafür, dass Infrastruktur allein aus Staatseinnahmen finanziert werden müsse. Er befürwortet eine sinnvolle Arbeitsteilung und erörtert eine Reihe von unterschiedlichen institutionellen Arrangements für Errichtung, Finanzierung und Betrieb von Infrastruktur im Interesse des Gemeinwohls. Dabei konzipiert er spezifische Behörden, die nach dem Principal-Agent-Prinzip Lizenzen und Aufträge für gewisse Gewerke, Räume und Perioden vergeben, und private Agenten, die für Errichtung, Betrieb und Unterhalt dieser Infrastruktur in Abstimmung mit staatlichen Zielen eingesetzt werden. Ihm war offensichtlich bekannt, dass Infrastrukturgeschäfte langfristig durchaus solide Wertanlagen mit stabilen Erlösstrukturen darstellen können.

“It does not seem necessary that the expence of those publick works should be defrayed from the publick revenue, as it is commonly called (...). The great part of public works may easily be so managed, as to afford particular revenue sufficient for defraying their own expence, without bringing any burden upon the general revenue of the society.”⁴⁰³

Aufgrund einer gegebenen gesellschaftlichen Erwünschtheit werden deshalb i. d. R. zu Beginn der Planungsphase Auftragslage, Eigentumsverhältnisse, Finanzierung und Verteilung der unternehmerischen Risiken für ein Infrastrukturvorhaben geklärt. Die Begrenztheit von Mitteln der öffentlichen Haushalte führte bereits im 18. und 19. Jahrhundert zur Entstehung von privaten Gesellschaften, die in kooperativen Modellen mit den jeweiligen Staaten, Ländern oder sonstigen Herrschenden die Lasten der Errichtung und des Betriebs von Kanälen, Fernstraßen (Turnpikes) und später Eisenbahnen und Telegraphenleitungen mit quasi hoheitlichem Mandat nach Zuständigkeiten und abgegrenzten Verantwortungsbereichen aufteilten.⁴⁰⁴

Prinzipiell wurde der Gedanke einer regional gegliederten, dezentralen Verantwortung bereits von den Römern eingeführt und oblag auch im Mittelalter Marktgenossenschaften und Vögten in der Schweiz und den deutschen Ländern und ist auch in Form der klerikalen Unterhaltszuständigkeit in Großbritannien⁴⁰⁵ belegt. Diese im Umgang mit natürlichen Allmenden entstandenen Verwaltungsstrukturen wurden als räumliche

⁴⁰² Smith 1998: S. 413.

⁴⁰³ Smith 1998: S. 414.

⁴⁰⁴ Goldsmith 2015: S. 67.

⁴⁰⁵ Grimm, J. 1866; Fouquet 2008

Gliederungen mit hoher struktureller und personeller Synergie auch für den Unterhalt von technischen Gewerken – insbesondere Brücken und Wegen – genutzt.

Für bereits errichtete Infrastrukturen ging es um die Planung von Instandhaltung, die eine sichere und zuverlässige Nutzung der Infrastruktur bei angemessenem Aufwand ermöglichen sollte. Bereits im Mittelalter gab es einen Schutz vor Überfällen gegen Zollzahlung oder Vorlage eines entsprechenden Schutzbriefes und heute sind technische Sicherheit, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit unabdingbare Qualitäten einer Infrastruktur und als unverzichtbare Funktion einer zeitkritischen Prozesskette für Produktion oder Transporte zu gewährleisten.

“In the design of new infrastructures, or in the redesign or expansion of existing infrastructures, the main challenge is how to deal with the many uncertainties that the system will face during its projected lifetime. Since infrastructures are deeply embedded in society, they are not only subject to rapid technological changes, but they also have to keep up with institutional and economic developments, such as deregulation, liberalisation, or increasing oil prices. The challenge is to provide technical flexibility and budget flexibility to ensure the adaptivity of the initial design to these changing requirements.”⁴⁰⁶

Infrastruktur-Entwicklung ist ein Produkt der Vorstellungskraft von Individuen und daraus entstehender Narrative, die letztlich zu gesellschaftlich getragenen Leitbildern für Investitionen werden. Dabei werden neue Technologien – Eisenbahn, Automobil, Mobiltelefon, Internet – anfangs immer mit Skepsis empfangen, aber sobald sich der Nutzen nachvollziehbar erkennen lässt, werden diese trotz hoher Kosten und latenter Risiken schnell akzeptiert.

Am Beispiel der Eisenbahn als dem ältesten der technischen Großsysteme werden die hohen gesellschaftlichen Erwartungen von Ingenieuren und Politikern dargestellt, die sich bei späteren technischen Neuerungen ähnlich beobachten lassen. „Vor allem „Eisenbahnen, Schnellposten, Dampfschiffe und alle möglichen Facilitäten der Communication sind es, worauf die gebildete Welt ausgeht, sich zu überbieten.“⁴⁰⁷ Als wirtschaftlich verantwortlicher Minister für Infrastruktur und Straßenbau im Herzogtum Sachsen-Weimar-Eisenach besaß Goethe Schriften von Adam Smith und verkehrte mit dessen Übersetzer Georg Sartorius. Goethe wusste um die wirtschaftliche Bedeutung guter Verkehrsinfrastruktur für die Anbindung seiner Region an die wirtschaftlichen Oberzentren seiner Zeit und bemühte sich daher wiederholt im Interesse der Instandhaltung der Brücken und Wege darum, die Militärausgaben zu kürzen.⁴⁰⁸ Es gibt Hinweise darauf, dass er die Straße zwischen den bedeutenden deutschen Messestädten Leipzig und Frankfurt über Gotha, Weimar und Eisenach führen wollte, um an der wirtschaftlichen Entwicklung

⁴⁰⁶ Weijnen; Herder; Bouwmans 2008: S. 6.

⁴⁰⁷ Spiegel 04.11.1985.

⁴⁰⁸ Schefold 2014

dieser prosperierenden merkantilen Resonanzräume teilzuhaben.⁴⁰⁹ Er hatte von der bahnbrechenden Technologie der Eisenbahn in England erfahren und obwohl er selbst nie eine Eisenbahn benutzt hatte, erkannte der überragende Dichter und Denker seiner Zeit einerseits die wirtschaftliche Bedeutung der modernen Kommunikationsnetze und vermutete andererseits eine infrakulturelle politisch konsolidierende Wirkung dieser neuen Verkehrsinfrastruktur auf das zerrissene Deutschland, wie sie heute das Internet global entfaltet. „Mir ist nicht bange, sagte Goethe, daß Deutschland nicht eins werde; unsere guten Chausseen und künftigen Eisenbahnen werden schon das ihrige tun.“⁴¹⁰ Den dezentral entstandenen Eisenbahnstrecken als interessenverbindender Beschleunigungstechnik gelang es mithilfe von Friedrich Lists Konzept für ein nationales Eisenbahn-Netz⁴¹¹ und eine deutsche Zollunion, für die Einigung der deutschen Fürstentümer eine neue, realwirtschaftliche Dynamik und in deren Folge eine politische Wirkungskraft zu entfalten. Die nationale Idee der Vereinigung aller Deutschen in einem Nationalstaat kann für die damalige Zeit als mentale Infrastruktur bezeichnet werden, die sich im europäischen Einigungsgedanken bis heute erhalten hat und mit politischen und finanziellen Mitteln Einfluss auf die aktuelle Planung und Gestaltung der Infrastrukturnetze in Europa (TEN) entwickelt. Auch in Frankreich wurde seinerzeit eine universelle Erwartung an einen dauerhaften Weltfrieden früh mit dem Ausbau der Eisenbahn verbunden, der sich mit dem Gesetz von 1841 an den zentralen Strukturen und Magistralen der Grande Nation orientierte.

„ Ces nouvelles voies unissent les intérêts des nations comme en un même faisceau et font entrevoir la base d'une alliance universelle. Ils effacent les frontières et contribuent bien plus que les traités de paix, —œuvres essentiellement fragiles, —à resserrer les liens sur lesquels repose l'union des membres de la grande famille humaine. Les pays déshérités changent de face sous leur influence régénératrice. L'ignorance disparaît et, où régnait la misère, apparaît le bien-être. La communauté des intérêts entraîne la communauté des affections: élévation matérielle, intellectuelle et morale, tel est le triple résultat de l'invention des chemins de fer. “⁴¹²

Die neue Eisenbahninfrastruktur veränderte ab 1840 Leben, Arbeiten und Mobilität der Menschen in Europa und Nordamerika, obwohl sich nicht alle Prophezeiungen des Zugewinns an materiellem Wohlstand, eines Zuwachses an Wissen und einer Erhöhung von Moral und Sittlichkeit durch die Vorzüge der Eisenbahn erfüllten. Auch wenn die Bahn und die gleichzeitig eingeführte Telegraphie hinter den hohen ethischen Erwartungen zurückgeblieben sind, haben die politischen, wirtschaftlichen und kulturellen Entwicklungen bis zur Europäischen Union die damaligen Vorstellungen von List, Goethe

⁴⁰⁹ Knortz 2014.

⁴¹⁰ Goethe (Goethes Brief an den Komponisten Karl Friedrich Zelter 1825). Goethe Gespräch mit Eckermann 1823).

⁴¹¹ Frey 1972: S. 8ff.

⁴¹² Deharme 1878: S. 135.

und Deharme von ökonomischen Effekten und der Mehrung der Lebensqualität durch die neue Infrastruktur weit übertroffen.

Eine ähnliche Beobachtung kann über die Erwartungen und Folgen der Elektrifizierung ca. 50 Jahre später gemacht werden. In Bezug auf Akzeptanz und Ausbreitung neuer Technologien sind bei Eisenbahn, Elektrizität und später der grünen Revolution oder dem Mobilfunk ähnliche infrakulturelle Muster zu beobachten gewesen, da die Einführung jeder Technik stets mit dem Wunsch nach dauerhaftem Wohlstand einherging.

„Wo ein Bächlein rauscht oder ein Mühlrad klappert, entdecken Ingenieure Wasserkräfte, die sich zur Erzeugung von elektrischer Energie eignen. (...) Im Jahre 1895 nutzten nur 3,4 % aller Betriebe elektrischen Strom, 1905 waren es bereits 27 %. Nach solchen Zahlen, so schreibt Berg, „ist es nicht zu viel gesagt, wenn man von einem elektrischen Bazillus spricht, der immer mehr Gemeinden ansteckt und namentlich auf dem Lande den besten Nährboden findet. ... Sie erbauten im Jahre 1900 ... das erste ‚Elektrizitätswerk‘ im Glottertal ... Von dieser Investition erhoffte er sich wirtschaftlichen Aufschwung und Sicherung seines Familienbetriebes.“⁴¹³

Festzuhalten ist hier die Erkenntnis, dass die Motive für Infrastruktur-Entwicklung deutlich über eine materielle Ebene oder individuelle Präferenzen hinausgehen und sowohl kulturelle und immaterielle Werte als auch Externalitäten in eine Bewertung von Maßnahmen einzubeziehen sind. Die von List im *Nationalen System* aufgeworfene Frage eines reibungslosen Übergangs vom Agrar-Staat zu einem Agrar-Manufaktur-Handels-Staat⁴¹⁴ führt zum Vergleich der über Jahrhunderte gewachsenen und kulturell im Detail entwickelten Wissenschaftskompetenz für *Agrikultur* mit den entsprechenden Leitbildern und Steuerungssystemen der historisch-kulturell bedingten technischen Infrastruktur. Aus dieser Erkenntnis leitet sich für einen modernen Bildungs-Industrie-Dienstleistungs-Staat, wie Deutschland es heute ist, die Notwendigkeit einer systemverbindenden *Infra-kultur* als eine integrierte und interdisziplinäre Gesamtbetrachtung der Infrastruktursysteme und ihrer Kontexte ab.

Ein Leitbild zur Planung von Infrastruktur erfordert Kommunikation und erfordert mentale Vorlaufzeit, in der mit den Beteiligten und Betroffenen eine gemeinsame Überzeugung geschaffen werden kann. Nahezu vorbildlich funktioniert dieser Prozess seit Jahrzehnten in der Schweiz, wo durch öffentlichen Diskurs und Volksabstimmungen für milliardenschwere Projekte wie Bahnausbau⁴¹⁵, NEAT⁴¹⁶ oder Maut⁴¹⁷ durch direkte Mitwirkung der Bevölkerung eine hohe Identifikation und Akzeptanz erreicht und durch den

⁴¹³ Hoch 1995.

⁴¹⁴ Frey 1972: S. 9.

⁴¹⁵ Abstimmung Bahn 2000, 06.12.1987.

⁴¹⁶ Neue Eisenbahn Alpen Transversale (Ausbau Gotthardt Tunnel, Abstimmung 27.09.1992).

⁴¹⁷ Abstimmung 27.11.2013 lehnt Erhöhung ab.

gesetzgebenden Charakter der Abstimmungen eine transparente und verbindliche Finanzierung von Infrastrukturmaßnahmen sichergestellt wird.

Renn analysierte im Anschluss an die Diskussion um den Tiefbahnhof in Stuttgart die Voraussetzungen für öffentliche Akzeptanz und beschreibt Akzeptanz als das Resultat eines kulturellen Prozesses bestehend aus Einsicht, Selbstwirksamkeit, Nutzen und Identität,⁴¹⁸ der über wirtschaftliche und technische Argumente hinausgeht. Um Akzeptanz für Infrastrukturanpassungen größeren Ausmaßes herzustellen, bedarf es – unabhängig davon, ob eine Abstimmung der Bevölkerung stattfindet – einer Interaktion und mentalen Vorlaufzeit für die Betroffenen, damit diese sich im Diskurs mit Experten und Politik zu absehbaren Folgen positiver wie negativer Art, subjektiven Anpassungsängsten und Risikobewertungen eine Meinung bilden können. Damit in einem Diskurs nicht nur die veröffentlichte Meinung wahrgenommen wird, werden klar definierte Prozesse benötigt, um den Argumenten aller Seiten Beachtung zukommen zu lassen. Am Ende eines solchen Diskurses hat in Deutschland derzeit die Politik das Mandat, kollektiv verbindliche Entscheidungen zu treffen und auch gegen die Partikularinteressen von Teilen der Wirtschaft, Politik und Bevölkerung für diese einzustehen.⁴¹⁹ Das wachsende Bewusstsein für Infrastruktur wird eine veränderte Diskurskultur fordern, die kulturell neben Parteien und Medien und besonders im Bildungssystem zu verankern sein wird. Renn fordert eine systemische Infrastruktur-Information, die alle Bildungsebenen einschließt.

„Im Sinne einer kontinuierlichen, nachhaltigen Aufklärung über Nutzen und Risiken von Technik ist eine schon früh beginnende und anschlussfähige Beschäftigung mit den Bereichen Technik, Naturwissenschaften und ökonomische Bildung notwendig. (...) Nur eine stärkere Verankerung dieser Themen in sämtliche Bereiche und Formate der Aus- und Weiterbildung hat längerfristige Wirkung.“⁴²⁰

Aufgrund der sozialen Verantwortung, der kulturellen Bedeutung der Infrastruktur und der Verantwortung für Umwelt und kommende Generationen im Zusammenhang mit Infrastruktur-Governance wird der Staat auf absehbare Zeit eine zentrale Rolle einnehmen. Diese Sonderstellung betonte bereits Friedrich List in einem Betrag im Staatslexikon 1837:

„Der Staat ist bei dergleichen Unternehmungen (Errichtung der Verkehrsinfrastruktur sowie Führung von Verkehrsunternehmen) den Privatkompanien gegenüber in großem Vorteil: er gewinnt jedenfalls, insofern die nationalökonomischen Vorteile größer sind als der Aufwand, selbst wo das Erträgnis nur die Betriebskosten ersetzt; (...) er kann mehr auf den Nutzen des Ganzen als auf den Vorteil des Einzelnen, mehr auf den Staatszweck als auf den augenblicklichen Ertrag der Unternehmung sehen.(...) In seiner Natur (der des Staates) liegt es, nicht nur die Bedürfnisse der Gegenwart, sondern auch die der künftigen Generationen ins Auge zu fassen.“⁴²¹

⁴¹⁸ Renn et. al. 2013: S. 279.

⁴¹⁹ Renn 2011: S. 10.

⁴²⁰ Renn 2011: S. 9.

⁴²¹ Frey 1972: S. 9.

Inwieweit die Schweizer Volksabstimmungen im Sinne einer nationalen Allmende-Verwaltung den lokalen Gemeindeversammlungen gleichzusetzen sind und ob die demokratisch legitimierte Übertragung des Infrastrukturmandates an die Politik der Interessenvertretung durch die Dorfältesten im Sinne allgemeiner Commons-Prinzipien vergleichbar ist, wird im IDF-Modell berücksichtigt (Kapitel 4.4) und bleibt näher zu untersuchen. Nach Ostrom hat die Legitimation eines Commons-Regimes durch eine übergeordnete staatsnahe Institution wesentlichen Einfluss auf die Durchsetzbarkeit von Vereinbarungen gegenüber Beteiligten und Dritten,⁴²² was prinzipiell auf Fragen der Gestaltung und des Betriebes von technischen Infrastruktursystemen übertragbar ist.

3.5.3 Phase III: Errichtung und Finanzierung

In einem internationalen Vergleich der Wirtschafts- und Infrastruktursysteme seiner Zeit beschreibt Smith, wie auf dem Kontinent Kanalsysteme durchaus erfolgreich von privaten Betreibern errichtet und betrieben werden. Er lobt Anreize durch Beteiligung privater Betreiber an dem Wegeentgelt, welche bei einer staatlichen Aufsicht geringer ausfielen.

“In several different parts of Europe, the toll or lock-duty upon a canal is the property of private persons, whose private interest obliges them to keep up the canal. If it is not kept in tolerable order, the navigation necessarily ceases altogether, and, along with it, the whole profit which they can make by the tolls. If those tolls were put under the management of commissioners, who had themselves no interest in them, they might be less attentive to the maintenance of the works which produced them.”⁴²³

Aus Verfügbarkeits- und Sicherheitsüberlegungen betont er jedoch im Gegensatz zu Kanälen für Straßen das Risiko eines Missbrauchs durch private Betreiber, die ihre Instandhaltungspflichten dauerhaft vernachlässigen könnten, ohne dabei kurzfristig Einnahmen zu verlieren.

“The tolls for the maintenance of a highroad cannot, with any safety, be made the property of private persons. A high-road, though entirely neglected, does not become altogether impassable, though a canal does. The proprietors of the tolls upon a high-road, therefore, might neglect altogether the repair of the road, and yet continue to levy very nearly the same tolls. It is proper, therefore, that the tolls for the maintenance of such a work should be put under the management of commissioners or trustees.”⁴²⁴

Die Errichtung steht im Fokus der Ingenieurwissenschaften, die in der Auswahl der Baumaterialien, den Prozessen der Bauausführung und der Projektsteuerung die Nachhaltigkeitswirkung dieser Phase beeinflussen. Ohne umfassend auf die technischen Aspekte einzugehen, werden die aus Nachhaltigkeitsperspektive relevanten Bereiche Ökobilanz, Beschäftigungswirkung, Infrastrukturfolgekosten und Termintreue kurz angesprochen. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass Infrastrukturvorhaben und die damit

⁴²² Ostrom 1999.

⁴²³ Smith 1776: S. 277.

⁴²⁴ Smith 1776 ebenda.

verbundenen Investitionen häufig ein Katalysator⁴²⁵ für Fortschritt und Innovation sind und die Grenzen des technisch Machbaren anhand von konkreten Herausforderungen oft durch sie verschoben werden.⁴²⁶ Zumeist stellen außerordentliche Infrastrukturprojekte wie der Gotthardt-Tunnel, die Golden Gate Bridge oder das europaweite GSM-Mobilfunknetz technische Herausforderungen dar, die Forschung und innovative Lösungen geradezu erfordern und zugleich ermöglichen. Angesichts der langen Vorlaufzeiten, der hohen Investitionsvolumina und der großen gesellschaftlichen Aufmerksamkeit werden Ingenieure und Investoren zu pfadbildenden Innovationen und technischen Höchstleistungen getrieben, während Verbraucher und häufig auch die Gesetzgeber diesen Entwicklungen schrittweise folgen und dabei ihre mentalen Koordinatensysteme sukzessive aktualisieren.

Die Entwicklung von bahnbrechenden Infrastrukturangeboten durch kommerzielle Anbieter wie Skype, Google oder iTunes zeigt, dass Innovation nicht vorrangig eine Staatsaufgabe sein muss, der Staat und leistungsfähige Infrastrukturplattformen jedoch für diese Innovationen erst den Boden bereiten. Das Phänomen Silicon Valley als weltweit führende Innovationlandschaft wäre ohne eine funktionierende Infrastruktur, öffentliche Forschungsaufträge und gut ausgebildetes Personal nicht vorstellbar. Die Geschichte des Silicon Valley stellt im landwirtschaftlich und maritim geprägten Kalifornien ein Musterbeispiel an öffentlich geförderten Infrastruktur-Investitionen dar. Das ARPANET, der technische wie intellektuelle Vorgänger des Internets, war Auftragsforschung für das Department of Defense im Schatten des Kalten Krieges und der nuklearen Bedrohung. Whitney und Mottl erörtern den staatlich getriebenen Fortschritt in der Entwicklung der IT- und Kommunikationsnetze in den 1960er Jahren, der mit umfassenden Mitteln des Verteidigungshaushaltes ermöglicht wurde und historisch mit dem Ausbau der Eisenbahnnetze im Zeitalter der Nationalstaaten und Straßennetzen der Römer korrespondiert.⁴²⁷

Die ökologischen Hebel für die Errichtungsphase wurden weitgehend im Rahmen der Detailplanung bewertet und festgelegt. Im Verkehrssektor sind z. B. die Straßenführung für Art und Umfang der durch sie bedingten Eingriffe in die natürliche Umwelt und die Auswahl der Baumaterialien für die Ökobilanz und mögliche Auswirkungen auf das Ökosystem ausschlaggebend. Das Management von Wasser, Energie, Lärm, Altlasten, Transporten und Abraum sind während der Bauphase nachhaltig zu lösen. Manche der umweltrelevanten Wirkungen sind auf die Bauzeit (z. B. Baulärm, Baustellenverkehr) begrenzt, andere verursachen dauerhafte Folgen (z. B. Grundwasser, Vegetation). In der

⁴²⁵ aber nicht Ursache der Entwicklung selbst.

⁴²⁶ Beck 1986.

⁴²⁷ Whitney, Mottl 1996: S. 39.

Konkretion einer nachhaltigen Planung ist unter möglichen Ausführungsalternativen jeweils diejenige zu präferieren, welche den geringsten Umwelteintrag über die Lebensdauer der jeweiligen Infrastruktur verursacht. Eine ganzheitliche Bewertung wird dadurch ermöglicht, dass auch betriebswirtschaftliche Externalitäten und geeignete Handlungsoptionen berücksichtigt werden, wodurch der ökologische und soziale Nutzen und Mehraufwand – zumindest komparativ – sichtbar gemacht werden kann. Smith verbindet die Legitimation des staatlichen Handelns bei Modern Commons mit einem Verweis auf den hohen gesellschaftlichen Nutzen der Infrastruktursysteme an sich und begründet den Gemeingutcharakter mit der Feststellung, dass solche Flächensysteme weder für eine Einzelperson noch eine kleine Akteursgruppe wirtschaftlich zu errichten oder zu unterhalten wären.

“The third and last duty of the sovereign or commonwealth is that of erecting and maintaining those public institutions and these public works, which, though they may be in the highest degree advantageous to a great society, are however, of such a nature, that the profit could never repay the expence to any individual or a small number of individuals, and which therefore, cannot be expected that any individual or a small number of individuals should erect or maintain.”⁴²⁸

Sozial und ökonomisch bilden auch temporäre Beschäftigungseffekte, die von Infrastrukturprojekten ausgehen, einen Wirtschaftsfaktor für die jeweilige Region. Diese Tatsache lässt Politiker strukturschwacher Regionen auf eine wirtschaftliche Initialwirkung hoffen und somit Entscheidungen fällen, deren Konsequenzen im Guten wie im Schlechten kommende Generationen tragen werden. Wenn für ein Infrastrukturprojekt Arbeiter aus ganz Europa zusammenkommen, um beispielsweise einen Tunnel oder eine Brücke zu bauen, profitieren Gewerbe, Gemeinden und die Bürger einer Region von dieser zusätzlichen Kaufkraft. Bei mehrjährigen Großprojekten lassen sich solche standortbezogenen Migrationseffekte dauerhaft nachweisen.⁴²⁹

Für Infrastrukturprojekte, die der Standortattraktivität dienen, treten anhaltende Effekte der Wertsteigerung für Wohn- und Gewerbeflächen meist gegen Ende der Bauphase ein. Dabei kann ein schneller Breitbandanschluss ebenso werterhöhend wirken wie eine Autobahnabfahrt oder eine ICE- oder S-Bahn-Haltestelle. Die Höhe der Wertveränderung variiert mit den jeweiligen Vorteilen für Anwohner und Nutzer. Umgekehrt lässt sich durch einen vergrößerten Infrastrukturschatten auch eine lokale Wertminderung feststellen, Immobilienpreise sinken, wenn eine Einflugschneise geändert wird, der Lärm durch eine Autobahn oder Bahntrasse den Schwellenwert überschreitet und ein Mobilfunkmast oder Windrad im Blickfeld einer Siedlung auftaucht. Das bereits erwähnte und hier vertiefte Konzept des Infrastrukturschattens erfasst eingetretene und messbare

⁴²⁸ Smith 1998: S. 413.

⁴²⁹ Ahlfeldt et. al. 2010.

Folgewirkungen und geht damit über das NIMBY-Syndrom hinaus, beides wird in Kapitel 4 vertieft.⁴³⁰

Obwohl für Großprojekte ein entsprechendes Projektmanagement vorgesehen ist, können sich externe Faktoren wie politische Anforderungen, gesetzliche Rahmenbedingungen, technische Verfahren und/oder die Einstellung der Anwohner zu Genehmigungsverfahren im Laufe der Planungsperiode verändern. Im Sinne der ökonomischen Nachhaltigkeit ist Termintreue in der Ausführung der Gewerke hervorzuheben, weil sich durch vorhersehbare oder unvorhersehbare Terminverschiebungen erhebliche Mehrkosten durch Zuschläge für Verzögerungen von Bauarbeiten, Anpassungsaufwände, verzögerten Eintritt des erwarteten Nutzens sowie erhöhte Finanzierungskosten ergeben können, wie die Entwicklung des Flughafenbaus in Berlin-Schönefeld veranschaulicht.

Letztlich beruht die Realisierung von großen nationalen und internationalen Infrastrukturmaßnahmen auf verlässlichen rechtlichen Rahmenbedingungen sowie einer nachhaltigen Finanzierung. War bei den Verkehrsprojekten Deutsche Einheit (VDE)⁴³¹, die in über 20 Jahren nach der Wiedervereinigung mit rund 40 Mrd. Euro realisiert wurden, ein solcher Rahmen gegeben, fehlte dem umfassenden Ansatz der Europäischen Union in Maastricht 1992 für transeuropäische Netze für Verkehr, Kommunikation und Energie⁴³² eine stringente Strategie zur Realisierung über die diversen Systemgrenzen in Form nationaler und sektoraler Kompetenzen oder Governance-Ebenen.

3.5.4 Phase IV: Betrieb und Nutzung

Die tatsächliche Nachfrage und Nutzung einer Infrastruktur-Plattform sind entscheidende Einflussgrößen auf deren Nachhaltigkeit. In der Planung getroffene Annahmen können von der Wirklichkeit übertroffen, erreicht oder unterschritten werden. Die erwarteten Effekte werden durch fünf Faktoren bestimmt: Zugang, Nutzen, Preis-Leistungs-Verhältnis, Zuverlässigkeit und Bedien-/Nutzungskomfort auf der Anwendungsebene aus Nutzersicht; Verfügbarkeit, Angebot, Wettbewerbsposition, Qualität und Systemauslastung aus der Perspektive eines Netzbetreibers, die sich sowohl die auf Plattformebene als auch auf die Programmebene beziehen und im Folgenden exemplarisch ausgeführt werden:

- *Physischer und räumlicher Zugang zur Infrastruktur-Plattform:* Das Internet als ein Betriebsprogramm für Telekommunikationsnetze hat sich seit den 1990er Jahren in Deutschland zu einem offenen Systemstandard entwickelt und der Zugang dazu ist durch ein Urteil des Bundesgerichtshofs 2013 zum Grundrecht geworden. Damit

⁴³⁰ Renn 2013: S. 4.

⁴³¹ BMVI 2014.

⁴³² EU 1992 EU 28.03.2011: S. 14.

besteht für jeden Einwohner ein grundsätzlicher Anspruch auf Zugang zu der digitalen Infrastrukturplattform und ihren vielfältigen Diensten, was in der Realität jedoch noch keinen nutzbaren Netzzugang mit ausreichender Bandbreite bedeutet. Nachdem digitales Surfen mit dem Recht auf Mobilität juristisch auf eine Stufe gestellt wurde, folgt die Frage nach der bedarfsgerechten Plattformentwicklung und deren Finanzierung.⁴³³ Das Internet kann technisch mit den entsprechenden Endgeräten über Festnetz, Kabelnetze, Mobilfunk oder Satellit erreicht werden. Dabei variieren die Anschlüsse in Bandbreite, Qualität für Up- und Downloads sowie Kosten je nach Anbieter, Region und Ausbau der örtlichen Infrastruktur. Während in den urbanen Ballungsgebieten die Plattformen verschiedener Betreiber verfügbar sind und nur bei Nachfragespitzen z. B. Kanalknappheit im Mobilfunk auftreten kann, herrscht im ländlichen Raum ein Angebotsmangel an Bandbreite, der durch öffentliche Förderung des Netzausbaus gelindert werden soll.⁴³⁴ Marvin und Graham beschreiben dieses Phänomen der Asymmetrie⁴³⁵ und nennen diesen in Ballungsräumen der Dritten Welt beobachteten Effekt „Splintering Urbanism“ (zersplitterte Urbanisierung). – Strom ist als Commodity in Deutschland nahezu überall flächendeckend verfügbar. Der Anschluss an die regional und international verknüpften Netze wird *Down-Stream* vom Kraftwerk bis zum Endverbraucher über die Energieversorgungsunternehmen (EVU) vor Ort gewährleistet. *Up-Stream*, auf der Erzeugerseite, hat sich der Strommarkt durch die dezentrale Erzeugung erneuerbaren Energien stark gewandelt. Konnten die EVU geradezu planwirtschaftlich die Kraftwerksleistung auf die verhaltensgeprägt prognostizierbaren Verbräuche abstimmen, besteht nun ein Überangebot an ungesteuerten Energiemengen, die auf die vorhandenen Verteilnetze einströmen. Auch wenn der Zugang und die Netzneutralität rechtlich geregelt wurden, betritt der Energiesektor mit der physischen, kommerziellen und technischen Umsetzung der Energiewende Neuland. Zugang schließt auch den uneingeschränkten und diskriminierungsfreien Zugriff für Nutzer und Diensteanbieter auf die relevanten Angebotsinformationen – Daten, Tarife, Fahrplan, Leitungsbeschreibung – und die unterschiedlichen Vertriebskanäle einer Infrastrukturplattform ein, seien diese online, mobil oder stationär, automatisiert oder personengestützt organisiert. Neben dem physisch-technischen Zugang können auch soziale Zugangshürden bestehen (Senioren ans Netz, Barrierefreiheit) und es wird durch die Allokation von Investitionen *de facto* auch der räumliche Zugang bzw. eine mittelbare Raumwirkung definiert.

- *Verfügbarkeit wird durch die Programmebenen und Instandhaltungsqualität bestimmt:* Je unabhängiger ein Nutzer seine Entscheidung zur spezifischen

⁴³³ Wunsch 2013.

⁴³⁴ BMVI 2015, Netzallianz

⁴³⁵ Graham, Marvin 2001.

- Infrastrukturnutzung gestalten kann, desto schwieriger ist die Vorhersehbarkeit der Nutzung und ihrer Effekte für den Betreiber. Führt nur eine Straße in eine Stadt, werden alle Menschen, die in diese Stadt wollen, diesen Weg wählen. Nutzer können auf eine Reise verzichten oder diese verschieben, letztendlich verbleibt der daraus resultierende Verkehr auf dieser Straße. Verbindet diese Stadt auch eine Bahnstrecke, ein Flughafen oder Gewässer mit anderen Städten, sind intermodale Prognosen komplex und die Auswirkungen auf Bevölkerung, Wirtschaft und Umwelt polyperspektivisch differenziert zu analysieren. Jedes Fahrzeug und jeder Verkehrsmodus hat sein eigenes ökologisches Profil,⁴³⁶ quasi seine spezifische Ökobilanz.⁴³⁷ Die freiheitliche Grundordnung und die Soziale Marktwirtschaft stellen die Wahlfreiheit des Individuums in der Nutzung von Ressourcensystemen über die pareto-optimale Allokation der Nachfrage, was sich im Nachkriegsdeutschland bewährt hat. Nichtsdestoweniger muss hier darauf hingewiesen werden, dass diese Wahlfreiheit in Bezug auf Ressourcensysteme durch deren Verfügbarkeit *per se* eingeschränkt wird. Einmal getroffene Entscheidungen haben eine hohe gesellschaftliche Bindungswirkung ökonomischer, ökologischer und sozialer Art.⁴³⁸ Die volkswirtschaftlich opportune Vermeidung von Doppelinvestitionen stärkt darüber hinaus den physischen Monopolcharakter von Infrastrukturnetzen, wobei der Zugang diskriminierungsfrei gestaltet werden kann. Jeder Bürger hat ein Recht auf Energieversorgung, Kommunikationsanschluss und Systemzugang zu öffentlichen Verkehrssystemen, ohne – soweit Wettbewerb herrscht – auf einen spezifischen Anbieter festgelegt zu sein. Während die regulierte Plattformebene physischen Monopolstrukturen unterliegt, können auf der Transport- und Anwendungsebene in Abhängigkeit vom Rivalitätsgrad des Ressourcensystems und der Fungibilität der Ressourceneinheiten Marktstrukturen im Infrastruktursektor zu einer effektiven Allokation und Bereitstellung von CPR führen.
- *Preise und Qualität werden auf der Programmebene festgelegt:* Für Ökonomen wie Smith liegt es nahe, die Nutzer an den Kosten für die Errichtung und Nutzung der Infrastruktur zu beteiligen. In der von ihm angeregten Preisdifferenzierung überrascht es jedoch, dass er sowohl eine verursachungsgerechte Kostenbeteiligung an Infrastrukturen in Betracht zieht als auch einen Preis im Verhältnis zum erzielten Gegenwert, z. B. Transportkosten nach Gewicht oder dem Wert der Fracht, und damit quasi nach ökonomischer „Tragfähigkeit“ des Gutes empfiehlt. Im Umkehrschluss entwickelt Smith auch eine soziale Preisdifferenzierung nach individueller

⁴³⁶ Ahrend 2012.

⁴³⁷ Ökobilanz ist ein Verfahren, um umweltrelevante Vorgänge zu erfassen und zu bewerten. Ursprünglich zur Bewertung von Produkten entwickelt, wird sie heute auch bei Verfahren, Dienstleistungen und Verhaltensweisen angewendet. Die Ergebnisse von Ökobilanzen (life cycle assessments, LCA) können zur Prozessoptimierung für eine Nachhaltige Produktion genutzt werden. (UBA 09.01.2014).

⁴³⁸ Aberle 2012.

Zahlungsfähigkeit, in deren Konsequenz die alltäglichen Transporte der Armen durch Abschöpfung von Luxusprämien auf ausgewählte Transporte subventioniert würden.⁴³⁹ – Die Nutzung von großen Infrastruktursystemen obliegt unmittelbar den Betreibern von Diensten wie Verkehrsunternehmen, Energieversorgern oder Kommunikationsdienstleistern und mittelbar den Endverbrauchern im Individualverkehr. Preise für Infrastrukturnutzung variieren je nach Infrastruktur, Systemleistung, Qualität – schnell, langsam, Zuverlässigkeit, Bandbreite o. Ä. – und Netz-Auslastung. Die Nutzung von öffentlichen Infrastrukturen kann – wie bei Straßen üblich – frei von direkten Kosten sein oder leistungs- und periodenabhängig mit einem Nutzungsentgelt belegt werden. – Die Qualität des Infrastrukturangebotes im Hinblick auf zeitliche Verfügbarkeit entscheidet über den erzielbaren Nutzen. Eine emergente Raumzeitqualität bestimmt den Wert der entnommenen Ressourceneinheit, der je nach Zeitpunkt und Nutzergruppe sehr unterschiedlich sein kann. Beispielsweise kann es bei einem Überangebot von Strom aus erneuerbaren Energieträgern in Spitzenzeiten zur Bildung von negativen Strompreisen kommen, was bedeutet, dass derjenige, welcher dem Netzbetreiber planbare Stromabnahme in großen Mengen garantiert, eine Vergütung vom Netzbetreiber erhält, weil Strom schwer speicherbar ist und durch eine planbare Abnahme die Netzstabilität für alle Nutzer insgesamt erhöht werden kann. Prinzipiell gilt diese Problematik auch für lokale Netz- und Speicherstrukturen, wie Batterie- und Brennstoffzellen-Speicher, Power-to-Gas-Technologie, die in Verbindung mit erneuerbaren Energieträgern aus dem Stromverteilnetz einen intelligenten Nachfragemanager machen würde und den Kunden zum Prosumenten, der seinen nicht benötigten Strom ans System zurückverkaufen kann. Dass in Zusammenhang mit Elektromobilität hier innovative Strukturen und Angebote für flexible Stromabnahme und Einspeisung entstehen, ist wahrscheinlich, jedoch können die möglichen Auswirkungen auf die Netzanforderungen und -betreiber nur aufgezeigt, derzeit aber nicht abschließend bewertet werden.

- *Laufende Instandhaltung und Anpassung von Infrastrukturnetzen:* Am Beispiel der Infrastruktur-Instandhaltung verdeutlicht Smith die Vorteile einer dezentralen Verantwortung und Überwachung: „Even those public works which are of such nature that they cannot afford any revenue for maintaining themselves, but of which the convenience is nearly confined to some particular place or district, are always better maintained by a local or provincial administration, than by the general revenue of the state, of which the executive power must always have the management.“⁴⁴⁰ – Inwieweit diese institutionellen Vorteile heute durch technisches Management zentral ähnlich

⁴³⁹ Smith 1998: S. 414 -415.

⁴⁴⁰ Smith 1998: S. 415.

effizient wahrgenommen werden können, hängt maßgeblich von der Art der Infrastruktur und der geforderten Transparenz und Aktualität einer Zustandsüberwachung ab. Für sicherheitsrelevante Steuerungssysteme im Verkehr – Flug-, Zug- oder Straßenverkehr – gelten andere Kontrollmaßstäbe als in der Instandhaltung von Feldwegen oder Segelflughäfen. So birgt der Bestand der ca. 76.000 Brücken im Eigentum des Bundes an Autobahnen, Bundesstraßen und im Schienennetz, die in den 1950er und 1960er Jahren errichtet wurden, einen Instandhaltungsbedarf im mittleren zweistelligen Milliardenbereich.⁴⁴¹ Die Investitionspolitik des Bundes folgt im Bundesverkehrswegeplan seit 2010 dem Prinzip, dass der Erhalt von Infrastruktur vor Neubau geht. – Diese Faktoren zeigen, dass im Betrieb eines Infrastrukturnetzes die Plattform-, Programm- und Anwendungsebenen eng miteinander verbunden sind, auch wenn die Produkte und Leistungen dieser Ebenen unabhängig erbracht werden können. Eine Trennung der Verantwortung für Plattform und Betriebsprogramm ist bei regulierten Netzen somit machbar, sollte jedoch die Phasen der Netzplanung, -errichtung und -anpassung einschließen.

3.5.5 Phase V: Transformation und Ersatz

Infrastrukturnetze unterliegen einer stetigen Abnutzung durch Verschleiß und Witterung und so bedarf jede Infrastruktur-Plattform zum Erhalt ihrer Leistungsfähigkeit der Pflege, d. h. laufender Wartungsarbeiten und regelmäßiger Instandhaltung. Außerdem unterliegt Technik laufenden Erneuerungsprozessen durch Innovationen und das Fortschreiten des Standes der Technik. Infrastruktursysteme und ihre Kapazität sind degenerative Ressourcensysteme, die sich nicht aus sich selbst heraus regenerieren und entwickeln.

Materielle Infrastrukturplattformen degenerieren und je größer der Bestand ist, desto aufwendiger ist die Instandhaltung, deren Kosten bei Flächensystemen die Betriebsüberschüsse eines Infrastrukturbetreibers schnell übersteigen können. Der Bau einer Straße oder Brücke, die Errichtung von Stromleitungen oder Verlegung von lokalen Breitbandnetzen dauert deutlich länger, als ein Software-Update für eine Anwendung aufzuspielen. Die physische Abnutzung wird maßgeblich durch die Programmebene und die jeweilige Art der Anwendungen bestimmt. Dabei ist der Takt technischer Neuerungen für softwarebasierte Anwendungen und Endgeräte höher als für Betriebssysteme und Steuerungstechnik. Wirtschaftlich gesehen kann eine digital verbesserte Kapazitätssteuerung den Durchsatz eines bestehenden Infrastruktursystems schneller und billiger erhöhen als der Ausbau der physischen Netzkapazität. Die Effizienzgewinne auf der

⁴⁴¹ BMVI, Die Welt 1.9.2015.

Programmebene werden im Rahmen der bestehenden physischen Möglichkeiten in allen drei Infrastruktursektoren zur Optimierung der Netz-Kapazitäten eingesetzt.⁴⁴²

Um einen nachhaltigen Lebenszyklus zu erreichen, muss eine Infrastrukturanlage regelmäßig gewartet und funktionsbezogen dem Stand der Technik angepasst werden. Denn es ist kaum denkbar, dass ein kommerzieller Nutzer beispielsweise ein Interesse daran hätte, einen Rechner nach zehn Jahren mit dem ursprünglichen Betriebssystem und dadurch einem eingeschränkten Leistungsumfang zu betreiben. Abbildung 11 illustriert schematisch die unterschiedlichen Anpassungsgeschwindigkeiten der drei in Kapitel 3.2 beschriebenen Funktionsebenen von Infrastruktursystemen. Grundsätzlich sind Plattformen beständiger als Betriebsprogramme oder die vielfältigen Anwendungen. Auf einer Plattform können gleichzeitig Betriebsprogramme und Anwendungen verschiedener Generationen betrieben werden. Rationale Infrastrukturbetreiber tendieren dazu, ihre kapitalintensiven Infrastruktursysteme für die Dauer ihrer technischen Lebenslänge unterbrechungsfrei zu betreiben.

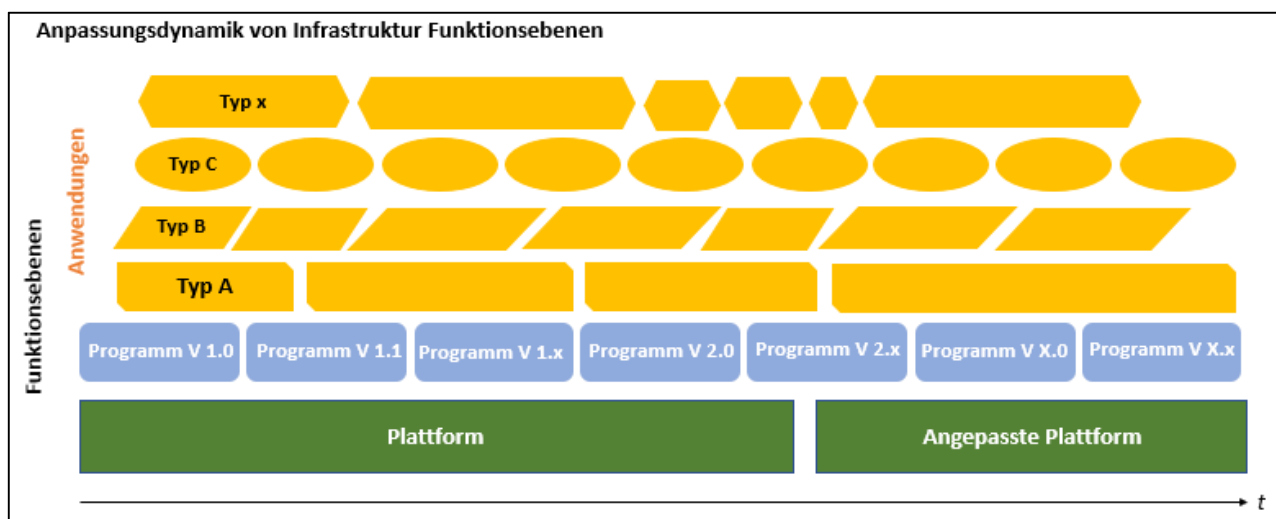


Abbildung 11: Anpassungsdynamik von Infrastruktur Funktionsebenen
Quelle: Eigene Darstellung vgl. Abb. 10

Zu einer Optimierung können verbesserte Betriebsprogramme - z. B. Fahrplan, Datenmanagement, Laststeuerung – beitragen. Auf der Plattform können unterschiedliche Anwendungen genutzt werden. Während Güter- oder Personenverkehr als beispielhafte Verkehrsanwendungen auf der Schiene lange Lebenszyklen aufweisen können, müssen datengestützte Anwendungen, wie z. B. DB-Navigator, WhatsApp, Snapchat, sehr kurzfristig aktualisiert oder ersetzt werden. Der schnelle Wechsel von Anwendungen und Programmen wird durch Einhaltung und sorgfältige Migration von Schnittstellen und Protokollen für den Austausch mit der Plattform unterstützt. Auch Endgeräte zur Infrastrukturnutzung wie Fahrzeuge, Rechner oder Apparate unterliegen kürzeren wirtschaftlichen

⁴⁴² z.B. VoIP, Vectoring, ETCS, Smart Grids.

Nutzungszyklen. Aufgrund systemverändernder Innovationen wie im Mobilfunk und der Breitband-Technologie haben Telekommunikationsnetzbetreiber ihr reaktives Investitionsverhalten verändert, wobei für den Breitbandausbau öffentliche Subventionen in Anspruch genommen werden. Für die Instandhaltung des Schienennetzes wurde von der DB Netz AG im Jahr 2008 eine Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (*LuFV*) mit dem Bund über 2,5 Mrd. Euro p. a. geschlossen, die 2014 auf rund 4 Mrd. Euro erhöht und bis 2019 verlängert wurde.⁴⁴³

Die physischen Kapazitätsgrenzen einer begrenzten Netzplattform können nur in einem gewissen Umfang durch Eingriffe in der Programm- oder Anwendungsebene vermehrt werden. Die Infrastrukturplattformen in Deutschland stehen deshalb – über die betriebsbedingte Abnutzung hinaus – vor qualitativen und quantitativen Herausforderungen, die in allen drei Sektoren durch technische und marktgestaltende Anpassungen gelöst werden müssen.

- In der Telekommunikation sind die benötigten Bandbreiten (> 50MB/s) nur durch Investitionen in den Ausbau von festen und mobilen Netzplattformen (Glasfaser- und 5G-Netze) zu erreichen.
- Im Verkehrssektor könnten die Netzkapazitäten der Schiene durch vermehrte Elektrifizierung (Deutschland 60 % vs. Schweiz 100 %)⁴⁴⁴ und Einführung neuer Steuerungstechnik wie ETCS flexibler und erweitert werden.
- Die Stromversorgung über Smart Grids auf der lokalen Netzebene erfordert eine Hardware-Aufrüstung der mittleren Verteilnetze, um neben intelligentem Lastmanagement auch eine Rückspeisung in Stromnetze sowie entsprechende Upgrades der Software auf der Programmebene zu ermöglichen. Moderne Ladesysteme⁴⁴⁵ für Elektromobilität sind in der Lage, sowohl Strom aus Fahrzeugen ins Netz zurück einzuspeisen als auch diese Leistungen zwischen verschiedenen Betreibern abzurechnen.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass über die verschiedenen Netz- und Funktionsebenen hinaus eine sektorübergreifende Zusammenarbeit der Akteure erforderlich ist, um Infrastrukturnetze den veränderten Anforderungen anzupassen. Ziele für Infrastrukturanpassung müssen über den Erhalt der heutigen Funktionalitäten hinausgehen und dabei gesellschaftliche und wirtschaftliche Zieldimensionen auf Makro- und Mikroebene integrieren.

⁴⁴³ BMVI 2014 (11.11.2014).

⁴⁴⁴ Allianz pro Schiene 2017.

⁴⁴⁵ ISO 15118.

3.5.6 Phase VI: Rückbau oder Überformung

Sofern eine Infrastruktur ihre Funktion nicht mehr erfüllt oder diese durch eine effizientere substituiert werden kann, ist die Infrastruktur überflüssig und kann ersetzt werden. Ist eine Infrastruktur technisch oder wirtschaftlich abzulösen, muss sie früher oder später zurückgebaut werden. Das wird bei einer attraktiven Lage und vorhandenen Konzepten zur Nachnutzung planmäßig stattfinden, z. B. durch eine Überformung mit neuen Nutzungsformen. Ein Bahndamm wird beispielsweise zum Fahrradweg, eine Vermittlungsstelle zum Bürogebäude, ein stillgelegtes Kraftwerk wird zum Freizeitpark umfunktio­niert. Ist eine neue Nutzung nicht wirtschaftlich, wäre eine Rückführung in den ur­sprungsnahen Zustand in die Nachhaltigkeitsbetrachtung einzubeziehen. Bei entwidme­ten Hafен-, Straßen- oder Schienenflächen kann dies beispielsweise den Abriss der An­lagen, die Entsorgung von Altlasten und gegebenenfalls eine Renaturierung oder Frei­gabe der Flächen als Bauland bedeuten. Rückbau ist mit unterschiedlichen ökonomi­schen, ökologischen und sozialen Folgen verbunden.

Zur Systematisierung der komplementären Netzfunktionalitäten lassen sich bei den un­tersuchten technischen Infrastruktursystemen für Straße, Schiene, Wasserstraßen, Energie- und Telekommunikationsnetze – vergleichbar dem OSI-Schichtmodell (Layer), das für Betrieb und Governance des Internets definiert wurde – funktional drei System­ebenen (Levels) unterscheiden: physische Plattformen, Programme bzw. Betriebssysteme zur Organisation der Informationsströme und Produkte bzw. Anwendungen an der Kundeschnittstelle.

Das grundlegende Prinzip des OSI-Referenzmodells⁴⁴⁶ bedeutet, Funktionalitäten in lo­gisch eigenständige Operationen/Transaktionen zwischen unabhängigen Datensyste­men in den verschiedenen Schichten (Layer) so eindeutig aufzuteilen, dass verschie­dene Netzbetreiber zwischen ihren Datennetzen (Internet) kompatible Verbindungen herstellen und mithilfe standardisierter Protokolle sicher und effizient Datenpakete aus­tauschen können. Jede dieser Schichten (sieben im Original-OSI-Modell)⁴⁴⁷ ist für spe­zielle Teilfunktion des Austausches verantwortlich und setzt die Funktionen der niederen Schichten für eine funktionierende Leistungserbringung voraus. Wie im OSI-Modell⁴⁴⁸

⁴⁴⁶ Maathuis et. al. 2003: S. 161. Why did TCP/IP (Unix Network] win out in the competition with OSI (IBM]? It should be emphasized that it was a real competition, if not battle, because TCP/IP and OSI claimed to be a solution to the same problem, notably the inter-operability of different (types) of computer networks (Egyedi, 1996: S. 228-232; Norberg and O'Neill, 1996: S. 183-185; Hafner and Lyon, 1996: S. 246-251). Their histories, however, differ. TCP/IP, as a standard, was derived ex post, as a by-product of a functioning system; OSI provided an ex ante reference frame to guide standards activities (Egyedi, 1996: S. 231). (Anmerkung des Autors],

⁴⁴⁷ Dass sich im Markt letztlich mit dem TCP/IP Protokoll für das global entstehende Internet ein anderes Transaktionsprotokoll durchgesetzt hat, ist de facto als ein Marktplädoyer für digitale Commons und offene Standards zu bewerten, jedoch für die Übertragung der Logik die dem OSI-Modell methodisch zugrunde liegt hier nicht weiter relevant.

⁴⁴⁸ Maathuis et. al. 2003: S. 164.

hat in dem hier vorgestellten Infrastrukturmodell jeder Transaktionsvorgang eine horizontale und eine vertikale Komponente. Die Interdependenz wird dadurch bestätigt, dass jede Ebene in einem Infrastruktursystem mit den beiden anderen Ebenen kommuniziert.

Smiths Argumentation zu den Gemeinguteigenschaften technischer Infrastruktursysteme lässt sich für die Modern-Commons-Diskussion in drei Punkten zusammenfassen:

- Kollektive Bedarfe und nicht individuelle Interesse entscheiden über öffentliche Mittelallokation und Ausbau von Infrastruktursystemen.
- Die staatliche Verantwortung für ein Infrastruktursystem kann mit klaren Auflagen auch an Private übertragen werden, die jedoch Anreize benötigen und adäquat überwacht werden müssen.
- Auch wenn das Gesamtsystem nicht kostendeckend betrieben werden kann, sollen Nutzer gemäß dem wirtschaftlichen Nutzen zur Kostendeckung beitragen.

3.6 Grundlagen für eine Theorie der Modern Commons

Ökonomisch ist es konsequent, die technischen Infrastrukturnetze als komplexe und dynamisch anpassungsfähige Systeme zu betrachten, um volkswirtschaftliche Interaktionen und Transaktionen zur Kooperation der gesellschaftlichen Akteure effizient und nachhaltig zu gestalten. Die mit Beginn der Industrialisierung flächendeckend geschaffenen und laufend erweiterten technischen Infrastrukturnetze für den Transport von Gütern und Menschen, die Erzeugung und Übertragung von Energie sowie die Übermittlung und Speicherung von Nachrichten sind in ihrer Systemwirkung zur Existenzgrundlage der – in globalen Märkten agierenden – Stakeholder und einer digital vernetzten Wissensgesellschaft geworden. Die Empirie belegt, dass Bürger und Unternehmen von der Politik Richtungsvorgaben und Investoren verlässliche Rahmenbedingungen für Infrastruktur-Entwicklung mit ihren langfristigen Investitions- und Amortisierungsperioden erwarten.⁴⁴⁹

Nachhaltigkeit als ein gesellschaftlich akzeptiertes politisches Leitbild und deren transparente Operationalisierung gewinnen deshalb für die Akteure der Infrastruktur-Entwicklung an Bedeutung. Dabei wird eine nachhaltige Infrakultur zum Ausgangspunkt für die sozialen und politischen Anforderungen an Infrastruktursysteme.

Champris misst der Kultur an sich eine heilende und integrierende Rolle in der Gesellschaft zu, die als soziale Funktion durchaus auf Infrastruktur und ihre Resonanzräume übertragen werden kann:

„Die Kultur kann der „Kitt“ einer Gesellschaft sein und prägende Grundlagen liefern, wenn sie das Gespräch mit den Menschen (...) und den anderen Disziplinen sucht, von den Theologen und Architekten bis zu den Historikern und Wirtschaftswissenschaftlern. (...) Es sind Kunst

⁴⁴⁹ Hofmann, 2012.

und Kultur, die eine Gesellschaft zusammenhalten, aber auch wesentlich zu ihrer Entwicklung beitragen. Sie sind die Basis für eine Koexistenz von unterschiedlichen religiösen, ethischen oder ethnischen Lebensentwürfen, die Basis für demokratische Vielfalt in der Gesellschaft. (...) Insofern ist die kulturelle Identität gleichzeitig von Traditionen und kritischer Aufklärung geprägt.“⁴⁵⁰

Aus Makroperspektive kann der Aufwand für Infrastruktur-Entwicklung mit Blick auf die positiven Kosteneffekte für die Gesamtwirtschaft und aufgrund des hohen Informations- und Investitionsaufwandes und der langfristigen Nutzbarkeit durchaus mit volkswirtschaftlichen Transaktionskosten⁴⁵¹ für eine marktwirtschaftlich organisierte Gesellschaft gleichgestellt werden. Darüber hinaus wirkt Infrastruktur normativ auf Handlungen und somit als ein „sozialer Kitt“ mit einer hohen gesellschaftlichen Identifikations- und Bindungswirkung und gleichzeitig einer hinreichenden Elastizität für sektorspezifische Anpassungen und individuelles Verhalten.

Angetrieben von unternehmerischer Dynamik und bahnbrechenden Erfindungen war der Aufbau der großen Infrastruktursysteme nach anfänglicher Skepsis geprägt von Zuversicht und Euphorie, ein Phänomen, das beim mobilen Internet oder Cloud-Computing ebenso zu beobachten ist. Die Infrastrukturpioniere wie Stephenson, Edison oder Siemens waren überzeugt vom dem durch ihre Erfindungen geschaffenen Nutzen, konnten aber allenfalls ahnen, welche pfadbildende Wirkung, Reichweite und Gestaltungskraft ihre Ideen zukünftig für den Alltag von kommenden Generationen weltweit erreichen würden. Gleichzeitig mussten sie wie jeder Unternehmer ihre Investitionen auf Mikroebene planen und Erträge erwirtschaften.

Der erwartete Nutzen und der daraus abgeleitete Wert von Infrastruktur kann in primäre, sekundäre und tertiäre Effekte der jeweiligen Infracfunktion eingeteilt werden. Primäre Effekte entstehen in direkt nachweisbarem Zusammenhang mit der Nutzung einer Infrastruktur, z. B. Wertschöpfung durch Transport von Gütern und Personen, Kostenreduktion, Zeit, Energie und Transport, sekundäre Effekte treten im Kontext der Errichtung von Infrastruktur, i. d. R. regional fokussiert auf, z. B. Flächenverbrauch, Beschäftigung, Bodenpreise. Tertiäre Effekte schließlich lassen sich aus möglichen gesellschaftlichen Veränderungen durch die jeweilige Infrastruktur bei langfristiger Nutzung ableiten, z. B. Sicherheit, Verhalten, Auswirkungen auf die Umwelt.

Der universelle Fortschrittsglaube in Bezug auf Technik ist von einer latenten Verlust- und Zukunftsangst abgelöst worden, die durch eine wachsende Skepsis gegenüber Parteien und Konzernen verstärkt wird. Technische Großprojekte, insbesondere für Infrastruktur, stoßen in Deutschland zunehmend auf sinkende Akzeptanz in der

⁴⁵⁰ Champris, Thibaut de 2013.

⁴⁵¹ Coase 2007/ (1937).

Bevölkerung.⁴⁵² In einer repräsentativen Demokratie beeinflusst deshalb eine mit ungewissen Risiken behaftete Infrastrukturpolitik sukzessive das Wahlverhalten und damit auch die Prioritäten der Regierenden.

Die Verantwortlichkeiten für Planung, Ausbau und Erhalt der Infrastrukturen sind in den untersuchten Sektoren unterschiedlich organisiert. Dennoch stellen Wirtschaft, Geographie, Demographie, Klimawandel, Globalisierung und Digitalisierung die Betreiber von flächendeckenden Infrastrukturnetzen und die öffentliche Hand vor gemeinsame Herausforderungen – insbesondere angesichts des übergeordneten gesellschaftlichen Ziels einer nachhaltigen Entwicklung.

Auch wenn Innovationen von Minderheiten getrieben werden, beruht die Durchsetzung von neuen Technologien am Markt letztlich auf breiter Akzeptanz. Um die Infrastruktursysteme nachhaltig gestalten und deren Umbau finanzieren zu können, sind neben Kapital und spezifischen Wissen ein normativer Willensbildungsprozess und eine gesellschaftliche Legitimation erforderlich und für einen gesellschaftlichen Konsens förderlich.

Aus ökologischer Sicht wird die technische und räumliche Konvergenz der großen Flächeninfrastruktursysteme mit großen Auswirkungen auf Produktivität und Externalitäten verbunden sein. Für eine zukunftsfähige Gestaltung zwischen Interessen von Markt, Zivilgesellschaft und Staat wird eine sektorübergreifende Governance mit einem akzeptierten Zielsystem und Institutionen für die vernetzten Gemeingüter der Moderne als sinnvoll erachtet. Infrastrukturnetze gehören weder nur zu den privaten Gütern noch ausschließlich zu den öffentlichen Gütern (CPR), sondern stellen eine eigenständige Gattung von Mischgütern dar, die ausgeprägte Klubguteigenschaften aufweisen⁴⁵³. Der Zugang zur Infrastruktur ist in Deutschland im Prinzip offen, aber nur bedingt kostenfrei. Die Nutzung der Netzleistungen verhält sich jedoch nicht linear zum Verbrauch an Netzkapazitäten und ist auch nur partiell zeitlich und räumlich rivalisierend, weshalb der Commons-Begriff für Infrastrukturnetze angemessen erscheint und prinzipiell sowohl auf Infrastruktur übertragbar als auch nützlich ist.

Infrastruktur-Entwicklung ist immer mit Kultur-, Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung sowie den jeweiligen Siedlungs- und Verwaltungsstrukturen in einem definierten Raum verwoben. Für entsprechende Entscheidungen werden Annahmen über zukünftige ökonomische, räumliche und soziale Rahmenbedingungen getroffen. Die Produktionslogik aller Flächennetzwerke folgt dem Prinzip effizienten Transports, des Sammelns und Verteilens von *physischen Flüssen* wie Energie-, Daten-, Personen- oder Güterströme. Netztopologie und Kapazität der Übertragungsnetze, Trassen und Knoten

⁴⁵² Allensbach 2011, TNS Emnid 2013.

⁴⁵³ Eisenkopf 2000.

richten sich technisch nach den Quellen, Verkehrssenken und transportierten Medien aus, wobei die Infrastrukturnetze Räume verbinden, die sich sozial, ökonomisch und ökologisch in Interaktion und Austausch befinden und sich in ihrer infrakulturellen Entwicklung reflexiv aufeinander beziehen und so zu wirtschaftlichen und kulturellen Resonanzräumen werden.

Die gemeinschaftliche Nutzung der Netzplattformen erfolgt mittels anwendungsspezifischer „Devices“ – Maschinen, Fahrzeuge, Endgeräte, z. B. Telefon und Konsolen – und erzeugt in der Summe „Netzwerkeffekte“.⁴⁵⁴ Die Anwendung des IAD-Framework⁴⁵⁵ für Verfügungsrechte auf den Prozess der Gestaltung dieser technischen Infrastrukturplattformen und der durch sie ermöglichten Services bildet ein umfangreiches, noch zu gestaltendes neues Forschungsfeld. Dabei gilt als unstrittig, dass die Bevölkerung moderner Industriestaaten von den Leistungen und der Funktionsfähigkeit der Infrastrukturnetze bewusst oder unbewusst abhängig ist. Die interdependente Beziehung von technischer Infrastruktur-Entwicklung und Wohlstandswachstum einer Gesellschaft kann mit einer Doppel-Helix verglichen werden:

“Utility systems play a key role in a broader project of transforming industrial society for sustainable development. At the same time, these sectors are particularly resistant to change. This is due to the strong interlinkage between technological systems, natural resources, institutions and value orientations which stabilise consumption, production and governance patterns and constitute a so-called socio-technical regime. (...) The interconnectedness of the elements mentioned and the dependency of modern societies on the provision of utility services make it hard to introduce radical new production and consumption patterns – such like energy provision based on renewable sources (...)”⁴⁵⁶

Infrastruktur ist wie beschrieben eine notwendige Wachstumsvoraussetzung, aber keine hinreichende Wachstumsbedingung. Ebenso wurde aufgezeigt, dass die direkten und indirekten Effekte der Infrastrukturnetze in einer starken Wechselwirkung mit der natürlichen Umwelt stehen, z. B. durch Ressourcenverbrauch und Emissionen. Somit werden die Fragen nach der aus Infrastrukturmaßnahmen resultierenden Beeinträchtigung der natürlichen Commons sowie den zukünftigen Nutzen und Lasten zu zentralen Perspektiven einer ethisch verantwortungsvollen Infrastruktur-Gestaltung für nachfolgende Generationen. Dabei sind die monopolgeprägte Landnutzung, öffentliche Investitionen und Privilegien sowie wirtschaftliche Netzwerkeffekte als die wesentlichen Wert- und Nutzentreiber von Infrastruktursystemen anzusehen.

Als Folge der organisatorischen Trennung der Infrastrukturnetze von ihrem Betrieb haben sich die Voraussetzungen für Betreiber stark verändert. Obwohl eine Regulierungsbehörde in Deutschland, die Bundesnetzagentur (BNetzA), für alle Netzinfrastrukturen

⁴⁵⁴ Knieps 2007.

⁴⁵⁵ Ostrom 2012.

⁴⁵⁶ Voß et. al. 2006 : S. 162.

zuständig ist, wird die Netzentwicklung weiterhin sektorspezifisch betrieben. Die sektorspezifische Regulierung konzentriert sich auf diskriminierungsfreien Zugang und Überwachung der damit verbundenen Kosten. Da Chancen und Risiken durch die zunehmende Interdependenz und Vernetzung der Infrastruktursysteme weniger auf Mikroebene für einzelne Akteure als in ihrer systemischen Wirkung für das volkswirtschaftliche Gesamtsystem und die Wechselwirkungen mit Umwelt und Gesellschaft von Bedeutung sind, sind die entsprechenden Ziele und die strategische Rolle einer sektorübergreifenden Koordination aus der Makroperspektive zu gestalten.

Wirtschaft und Gesellschaft sind interaktive und dynamische Konstrukte. Auch die Vergangenheit war nie statisch stabil und ein Gleichgewichtszustand ist in der Realität extrem flüchtig. Ein *Steady State* sei es wirtschaftlicher, ökologischer oder sozialer Natur, bleibt auch in der Zukunft geradezu eine Utopie. Die Institutionen der Infrastruktur werden jedoch von interdependenten realen Akteuren ihren Erwartungen an Wohlstand und Lebensqualität in der Zukunft entsprechend gestaltet. Eine nachhaltige Entwicklungsperspektive der lebensweltlich verorteten Infrastruktur bezieht die natürliche Umwelt in das infrakulturelle Akteur-Netzwerk einerseits als eine Determinante für Systemgrenzen und andererseits als Resultante von Systemeffekten ein.

Als Techniksoziologe führt Esser aus, dass in modernen, vernetzten Gesellschaften, in denen sich nahezu täglich etwas verändert, die Akteure erkennen, dass sie in enger Interdependenz mit dem Handeln anderer Akteure stehen und darauf angewiesen sind, dass sie mit diesen – wenigstens im Prinzip – auch eine diskursive Verständigung erreichen können:⁴⁵⁷

„Die strukturell orientierte Soziologie geht am deutlichsten in ihren ökonomischen und „materialistischen“ Varianten, davon aus, daß der Kern der Dynamik gesellschaftlicher Veränderungen im dem Wandel der Knappheitsrelationen zwischen den verschiedenen Alternativen des Handelns und der Orientierung, also: in der materiellen Basis, in der Infra-Struktur einer Gesellschaft liegt.“⁴⁵⁸

Esser betont die Bedeutung der physischen Infra-Struktur einer Gesellschaft als eine gemeinsame Basis zur mentalen Orientierung, die beispielsweise für die Bewertung von Veränderungen und Handlungsalternativen bewusst oder unbewusst herangezogen wird. Dabei bringt Esser traditionelle Werte und eine fixe soziale Ordnung mit Systemen geringer technischer Möglichkeiten in Verbindung:

„Auch Werte werden also in gewisser Weise gewählt. (...) Gewählt werden solche Werte, die angesichts der gegebenen materiellen und sozialen Bedingungen die höchste Plausibilität auf den maximalen Grad der Sinngebung entfalten.“⁴⁵⁹

⁴⁵⁷ Esser 1993: S. 459.

⁴⁵⁸ Esser 1993: ebenda.

⁴⁵⁹ Esser 1993: S. 464.

Da Werte einer Gesellschaft kulturell geprägt und somit gewählt werden, bedeutet dies in Bezug auf Infrastruktursysteme, dass der Wert einer nachhaltigen Entwicklung zu den Werten wie Wirtschaftlichkeit, Umwelt oder Gemeinwohl in ein Verhältnis gebracht werden muss. Esser unterscheidet in seiner Wert-Erwartungstheorie die Rahmenbedingungen auf Mikro- und Makroebene einer spezifischen Situation, die Handlungstheorie, denen die Akteure in ihren Entscheidungen folgen, und die Aggregation von individuellem Handeln, vertritt also einen Ansatz, der sich prinzipiell auf die infrakulturellen Herausforderungen übertragen lässt. Gewachsene Belief-Systeme bestimmen infrakulturelle Handlungsoptionen und Prioritäten von Akteuren.

3.7 Fazit: Dynamik von Infrastruktursystemen im kulturellen Kontext

Infrastruktursysteme sind gleichermaßen Kultur- und Wirtschaftsgüter, die in hohem Maße Eigenschaften von CPR aufweisen. Netze fungieren als kollektiv genutzte Ressourcen-Plattformen, die nach einem Produktionsprogramm – in Abstimmung mit einer Community – multipel nutzbare Ressourceneinheiten erzeugen. Auch wenn der Zugang zu diesen Systemen diskriminierungsfrei gestaltet wird, ist die Ressourcenentnahme nicht kostenlos, selbst öffentliche Fernstraßen in Deutschland werden durch Maut oder Steuereinnahmen finanziert.

Infrastruktursysteme unterscheiden sich jedoch als soziokulturelles Konstrukt in Finanzierung, Lebenszyklus und Dilemmastruktur von sozialökologischen Commons-Systemen. Überörtliche Infrastrukturen sind multifunktional nutzbar, werden jedoch errichtet, um spezifische Infrafunktionen wie Versorgung, Verbindung, Unterstützung, Schutz, Einbeziehung und Eingrenzung zu erfüllen. Zur Erbringung ihrer Funktionen lassen sich für Infrastruktursysteme unabhängig von Sektor-Spezifika drei Wertschöpfungsebenen differenzieren: Plattformen, Betriebsprogramme und Anwendungen, wie in Kapitel 3.1 beschrieben.

In den sechs Phasen des Lebenszyklus von Infrastrukturnetzen (Kapitel 3.3) können Prozessschritte und Instrumente, die sich an Commons-Systemen orientieren, vorteilhaft in einem infrakulturellen Diskurs und Bewertungsprozess eingesetzt werden, um eine nachhaltige und sektorübergreifende Systemgestaltung zu erzielen. Der ko-evolutionäre Prozess von gesellschaftlicher Entwicklung und technischem Fortschritt wird für Plattformen und Anwendungen in Kapitel 3.3 empirisch beschrieben und das Zusammenwirken von Innovation sowie emergenter Entwicklung von Gesellschaft und ihrer Infrastrukturnetze wurde für neun infrakulturelle Epochen exemplarisch belegt.

Märkte sind in der Ressourcenallokation dort überlegen, wo Marktmechanismen für die Allokation von fungiblen und ubiquitären Produkten und Leistungen effektiv wirken. Infrastruktursysteme hingegen sind durch die hohen Investitionen an räumliche und

technische Festlegungen gebunden und somit in der primären Investitionsallokation nicht austauschbar. Dennoch kann es vorkommen, dass eine Infracfunktion eines Netzes oder einer Anwendung durch eine neue Technik oder gleichwertige Funktionalität eines anderen Netzes substituiert wird (Telefonie über Stromkabel). Auch wenn der Zugang zu einem Infrastruktursystem grundsätzlich gegeben ist, sind spezifische Ressourceneinheiten rival und deshalb nicht ubiquitär in beliebiger Menge und Qualität verfügbar, weshalb der Markt für sie nur bedingt funktionieren kann. Bei physischen Monopolen, wie sie für mehrstufige Infrastruktur-Plattformen errichtet werden, wäre der Aufbau von Doppelstrukturen zudem volkswirtschaftlich ineffizient.

Für Infrastruktursysteme können Marktmechaniken deshalb vor allem auf der Ebene austauschbarer Anwendungen und auf der Programmebene eingesetzt werden. Teilaufgaben auf der Plattformebene wie Planungs- und Bauleistungen könnten ebenfalls im Wettbewerb effizient vergeben werden. Auf Makro und Mikroebene sind alle Beiträge zu einem Infrastruktur-Ressourcensystem und die Entnahmen daraus unter Nutzung von Strategien, Prozessen und Institutionen sowohl zentral als auch dezentral effizient und nachhaltig zu gestalten, wie anhand von exemplarischen Akteursstrukturen in Kapitel 3.4 aufgezeigt wurde. In Kapitel 4 wird ein Bezugsrahmen für nachhaltige Infrastruktur-Entwicklung vorgestellt, der infrakulturelle Analyse und Entwicklungsrahmen – IDF, Infracultural Analysis and Development Framework –, der einen systemverbindenden Ansatz für interdisziplinäre Analysen von Konzepten und Vorhaben zur Infrastrukturentwicklung darstellt und ein Diskursinstrument für Entscheider und Akteure der unterschiedlichen beteiligten Ebenen aufzeigt, das an Governance-Prinzipien für Commons-Systeme ausgerichtet ist.

4 Analyse- und Entwicklungsrahmen für Modern-Commons-Systeme

In Kapitel 2 wurde gezeigt, wie Commons und ihre Regelwerke sich entwickelt haben, welche Funktionen Infrastrukturen als Modern-Commons-Systeme für Gesellschaft und Wirtschaft erfüllen und welche Dilemmata bei technischen Commons-Systemen auftreten. In Kapitel 3 wurden die Systemebenen in technischen Infrastrukturnetzen dargestellt, über die Wertschöpfung erbracht wird, und es wurde erörtert, wie Infrakultur und Infrastrukturplattformen sich im Laufe der Geschichte im Spannungsfeld von Natur, Technik und Gesellschaft weiterentwickelt haben. Ziel des vierten Kapitels ist es, die den Commons zugrundeliegenden Prinzipien der Kooperation in dezentralen Systemen für die Entwicklung von technischen Infrastruktursystemen zu adaptieren sowie Analyse-schritte und -instrumente vorzustellen, mit denen eine nachhaltige Entwicklung von Modern-Commons-Ressourcensystemen effizient geplant, bewertet und vermittelt werden kann.

Der in Anlehnung an das IAD-Framework entworfene IDF-Bezugsrahmen für die infra-kulturelle Analyse und Entwicklung von Modern-Commons-Infrastruktursystemen bewertet die fünf Infrastruktur-Dimensionen mithilfe von adaptierten IAD-Variablen. Dabei wird das AGIL-Schema nach Parsons für eine ganzheitliche und differenzierte Betrachtung von infrakulturellen Ressourcensystemen genutzt, deren Legitimation aufgrund der Relevanz von Infracfunktionen um die Verhaltensdimension ergänzt wird, da individuelle Präferenzen sowohl bei der Systemgestaltung als auch bei der Systemnutzung, d. h. der Entnahme von Ressourceneinheiten eine entscheidende Rolle in Bezug auf Systemerhaltung und Umwelteffekte spielen.⁴⁶⁰ Bei dem Analyse- und Entwicklungsrahmen für Modern Commons handelt es sich nicht um eine statische Checkliste, sondern um ein systematisches Vorgehen zur polyperspektivischen Analyse spezifischer Entscheidungssituationen, das es unter Hinzuziehung verschiedener Instrumente ermöglicht, auf Makro- und Mikroebene nachhaltige Systementscheidungen zu treffen. Zur Erlangung einer ganzheitlichen Perspektive in zentralen und dezentralen Entscheidungsprozessen über Modern-Commons-Systeme ist die technische Systemperspektive durch eine umfassende Analyse der Akteursperspektive sowie eine langfristige Nachhaltigkeitsbetrachtung zu ergänzen.

Der IDF ermöglicht, wie Abbildung 12 zeigt, einen systemisch notwendigen dreifachen Perspektivwechsel: zuerst zu einer integrierten Systemperspektive mit Blick auf die vernetzt erbrachten Infracfunktionen der drei untersuchten Infrastruktursektoren, welche eine sektorverbindende Konvergenz von Plattformen, Programmen und Anwendungen antizipiert. Darüber hinaus ist aus Akteursperspektive der durch die Raumwirkung von

⁴⁶⁰ Hofmann 2015: S. 258.

Infrastrukturnetzen erzeugten Asymmetrie von Nutzen durch eine ortsunabhängig kompatible infrakulturelle Governance für Allokation, Bereitstellung und Nutzung zu begegnen. Dies erfolgt insbesondere durch Rahmenbedingungen und transparente Entscheidungskriterien, die von den Akteuren sowohl lokal und regional als auch national und international ausgehandelt werden müssen. Letztlich ist zur Bewertung der Nachhaltigkeit eine intergenerationelle Folgenabschätzung notwendig, welche die Effekte in den drei Nachhaltigkeitsdimensionen über die unterschiedlichen Betrachtungszeiträume, also kurz-, mittel- und langfristig in Einklang bringt und diese in einem multivariaten Bewertungssystem beurteilbar macht. In diesem Prozess können mithilfe des IDF auf den verschiedenen Ebenen zentrale Vorgaben und dezentrale Bedürfnisse und Anforderungen an Modern-Commons und technische Infrastruktursysteme identifiziert, transparent analysiert und zur Überwindung von spezifischen Interessenkonflikten und Dilemmata von den Akteuren in einem strukturierten Prozess bewertet und verhandelt werden.

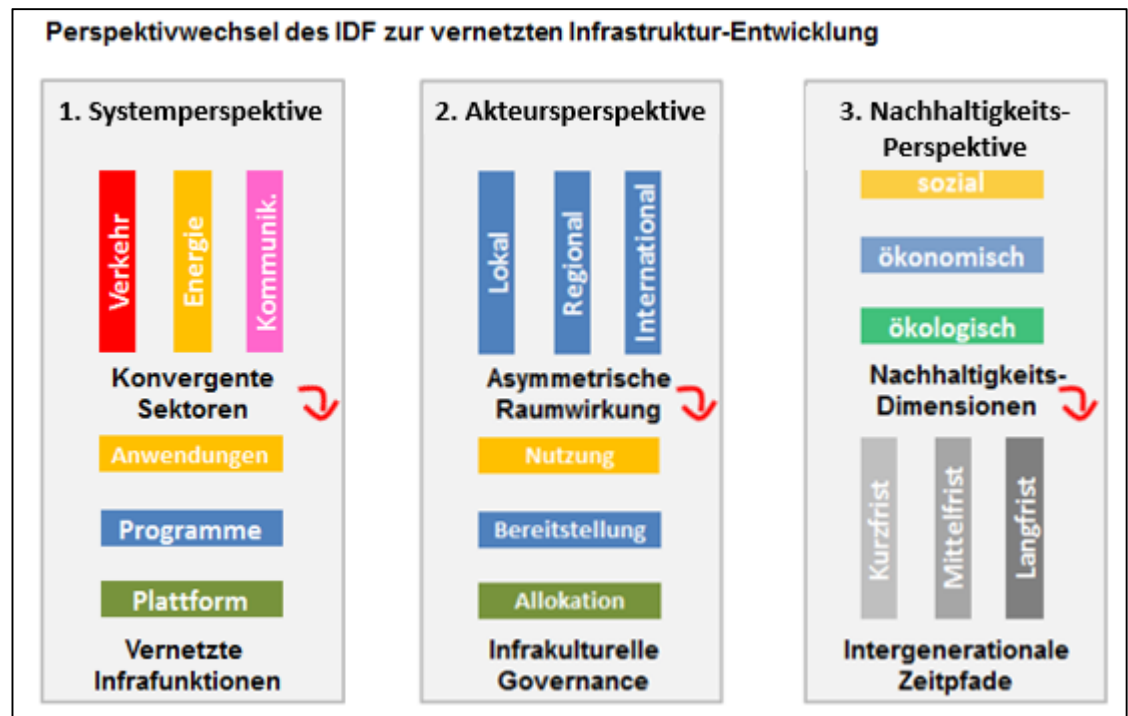


Abbildung 12: Perspektiven zur vernetzten Infrastruktur-Entwicklung
Quelle: Eigene Darstellung

Aus Nachhaltigkeitsperspektive sind auch die langfristigen sozialen, finanziellen und ökologischen Kosten im Interesse kommender Generationen zu internalisieren. Selbst wenn eine langfristige Quantifizierung einer immanenten Ungewissheit unterliegt oder sogar unmöglich sein sollte, kann im Sinne der Nachhaltigkeit stets zwischen besseren und schlechteren Alternativen abgewogen werden. Dabei nehmen Politik und Institutionen der Zivilgesellschaft eine Schiedsrichterfunktion für die Angemessenheit von Investitionen und Eigentumsrechten auf lokaler und übergeordneter Ebene wahr,

insbesondere im Rahmen einer langfristigen ökonomischen und nicht ökonomischen Interessenabwägung.

Akteure von Wirtschaft, öffentlicher Hand und Zivilgesellschaft verfolgen heterogene Ziele, die sich – funktionierende Institutionen vorausgesetzt – in den wesentlichen Elementen langfristig durchaus ergänzen. Für Modern-Commons-Systeme entstehen in der Systemgestaltung und der Operations-Dilemmata, die sich von denen anderer Commons-Systeme unterscheiden. Während Märkte auf der Anwendungsseite der Infrastruktur Regulierungs- und Konfliktlösungsfunktionen effektiv wahrnehmen können, sind auf der Plattformseite Netzwerke besser zur Konfliktlösung geeignet. Obwohl die Investitionen in die ererbten Infrastruktursysteme überwiegend von hierarchischen Strukturen der öffentlichen Hand getätigt wurden, verfügen staatliche Akteure heute weder über die erforderlichen Ressourcen noch die Flexibilität, um mit der Eigendynamik der Infrastrukturen Schritt halten zu können, weshalb sie auf Kooperation in Netzwerken angewiesen sind.

Die Bedürfnisse des Menschen und dementsprechend auch die von Gruppen, für deren Befriedigung Infrastrukturen als *universelle Transaktionsplattform* genutzt werden, lassen sich drei Handlungsdimensionen zuordnen, in denen Transaktionen zwischen Personen, Gruppen und Institutionen stattfinden können:

- physische Flüsse und die erzeugten stofflichen Umweltwirkungen,
- direkte und indirekte Kommunikationsflüsse und
- ökonomische Transaktionen in jeglicher Form.

Die damit verbundenen Transaktionsmuster prägen in der Balance oder dem Spannungsfeld von individuellen Interessen, kollektivem Handeln und dem jeweiligen sozial-ökologischen Handlungsrahmen die Ausgestaltung einer spezifischen Infrastruktur bzw. komplementärer Infrastruktursysteme. Dabei fungieren die Infrastruktursysteme immer als Mittel zu einem spezifischen Zweck.

Die Aufteilung der vertikal integrierten Infrastrukturunternehmen, die im Rahmen der Liberalisierung einen diskriminierungsfreien Zugang zu den vormals monopolartig abgeschotteten Infrastrukturnetzen gewährleisten sollte, führt zu einem unbeabsichtigten Nachteil, der in integrierten Unternehmen weniger zu beobachten war. Für den reinen Infrastrukturnetzbetreiber, der kein anderes Unternehmensziel verfolgt, kann der Fortbestand seines Infrastrukturprivilegs unabhängig von Nutzen oder Zustand der jeweiligen Infrastruktur zum wirtschaftlichen Selbstzweck werden. Diese Alienation vom tatsächlich geschaffenen Nutzen, die sich selbst perpetuierenden Strukturen innewohnt, birgt aufgrund des starken Lock-in-Effekts und einer sinkenden Transformationsfähigkeit multiple Risiken. Als Spill-Over der Liberalisierung werden marktentfremdete

Monopoladministratoren geschaffen, die bei rationalem Verhalten ihre marktgestaltende Aufgabe, den ursprünglichen Zweck der Infrastruktur und den Gemeinwohlnutzen ihrer „ererbten“ Infrastruktur aufgrund legitimer kurzfristiger Ertragsziele und eines engen regulatorischen Korsetts aus dem Auge verlieren. Den daraus entstehenden, mit Infrastruktursystemen einhergehenden Risiken und Interessenkonflikten, die im Folgenden aufgelistet werden, muss durch eine nachhaltige Governance für Modern-Commons-Systeme entgegengewirkt werden:

- Vernachlässigung wenig rentabler Netzinfrastruktur (ländl. Raum, Ertragsziele),
- geringe Bereitschaft, den Eintritt neuer Marktteilnehmer zu fördern (Grenznutzen),
- Vernachlässigung von Anwohnerinteressen und Infrastruktur (Entfremdung),
- Effizienzoptimierung der Instandhaltung auf Kosten der Netzqualität (Ertragsminderung, unvollständige Informationen),
- Diskontierung von Umweltrisiken und Lasten künftiger Generationen (Entfremdung),
- geringe Innovationsbereitschaft (Innovations-Aversität, Grenznutzen) sowie
- Mangel an Offenheit für neue Geschäftsmöglichkeiten (Ertragsrisiko, -minderung).

Der Zweck von Infrastruktursystemen liegt in Erhalt und Mehrung von Wohlstand, der im ursprünglichen Wortsinn ein Produkt aus allgemeiner Wohlfahrt und individuellem Wohlbefinden ist, was als ein Zusammenwirken von sozialen, kulturellen, ökonomischen und ökologischen Zielen beschrieben werden kann. Zu dieser Wohlstandsmehrung gehören aus psychologischer Sicht, die im Rahmen der NIÖ und einer behavioristischen Ökonomie zunehmend in ökonomische Fragestellungen integriert wird, für den Einzelnen und damit auch für Gruppen:

- ökonomisch: das Erleben von Selbstwirksamkeit und Erfolg,
- sozial: das Erleben von Bindung, Zugehörigkeit und Sicherheit sowie
- physisch: das sinnliche Erleben von Genuss, Natur und Bedürfnisbefriedigung.

Dieses vereinfachte Konzept für individuelles Wohlbefinden dient, so kann als These formuliert werden, zur Illustration beispielhafter mentaler und physischer Bedürfnisse in den drei Nachhaltigkeitsdimensionen, die in einem Planungsprozess für die Nachhaltigkeit von Systemen Berücksichtigung finden, wie Voß et al. diesen beschrieben haben:

“Voss et al. have developed a sustainability foresight process where ambivalences and complexity can be met:

1. Uncertainties of system dynamics are taken up in explorative scenario analysis,
2. ambiguity of sustainability goals is taken up in a discursive sustainability assessment procedure and
3. distributed control capacities are reflected in the strategies to shape critical innovation processes.”⁴⁶¹

⁴⁶¹ Voß et. al. 2006: S. 169.

Angewandt auf eine nachhaltige Governance und Teilhabe an der Transformation von Modern-Commons-Systemen können aus Beobachtungen im Transaktionsmodell (Abbildung 3) folgende Thesen abgeleitet werden:

- Die Logik des rationalen Handelns muss bei Infrastruktursystemen um eine sozial orientierte Handlungslogik ergänzt werden, die von noch näher zu bestimmenden traditionellen Faktoren wie Identität, Zugehörigkeit und Gerechtigkeit abhängig ist. Eine wertebasierte Identifikation mit nicht primär eigennützigem, aber durchaus im nicht materiellen individuellen Interesse liegenden gesellschaftlichen Zielen kann zu einer höheren Akzeptanz der Konsequenzen der Transformation von Infrastruktur führen.
- Das intergenerationelle Paradigma der Nachkriegsgenerationen: „Unseren Kindern soll es besser gehen“, das wohlstandsorientiert ist, muss für die postmoderne Gesellschaft als ein Generationenvertrag für nachhaltige Infrastrukturpolitik neu verhandelt werden. Dabei gilt es, sowohl Techonomy als auch die externen Effekte auf Gesellschaft und Umwelt nachhaltig zu gestalten. Dazu ist die Handlungs- und Gestaltungskompetenz von Bürgern und Beteiligten während des Lebenszyklus von Infrastruktursystemen zu erhöhen.⁴⁶²
- Durch eine mentale Diskontierung der Zukunft und die aufgezeigte Alienation von infrastrukturellen Systemfolgen verlagert die Techonomy nicht nur den Infrastrukturschatten auf die Bürger, sondern auch zukünftige Risiken und Lasten der Infrastruktursysteme in die Sphäre der Gesellschaft, letztlich auf den Staat und seine Bürger. Darüber hinaus kumulieren Finanzwirtschaft und New-Economy-Unternehmen unter Nutzung der bestehenden Infrastruktursysteme der Realwirtschaft hohe Kapitalerträge, die nur in geringem Umfang über die regulierten Nutzungsentgelte für den Ausbau, Betrieb und Erhalt dieser real existierenden Systeme verfügbar gemacht werden, weil der eigenwirtschaftliche Erhalt dieser fundamentalen Funktionssysteme privaten Investoren offensichtlich keine hinreichenden Investitionsanreize bietet. Das Phänomen der Zukunftsdiskontierung beschreibt gleich zwei nachhaltigkeithemmende Effekte, die in anderem Kontext eingehender zu analysieren sind, aber bereits jetzt in der Gestaltung von zukünftigen Lösungsansätzen für Infrastrukturentwicklung zu berücksichtigen sind.

Eine kritische Analyse der Bereitstellung von Infrastruktursystemen wie von der OECD gefordert legt nahe, dem klassischen Motiv des *homo oeconomicus* in Verbindung mit dem Konzept der Modern Commons das Motiv eines vernetzt lebenden und sozial handelnden Menschen, eines *homo retensis*,⁴⁶³ als mögliche Alternative gegenüberzustellen. Dieser Gedanke schließt sich an die Verhaltensökonomie und den Diskurs einer

⁴⁶² Michelsen 2013: 210ff.

⁴⁶³ Vernetzter Mensch – lat. rete = Netz, (eigener Begriff eigener Begriff); vgl. auch Sedlacek 2012 und Paech 2013.)

pluralen Ökonomie an.⁴⁶⁴

4.1 Designmodell einer ganzheitlichen Systemperspektive

Als konzeptioneller Ansatz und handlungsorientierte Arbeitshilfe zur Diskussion über nachhaltige Entwicklung von Infrastruktursystemen kann das multiperspektivische Designmodell zur Gewährleistung eines nachhaltigen Transformationsprozesses von Infrastruktursystemen (Tabelle 18) dienen. Das Modell, das auf Basis der Governance für Commons von Ostrom nach Überlegungen von Weijnen et al.⁴⁶⁵ entwickelt wurde, beschreibt, wie eine übergreifende Systemperspektive, die spezifische Akteursperspektive und eine Nachhaltigkeitsperspektive jeweils für die technische Plattform, die Akteursinteressen oder die Auswirkungen auf das Ökosystem eröffnet werden können. Der Begriff technische Plattform bezieht das Betriebsprogramm und die durch Anwendungen von Infrastruktursystemen produzierten Ressourceneinheiten ein.

Nachhaltigkeit erfordert eine physikalische und technische Optimierung eines Systems, die sich aber an dessen Funktion, also an der von den Akteuren angestrebten Finalität des Gesamtsystems orientieren muss. Diese Finalität muss iterativ aus unterschiedlichen Quellen abgeleitet oder systemspezifisch entwickelt werden. Das in Tabelle 20 beschriebene Designmodell für einen Transformationsprozess beinhaltet die technischen Restriktionen und Möglichkeiten, die Anforderungen und Wechselwirkungen mit dem natürlichen Ökosystem ebenso wie die Interessen und Zielsysteme der Akteure. Neben den nationalen politischen Zielsystemen wie der Nachhaltigkeitsstrategie, der Energiewende oder der Dekarbonisierung des Verkehrs sind arbeits-, regional- oder sozialpolitische Ziele vor Ort zu berücksichtigen und letztlich attraktive betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen für potenzielle Betreiber und die Systemnutzer zu gewährleisten. Die polyperspektivische Betrachtung aus Sicht des Systems, der Akteure und der Nachhaltigkeit hilft dabei, den für Entscheidungen über mehrstufige Infrastruktursysteme und Modern Commons notwendigen Diskurs effizient zu gestalten.

Das mehrstufige IDF bietet die Möglichkeit, lokale Gegebenheiten und Spezifika der jeweiligen Infrastruktur zu berücksichtigen. Zur Definition von übergeordneten Zielen ist für Modern-Commons-Systeme ein transparenter und verbindlicher Prozess zu vereinbaren, der die relevanten Akteure frühzeitig einbezieht. Wie Menschen eine Infrastrukturtechnik empfinden, bewerten und nutzen, ist als eine kulturelle Funktion des sozialen, ökonomischen und argumentativen Kontextes zu beurteilen, in dem sie sich bewegen.⁴⁶⁶

⁴⁶⁴ Jackson 2012.

⁴⁶⁵ Weijnen; Herder; Bouwmans 2008.

⁴⁶⁶ Renn 1993: S. 68.

„Ohne Verständnis des soziokulturellen Kontexts, in dem soziales Handeln sich entfaltet, bleibt das Verhalten von Individuen und Gruppen unverständlich und verführt zu pauschalen Abwertungen von menschlichem Verhalten als irrational.“⁴⁶⁷

<i>Perspektive</i> Gegenstand	Systemperspektive	Akteursperspektive	Nachhaltigkeitsperspektive
Technische Plattform	Physikalische und technische Optimierung des gewünschten Systems	Regel für die Systemmodellierung	Langfristige Wirkung auf Wirtschaft und Gesellschaft
Akteure	Akteursinteressen und Verhalten	Prozessgestaltung: Verhandelte Regeln für Gestaltung	Langfristige Wirkung auf Akteure und Stakeholder
Ökosystem	Physikalische Effekte und Systemrisiken	Verhandelte Ziele für Systemeffekte	Langfristige Wirkung auf Ökosystem

Tabelle 18: Designmodell für Transformationsprozesse von Modern Commons
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Weijnen et al. 2008⁴⁶⁸

Zur Willensbildung und Akzeptanz der funktionalen, technischen, finanziellen und umweltrelevanten Konsequenzen einer Infrastrukturmaßnahme können dezentrale Formate zu einer Diskussion möglicher Ziele und Varianten beitragen, wie die Bürgerbeteiligung im Agenda 21-Prozess oder Volksbefragungen, wie sie in der Schweiz zu grundlegenden Infrastrukturgesetzen durchgeführt werden. Im föderalen Parlamentarismus der Bundesrepublik ist der plebiszitäre Weg als Legitimation für Infrastrukturpolitik derzeit weder üblich noch verbindlich, aber Bürgerbeteiligung – in welcher Form auch immer – erhöht die Transparenz und damit auch die Akzeptanz einer Transformationsmaßnahme. Generell ist eine größtmögliche Transparenz kommerzieller und nicht kommerzieller Interessen in Verbindung mit einer Infrastrukturmaßnahme eine Voraussetzung dafür, diskursiv zu einer politisch ausgewogenen und wirtschaftlich tragfähigen Lösung zu gelangen. Renn betont, dass die Diskussion der technischen Machbarkeiten allein nicht genügt, um Akzeptanz zu erreichen, sondern heterogene Interessen und Bewertungsdimensionen transparent gemacht und in Einklang gebracht werden müssen.

„Die Einstellungsmuster erstrecken sich dabei auf eine heterogene Mischung von konsum-, leistungs-, natur- und lebensqualitätsbezogenen Werten. Technologieentwickler und Entscheidungsträger müssen diese Bewertungsdimensionen im Blick behalten und Argumente liefern – eine alleinige Fokussierung auf Aspekte der technischen Machbarkeit greift zu kurz.“⁴⁶⁹

4.1.1 Lebenszyklusanalyse und nachhaltige Bewertung

Bei der Sicherstellung einer nachhaltigen Entwicklung kommt der Ressourcenallokation zur Bereitstellung, Instandhaltung und Finanzierung ein höherer Stellenwert zu als der

⁴⁶⁷ Renn ebenda.

⁴⁶⁸ Weijnen; Herder; Bouwmans 2008: S. 10.

⁴⁶⁹ Renn 2013: S. 4.

Verwaltung von technisch nahezu unendlich reproduzierbaren Ressourceneinheiten oder den Zugangs- und Entnahmeregeln. Die von Ostrom entwickelten IAD-Governance-Variablen wurden deshalb infrastrukturspezifisch erweitert und die Commons-Bauprinzipien adaptiert, um den Unterschieden der Modern Commons für STS in einem Planungsprozess für Infrastruktur-Entwicklung Rechnung zu tragen.

Die Anforderungen an eine nachhaltige Governance für STS müssen sich am Lebenszyklus dieser Systeme orientieren und Entscheidungen oder systembedingte Ereignisse in den Phasen Planung, Errichtung, Betrieb oder Erhaltung und Anpassung der technischen Ressourcen-Plattformen sind an diesen Anforderungen ausrichten; dabei sind die kurz-, mittel- und langfristigen Auswirkungen von Anpassungen auf das System und seine Umwelt zu bewerten. Der Lebenszyklus von Infrastruktursystemen wird von der Bedarfsermittlung und Konzeption an von einer Finalität und einem intentionalen Handeln geprägt, die allen folgenden systembezogenen Entscheidungen zugrunde liegen. Die Unterstützung von Entscheidungen im Sinne der Nachhaltigkeit begründet die Notwendigkeit einer umfassenden Betrachtung sehr langer Zeithorizonte für Planungsphase, Betriebsphase und Systemfolgen,⁴⁷⁰ und zwar einschließlich der Effekte auf verbundene Systeme und Externalitäten.

Governance im technischen Lebenszyklus (Beispiel Verkehrsnetze)

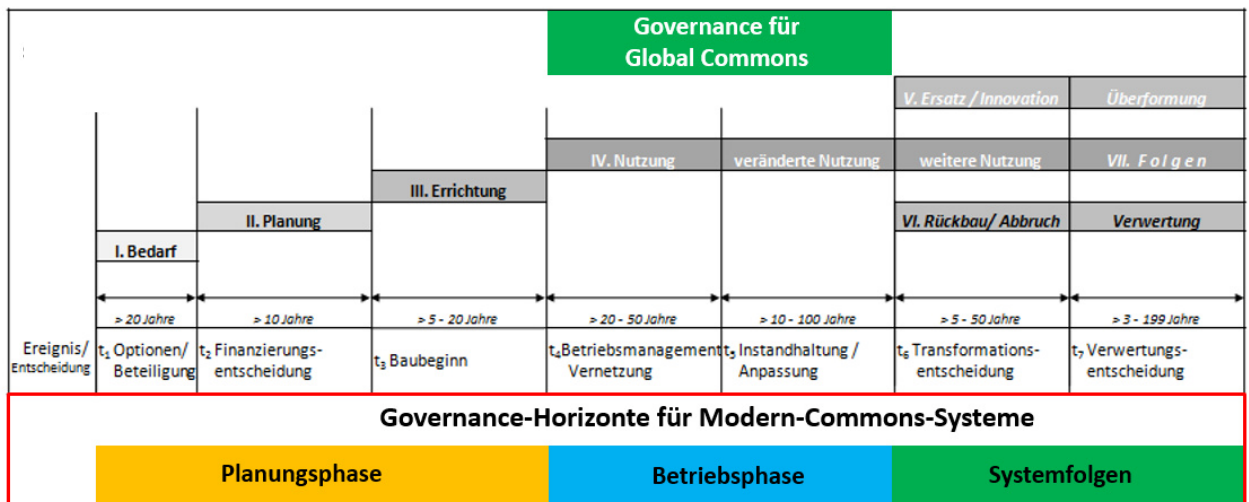


Abbildung 13: Governance im technischen Lebenszyklus (Beispiel Verkehr)
Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Abb. 10

Der monetäre und nicht monetäre Nutzen von Infrastruktursystemen definiert sich dabei über den Wert der durch sie im Lebenszyklus ermöglichten ökonomischen Transaktionen, sozialen Interaktionen sowie physischen Ströme⁴⁷¹ bzw. im Rahmen einer Bewertung von Risiken und Opportunitäten. Rein betriebswirtschaftlich werden dabei in Planung, Betrieb und Weiterentwicklung systemübergreifende Synergien oder

⁴⁷⁰ Abbildung 13.

⁴⁷¹ Vgl. Abbildung 5.

Externalitäten oft vernachlässigt, insbesondere soweit sie schwer zu erkennen oder zu erfassen sind. In Kapitel 4.4 werden umfassende Ansätze zu einer infrakulturellen Betrachtung von Infrastrukturvorhaben mit dem Ziel einer nachhaltigen Infrastruktur-Entwicklung erläutert.

4.1.2 Synergien im Infrastruktur-Lebenszyklus

Infrastruktursysteme existieren real und weisen für unterschiedliche Akteure verschiedene Exklusions- und Rivalitätsgrade auf. Daher ist es nicht immer sinnvoll, sie statisch den öffentlichen oder Allmende-Gütern, den Klubgütern oder privaten Gütern zuzuordnen. Je nach Akteur und Nachfragsituation und räumlicher oder zeitlicher Lage können von Netzen erbrachte Leistungen auch die Güterart wechseln. Prinzipiell wurde festgestellt, dass die physischen Netze als Plattformen für infrastrukturelle Leistungen überwiegend Gemeingutcharakter besitzen – z. B. Netzausbau, Flächenversorgung, Wertallokation, Zugang, externe Effekte – und durch die europäische Regulierung auch allgemein zugänglich gemacht werden. Obwohl auf der Programmebene auch marktfähige Produkte erzeugt werden, ist diese Ebene maßgeblich für Kapazität und Qualität eines Netzes und sollte deshalb auch einer Kontrolle durch die Allgemeinheit unterliegen, wie es beispielsweise die Netz-Regulierung vorsieht – z. B. Verfügbarkeit, Netzneutralität, Entgelte. Auf der Anwendungsebene können auch für Infrastrukturnetze die Mechanismen des Marktes für die Erzeugung und Verteilung effizienter und attraktiver Produkte genutzt werden. Durch Wettbewerb kann Innovation und Angebotsvielfalt gefördert und die systembedingte Trägheit der Netzbetreiber gegenüber Netznutzern reduziert werden. Vor dem Hintergrund einer systemimmanenten Konvergenz sollen aufgrund struktureller Ähnlichkeiten im Infrastruktursektor bestehende Synergien und ihr potenzieller Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung näher beleuchtet werden.

Aus volkswirtschaftlicher Makro-Perspektive und der Sicht eines abstrakten Infrastrukturbetreibers lassen sich grundsätzlich drei mögliche Hebel für die Erzeugung von Synergien zwischen unabhängigen Infrastrukturplattformen identifizieren, die sowohl in der Planung und Errichtungsphase als auch im Betrieb und der Anpassung von Infrastruktursystemen angesetzt werden können und von denen jeder auf unterschiedliche Weise zur Verbesserung der Nachhaltigkeit beitragen kann. Tabelle 19 zeigt solche Synergiepotenziale und differenziert die Synergieeffekte mit Konrad in Effekte aus strukturellen und funktionellen Kupplungen,⁴⁷² die in den folgenden drei Systemdimensionen erfasst werden können:

Hinsichtlich der *Verbesserung der Ressourceneffizienz durch strukturelle Kooperation* ist Folgendes zu beachten: Die gemeinsame Nutzung von vorhandenen und

⁴⁷² Konrad, Voß, Truffer 2008.

designierten Infrastrukturf lächen bedeutet eine Reduktion des ökologischen Fußabdrucks sowie der Akquisitions- und Erschließungskosten, was bei entsprechender Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen auch die Genehmigungszeiten für Transformationsmaßnahmen reduzieren kann. Durch eine Bündelung von Verkehrswegen für Straße und Schiene⁴⁷³ konnten Bauzeiten, Landschaftseingriffe und Kosten reduziert und auch die Akzeptanz des Projektes erhöht werden.

Synergie in Planung und Betrieb von Infrastrukturnetzen			Nachhaltigkeitswirkung		
Synergie-Dimensionen	Art	Beispiele für Kupplung	Ökonomisch	Sozial	Ökologisch
A. Ressourceneffizienz verbessern					
Räumlich Bündlung	s	Flächennutzung reduziert Footprint und Kosten	x	x	x
Physisches Site sharing	s	Trasse, Masten, Schächte (s. Infrastruktur Atlas)	x		x
Planungsaufwand reduzieren	s	Projektent- und abwicklung, Genehmigungen	x	x	x
Ressourcen u. Landschaftsverbrauch	s	gemeinsame Nutzung von Brücken, Tunnel etc.	x		x
Energiebedarf bündeln	s/f	Angebot und Nachfrage ausgleichen	x		x
Instandhaltung bündeln	s	integr. Ausblidung, gem. Service-Flotten, Lager	x		x
B. Risiken reduzieren - Resilienz erhöhen					
Kritische Infrastrukturen schützen	s	Anlagen physisch sichern, Cyberprävention	x	x	
Direkte Emissionen senken	s	Toxische, Abwärme, Strahlung, Erschütterung	x	x	x
Überschwemmung, Extremwetter	s	Klimafolgen, Hochwasserschutz, USV	x	x	x
Lärmprävention verbessern	s	Emission, Schutzwände, Bündelung	x	x	x
C. Chancen nutzen - Potentiale heben					
Innovation und Standards	s	Skaleneffekte, LCC, Prozessverkürzung	x	x	x
Systemische Vernetzung	s/f	Digitalisierung, Angebot/Kapazität vernetzen	x	x	x
Lastmanagement sektorübergreifend	s/f	Puffer für Spitzen, Speicherkapazität	x		x
Planungsinhalte erweitern	s	Integr. Standortentwicklung und Betrieb	x	x	
Verwaltungsaufwand reduzieren	s	Vertrieb, Abrechnung, Personal, Administration	x		
Infraedukation erhöht Akzeptanz	s	Systemverständnis, Partizipation, Identifikation		x	x

Synergieart: *s* = strukturelle Synergiepotenziale, *f* = funktionale Synergiepotenziale

Tabelle 19: Synergiepotenziale in Planung und Betrieb

Quelle: Eigene Darstellung

Sektorübergreifende Synergien von Infrastrukturnetzen mit großflächigen Strukturen sind beispielsweise auch bei regionalen Instandhaltungs-Teams und gemeinsamer Ersatzteillogistik ebenso evident wie bei gemeinsamer Wartung. Mitarbeiterressourcen, die ein Telekommunikations- oder Bahnunternehmen für Serviceleistungen in der Fläche gemäß der Netzstruktur beschäftigt, wären grundsätzlich in der Lage, ähnliche Serviceleistungen für Betreiber von Energie- oder Verkehrsnetzen zu erbringen. Durch räumliche Nähe und reduzierte Rüst- und Fahrzeiten könnten Betreiberkosten gesenkt werden. Auch das Berufsbild des Betriebsunterhalters in der Schweiz, der sektorübergreifende Analysen durchführen und viele Gewerke der Infrastrukturwartung ausführen kann,⁴⁷⁴ ist ein Beispiel für die Gewinnung von Synergieeffekten durch erhöhte Ressourceneffizienz.

Auch für den geplanten Ausbau des Fernstromnetzes wäre eine physische Bündelung mit bestehenden Infrastruktur-Trassen oder der Ausbau vorhandener

⁴⁷³ z. B. Bahnstrecke Frankfurt – Köln, Öresund-Brücke.

⁴⁷⁴ Schweizer Bundesamt für Berufsbildung und Technologie 2006.

Leistungsstrukturen⁴⁷⁵ ebenso in Erwägung zu ziehen, wie im Rahmen der angestrebten Verkehrswende eine eng vermaschte Planung von Energie- und Treibstoffversorgungskonzepten⁴⁷⁶ sowie Infrastruktur- und Fahrzeugentwicklung auf nationaler, regionaler und lokaler Ebenen vorzusehen ist. Erst eine funktionale Einbindung von Fahrzeugen mit erneuerbaren Energiequellen in intermodale Verkehrsketten und dezentrale Energienetze realisiert das ökonomische und ökologische Potenzial dieser Technologie. Mittels intelligenter Stromnetze, den Smart Grids, können die Batterien abgestellter Elektroautos – in dem Maße, wie sich diese Innovation im Verkehrsmarkt durchsetzt – als vernetzte Reservespeicher für erneuerbare Energieträger genutzt werden.⁴⁷⁷

In Bezug auf die Reduktion von Risiken und Erhöhung der Resilienz ist Folgendes zu berücksichtigen: Die Vulnerabilität der physischen Infrastrukturnetze hat durch die Folgen des Klimawandels und durch die Veränderungen der IT-Sicherheit aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung zugenommen. Entsprechend steigen der Aufwand der Netzbetreiber aller Sektoren für Maßnahmen zur Risikovorsorge und die Kosten zur Schadensprävention und -begrenzung. Hier können Standardisierung und ein gemeinsames Vorgehen zur Risikoerkennung und Gefahrenabwehr die Effizienz des Risikomanagements verbessern. Durch Poolbildung von Ressourcen und gemeinsame Institutionen kann beim Schutz kritischer Infrastrukturen vor einer asymmetrischen Bedrohung ein höheres Sicherheitsniveau erreicht werden, als Einzelunternehmen es gewährleisten können.

Bei Flächensystemen können mit geringem Aufwand sektorübergreifende Synergien für physische Schutzeinrichtungen realisiert werden, z. B. durch gemeinsame Dämme oder Lärmschutzwände für Straße, Schiene oder Flughäfen, die bei Eignung von Topographie und Trassenverlauf systemunabhängig wirken. Ebenso sind Synergien in der Entwicklung von Präventionsstrategien gegen Cyberkriminalität oder in der koordinierten Bewältigung der Folgen von Schadenereignissen möglich. So können durch sektorübergreifende Planungen für Klimafolgen redundante Sicherungsketten errichtet und die Resilienz der technischen Systeme durch Simulationen systematisch verbessert werden.

Chancen könnten genutzt und Potenziale durch Kooperation realisiert werden, wenn Folgendes bedacht wird: Auch in operativen Bereichen lassen sich Synergien finden, die durchaus ein wirtschaftliches Potenzial besitzen, wie eine Untersuchung von Konrad zeigt.

“Structural similarities may furthermore form the basis for realizing potential synergies. In this case, a structural similarity will be transformed into an actual structural coupling. In case of

⁴⁷⁵ Machbarkeitsstudie für BMVBS durch Universität Hannover, TU Dresden, TU Clausthal 2012.

⁴⁷⁶ MKS Bundesministerium für Verkehr 26.06.2013.

⁴⁷⁷ UVEK 2009: S. 1.

utilities we currently see such efforts in the form of integration and/or co-ordination in fields such as customer management and network operations."⁴⁷⁸

Im Infrastruktursektor kann lediglich der durch technischen Fortschritt des IT-Bereiches getriebene Kommunikationssektor als innovationfreudig bezeichnet werden. Die traditionellen Infrastruktur-Lieferanten der national geprägten Netzbetreiber haben aufgrund des von wenigen Abnehmern geprägten geringen Marktvolumens, der geringen Stückzahlen und der sehr langen Laufzeiten einerseits eine symbiotische Nähe zu ihren Abnehmern entwickelt, andererseits aber ihre Marktstellung auch genutzt, um hohe Preise zu erzielen. Durch gemeinsame Innovationen (Open Innovation), Produktentwicklungen und Standards lassen sich die Lebenszykluskosten (Life-Cycle Cost, LCC) in Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung senken.

In Schweden wurden die Behörden für Ausbau und Instandhaltung von Straßen- und Schienennetzen, Vägverket und Banverket, 2010 zu Trafikverket verschmolzen, was zu Effizienzgewinnen in Planung, Bau und Betrieb führen und eine systemisch integrierte Verkehrsinfrastruktur-Entwicklung fördern soll.⁴⁷⁹ Diese intermodale Infrastrukturverwaltung wurde gleichzeitig in Finnland⁴⁸⁰ eingeführt und inzwischen ist Portugal dem Beispiel der Zusammenführung der Netzbetreiber für Straßen und Schienen⁴⁸¹ gefolgt. Inwieweit diese Synergie-Überlegungen in Deutschland relevant sein können, wäre im Zusammenhang mit der parlamentarischen Diskussion um eine Autobahn-Betreibergesellschaft des Bundes grundlegend zu identifizieren. Dabei könnten auch weitere Synergiepotenziale für die Flächenstrukturen des Bundes und die Resilienz der Infrastruktursysteme angesichts der Klimafolgen sektorübergreifend geprüft und optimiert werden. Neben dem Verwaltungsaufwand durch Kooperationen könnte auch die Prozessdauer für Genehmigungen von Projekten reduziert werden. In der Planung werden fallweise Schienen- und Straßenbaumaßnahmen verknüpft⁴⁸² und beispielsweise im Betrieb Hafenanlagen und Schleusen durch das Eisenbahninfrastrukturunternehmen⁴⁸³ gewartet.

4.1.3 Synergie aus Interdependenz und Konvergenz

Aufgrund der strukturellen Gemeinsamkeiten von Flächeninfrastruktursystemen lassen sich Synergiepotenziale vermuten, die unabhängig vom spezifischen Sektor bestehen. Die Entwicklung der Stadtwerke zu Beginn des 20. Jahrhunderts belegt die Vorteile in Form von Transaktionskosten-Senkungen für eine lokale Infrastruktur-Entwicklung. Die Geschichte zeigt, dass sich innerhalb dieser durch Größenvorteile gestärkten,

⁴⁷⁸ Konrad, Voß, Truffer 2008: S. 1198–1199.

⁴⁷⁹ Elmsäter-Svärd 29.03.2011.

⁴⁸⁰ 2011 Liikennevirasto.

⁴⁸¹ 2015 Infraestructuras de Portugal.

⁴⁸² z.B. in Berlin Umbau des Bahnhofs Ostkreuz mit dem Ausbau der Stadtautobahn A 100 Abschnitt 18

⁴⁸³ DB Netz AG wartet Hafenanlagen und Schleusen in Niedersachsen

strukturelle Synergiepotenziale bereitstellenden Stadtwerke die einzelnen Sektoren für Gas, Strom, Wasser oder Verkehr sehr unabhängig entwickelt und ihre Entscheidungen in Auseinandersetzung mit den jeweiligen Akteuren in Wirtschaft, Wissenschaft und der lokalen Politik eigenständig getroffen haben.⁴⁸⁴ Bis heute hat dieses besonders in Deutschland ausgeprägte sektorale Infrastrukturdenken in Wissenschaft, Industrie und Verwaltung Bestand, was die Hypothese nahelegt, dass die frühe mentale Prägung durch die jeweiligen akademischen Schulen für Ingenieure und Kaufleute in die Unternehmenskulturen und Organisationsstrukturen überführt, über Managementgenerationen als pfadgebundene Handlungsmuster gepflegt und sektorspezifisch angepasst wurde und sich letztlich in den Unternehmensstrukturen als Silobildung manifestiert hat. Diese institutionell gefestigten mentalen Barrieren hemmen die Schaffung von sektorenübergreifenden Synergien und eine Transformation im Sinne einer systemischen Konvergenz. Dabei ist das Konvergenzpotenzial für den Infrastruktursektor keineswegs Neuland, wie sich aus dem zeitabhängigen Faktor der Definition von Messerschmitt erkennen lässt: "Convergence – Applied to industries, when two industries that were once independent become, for the first time, strongly complementary or competitive or both."⁴⁸⁵

Exkurs: Die Entwicklung der flächendeckenden Netze für Eisenbahn und Energieversorger wurden historisch von Beginn an mit direkter Einbindung von modernen Kommunikationsanlagen⁴⁸⁶ mit hoheitlichem Mandat vorangetrieben, wofür seinerzeit wertvolle Ausnahmen von den Telekommunikationsprivilegien der Post gesetzlich verankert wurden. Mit der Privatisierung in Deutschland wurden die dedizierten Kapazitäten dieser betriebseigenen Telefonnetze für den liberalisierten und rasant wachsenden Telekommunikationsmarkt – DB AG verkauft BASA-Netz 1996 an Mannesmann-Arcor, RWE/Vebacom gründen 1997 O.tel.o – zugänglich gemacht. Dass die Deutsche Bahn AG einen Teil des Kommunikationsnetzes von Arcor 2001 zurückkaufte, ist ein Indiz für eine hohe Systemabhängigkeit und die betriebliche Bedeutung der Kommunikationsinfrastruktur für Verkehrssysteme. Ebenso muss die Verfügbarkeit von Energie für jede Form der Mobilität sichergestellt werden. Bei der Eisenbahn führt dies zum flächendeckenden Aufbau von Anlagen zur Energieversorgung.⁴⁸⁷

Heute fungieren die bestehende Infrastrukturlandschaft und damit der ungeschriebene Generationenvertrag der Moderne als gesellschaftliches Fundament für Leistungen der Daseinsvorsorge und jede Form der technischen Vernetzung. Infrastruktursysteme und der Zugang zu den produzierten Ressourceneinheiten wie Heizung, Mobilität oder

⁴⁸⁴ Konrad, Voß, Truffer 2008: S. 1193.

⁴⁸⁵ Messerschmitt 2000: S. 570.

⁴⁸⁶ Telegraphie, Telefonie, Bahnfunk.

⁴⁸⁷ Seit 1825 Kohle- und Wasserspeicher, ab 1912 einheitliche 16⅔-Hz-Stromsysteme.

Internetzugang bilden für soziale Stabilität heute den „Brotpreis“. Bezahlbarkeit dieser lebensnotwendigen Infrastrukturleistungen ist deshalb ein wesentliches politisches Ziel für gesellschaftliche Stabilität. Diese Sichtweise der Modern Commons dient keinesfalls nur dem Machterhalt politischer Akteure. Stabilität als soziale Grundfunktion einer Gesellschaft stellt einen immateriellen Teil des Gemeinwohles dar und ist als solcher als ein Wert an sich zu sehen.

Das Ökosystem kann als autonomes System verstanden werden, das gleichzeitig die unabdingbare Ressourcenbasis für jegliches Leben und alle menschliche Aktivität bildet. Deshalb steht es permanent in vielfältigsten Austauschbeziehungen mit den Sphären von Techonomy und Gesellschaft. Dementsprechend muss die Natur aufgrund der hohen Interdependenzen mit der anthropogenen Umwelt theoretisch als relevanter Stakeholder mit eigenen Infrastrukturinteressen gesehen werden. Um als ein Akteur wahrgenommen zu werden und agieren zu können, benötigt das Ökosystem Fürsprecher oder Institutionen, die ihm gesellschaftliche Repräsentanz geben. Als solche können Normen, Grenzwerte oder Richtlinien sowie die Zivilgesellschaft oder einfach Naturereignisse und die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse über sie fungieren.

Ein Ziel zur Erhaltung der Ökosphäre könnte Suffizienz sein, was eine auf Dauer angelegte Nutzung des komplexen Ökosystems als Lebensraum und seiner diversen Teilsysteme im Rahmen ihrer Tragfähigkeit und natürlichen Resilienz bedeuten würde. Wo genau die Grenzen der Tragfähigkeit und Resilienz des planetarischen Ökosystems, die Planetary Boundaries⁴⁸⁸ liegen und wie sie bestimmt werden können, soll hier nicht weiter ausgeführt werden. Denn obwohl diese Frage im Zusammenhang mit natürlichen Ressourcen und Systemgrenzen auch bedeutsam sein mag, ist sie kein Aspekt der Ausgangsfragestellung der vorliegenden Arbeit.

Die Beobachtung eines natürlichen Systems bewertet die stofflichen Flüsse als System-Inputs und System-Outputs, die auch in Bezug auf die Ökosphäre konkret oder modellhaft ermittelt werden können, und erfasst Rückkopplungseffekte und Störungen im System. Neben der räumlichen und zeitlichen Dimension, die das Dasein insgesamt und jede physische Struktur eingrenzen, werden nicht nur Quantitäten betrachtet, sondern auch die Qualitätsdimension einer geplanten oder eingetretenen Veränderung. Zur Messung des ökologischen Fußabdrucks einer Infrastruktur gibt es verschiedene Ansätze, von denen einige im Folgenden skizziert werden, wobei in Bezug auf Infrastruktursysteme auch die Raumwirkung des Nutzens und die Interaktion der materiellen Strukturen mit der natürlichen Umwelt sowie die langfristige Allokation von Lasten einbezogen werden. In Bezug auf Lebensqualität ist physische und psychische Gesundheit ein

⁴⁸⁸ Rockström et. al. 2009.

signifikanter Faktor, der in diesem Modell dem Lebewesen, also der Ökosphäre, zugeordnet wurde, aber ebenso als sozialer Qualitätsfaktor bewertet werden könnte. Resilienz beschreibt die Widerstandskraft, Anpassungsfähigkeit und die Selbstheilungskräfte eines Systems. Biologische Systeme weisen bei höherer Diversität eine höhere Resilienz auf, was eine bessere Anpassungsfähigkeit an Veränderungen der Umwelt und der umweltrelevanten Rahmenbedingungen bedeutet. Inwieweit diese Fähigkeit auf technische, ökonomische und soziale Systeme übertragbar ist, stellt eine relevante Frage dar. Mumford betont eine steigende Anpassungsfähigkeit dezentraler soziotechnischer Systeme, während autoritäre Systeme weniger Widerstandskraft aufweisen.⁴⁸⁹ Voß verweist in diesem Zusammenhang auf eine übergeordnete Governance, die bestehende Prozesse um Aspekte der Nachhaltigkeit und Resilienz ergänzt.

“The goal of sustainability foresight is to shape the process by which any of these outputs are generated. It could be called 'second-order governance' which is complementary to other modes of policy making.”⁴⁹⁰

Die Anpassung der von Ostrom entwickelten IAD-Systematik für SES soll dazu beitragen, zentrale und dezentrale Entscheidungsprozesse für Infrastruktursysteme in Bezug auf Nachhaltigkeit und Resilienz zu verbessern.

4.1.4 Anpassung der IAD-Variablen für Infrastruktur-Systeme

Die Entwicklung der Infrastruktursysteme erfolgt wie ausgeführt ko-evolutionär zwischen Technomy, Gesellschaft und der Natur. Dabei wird Infrastruktur zum dreifachen Kristallisationsfaden für wirtschaftliche, soziale und kulturelle Entwicklungen:

“The processes of communal association, political struggle, and market exchange are related to the cultural code via processes of cultural legitimation and symbolic abstraction, which are closest to the cultural code. The processes of symbolic abstraction, cultural legitimation, market exchange, and political struggle are related to social structures of inequality via processes of communal association, which are also closest to the cultural code.”⁴⁹¹

Gesellschaft und Wirtschaft sind komplexe soziale Systeme mit hoher Eigendynamik, denen die interdependenten Funktionen normativ wirkender Infrastrukturen als stabilisierendes Fundament, aber auch als Katalysator für jede Form der Entwicklung dienen, was bei einer verzögerten Systemanpassung auch zu einem Hemmnis für Entwicklungsbestrebungen werden kann. Die Richtung der Dynamik wird durch die bestehende Infrastruktur nicht vorgegeben, die Transformation der Infrastruktursysteme selbst erfolgt nach einer durch die Akteure implizit oder explizit entwickelten und praktizierten Infrastruktur. Die Infrastruktursysteme in Deutschland haben sich angesichts der polyzentrischen Siedlungs- und Verwaltungsstrukturen, des Postulats von Daseinsvorsorge und gleichwertigen Lebensbedingungen, der wirtschaftlichen Realität von liberalisierten Netzen

⁴⁸⁹ Tenneneberg 2012: S. 113ff.

⁴⁹⁰ Voß et al. 2006: S. 179.

⁴⁹¹ Münch, Smelser 1992: S. 247.

und einer systemübergreifenden Vernetzung als *ein* System der modernen Gemeingüter herauskristallisiert. Gleichzeitig lassen sich die globalen und wirtschaftlichen Herausforderungen des Klimawandels, der Energiewende und der generationenübergreifenden Nachhaltigkeit nur in einer konzertierten Weiterentwicklung der infrastrukturellen Basis der Gesellschaft adäquat bearbeiten und im Sinne einer systemübergreifenden Infrakultur effizient lösen.

Abbildung 14 beschreibt auf Basis des IAD relevante Entscheidungen für die Governance von Modern-Commons-Systemen und die wesentlichen Interaktionsprozesse, die mithilfe des IDF nachhaltiger und effizienter gestaltet werden können. Das technische Infrastruktursystem (blau) mit seinen drei Ebenen ist zwischen Akteuren (A) und Governance-Regeln (GS) der Gesellschaft (gelb) und der Ökosphäre (grün) integriert. Für die in Tabelle 19 beschriebenen Entscheidungssituationen werden definierte Interaktionen und Ergebnisse hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeitseffekte in allen drei Sphären analysiert und bewertet. Entscheidungen zu Errichtung und Betrieb beeinflussen dabei die Ökosphäre (ECO) umfassender und in einem höheren Grad (u. a. Allokation, Baustoffe, Emissionen, Eingriff in Naturräume und Biotope) als die spätere Nutzung der Plattform durch Entnahme von Anwendungen (u. a. Emissionen). Gesellschaftliche Interaktionen (I) richten sich besonders auf Entscheidungen zur Allokation und zur Gestaltung (E) einer Infrastruktur-Ressourcenplattform (RS) sowie betrieblich auf den diskriminierungsfreien Systemzugang, die Qualität der Service-Produktion und die Instandhaltung (E), die von Märkten nicht effizient und nachhaltig geregelt werden können. Die physischen Ressourceneinheiten (RE), die gemäß den gültigen Regeln einem infrastrukturellen Ressourcensystem entnommen werden können, sind als blaue Sechsecke dargestellt.

Soweit es sich um austauschbare technisch erzeugte Produkte von Infrastruktur-Plattformen handelt, kann die Entnahme von multifunktionalen Ressourceneinheiten (RE) in dem gesetzten Rahmen über Märkte und Wettbewerb effizient geregelt werden. Dieses Governance-Verständnis für Infrastrukturnetze lässt sich am Aufbau des zweiten digitalen und ersten privaten Mobilfunknetzes in Deutschland nachvollziehen. Nicht so einfach austauschbare Netzleistungen wie Fernstromübertragung oder Zugtrassen-Nutzung können in Deutschland diskriminierungsfrei bezogen werden, dennoch haben die Systemscheidungen der Netzbetreiber wesentlichen Einfluss auf die Handlungsspielräume und Geschäftsmodelle der Transporteure, Dienstebetreiber und Netznutzer, was von den Akteuren in der Systemgestaltung und im Betrieb antizipiert werden muss.

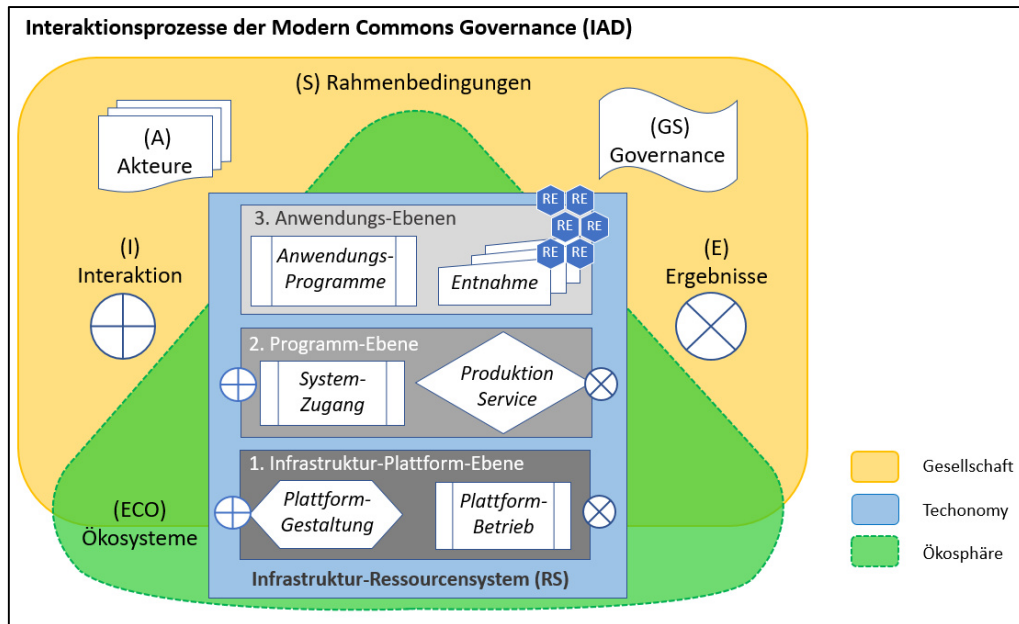


Abbildung 14: Interaktionsprozesse der Modern-Commons-Governance
Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Tab. 20

Mit geeigneten Instrumenten lassen sich typische Dilemmata⁴⁹² für Modern Commons erkennen und lösen. Hierzu wurde das IAD-Modell⁴⁹³ um spezifische Variablen für technische Systeme ergänzt, sodass potenzielle Interessenkonflikte und Dilemmata durch die Akteure im Vorfeld erörtert, Gestaltungsvarianten entwickelt und verglichen sowie nachhaltige Lösungen ausgehandelt werden können.⁴⁹⁴

Dieses Instrumentarium kann zur Analyse und Bewertung in beiden Governance-Kreisläufen (Abbildung 18) sowohl im Prozess der Systemgestaltung als auch im Operationsprozess verwendet werden. Dass Infrastruktursysteme dabei primär an volkswirtschaftlichen Zielen der Nachhaltigkeit und des Gemeinwohls auszurichten sind, wird durch Commons-Erfahrungen und -Methoden unterstützt. Das von Ostrom entwickelte IAD-Governance-Schema wurde für Modern Commons erweitert,⁴⁹⁵ um die technischen und ökonomischen Unterschiede der Infrastruktursysteme als STS zu operationalisieren. Dabei kommt den Allokationsentscheidungen zur Bereitstellung eines Infrastruktursystems, seiner Finanzierung und Instandhaltung ein höherer Stellenwert zu als den Eigenschaften und der Verteilung der technisch reproduzierbaren Ressourceneinheiten – anders als bei natürlicher Regeneration in SES.

⁴⁹² Kapitel 2.5

⁴⁹³ Tabelle 2

⁴⁹⁴ Tabelle 20

⁴⁹⁵ Erweiterungen in Tabelle 20, *kursiv dargestellt*.

Erweiterte IAD-Governance-Variablen für Modern-Commons-Systeme**S: Soziale, ökonomische und politische Rahmenbedingungen**

S1 – Ökonomische Entwicklung. S2 – Demographische Entwicklung. S3 – Politische Stabilität.
S4 – Umwelt- und Ressourcenpolitik. S5 – Marktanreize. S6 – Medien. S7 – *Investitionsbereitschaft*. S8 – *Gesellschaftliche Akzeptanz*.

Ressourcensystem (RS)

- RS 1. Sektor (z. B. Wasser, Wald etc.)
- RS 2. Klare Systemgrenzen
- RS 3. Größe des RS
- RS 4. Anthropogene Strukturen/*Alterung*
- RS 5. Produktivität des RS
- RS 6. Gleichgewichtszustände (Besitz)
- RS 7. Vorhersagbarkeit der Systemdynamik
- RS 8. *Steuerbarkeit Produktion RE*
- RS 9. Räumliche Situation/Lage RS
- RS 10. *Allokationsalternativen/Opportunitäten*
- RS 11. *Synergie mit anderen RS*
- RS 12. *Zeitliche Begrenzung Systemzugang*

Ressourceneinheiten (RE)

- RE 1. Mobilität der RE
- RE 2. Wachstum/Erneuerung/*Produktionsrate*
- RE 3. Interaktion der RE (stark/schwach)
- RE 4. *Ökonomischer Wert/Kosten*
- RE 5. Menge der RE/*Kapazität*
- RE 6. Bestimmte Merkmale der RE/*Qualität*
- RE 7. Räumliche und zeitliche Verfügbarkeit
- RE 8. Speicherfähigkeit RE

Handlungssituationen: Interaktion (I)

- I 1. *Ernten/Betrieb/Produktionsplanung*
- I 2. Informationen austauschen
- I 3. Beratungs-Prozesse
- I 4. Konflikte
- I 5. Investitionsaktivitäten
- I 6. Lobbying-Aktivitäten
- I 7. Selbst-Organisations-Aktivitäten
- I 8. Networking
- I 9. Monitoring (*Umwelt, sozial, ökon.*)
- I 10. Evaluierungsaktivitäten
- I 11. *Marketing-Aktivitäten (4P, Preise)*
- I 12. *Regulierungsaktivitäten*
- I 13. *Emission und Abnutzung RS-Entnahme*
- I 14. *Sicherung u. Instandhaltungsaktivitäten*

Verwandte Ökosysteme (ECO)

ECO1: Klima Muster. ECO2: Umweltbelastung. ECO3: Flüsse in/aus STS im Fokus

Governance-System (GS)

- GS 1. Regierungs-Organisationen
- GS 2. Nicht-Regierungs-Organisationen
- GS 3. Netzwerkstruktur
- GS 4. System der Eigentumsrechte
- GS 5. Operative Regelwerke (*Engelte, Instandh.*)
- GS 6. Kollektive Auswahlmechanismen
- GS 7. Verfassungsregeln (RS)
- GS 8: *Zugang und Technik zur Aneignung (RS)*
- GS 9. *Transparenz und Monitoring*
- GS 10. *Einfluss von Exekutive/Legislative*
- GS 11. *Finanzierung, Anreize und Sanktionen*
- GS 12. *Bewertung Risiken und Resilienz (RS)*
- GS 13. *Bewertung externe Kosten und Sunk Cost*

Akteure (A)

- A 1. Anzahl Akteure (*Profiteuer/Defiziteure*)
- A 2. Soziökonomische Merkmale der A
- A 3. *Rolle und Nutzungsgeschichte* der A
- A 4. Räumliche Verteilung/*Lage/Zugang*
- A 5. Führungsstruktur/*Unternehmerschaft*
- A 6. Normen (reziprokes Vertrauen) *Sozialkapital*
- A 7. Wissen über SES, mentale Modelle
- A 8. Bedeutung der Ressource (*Abhängigkeit*)
- A 9. Genutzte Technologie
- A 10. *Interessen Eigentümer vs. Betreiber*
- A 11. *Einfluss durch private Akteure/NGO*
- A 12. *Teilhabe an Gestaltung/Anpassung (RS)*
- A 13. *Volatilität Nachfrage/Nutzung (RE)*

Ergebnisse Outcome (E)

- E 1. Soziale Leistungsindikatoren (z. B. Effizienz, Fairness, Nachhaltigkeit)
- E 2. Ökologische Leistungsindikatoren (z. B. Übernutzung, Resilienz, Biodiversität, Nachhaltigkeit)
- E 3. Externalitäten (*social cost*), Wirkungen auf andere STS und SES
- E 4. *Ökonomische System- u. Leistungsindikatoren*
- E 5. *Raumwirkung auf Wirtschaft, Gesellschaft, Interdependenz und Lebensqualität*

Tabelle 20: Erweiterte IAD-Governance-Variablen für Modern Commons

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Ostrom 2012⁴⁹⁶

⁴⁹⁶ Ostrom2012: S. 73

Die sozialen, ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen (S) wurden um zwei für STS relevante Kriterien ergänzt, die öffentliche und private Investitionsbereitschaft (S7) und die gesellschaftliche Akzeptanz beispielsweise von neuen Technologien, Großprojekten oder Risiken von Infrastruktur (S8). Beide Faktoren wirken auf die Planung und Entwicklung von Infrastruktursystemen ein, da sie die Entscheidungsspielräume für das Handeln von politischen und privaten Akteuren signifikant beeinflussen können. So war nach der Finanzkrise die Investitionsbereitschaft sehr gering und infolge mangelnder Akzeptanz neuer Stromtrassen, die durch die Energiewende erforderlich wurden, führte die politische Entscheidung für eine unterirdische Verlegung von Fernstromkabeln zu einer signifikanten Kostensteigerung des Netzausbaus.

Modern-Commons-Systeme werden als Ressourcensysteme planmäßig errichtet und betrieben. Als technische Systeme unterliegen auch Infrastrukturnetze einer doppelten Degeneration (RS 4): einerseits der physischen Alterung durch Umwelteinflüsse, Zeit und Nutzung, andererseits einer technisch bedingten Alterung durch Innovationen für Komponenten oder Subsysteme sowie durch Substitution von Teilleistungen oder des Gesamtsystems (Telegraphie, Internet). Der Zugang zu Ressourceneinheiten ist grundsätzlich gut steuerbar und diskriminierungsfrei zu gestalten. Durch eine temporäre Begrenzung kann der Systemzugang (RS 12, Öffnungs-/Sperrzeiten für Verkehr, Unterbrechung wegen Störung oder Wartungsarbeiten) zeitlich eingeschränkt werden. Die Bewertung von Allokationsentscheidungen (RS 10) und die Synergie mit anderen Systemen (RS 11) wurden als beeinflussbare Faktoren der Systemgestaltung ergänzt, ebenfalls ergänzt wurde die bei Infrastruktursystemen gegebene Steuerbarkeit von Qualität und Quantität der Produktion von Ressourceneinheiten (RS 8). Die vier strategischen Entscheidungsvariablen eines technischen Ressourcensystems – Kapazität, Produktionsrate, Kosten und Qualität – stellen für die Nutzung und damit die Wirtschaftlichkeit des Infrastruktursystems maßgebliche Einflussfaktoren dar. Reziprok wurden die abhängigen RE-Variablen ergänzt (RE 2, RE 4, RE 5, RE 6). Für alle leistungsrelevanten und beeinflussbaren RS-/RE-Variablen gilt, dass diese vor Projektstart festgelegt werden müssen. Wird eine Systementscheidung zur Lage oder Dimensionierung eines Infrastruktursystems getroffen, ist diese im laufenden Prozess nur sehr aufwendig veränderbar, auch bei Vorliegen neuer Erkenntnisse (vgl. Planung vs. tatsächliche Nutzung).⁴⁹⁷

Auch die Akteursebene gestaltet sich während der Planungs- und der Betriebsphase eines Infrastruktursystems komplex, weil die spezifischen Interessen der Eigentümer und Betreiber von Infrastruktursystemen (A 10) divergieren und ebenso wie der Einfluss privater und zivilgesellschaftlicher Akteure und NGOs (A 11) transparent zu verhandeln

⁴⁹⁷ Das geplante Passagieraufkommen wurde am Flughafen Tegel weit übertroffen (Eröffnung 1974). Dagegen besteht eine mangelnde Auslastung beim Warnowtunnel (2003) und dem Regionalflyhafen Kassel-Calden (2013).

sind. Da die Volatilität der Nachfrage nach Ressourceneinheiten ökonomische und technische Konsequenzen für Eigentümer und Infrastrukturbetreiber verursacht (A 13), sind flexible Vereinbarungen für Planabweichungen zu treffen, die am besten lokal definiert werden. Auf allen beteiligten Ebenen und vor Ort ist eine angemessene Teilhabe der Akteure an der Gestaltung und an Entscheidungen über Maßnahmen zur Anpassung von Infrastruktursystemen sicherzustellen (A 12).

Die Interaktion der Akteure bei STS zeichnet sich durch eine aktive Betriebs- und Produktionsplanung für das jeweilige System aus, der, soweit sinnvoll, bei SES die Ernte gewachsener Ressourceneinheiten und eine systematische Bewirtschaftung gegenübergestellt werden kann (I 1). Aufgrund der Planbarkeit von Kapazität und produzierten Ressourceneinheiten sind das Preissystem und weitere Marketing-Aktivitäten für Produktgestaltung, Vertrieb und Kommunikation als Variablen einzubeziehen, denn durch sie können Nachfrage generiert und Spitzenbelastungen vermieden werden (I 11). Darüber hinaus ist für die Überwachung von Systemzustand, Emissionen und Abnutzung ein Berichtssystem zu etablieren (I 13) und es ist ein adäquates Governance-System zur Qualitätssicherung und Instandhaltung des Ressourcensystems aufzubauen (I 14, GS 5, GS 9). Angesichts der zunehmenden Vernetzung sind auch erhöhte Aktivitäten im Bereich Datenschutz (Cyber-Security) und Resiliensicherung erforderlich, um die Systemverfügbarkeit von kritischen Infrastrukturen zu gewährleisten.

Mehrstufige Infrastruktursysteme haben einen oder mehrere verantwortlichen Betreiber, dessen oder deren Rechte und Pflichten ein Governance-System (GS) – teilweise unabhängig von Finanzierung und Eigentumsverhältnissen – regelt. Aufgrund unvollständiger Information bezüglich der Zukunft wird versucht, durch diese Regelungen Chancen und Risiken eines Infrastrukturprojektes zwischen den Akteuren ausgewogen zu verteilen (GS 11, GS 13). Ein Regulierungsrahmen muss einerseits flexibel sein, um Unwägbarkeiten aufzufangen, andererseits sind verlässliche Regeln und transparente Monitoring- und Sanktionsmöglichkeiten notwendig (GS 5, GS 9, GS 11, I 12), damit die Governance im Sinne der Interessen des Gemeinwesens funktionieren und eine hinreichende Leistungsqualität sowie Diskriminierungsfreiheit sicherstellen kann (GS 5, GS 8, GS 10).

Governance-Regeln sind je nach Zuständigkeit für Errichtung und Betrieb der STS international, national oder regional auszuhandeln, z. B. für Zugang und Technik der Ressourcenaneignung (GS 8), Rollen und Einfluss der politischen Instanzen aus Exekutive und Legislative (GS 10, z. B. Haushaltsfinanzierung von Bundesverkehrswegplan und Regionalisierungsmitteln vs. Betriebsplanung und Taktverkehre), Bewertung von Risiken und Resilienz Standards (GS 12, z. B. Ausstiegsentscheidung zur Kernenergie 2011), Bewertung von sozialen und ökologischen Externalitäten und systemexternen Kosten (z. B. Abschaffung öffentlicher Zuschüsse für Infrastrukturausbau) und Sunk Cost (GS

13). Schließlich wurden die Ergebnis-Variablen des IAD als Kriterien zur Outcome-Bewertung um ökonomische System- und Leistungsindikatoren (E 4) erweitert, um Betreibereffizienz zu messen und einem schleichenden Substanzverlust vorzubeugen, sowie um die spezifischen Raum- und Netzwirkungen von STS (E 5) ergänzt, die sich auf Produktivität und Lebensqualität auswirken.

Als Gemeingüter der Moderne unterliegen die gealterten Infrastruktursysteme einer Dilemmastruktur, die sich von den Dilemmata anderer Commons-Systeme deutlich unterscheidet, wie in Kapitel 2 (Tabelle 9) ausgeführt wurde. Die Unterschiede für technische Systeme sind durch die nachhaltigkeitsrelevanten Abweichungen in den Phasen Planung, Entstehung, Betrieb, Erhaltung und Anpassung eines technischen Ressourcensystems bedingt, während die IAD-Governance-Logik in erster Linie von bestehenden natürlichen Systemen (SES) ausgeht und somit die Betriebsphase von Common als gegebenen Zustand voraussetzt.

Diese Dilemmata werden für Infrastrukturakteure, -betreiber und -nutzer nochmals anhand der sechs „A“ für Modern Commons zusammengefasst. Infrastrukturinvestitionen sprengen den Rahmen einer einfachen betriebswirtschaftlichen Mikrobetrachtung, da ohne die Einbeziehung der Makro-Ebene von positiven oder negativen Externalitäten und systemischen Effekten eine rationale, infrakulturell ausgewogene Beurteilung der Maßnahme nicht möglich ist. Ob beispielsweise eine Hochspannungsleitung von A nach B oder nach C geführt wird, eine Bahntrasse von X nach Y mit Umweg gegenüber einer theoretisch kürzeren – aber nicht realisierten – Route über Z (in einem angrenzenden Bundesland)⁴⁹⁸ gebaut wird oder Breitbandkabel im ländlichen Raum subventioniert verlegt werden, sind folgenreiche Entscheidungen über Infrastrukturmaßnahmen, deren intermediäre Funktionen gesamthafte Raumwirkung und gesamtgesellschaftliche Folgen festlegen. Dennoch können diese Entscheidungen in einem vereinbarten Prozess und einem Kriterienraster wie dem IDF transparent abgewogen und erörtert werden. Die sozialen Verbindungen und gesellschaftlichen Auswirkungen sind gemäß der spezifischen Infrakultur strategisch vorrangig zu klären, also noch vor taktischen und operativen Überlegungen sowie physischen und technischen Erfordernissen einer Maßnahme. Wie die entsprechende Konstruktion nach dem Stand der Technik am effizientesten ausgeführt wird, können Experten entscheiden, wenn anhand der übergeordneten Finalität ein Rahmen für eine Infrastruktur-Entwicklung definiert wurde. „Form follows function“ lautet ein Gestaltungsprinzip des Bauhauses, das für Infrastruktur angepasst lauten könnte: „Infrastruktur folgt der gewünschten Infracfunktion.“

⁴⁹⁸ Die Geschichte wird über den politischen Einfluss auf die Streckenführung Berlin – München, mit Umweg über die Landeshauptstadt Erfurt urteilen. Die Einrichtung eines ICE-Haltes in Erfurt dürfte aber auch in vielen Jahrzehnten

4.2 Akteursperspektive in der Infrastruktur-Entwicklung

Da Infrastruktursysteme wie gezeigt sowohl soziale als auch technische Systeme sind, ist die Akteursperspektive für eine Infrastrukturentwicklung von großer Bedeutung, jedoch komplex und aufwendig zu erfassen. Der Soziologe Parsons hat in seiner Systemforschung vier funktionale Eigenschaften von Systemen identifiziert, die gegeben sein müssen, damit ein soziales System sich entwickeln, erhalten und seine Funktion erfüllen kann. Diese systemischen Eigenschaften gesellschaftlicher Institutionen, die er mit dem AGIL-Schema beschreibt – Anpassung, Zielerreichung (Goal Attainment), Integration und Latenz –, lassen sich grundsätzlich auch in den Modern Commons als differenzierte soziale Systeme identifizieren:

„In gewissem Sinne neigt ein soziales System zu einem ‚stabilen Gleichgewicht‘, zu einer dauerhaften Erhaltung seiner selbst als System und zur Bewahrung eines bestimmten, entweder statischen oder dynamischen strukturellen Musters.“⁴⁹⁹

Parsons und Münch⁵⁰⁰ eröffnen in weiterführenden Arbeiten eine ganzheitliche Perspektive auf kulturelle Entwicklungsprozesse, die neben sozioökonomischen Rahmenbedingungen bewusst den mentalen Überbau und die individuelle Handlungsebene einbezieht. Diese Herangehensweise erscheint für eine differenzierte Betrachtung der kollektiven Gestaltung von Ressourcensystemen und der individuell gesteuerten Entnahme von Ressourceneinheiten als eine sehr geeignete analytische Struktur und als angemessener theoretischer Rahmen für Infrastruktur-Entwicklung. Der handlungsorientierte AGIL-Ansatz lässt sich auf Planung, Entstehung und Nutzung von Infrastruktursysteme übertragen und wird sowohl den lebensweltlichen Funktionen von Infrastrukturnetzen als auch dem abstrakten, oft symbolischen Anspruch nachhaltiger Entwicklung gerecht.

„Wir betrachten soziale Systeme, zusammen mit kulturellen und Persönlichkeitssystemen sowie Verhaltensorganismen, als primäre Bestandteile des allgemeinen Handlungssystems; alle vier Elemente werden im Verhältnis zum konkreten sozialen Interaktionsverhalten durch Abstraktion definiert. Wir behandeln das zweite, dritte und vierte Handlungssystem als Bestandteile der Umwelt des ersten, des sozialen Subsystems.“⁵⁰¹

Der Unterschied zwischen diesen vier Eigenschaften, die Parsons als Subsysteme definiert, ist rein funktionaler Natur und richtet sich nach vier Hauptfunktionen, die von ihm allen Handlungssystemen zugewiesen werden: Normenerhaltung, Integration, Zielverwirklichung und Anpassung. Diese Funktionen wurden aus der allgemeinen Wirtschaftstheorie abgeleitet. Gesteuert über ein generalisiertes Austauschmedium, werden die Subsysteme zu Handlungen miteinander verflochten. Auf der Ebene der Gesellschaft als eines sozialen Systems ist es vor allem eine komplexe Funktion der Politik, im Austausch

ökonomisch sinnvoller erscheinen, als eine vergleichbare Intervention zur Schaffung eines ICE Bahnhofs in Montabaur auf der ICE-Neubaustrecke Frankfurt- Köln.

⁴⁹⁹ Parsons 1986: S. 160.

⁵⁰⁰ Münch, Smelser 1992.

⁵⁰¹ Parsons 2003: S. 12.

mit Wirtschaft und Zivilgesellschaft, in der sich Akteure Mitteln der Kommunikation und Interaktion bedienen und Medien wie Macht, Einfluss, Werte und Kapital verwenden, um Interessen durchzusetzen und ihre jeweiligen Subziele und Oberziele zu erreichen. Für Infrastruktur stehen die vier AGIL-Funktionen und Handlungssysteme im folgenden Verhältnis zueinander:

- **Adaption:** Im Wechsel von Stabilität und Dynamik wurde die Fähigkeit zur Anpassung eines sozialen Systems als eine wesentliche Funktion identifiziert. Nur wenn es einem System⁵⁰² gelingt, sich veränderten Umweltbedingungen anzupassen bzw. sich auf instabile Situationen einzustellen, kann das System fortbestehen. Verkehr, Energie und Kommunikationssysteme unterliegen durch wirtschaftliche, technische, ökologische oder politische Prozesse Veränderungen, die eine Systemanpassung erforderlich machen. Dabei wird Anpassung von Parsons nicht ausschließlich im Sinne der Unterwerfung unter Normen gesehen; für ihn kann Anpassung auch freiwillig sein, wenn sie aus der Fähigkeit resultiert, wechselnde Situationen, z. B. wirtschaftliche, klimatische oder biologische Ereignisse, richtig einzuschätzen und entsprechend flexibel zu reagieren. Adaption wird vor allem von der Wirtschaft getrieben, deren Medium Geld ist. In der Wirtschaft und ihren Infrastrukturen ist die Funktion der Anpassung – Zugang zu Ressourcensystemen – entscheidend für das – wirtschaftliche – Überleben einer Organisation, des Einzelnen bzw. der Gesellschaft als Ganzes.
- **Zielerreichung (*Goal Attainment*):** Notwendige Voraussetzung für die Anpassung eines Systems an seine Umwelt ist die kontinuierliche Überprüfung variierender Zielparаметer, d. h. die Erfüllung der Funktion der Zielverwirklichung, die dem Persönlichkeitssystem zugeordnet wird. In unserer Gesellschaft obliegt die Entwicklung von Zielbildern primär der Politik und zivilgesellschaftlichen Organisationen. Parteien erhalten in Wahlen zeitlich begrenzte Macht, diese Leitbilder zu verwirklichen. Der Zielzustand eines Systems, z. B. eines Infrastruktursystems, liegt dann vor, wenn die Beziehung zwischen dem System und einem in der jeweiligen Situation gegebenen Objekt als stabil bezeichnet werden kann. Stimmt der Zustand eines sozialen Systems nicht mit dessen Zielen und Werten überein, werden von Akteuren Operationen eingeleitet, die erneut einen gleichwohl befristeten Zustand des Gleichgewichts herstellen sollen. Das soziale und übergeordnete Ziel besteht demzufolge im Ausgleich zwischen den Interessen des Systems und Interessen von Gruppen bzw. der Motivation und dem tatsächlichen Verhalten des Einzelnen.
- **Integration:** Voraussetzung für eine gelingende Zielerreichung ist eine ständige Integration verschiedener zielorientierter Prozesse in ein soziokulturelles Gemein-

⁵⁰² z.B. Gesellschaft, Organisationen und dem Einzelnen.

schaftssystem von Gesellschaft, das wiederum selbst handlungsfähig ist. Eine demokratische Gesellschaft ist mithilfe des Dialogs und des Mediums Einfluss in der Lage, ihre Mitglieder davon zu überzeugen, Essenzielles zu bewahren, aber auch Innovationen zu wagen, neue Elemente zu integrieren und die dafür erforderliche Identifikation und Solidarität zu erzeugen. Der Prozess der Integration benötigt eine infrakulturelle Legitimation, auf deren Grundlage er eine Harmonisierung der Interessen der Teileinheiten einer Gesellschaft ermöglicht und damit wiederum der Stabilisierung des sozialen und volkswirtschaftlichen Gesamtsystems dient.

- Latenz, Bewahrung von Mustern (*Latent Pattern Maintenance*): Die Hauptfunktion des kulturellen Systems ist die „treuhänderische“ Bewahrung von latenten Strukturen, d. h. von übergeordneten Normen und Werten. In einer Gesellschaft wird diese im Wortsinn konservative Funktion von Familien, Schulen, Bildungseinrichtungen, Massenmedien, Parteien, Glaubensinstitutionen oder der Justiz wahrgenommen. In der urbanen Moderne werden Wertvorstellungen und Erwartungen einer Community zunehmend auch durch physische Infrastrukturen mitgeprägt: der faktischen Bindungswirkung von Dörfern, Städten und Verkehrsmöglichkeiten und den lebenserhaltenden Infrfunktionen der Infrastrukturnetze. Die kulturellen Kommunikationsformen von Diskurs, Ritualen oder Appellen an eine tradierte Wertbindung – seien sie implizit oder explizit – fungieren als Mittler für Wissen und Gestaltungskompetenz.⁵⁰³ Auch das Verständnis von Tradition, Heimat, Umwelt, Natur und Technik ist Teil von latenten Mustern, die im Spannungsfeld von Dynamik und Stabilität selbst Veränderungen durchlaufen.

In einer Systemperspektive betrachtet beziehen sich die Bewahrung latenter Strukturen und die Integration nach Parsons auf systeminterne Aktivitäten, wohingegen es bei Anpassung und Zielerreichung um Interaktionen eines Systems geht, die nach außen gerichtet sind. Dabei liegen Integration und Zielerreichung eine konkrete Zweck-Ziel-Orientierung zugrunde, während Anpassung und die Bewahrung von Mustern instrumentelle Vorgänge darstellen. Münch⁵⁰⁴ hat in Anknüpfung an Durkheim und Parsons das AGIL-Schema als Bezugsrahmen weiterentwickelt, indem er die Gleichzeitigkeit von individueller Handlungsautonomie und sozialer Ordnung hervorhebt. Er beschreibt dies als eine zentrale Idee der Moderne und legt damit die Grundlage eine Adaption des AGIL-Schemas auf Modern Commons.

So kann der politische Prozess der Infrastruktur-Entwicklung in Koordination mit Akteuren aus Wirtschaft und Zivilgesellschaft durchaus einen rationalen Konsens erreichen

⁵⁰³ Michelsen 2013: S. 209.

⁵⁰⁴ Münch 1992.

und damit kollektives Handeln ermöglichen. Auf personaler Ebene hingegen kann über die Akzeptanz und Nutzung eines Systems durch den Einzelnen (Entnahmedilemma) oder die Allokation des Infrastrukturschattens (Beitragsdilemma) ein eigenständiger Konflikt entstehen, der es erfordert, dass andere Lösungsansätze integriert werden. Für ein soziales Commons-System wie das Handlungsfeld der Entwicklung von Infrastruktursystemen könnte das differenzierte AGIL-Schema in Anlehnung an Münch wie in Abbildung 15 dargestellt aussehen.

Wenn ein Infrastruktursystem durch Veränderungen von Umwelt, Gesellschaft, Bevölkerungsstruktur oder Wirtschaft unter Anpassungsdruck steht, dann beginnt für die Akteure ein komplexer Anpassungsprozess - wie in Abbildung 15 verdeutlicht wird - gemäß dem AGIL-Schema abläuft. Sowohl Wachstum als auch Schrumpfung kann zu zeitlichen oder räumlichen Engpässen in der Bereitstellung von Infracfunktionen führen, was als zunehmender Handlungsdruck zu Anpassungen der Infrastrukturplattform führen wird (Abbildung 15, A oben rechts).

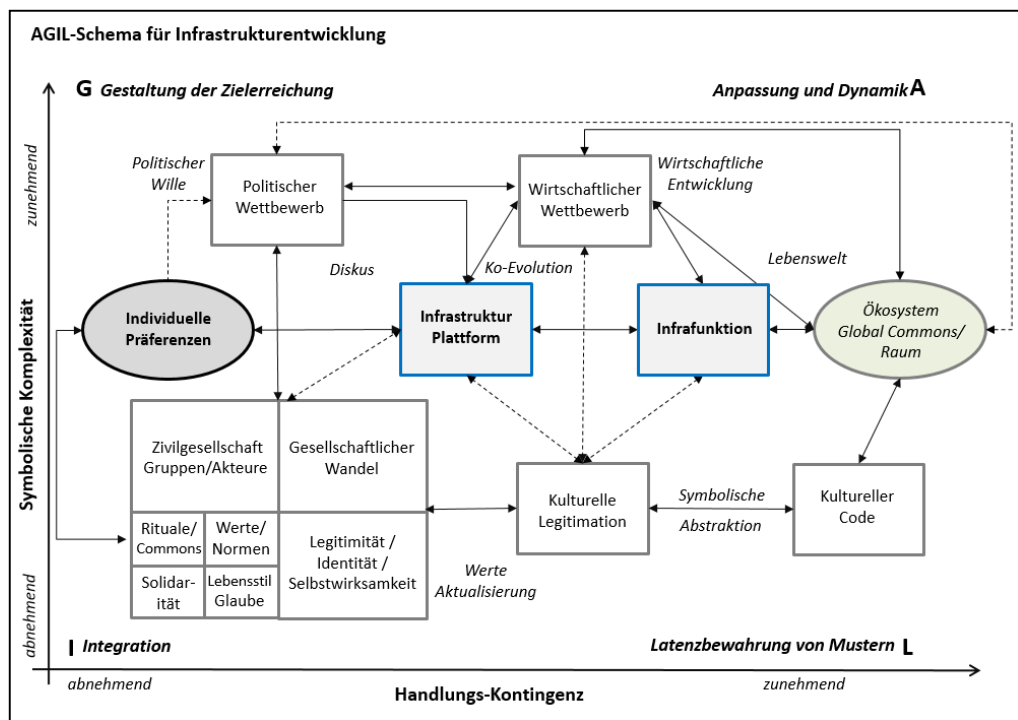


Abbildung 15: AGIL-Schema für Infrastruktur-Entwicklung

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Münch 1992 und Allen 2008⁵⁰⁵

Die fortlaufende Anpassung von Modern-Commons-Systemen erfordert eine politische und infrakulturelle Legitimation, die einerseits über das parlamentarische System und andererseits über den Diskurs mit Institutionen der Zivilgesellschaft gewährleistet wird (Feedback-Linien). Ausgehend vom Individuum (unten links) und seinem sozial referenzierten Selbsterleben (Ego, Dasein, Rituale, Beziehungen, Werte) führen individuelle

⁵⁰⁵ Münch 1992: S. 246, Allen 2008: S. 9

Präferenzen in den spezifischen Rahmenbedingungen sowohl im politischen Wettbewerb (Wahlen/Engagement) als auch im Wirtschaftssystem (Produktion/Konsum/Mobilität) zu Handlungen, die infrastrukturelle Plattformen nutzen und dabei Infrafunktionen in Anspruch nehmen. Darüber hinaus wirkt das Individuum als Bürger je nach Grad der Betroffenheit an der infrakulturellen Legitimation (Mitte) von Infrastrukturanpassungen mit, und zwar unmittelbar über formalisierte Kommunikations- und Beteiligungsprozesse sowie mittelbar durch Konsum- und Mobilitätsverhalten wie auch zivilgesellschaftliches Engagement. Bei der Gestaltung von Infrastruktur-Plattformen stehen den Kapitalinteressen der Wirtschaft (oben Mitte: z. B. Investoren, Betreiber, Industrie) bei Infrastruktursystemen die Gestaltungsmacht der Politik (oben links: z. B. Rahmenbedingungen, Planungsprozesse, Gesetze, Finanzierung, Regulierung) gegenüber. Als Fürsprecher des Ökosystems üben z. B. Parteien, Wissenschaft und NGO ihren Einfluss stellvertretend für Bürger durch Forschung und Lobbying aus (rechts außen: als Feedback). Ein infrakulturell strukturierter Rahmen für diesen Anpassungsprozess beschreibt die Rollen, Instrumente und Kriterien für Nachhaltigkeit, mit denen Interessen transparent bewertet und verhandelt und legitime Ansprüche ausbalanciert werden können. Der Staat muss für mehrstufige Infrastruktursysteme nicht in allen Ebenen ausführender Akteur sein, bei der Gestaltung von Infrastruktur-Plattformen ist er jedoch mehr als ein Sachwalter, er trägt als Gewährleister die Verantwortung für das Gemeinwohl der Bürger, ihre Umwelt und die Wahrung der Interessen künftiger Generationen.

In einem polyzentrischen System wie der Bundesrepublik Deutschland unterliegt der politische Wille zahlreichen regionalen, politischen und realpolitischen Interessen und Einflüssen, die jeweils für sich verständlich und legitim sein mögen, aber insgesamt oft unvereinbar sind. Jede Infrastrukturentscheidung ist anders und die Maßnahmen sind an die spezifische geographische, politische und wirtschaftliche Situation anzupassen. Deshalb ist im Fall der Modern Commons die Systematik und Flexibilität des IAD geeignet, auf spezifische Belange der jeweiligen Akteure einzugehen. Das IDF trägt wesentlich dazu bei, diese wiederkehrenden Prozesse im Sinne der nachhaltigen Governance für Infrastruktursysteme für die Akteure und Institutionen auf unterschiedlichen Ebenen zu systematisieren.

Gesellschaftlicher Wandel bedingt wiederum einen Wandel der akzeptierten Leitbilder und Identitäten, die beispielsweise zwischen global gelebter Individualität, dem traditionellen Leistungsbürgertum und einem lokalen Gemeinsinn urbaner Wahlverwandtschaften oszillieren können, was sich sowohl förderlich als auch hemmend auf eine nachhaltige Infrastruktur-Entwicklung auswirken kann. Die kulturelle Legitimation von Infrastrukturanpassungen ist divers und damit komplexer und aufwendiger geworden.

Das von Ostrom entwickelte Governance-System der Commons⁵⁰⁶ bietet Prinzipien zur gesellschaftlichen Aushandlung und Gestaltung von infrakulturellen Ordnungskriterien an, z. B. Angemessenheit und Gerechtigkeit. Mit der Allokation von Infrastruktursystemen werden Strukturen und Infracfunktionen im Raum auf Jahrzehnte festgelegt. Gleichzeitig sind Bürger und Institutionen der Zivilgesellschaft von tradierten Werten und Normen geprägt, die in individuellen Lebensstilen und Ritualen praktiziert werden und sich in der deutschen Nachkriegs- und Wohlstandsgesellschaft auf einem geteilten Verständnis von Legitimität und Solidarität von öffentlichem Handeln gründen. Durch eine Aktualisierung von Werten und Leitbildern haben sich der wahrgenommene Nutzen und die Beurteilung der Notwendigkeit von Infrastrukturmaßnahmen verändert. Ebenso können sich individuelle Präferenzen in Bezug auf die lebensweltliche Infrastrukturnutzung in einer individualisierten Gesellschaft und von der Einstellung zu konkreten Infrastrukturmaßnahmen entkoppeln.

Technik und Institutionen ersetzen nicht den Prozess der Entwicklung oder die Aktualisierung gesellschaftlich akzeptierter Ziele. Diese Entwicklung erfolgt polyzentrisch und pluralistisch, was die Bedeutung von Beteiligung an gemeinschaftlichen Gestaltungsprozessen für Modern-Commons-Systeme unterstreicht:

„Ebenso wenig wird sie (die technische Entwicklung.) nur durch mächtige gesellschaftliche Akteure bestimmt, die Kapitalflüsse steuern und bestimmte politische Ziele verfolgen. Mindestens genauso wichtig ist – gerade für die Zukunft der Commons –, ob sich Individuen und Gemeinschaften, die nicht zur Elite gehören, den politischen Vorgaben der Technik unterwerfen oder Widerstand gegen sie leisten.“⁵⁰⁷

Da soziotechnische Systeme von Technik und ihrer Funktionalität geprägt werden, erscheint es notwendig, potenzielle Hindernisse für deren Akzeptanz oder mögliche Auslöser für Widerstand im Lebenszyklus zu identifizieren und frühzeitig gemeinsam mit den Akteuren nach Lösungen zu suchen.

4.2.1 Soziotechnische Wechselwirkungen

Die in Kapitel 2 aufgezeigten Commons-Dilemmata für Infrastrukturnetze lassen sich im Verkehrsbereich für die einzelnen Phasen des Infrastruktur-Lebenszyklus jeweils zentralen und dezentralen Akteure zuordnen. Große Verkehrssysteme wie die bundeseigene Deutsche Bahn AG sind stärker von zentralen Strukturen und Prozessen abhängig als regionale Betreiber von Ladesäulen oder private Datenbroker. Dennoch besteht bei den dezentralen Akteuren ein starkes öffentliches Interesse daran, dass kompatible und offene Standards sowie verlässliche Zugangs- und Nutzungsreglements für die Systemnutzer durchgesetzt werden.

⁵⁰⁶ Ostrom 1990

⁵⁰⁷ Tennenberg 2012: S. 119.

Gemäß den Phasen des Lebenszyklus sollte es das Ziel einer nachhaltigen Governance sein, sowohl die Systemgestaltung nach ökonomischen, sozialen und ökologischen Aspekten auszurichten als auch die Anforderungen, die eine solche Ausrichtung an die Betriebsphase von Infrastruktur-Plattformen stellt, anhand von transparent definierten Kriterien in einem systematischen Prozess mit den Interessen der Akteure vor Ort in Einklang zu bringen.

Gestaltungsebenen für Akteure im Systemlebenszyklus (Exemplarisch Verkehrsnetze)						
Handlungsphase/ Dilemmata	I. Bedarf	II. Planung	III. Errichtung	IV. Nutzung	V. Transformation	VI. Ersatz/Rückbau
1. Asymmetrie der Nutzen (System)	Hybrider Prozess	zentrale Akteure		Hybrider Prozess	Hybrider Prozess	
2. Asynchronität der Ereignisse	Hybrider Prozess	zentrale Akteure		Hybrider Prozess	Hybrider Prozess	dezentrale Akteure
3. Allokation der Ressourcen /Finanz.	Hybrider Prozess	zentrale Akteure		Hybrider Prozess	Hybrider Prozess	Hybrider Prozess
4. Aversität gegen Innovationen	Hybrider Prozess	Hybrider Prozess		Hybrider Prozess	Hybrider Prozess	
5. Alienation von Systemfolgen	Hybrider Prozess	Hybrider Prozess		Hybrider Prozess	Hybrider Prozess	Hybrider Prozess
6. Akzeptanz des Ressourcensystems	Hybrider Prozess	Hybrider Prozess				Hybrider Prozess

Federführung ■ zentrale Akteure □ dezentrale Akteure ▨ Hybrider Prozess

Tabelle 21: Dilemmata und Gestaltungsebenen
Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Tab. 10 und Abb. 13

Als Soziologe begründete Mumford in *Technology and Culture*⁵⁰⁸ die These, dass Technologien und damit auch Infrastruktursysteme ökonomische und soziale Beziehungen beeinflussen sowie politische Eigenschaften aufweisen.⁵⁰⁹

„(M)eine These [ist], dass vom nahen Osten der Jungsteinzeit bis zu unserer Zeit zwei Arten von Technik nebeneinander existieren: eine war autoritär, die andere demokratisch. Während die erste auf das herrschende System ausgerichtet und mächtig, aber instabil war, ging die zweite von den Menschen aus und war relativ schwach, aber einflussreich und widerstandsfähig.“⁵¹⁰

Mumford unterscheidet dabei, wie Tennenberg ausführt, „autoritäre“, also von oben verordnete Technik, wie sie bei Infrastrukturprojekten zur Anwendung kommt, und die „demokratische“ Technik: „Trotzdem kann die politische Natur der Technik leicht übersehen werden, ebenso ihr Einfluss auf die Commons, obwohl sie deren Elemente berührt: Beteiligte, Kontrolle und Information.“⁵¹¹

Je stärker eine Technik von den Herrschenden durchgesetzt wird, desto instabiler wird das System, während demokratische Technik flexibler, innovativer und im Bedarfsfall widerstandsfähiger sein kann. In einer Antwort auf Mumfords These schreibt Winner⁵¹², dass Technologien von Akteuren durchaus politisch eingesetzt werden können, um

⁵⁰⁸ Mumford 1964

⁵⁰⁹ die in Kapitel 3.3 beschriebenen infrakulturellen Epochen belegen einen engen Zusammenhang.

⁵¹⁰ Tennenberg 2012: S. 113.

⁵¹¹ Tennenberg 2012: S. 119.

⁵¹² Winner 1980.

spezifische Probleme zu lösen, aber die Technik an sich ein beliebig einsetzbares Mittel darstellt und damit nicht zwingend politisch ist:

“First are instances in which the invention, design, or arrangement of a specific technical device or system becomes a way of settling an issue in a particular community. (...) Second are cases of what can be called inherently political technologies, man-made systems that appear to require, or be strongly compatible with, a particular kind of political relationships.”⁵¹³

Am Beispiel der öffentlichen Verkehrssysteme belegt Winner, dass die physischen Barrieren für Mobilitätseingeschränkte an Bussen, Bahnen, Treppen und Bordsteinen zwar seit Beginn des modernen Städtebaus real vorhanden sind, aber eher auf Vernachlässigung der besonderen Bedürfnisse dieser Nutzergruppe als auf eine willentliche oder ökonomische Diskriminierung zurückgehen. Nachdem dieser Missstand ins öffentliche Bewusstsein gelangt sei, seien Gesetze, Vorschriften und Technik den Bedürfnissen dieser Minderheit angepasst worden.⁵¹⁴ Der geringe Fortschritt in der Barrierefreiheit über 35 Jahre später zeigt, dass ohne entsprechenden politischen Willen und die ökonomischen Ressourcen die Macht der Erkenntnis nicht zur Realisierung ausreicht. Ökonomischer Einfluss und politische Macht hingegen können *de facto* eine – wie auch immer begründete – präferierte Infrastrukturgestaltung gegen scheinbar bessere Alternativen durchsetzen, sofern kein zivilgesellschaftlicher Protest oder ein Gericht dies verhindert. Tennenberg führt aus: „Technik, Politik und mächtige gesellschaftliche Akteure und die Anwender vor Ort beeinflussen sich gegenseitig.“⁵¹⁵ Modern Commons sind ein Produkt kollektiv errichteter und genutzter technischer Systeme, die gleichermaßen soziales Konstrukt und Ergebnis politischer und wirtschaftlicher Prozesse sind. Dieser Zusammenhang von Wirtschaft und Sozialem hat sich bis in die heutige Marktwirtschaft als politisch legitimerter und differenzierter Interessenausgleich weiterentwickelt. Bereits in den 1960er Jahren weist Jochimsen auf diese Verbindung und die Notwendigkeit der Integration sozialer und kultureller Aspekte in wirtschaftliche und technische Infrastruktur-Entscheidungen von gesellschaftlicher Tragweite hin: „Die zeitliche Perspektive der Marktwirtschaft ist sinnvoll nur zu erklären, wenn „Kultur“, „Technik“, „Staat“ und andere „Bereiche“ menschlichen Zusammenlebens einbezogen werden.“⁵¹⁶

Die Wechselwirkung von kultureller Entwicklung, Infrastruktur und Technik wird durch den Markt ebenso wie durch Macht, Geld, externe Umwelteinflüsse und/oder Systembrüche beschleunigt. Soziales Kapital, Ressourcen, Arbeitskraft und Wissen sind die Mittel, die zur Lösung von infrastrukturellen Engpässen und Herausforderungen zur Verfügung stehen und den herrschenden nachhaltigen oder kurzfristig auf

⁵¹³ Winner 1980: S. 123.

⁵¹⁴ Winner 1980: S. 125.

⁵¹⁵ Tennenberg 2012: S. 113.

⁵¹⁶ Jochimsen 1966: S. 145.

Gewinnmaximierung ausgelegten Wertesystemen entsprechend für Innovation oder Systemerhalt eingesetzt werden. Die Entwicklung der Infrastruktursysteme erfolgt über sehr lange Zeiträume als emergenter Prozess und ist ein soziokulturelles Produkt einer expliziten oder impliziten *Infrakultur*, die das Zusammenspiel zwischen Akteuren, Technik und Umwelt im Interesse der Nachhaltigkeit reguliert. Deshalb lassen sich die Bauprinzipien, Rollenmodelle und Kontrollmechanismen für Commons auch für die Gestaltung und Nutzung von soziotechnischen Infrastruktursystemen anwenden.⁵¹⁷

Als Fazit festzuhalten ist, dass der Zweck der mehrstufigen Infrastruktursysteme in der effektiven Befriedigung von physiologischen, ökonomischen und sozialen Bedürfnissen einer Gesellschaft und ihrer Akteure insbesondere darin liegt, das Dasein der Bevölkerung zu schützen, sie zu unterstützen, ihre Versorgung sicherzustellen und die ihr zugehörigen Individuen mit Mitmenschen zu verbinden. Infrastruktur ist dabei weder rein „von oben“ bestimmte Technik noch das zufällige Ergebnis eines Bottom-up-Prozesses. Sie ist in der Moderne meist ein demokratisch legitimes soziales Konstrukt, das sowohl Ersteller und Nutzer als auch nicht ausschließbare Nutznießer kennt. Dass die Akteure moderner Gesellschaften auf leistungsfähige Infrastruktursysteme angewiesen sind, manifestiert sich auch in den umfangreichen zumeist staatlichen Investitionen und darin, dass die Telekommunikations-, Energie- und Mobilitätsnetze in Europa Teil der Daseinsvorsorge sind und als solche einer ordnungspolitischen Regulierung unterliegen.

Infrastruktur wirkt einerseits verstärkend auf physiologische, soziale und ökonomische Prozesse und fungiert andererseits als ein Spiegel der Erwartungen an Wohlstand und Lebensqualität. Als Katalysator für Wertschöpfung vernetzt die Infrastruktur *Up-Stream* verschiedene Angebote mit der dynamischen Nachfrage *Down-Stream*, die beide dafür nach dem Stand des Wissens für Jahrzehnte im Voraus antizipiert werden. Gleichzeitig beeinflusst Infrastruktur – abhängig von Lebensstilen und Bevölkerung – als positive und negative Rückkopplung die anthropogenen Einwirkungen auf das Ökosystem.

4.2.2 Infrakultureller Bezugsrahmen für Analyse und Entwicklung

Infrastrukturnetze werden für spezifischen Zwecke entwickelt. Für die Entwicklung von Infrastruktur können gesellschaftliche Einflussfaktoren und Treiber identifiziert werden:

- ein stabiles politisches Umfeld und Institutionen,
- konkrete natürliche Herausforderungen – wie die Überwindung eines Hindernisses, z. B. mittels einer Brücke –
- neue und verfügbare Technologien
- die Investitionsbereitschaft des Staates und von Privaten und

⁵¹⁷ Tennenberg 2012: S. 114.

- eine gemeinsame – aus den Belief-Systemen der Führung oder der Bevölkerung gespeiste – Zielvorstellungen.

Diese sollen in einem multidimensionalen Bezugssystem für nachhaltige Infrastruktur-Entwicklung zusammengeführt werden. Einen vergleichbaren Bezugsrahmen für Commons-Ressourcensysteme, IAD genannt, hat Ostrom zur Analyse und Optimierung von Entwicklungen herausgearbeitet:

“The framework helps identify multiple variables that potentially affect the structure of action situations; the resulting interactions between the governance systems; the actions of the resource users and the resource system; and the outcomes in terms of the sustainable management of the resource.”⁵¹⁸

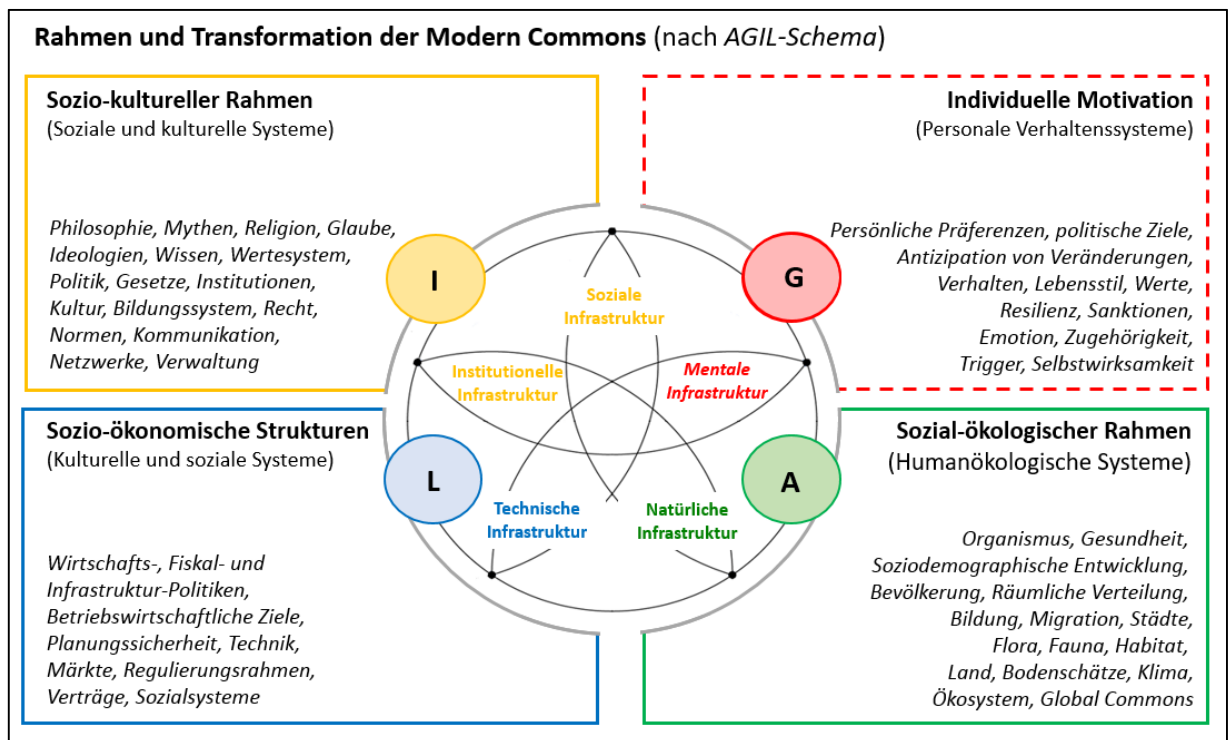


Abbildung 16: Rahmen und Transformation der Modern Commons
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Allen 2008: S. 7ff

Für jede Infrastruktur-Entwicklung existiert implizit oder explizit ein infrakultureller Bezugsrahmen, der in Abbildung 16 dargestellt wird. Dieser bildet neben der IAD-Variablen⁵¹⁹ den inhaltlichen Kern des IDF (Infracultural Analysis and Development Framework) zur Analyse und Gestaltung von Modern-Commons-Systemen. Ausgehend von den relevanten Theorien von Ostrom⁵²⁰, Parsons⁵²¹, Münch⁵²² und Allen⁵²³ zur Transformation sozialer Systeme besteht dieser Rahmen für Modern Commons aus vier interdependenten Systemen:

⁵¹⁸ Ostrom 2012: S. 71.

⁵¹⁹ Tabelle 20

⁵²⁰ Ostrom 2012.

⁵²¹ Parsons 1951.

⁵²² Münch, Smelser 1992.

⁵²³ Allen 1997.

- dem soziokulturellen Rahmen,
- den sozioökonomischen Strukturen,
- dem sozialökologischen Rahmen und
- der individuellen Motivation der Akteure,

wobei letztere jedoch kein soziales System im theoretischen Sinne, sondern ein personales Verhaltenssystem ist.

Das erste System, der soziokulturelle Kontext, ist kultureller Natur, da es auf gesellschaftlichen Mythen und Leitbildern, Religion und Glaubenssystem sowie Ideologien, dem Wissen der Zeit und dem vereinbarten Geld- und Wertesystem basiert. Der soziokulturelle Rahmen ist ein emergentes Produkt von Politik, Gesetzen und gesellschaftlichen Institutionen sowie der jeweiligen Kultur, die über das Bildungssystem und Medien vermittelt wird. Bestehende Normen und das Rechtsverständnis, die über Verwaltung sowie formelle und informelle Netzwerke der Zivilgesellschaft weitergegeben werden, sind ebenfalls dem soziokulturellen Rahmen hinzuzurechnen. Die sozioökonomischen Strukturen als zweites System stellen das kulturelle System der *Techonomy* dar, das durch Wirtschafts-, Fiskal- und Infrastrukturpolitik, die volkswirtschaftlichen Ziele – beispielsweise Geldwertstabilität und solide Haushaltsführung, Wachstum und niedrige Arbeitslosigkeit sowie eine aktive Handelsbilanz – und politische Programme wie die digitale Agenda oder die Energiewende geprägt wird. Unternehmen verfolgen primär betriebswirtschaftliche Ziele, erwarten verlässliche Rahmenbedingungen, Planungssicherheit, adäquate Regulierung und attraktive Renditen. Um dies sicherzustellen, gibt es geeignete Technologien für Produktion und Infrastruktur und es werden Institutionen wie Märkte und Verträge etabliert, die im modernen Europa auch die generationenübergreifenden Sozialsysteme umfassen.

Das humanökologische als drittes System⁵²⁴ setzt den sozialökologischen Rahmen für Möglichkeitsräume. Die Bevölkerung in ihrer räumlichen und soziodemographischen Struktur ist dabei eine Ausgangsgröße, welche die Grundlage für mannigfache Bedürfnisse und Nachfrage darstellt. Bildung, Migration sowie urbane und rurale Siedlungsstrukturen sind wesentliche Einflussfaktoren für den kollektiven Eintrag ins Ökosystem, das den gesellschaftlichen Metabolismus und den stofflichen Austausch mit Flora, Fauna, Habitat sowie die Global Commons wie Bodenschätze, Klima und Boden beinhaltet. Entscheidenden Einfluss auf die Gestaltung und Nutzung von Technik und Infrastrukturen wird viertens durch individuelle Motivationen und Präferenzen, das personale Verhaltenssystem ausgeübt. Menschen handeln interessengeleitet, wobei ihre Interessen nicht auf den materiellen Bereich begrenzt sind. Werte und Möglichkeiten prägen

⁵²⁴Allen 1997.

individuelles Verhalten und Lebensstile. Auch die persönliche Motivation ist von einem sozialen Kontext geleitet, der Anreize und Sanktionen beinhaltet sowie rationale, emotionale und soziale Motive kennt. Dabei bieten kulturelle Systeme eine Vielzahl von Handlungsimpulsen, die sich wiederum reflexiv in den Möglichkeitsräumen entfalten. Individuelle und kollektive Mobilität ist ein zentraler Ausdruck von Identität, Beziehungen und persönlichem Lebensstil, welche erst durch den Zugang zu Infrastruktursystemen ermöglicht werden.

Für die Transformation von Infrastruktursystemen sind die AGIL-Funktionen reflexiv zu betrachten, d. h., im Gegensatz zu Parsons Systembeschreibung können fallweise die technischen Strukturen stabilisierend wirken und die organische Umwelt Auslöser für Anpassungsbedarf sein, individuelles Verhalten setzt gegenüber der Politik normative Ziele, die durch die soziokulturellen Instanzen integriert werden. Anpassungsbedarf kann aber auch durch wirtschaftliche und politische Rahmensetzungen und Veränderungen induziert werden.

4.3 Kriterien für Nachhaltigkeit am Beispiel Mobilitätssektor

Wie ein polyzentrischer Prozess zur Entwicklung von Nachhaltigkeitskriterien aussehen kann, soll an konkreten Beispielen untersucht werden, da aus einer abstrakten Einigung auf Nachhaltigkeitsziele selten konkrete und verbindliche Handlungsrichtlinien hervorgehen. Das Bundesministerium für Bauen, Stadtentwicklung und Verkehr hat 2012 in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft einen „Leitfaden für Nachhaltiges Bauen“⁵²⁵ zur Realisierung der Nachhaltigkeitsziele der Regierung erstellt. Eine entsprechende Anwendung von Nachhaltigkeitskriterien für Mobilität in Analogie zum Städtebau – in einem ersten Schritt begrenzt auf eine nachhaltige Bauplanung und -ausführung für Straße, Schiene oder Bahnhöfe – steht noch aus. Das ökonomische Potenzial für Nachhaltigkeit im Prozess der Errichtung von Verkehrsinfrastruktur wurde von der Daehre-Kommission⁵²⁶ auf rund 5 Mrd. Euro beziffert.

Das DLR hat ein systemisches Modell für eine quantitativ und qualitativ umfassende Bewertung von Infrastrukturmaßnahmen entwickelt, um rechnergestützt Varianten von Schieneninfrastruktur und Fahrplangestaltung in Bezug auf volkswirtschaftliche, betriebliche, betriebswirtschaftliche und ökologische Folgen kostengünstig vergleichen zu können. Dieser umfassende Ansatz ist auch für andere Verkehrsträger ausbaufähig.⁵²⁷

2009 wurde vom global agierenden Infrastrukturausrüster Siemens ein Städteranking für Nachhaltigkeit entwickelt, der „Green City Index“, der auf der Hannover Messe 2012 mit

⁵²⁵ Leitfaden für Nachhaltiges Bauen BMVBS 2012.

⁵²⁶ Daehre, 2014, Hochrechnung Daehre Kommission Dezember 2013.

⁵²⁷ DLR 2012, Railonomics.

umweltrelevanten Daten für weltweit ca. 120 Städte vorgestellt wurde. Die Kriterien zur Beurteilung der Umweltfreundlichkeit bzw. des ökologischen Fußabdruckes der Stadt sind der messbare Status von CO₂-Emissionen, Energieversorgung, Gebäudequalität, Verkehrssystemen, Abfallwirtschaft, Landnutzung, Luftqualität und Umweltmanagement. Daraus entstand ein komparatives Ranking der Städte, das Verantwortlichen in Industrie, Politik und Stadtverwaltung sowie Umweltverbänden und interessierten Bürgern die relative Position ihrer Stadt zu anderen Großstädten aufzeigt und Handlungsbedarf auf lokaler Ebene darstellt. In Deutschland wurden zwölf Großstädte nach dem Green City Index beurteilt.⁵²⁸

Bei aller Kritik an der konkreten Methodik kann ein Index Bewusstsein wecken und in Bezug auf mögliche Strategien für die Transformation der Modern-Commons-Systeme eine Orientierungsfunktion wahrnehmen. Um abstrakte globale Umweltherausforderungen wie den Klimawandel zu bewältigen, müssen öffentliche Hand und Bürger die lokalen Schwierigkeiten erkennen und systematisch angehen. Konkrete Maßnahmen wie die Verringerung der Emissionen, die Förderung von Elektromobilität und Recycling, die Kanalisierung von Waren- und Verkehrsströmen oder die Begrenzung von urbaner Zersiedlung stellen immer auch einen Eingriff in die lebensweltliche Autonomie der Bürger dar. Nur mit einem transparenten und nachvollziehbaren Zielsystem kann der Einzelne seinen Beitrag zur kollektiv angestrebten Verbesserung einschätzen. Ein zentrales Ergebnis dieser „Infrastructure & Cities“-Initiative von Siemens war, dass jede Bewertung die öffentliche Debatte in den betroffenen Städten inspiriert und die Kommunikation und Suche nach nachhaltigen Lösungsstrategien fördern kann. Im europäischen Green City Index konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen zivilgesellschaftlichem Engagement der Bürger und der Position einer Stadt im Index festgestellt werden. Obwohl Rankings keine Handlungsanweisungen beinhalten, unterstützen die Ergebnisse öffentliche Diskurse und erhöhen die Zielfokussierung von öffentlichem und privatem Engagement für eine nachhaltige Entwicklung einer Metropolregion.

Die Problematik der Zieltransparenz lässt sich auch auf mehrstufige Infrastrukturen übertragen, wie Renn⁵²⁹ in Studien z. B. zu überregionalen Verkehrsprojekten feststellt. Er identifiziert für die soziale Akzeptanz von Infrastrukturprojekten Bewertungskategorien und Prozesskriterien, die je nach Projekt und betrachteter Technologie unterschiedlich ausgeprägt sein können. Renns neun prozessorientierten Bewertungs- und Handlungskategorien⁵³⁰ bilden eine empirisch gestützte Grundlage für infrakulturelle Entscheidungsprozesse:

⁵²⁸ Siemens, EIU 2012.

⁵²⁹ Renn 2013.

⁵³⁰ Renn 2013: S. 4.

- Vertrauen in Institutionen und Organisationen zu schaffen,
- volks- und energiewirtschaftliche Aspekte zu bewerten,
- individuelle ökonomische Betroffenheit zu beachten und einzuordnen,
- Umweltschutzaspekte (Klima, Artenvielfalt, Naturzerstörung) zu berücksichtigen,
- soziale und ethische Aspekte in die Bewertung einzubeziehen,
- technische Machbarkeit unter Einbeziehung von Alternativen zu prüfen,
- gesundheitliche Risiken zu eruieren und zu reduzieren,
- das Phänomen von „not in my backyard“ (NIMBY) zu verstehen und letztlich
- das reale oder gefühlte Katastrophenpotenzial für ein Projekt zu adressieren.

Eine infrakulturell übergeordnete Zielsetzung könnte es sein, Infrastruktursysteme für ressourcenschonende und nachhaltige Mobilität zu realisieren. Regenerative Energieversorgung und Klimaschutz sind in Deutschland von größter Bedeutung. Demgegenüber besteht ein anhaltender Trend zu mehr Mobilität in Verbindung mit einer extrem erweiterten Funktionalität elektronischer, vor allem mobiler Endgeräte. Daraus entsteht ein Bedarf an innovativen Lösungen, wie beispielsweise Automatisierung und Vernetzung von Fahrzeugen und Infrastruktur, die den effizienten Umgang mit Energieressourcen und eine Entlastung von Stadträumen und Umwelt von vermeidbarem Verkehr ermöglichen.

Gemäß der arbeitsteiligen Logik des Internets werden digitale Vernetzung und interaktive Echtzeittechnologien die Rolle und das Verhalten der Verbraucher grundlegend verändern, indem sie Systemnutzer von passiven und endverbrauchenden Konsumenten zu interaktiv vernetzten Prosumenten⁵³¹ wandeln. Der mobile Nutzer generiert große Mengen von Daten und stellt diese den transformativen Verkehrsmanagementsystemen zur Verfügung. Mittlerweile ist ein Nutzer vorstellbar, der sein Elektroauto an ein Smart Grid koppelt und so zur Speicherung und flexiblen Bereitstellung von Energie beiträgt, oder ein Mobilitätsnutzer, der selbst kein Auto mehr besitzt, sondern Fahrzeuge Dritter (privater oder kommerzieller Anbieter) für seine Wege spontan mietet und als aktiver Car- oder Ridesharer seine Wege und Mobilität dynamisch und digital von unterwegs organisiert. Dies ist die greifbare Realisierung einer Vision, die Hauben 1996 als den vernetzten „Netizen“ beschrieben hat:

“In addition to the living body of resources this diversity of Netizens represents, there is also a continual growing body of digitized data that forms another body of resources. Whether it is Netizens digitizing great literature of the past (e.g., the Gutenberg Project, Project Bartleby), or it is people gathering otherwise obscure or non-mainstream material (e.g., various religions, unusual hobbies, gay lifestyle, fringe) or if it is Netizens contributing new and original material, the Net follows in the great tradition of other public institutions, such as the public library or the principle behind public education. The Net shares with these institutions, that they serve the general populace.”⁵³²

⁵³¹ Posumer s. Toffler 1980.

⁵³² Hauben 1996.

Wachstum und Mobilität sind seit den Anfängen der arbeitsteiligen Wirtschaft untrennbar miteinander verbunden. Durch die Automatisierung des Verkehrssektors, Künstliche Intelligenz und eine systemübergreifende intermodale Optimierung von Infrastruktur und Verkehrsströmen entstehen Potenziale zur umfassenden Transformation mit einem signifikanten Gewinn an Effizienz, Qualität und Nachhaltigkeit für Nutzer und Betreiber.

Der erste Schritt ist die Entwicklung geeigneter Kriterien und Prioritäten anhand des beschriebenen infrakulturellen Prozesses. Dieser systematische Prozess kann inhaltlich nur schematisch vorgezeichnet werden und muss von den lokalen Akteuren – insbesondere Wirtschaft und auch Repräsentanten der Zivilgesellschaft – als sinnvoll anerkannt und von der Politik mitgetragen werden. So kann anhand der aufgezeigten Entscheidungsdimensionen vor Ort ein Ergebnis aushandelt werden, dass nach seiner diskursiven Erarbeitung auch über mehrere Wahlperioden und verschiedene Verwaltungsebenen normative Gestaltungskraft entwickeln kann. Für einen solchen multilateralen Dialogprozess bietet das IDF einen verlässlichen Analyse- und Diskursrahmen, der in Bezug auf Vorgehen, Zieldimensionen und Akzeptanz von Modern-Commons-Systemen durch internationale Benchmark-Prozesse und Bildungsinhalte, die ein ganzheitliches Verständnis von Infrastruktursystemen ermöglichen, unterstützt werden kann.

In einem zweiten Schritt werden auf der Systemebene zukünftige Anforderungen an die Infrastrukturnetze abgeleitet und, bezogen auf die jeweiligen Gesamtnetze – Schiene, Straße, Energie, Kommunikation –, komplementäre und substituierende Effekte sowie positive und negative Wechselwirkungen in den wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Systemen bewertet. Zur Überprüfung der zunehmenden Konvergenz der Infrastrukturnetze werden Beispiele für Vernetzung, Interdependenz und Substitution anhand von Wertschöpfungsketten und Wertschöpfungsanalogien systematisch erfasst und analysiert. Das sind beispielsweise:

- langfristige Klimawirkung und Verfügbarkeit erneuerbarer Energien,
- Veränderung von Raum-/Nachfragestrukturen z. B. durch demographischen Wandel,
- Entwicklung von intermodal vernetzten Angeboten und verändertes Mobilitätsverhalten,
- nachhaltige Finanzierung, einschließlich Systemwartung und -erneuerung.

In einem dritten Schritt beginnt die spezifische Planung der Infrastrukturmaßnahme vor Ort unter Berücksichtigung von Finanzierung, Zugangsrechten, Externalitäten und Folgekosten. Auch wenn Ziele dabei nicht durchgehend quantifiziert werden können, ist i. d. R. in jeder Zieldimension eine qualitative Abwägung der Varianten diskursiv leistbar – als Beitrag zu mehr oder weniger Nachhaltigkeit der Mobilität. Allein der strukturierte

Diskurs zwischen Akteuren trägt zu einer transparenten Willensbildung bei und wird zu einem Selbstwirksamkeitserlebnis für die Beteiligten.

4.3.1 Entwurf eines Zielsystems für Nachhaltigkeit

Infrastruktursysteme sind komplexe und vertrauensbasierte „Ökosysteme“,⁵³³ die immer stark von physischen Komponenten und der räumlichen Verortung geprägt werden. Als Basis der Entwicklung einer Modern-Commons-Theorie wurden die für Infrastruktur-Entwicklung relevanten sozialen Nutzendimensionen und die damit verbundenen multidimensionalen Wertvorstellungen (Belief-Systeme) zu veranschaulichen versucht. Dabei geht es im ersten Schritt der Modellbildung nicht um eine konkrete Infrastruktur, sondern um die Entstehung und Entwicklung der Infrastruktursysteme selbst. Obwohl sich die physischen Elemente leichter an Bedürfnissen des Individuums und einer örtlichen Infrastruktur erklären lassen, wird der Versuch unternommen, diese immateriellen Dimensionen auch in Bezug auf Transaktionen und Kommunikation in den mehrstufigen Infrastrukturnetzen, die im Zentrum vorliegender Arbeit stehen, nachzuweisen.

Deren Ziel würde verfehlt, wenn sämtliche Interaktionen von Infrastruktursystemen als sozialökologische Systeme (SES) mit Institutionen, Menschen, Umwelt und gesellschaftlichen Wertesystemen vollständig erfasst und in ein Modell einzubringen versucht würde. Um dem Anspruch einer multidimensionalen Nachhaltigkeitsbewertung näher zu kommen, ist es jedoch unerlässlich, die unterschiedlichen Dimensionen eines Modells als Gesamtheit und aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten, um ihr Zusammenwirken, mögliche Synergien und Dilemmata zu erfassen (s. Abb. 3). Obwohl die Maßstäbe und Entscheidungskriterien sich in diesen drei scheinbar autonom agierenden Sphären deutlich unterscheiden, sind alle drei Sphären mit ihren Spezifika Grundlage und Rahmen für Planung, Entwicklung und Betrieb von Infrastruktursystemen. Es ist Teil des Infrastrukturdilemmas, dass über die sehr langen Zeiträume, in denen Infrastruktursysteme wirken, die heterogenen Wirkmechanismen, Effekte und Anreizsysteme nur mit hohem Aufwand zu erfassen und kaum in einem Entscheidungssystem vergleichbar abzubilden sind. Dennoch sind im Rahmen der Entscheidungsfindung bereits Konsequenzen und Folgen zu erkennen. Daraus können abhängig vom jeweiligen Standpunkt der Akteure Präferenzen und Prioritäten abgeleitet werden.

Es liegt nahe, dass aus reinen Effizienzüberlegungen eines Infrastrukturbetreibers Einzelinteressen, die einer dieser drei Sphären zugeordnet werden können, im Entscheidungsprozess für Infrastrukturmaßnahmen die Sachentscheidung dominieren, wenn nicht vorher mit dem Infrastruktureigentümer sowie Nutzern und Anwohnern verbindliche Rahmen und Entscheidungskriterien vereinbart worden sind. Hier könnte eine

⁵³³ Nachira 2002 S: 11.

permanente Dominanz der Techonomy vermutet werden, aber die realen Diskussionen um infrastrukturelle Großprojekte wie NEAT, Stuttgart 21, die Y-Trasse oder die Rennsteig-Tunnel zeigen, wie lokale Bürgerinteressen oder Umweltschutzaufgaben den Projektverlauf beeinflussen, verzögern oder sogar verhindern können. Bei Funktionieren der Institutionen wird der effizienzorientierte Top-down-Ansatz der Techonomy durch den gemeinwohlorientierten Bottom-up-Prozess der sozialen Sphäre (Gesellschaft) ergänzt, weil durch ihre oft lokal organisierten Akteure die Erfordernisse sowohl zukünftiger Generationen als auch der Ökosphäre konkreter vertreten werden können. Auch global auf politischer Ebene vereinbarte Klimaziele müssen lokal mit Maßnahmen hinterlegt und mit Wirtschaft und Bürgern vor Ort realisiert werden.

Die drei Sphären der Techonomy, Gesellschaft und Ökosphäre sind in Bezug auf Infrastruktur interdependent und stehen in ständigen Wechselbeziehungen, die im Modell als Kommunikation, Metabolismus und Transformation bezeichnet werden. Das Zusammenwirken dieser drei Sphären beschreibt die Rahmenbedingungen und Ziele für Infrastruktur-Entwicklung und wird deshalb umfassend als *Infrakultur* bezeichnet. Da Infrastruktur-Entwicklung immer die gesellschaftliche Erwartung an Wohlstand und Lebensqualität sowie die jeweils gültige Infrakultur widerspiegelt, kann angenommen werden, dass sich ein Staat intentional oder absichtsfrei im Idealfall die Infrastrukturen leistet, d. h. schafft, betreibt und erhält, deren Nutzen mit den kollektiven Zielen, Werten und Glaubenssystemen (Belief-Systemen) kohärent ist. Bijker, Hughes und Pinch zeigen anhand verschiedener technischer Entwicklungsprozesse, wie stark diese Prozesse von sozialen Erwartungen, Kontexten und Bedeutungszuschreibungen abhängig sind.⁵³⁴ Ökonomisch ist davon auszugehen, dass die geplanten Investitionen und die Folgekosten einer Infrastruktur als Ressourcensystem den erwarteten Nutzen nicht übersteigen dürfen, was aufgrund unvollständiger Informationen über den langen Zeitraum nur schwer für die finanziellen Kosten und Erlöse abzubilden ist und aufgrund fehlender Daten und Transparenz sämtlicher externer Effekte für externe Kosten und unvorhersehbare Entwicklungen als nicht leistbar anzusehen ist. In der realen Politik wird deshalb oft die ökonomische Machbarkeit – unter vereinfachten Annahmen – als maßgeblich für eine Infrastrukturentscheidung herangezogen. Soziale, volkswirtschaftliche oder ökologische Belange, die nicht effektiv internalisiert werden können, werden dabei allein schon aus methodischen Gründen vernachlässigt. Dennoch kann grundsätzlich festgestellt werden, dass offene oder verdeckte Infrastrukturkosten als gesellschaftliche Transaktionskosten gesehen werden müssen, ohne die ein Austausch innerhalb und zwischen den drei Sphären nicht stattfinden könnte. Die Effektivität der Infrastruktursysteme in Bezug auf die jeweiligen Ziele und ihre Effizienz beeinflussen die Höhe dieser Kosten,

⁵³⁴ Bijker, Hughes, Pinch 1987: S. 16–50.

die entweder nutzungsspezifisch verteilt, per Steuern oder Abgaben auf die Allgemeinheit und damit die Nutznießer umgelegt werden oder durch andere öffentliche oder private Institutionen finanziert werden können.

Die Infrakultur einer Gesellschaft besteht unabhängig vom jeweils gültigen politischen System prinzipiell aus den Wertvorstellungen und Erwartungen der Bevölkerung und dem kumulierten Wissen sowie der kollektiven Arbeitskraft und den gewachsenen Institutionen eines Gesellschaftssystems. Der Austausch der Bevölkerung mit der Ökosphäre findet im Modell (Abb. 3, Abb. 17) über einen erweiterten Begriff des Stoffwechsels, und zwar des Metabolismus statt. Dieser betrifft nicht nur die menschliche Nahrungskette, den physiologischen Stoffwechsel und die Emissionen des Menschen als Lebewesen. Er bezieht auch immaterielle Güter ein, die zur Lebensqualität beitragen, wie Beziehungen und Fortpflanzung, Gesundheit und Rekreation, Genuss einer historischen Landschaft oder Naturerlebnisse in der Freizeit, die in primär ökonomischen Kategorien kaum zu erfassen sind. Der Deutsche Bundestag hat in der 17. Legislaturperiode die Problematik der Messung von Lebensqualität in der Enquete-Kommission „Wohlstand, Wachstum, Lebensqualität“ ausführlich erörtert.⁵³⁵

Der Austausch zwischen Individuen oder Institutionen als Teilen der Gesellschaft und Institutionen der Techonomy basiert auf Kommunikation. Er findet z. B. im engeren Sinne über den Tausch von Arbeit gegen Wohlstand oder den Transfer von Sozialkapital, z. B. Steuern, in definierte Leistungen oder erwünschte Nutzen statt wie im Falle der öffentlichen Finanzierung von Infrastrukturleistungen.

Techonomy repräsentiert das Finanzkapital und das gesamte Realkapital einer Gesellschaft einschließlich ihrer Infrastrukturen, und zwar unabhängig davon, ob sie sich in privatem oder öffentlichem Eigentum befinden. Sie steht ebenso für Institutionen der Finanzmärkte, Unternehmen, Patente und den Stand der Technik. Auch die Techonomy steht im Austausch mit der Ökosphäre, der Transformation genannt wird. Die Natur bietet erneuerbare und nicht erneuerbare Ressourcen, die erschlossen und verarbeitet werden. Die Umwandlung von Rohstoffen in Wirtschaftsgüter trägt wie alle anderen Wertschöpfungsprozesse zu einer erhöhten Entropie im Ökosystem bei. Diese Effekte werden wirtschaftlich im Rahmen der gesetzlichen Regelungen mittels Umweltauflagen berücksichtigt und internalisiert oder von der Techonomy aufgrund fehlender Bewertbarkeit und Rückkopplungsmechanismen konsequent als Externalitäten behandelt. Dieses Dilemma der Gemeingüter beschreibt Hardin⁵³⁶ in einem Aufsatz, dessen „Das Boot ist voll“-Thesen verkürzt und bezüglich Commons als allgemeingültig verstanden wurden.

⁵³⁵ Deutscher Bundestag, Abschlußbericht Enquetekommission 2013.

⁵³⁶ Hardin 1968.

Gleichzeitig zeigt dieses Dilemma den Bedarf an und die Chancen für alternative/n Regelungen des Umgangs mit natürlichen Ressourcen wie Gemeingütern, die durch Wissenschaft – insbesondere die Studien von Ostrom – aufgezeigt werden und einen maßgeblichen Auslöser vorliegender Arbeit darstellen.

Alle Sphären haben eigene Wissenschaften, Sprachen, Spielregeln und Zielsysteme entwickelt, die in einer fachspezifischen Entscheidungslogik zum Ausdruck kommen und die für die Infrastruktur-Entwicklung maßgeblich sein können. Die Techonomy verfolgt in erster Linie Effizienzziele, deren Erreichungsgrad bemessen wird, indem die Kosten dem erwarteten Ertrag einer Maßnahme gegenübergestellt werden.

Dieses ökonomisch rationale Prinzip bietet viele Vorteile, die in Märkten und Organisationen von hohem Nutzen sein können. Es bedarf dazu eines Korrektivs, wie die „Väter der Sozialen Marktwirtschaft“⁵³⁷ in den 1960er Jahren festgestellt haben. Für jeden Sektor der Wirtschaft haben sich in Deutschland differenzierte Spielregeln als ein solches Korrektiv herausgebildet. Die Grenzen werden im Sektor von Bildung und Wissenschaft deutlich, wo eine effiziente Verwaltung den Mitteleinsatz optimieren kann, aber eine Ökonomisierung des Gesamtsystems den angestrebten Nutzen freier Wissenschaften und Forschung letztlich infrage stellt. Im Infrastruktursektor ist aufgrund der besonderen Gegebenheiten ein besonders häufiges Markt- und Politikversagen zu beobachten. Als eine Hauptursache lassen sich die heterogenen Zielsysteme unterschiedlicher Stakeholder, unscharfe oder fehlende Ziele und der Mangel an konsequenten Zielerreichungsstrategien in der Politik anführen. Beispielsweise kommen im Rahmen der Energiewende, der Klimadebatte oder der Verkehrspolitik keine abgestimmten Zielsysteme zur Anwendung, die ein Erreichen von politisch gesetzten Meilensteinen realistisch erscheinen lassen. Der größte investive Haushalt der Bundesregierung, der Verkehrsetat, und die Subventionen bzw. Abgaben für erneuerbare Energien werden mit politisch groben und im ökonomischen Sinne unzureichenden Instrumenten gesteuert, was zu Ineffizienz in der Allokation führt. Die wiederholten Rügen des Bundesrechnungshofes ob solcher Fehlinvestitionen bleiben i. d. R. folgenlos. Da in der Kameralistik die Steuereinnahmen zweckfrei sind, also keinem spezifischen Zweck wie Infrastruktur dediziert sind und die Vergabe öffentlicher Mittel unabhängig von den Einnahmen betrachtet wird, ist das Planen von Infrastrukturentwicklung in jährlich zu bewilligenden Haushalten anachronistisch und aus ökonomischer Sicht ineffizient. Im Zeitalter von digitalen Datensystemen ist es weder wirtschaftlich noch politisch akzeptabel, dass erhebliche Infrastruktur-Anlagevermögen und Investitionen in Milliardenhöhe, die mit Steuermitteln finanziert werden, so unpräzise bewirtschaftet und nicht konsequent bilanziert werden. Die Nachhaltigkeit von

⁵³⁷ Röpke 2009.

Systemen kann heute kaum überprüft werden, obwohl Allokationsentscheidungen anhand von wenigen Kriterien für die Beteiligten transparent gemacht werden könnten. Eine Infrastrukturabgabe wäre ein Schritt in Richtung nachhaltiger Finanzierungskreisläufe.

Wie eine Kalibrierung des IDF-Governance-Rahmens zur Unterstützung einer konkreten Entscheidungssituation für Infrastrukturentwicklung und Modern Commons erfolgen kann, zeigt Abbildung 17. Für die drei Sphären von Techonomy, Gesellschaft und Ökosphäre können in einem an gesellschaftlichen Zielen und Nachhaltigkeit orientierten Governance-Prozess ihren Systemeigenschaften entsprechende komplementäre Zielsysteme für die Systemgestaltung und Operation definiert werden:

- Effizienzziele für die Techonomy lassen sich unabhängig von spezifischen Akteuren in Dimensionen von Kosten und Ertrag rational beschreiben: die Dimensionierung einer Infrastrukturanlage und ihrer Kapazitäten, die Höhe der Investition und der angemessenen Rendite, die Betriebskosten und die Lebenszykluskosten einschließlich Instandhaltung dieses Systems sowie effiziente Eigentümer- und Führungsstrukturen. Dies sind klassisch angebotsorientiert die wesentlichen Gestaltungsparameter für Infrastruktur-Systeme, die, vom Systemeigentümer transparent gemacht, zwischen den Akteuren verhandelt werden können. Beispielsweise kann verhandelt werden, wie viel Rendite von einer Infrastrukturinvestition erwartet werden kann oder wie hoch Instandhaltungsaufwendungen oder Zuschüsse anzusetzen sind.
- Gesellschaftliche Effektivitätsziele sind demgegenüber bedarfs- und nachfrageorientiert und dadurch gekennzeichnet, dass sie grundlegend danach beurteilt werden, ob sie erstrebenswert und im Gesamtzusammenhang sinnvoll sind und ob ihre Erreichung ein angemessenes Verhältnis von Aufwand und Nutzen aufweist. Diese Ziele sind wertependependant und werden nach Parsons AGIL-Schema durch Prozesse von Einfluss, Macht und Integration geprägt: Weiche Faktoren wie gewachsene politische Zielsysteme, Erwartungen an Daseinsvorsorge, Umfang von Teilhabe und Nutzerverhalten und die Definition von kollektivem Nutzen, von angemessenen Kosten des Systemzugangs und sozialen Kosten sind maßgebliche Einflussgrößen. Auch wenn technische Systeme weltweit identischen Mechanismen folgen, unterliegen diese gesellschaftlichen Erwartungen an Infrastruktursysteme nationalen und regionalen Unterschieden, was eine spezifische Überprüfung mit Akteuren vor Ort erforderlich macht.
- Für die Ökosphäre werden als Hilfsgröße Suffizienz-Ziele für Infrastruktursysteme empfohlen, die physischen Input und Output sowie die Tragfähigkeit der zugrundeliegenden biologischen und physikalischen Systeme berücksichtigen: Diese Ziele

beziehen sich auf die räumliche Dimension eines Ressourcensystems und die Qualität der produzierten Ressourceneinheiten.

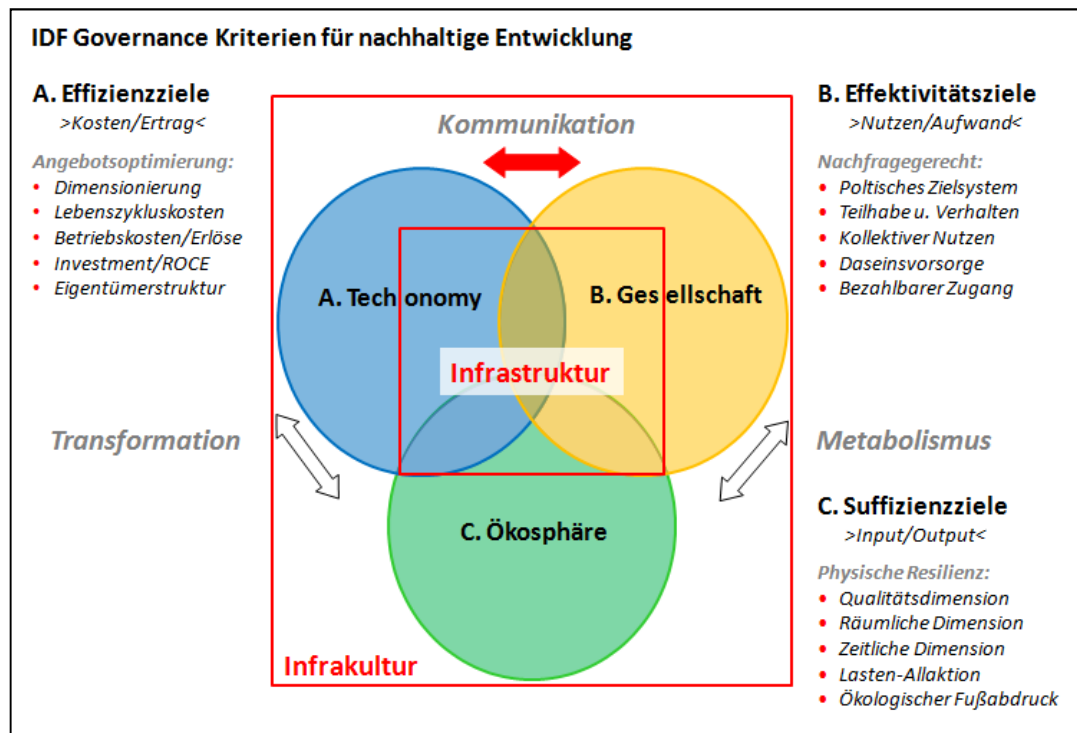


Abbildung 17: IDF Governance-Kriterien für nachhaltige Infrastruktur-Entwicklung
Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Abb. 3 und Abb. 14

Die Allokation der Systemlasten und die Abschätzung der ökologischen Systemfolgen sind im Lebenszyklus der Infrastruktur vorausschauend zu bewerten. Auch wenn ökologische Obergrenzen im Sinne der Suffizienz nicht objektiv definiert werden können, kann ein Mehr oder Weniger einer spezifischen Belastung gemessen und somit der ökologische Fußabdruck – CO₂, Energieverbrauch, Lärm, Emissionen – als Zielgröße für eine Systementscheidung operationalisiert werden. Die Abbildung macht deutlich, dass die Infrastruktursysteme eine Untermenge der spezifischen Infrakultur bzw. das Ergebnis eines infrakulturellen Entwicklungsprozesses sind, der sowohl von systemischen Entscheidungen für Nachhaltigkeit als auch von Emergenz-Effekten geprägt wird.

Als Maßstab für Effektivität des Handelns können die Konsistenz mit den eigenen Werten, die subjektive Gerechtigkeit einer Lösung oder spezifische Leistungsanreize gelten. Lebensweltliche Prozesse kennen keine dauerhafte Stabilität, sondern sind geprägt von Dynamik und Anpassung, deren Effizienz sich in Bestandsschutz für den Status quo, in der Erreichung individueller Ziele oder in einem unspezifischen Veränderungsdrang ausdrücken kann. Investitionen in Infrastruktur sind immer mit Aufschub von Konsumbedürfnissen oder mit finanziellen Folgekosten verbunden.

Soziokulturelle Transaktionen jeder Art werden durch Kommunikation initiiert und unterliegen den Mechanismen von Gerechtigkeit, Solidarität, Verantwortung und Teilhabe, die

im sozialen System gelten. Infrastruktur, die Menschen und Räume verbindet, unterstützt die Inklusion und den Austausch von sozialen, kulturellen und ökonomischen Werten. Als Maßstab für soziale Ausgewogenheit des Handelns können der erreichte Grad an Teilhabe (z. B. Wahlbeteiligung) und Gerechtigkeit (z. B. Gini-Koeffizient)⁵³⁸ oder andere qualitative Indikatoren für Lebensqualität herangezogen werden.⁵³⁹ Die Effizienz sozialer Transaktionen könnte durch sowohl Resilienz und Anpassungsfähigkeit als auch das Verhältnis zwischen Stabilität und Dynamik einer Gesellschaft ermittelt werden. Für Infrastruktur-Entwicklung wäre dazu ein akzeptiertes Verständnis für einen fairen Ausgleich von Vor- und Nachteilen einer spezifischen Maßnahme über den relevanten Beobachtungszeitraum zu vereinbaren.

Sozioökonomische Transaktionen beruhen auf dem Prinzip von Leistung und Gegenleistung und können auf Märkten oder anderen Plattformen, z. B. Haushalten, Genossenschaften, Kooperative, stattfinden. Das ökonomische Handeln, dessen Effizienz in Aufwand und Ertrag gemessen werden kann, geht prinzipiell von knappen Ressourcen aus und verfolgt das Ziel, Mehrwert zu erzeugen. Die Effektivität des Wirtschaftens wird durch Qualität, Wettbewerbsfähigkeit und den Grad der Differenzierung von Leistungen bestimmt, die zur Versorgung und Unterstützung in Anspruch genommen werden, wobei sich auch im Feld der Infrastruktur-Entwicklung die betriebswirtschaftlichen Zielsysteme, Zeithorizonte und Instrumente deutlich von der volkswirtschaftlichen Perspektive und dem wirtschaftspolitischen Handlungsrahmen unterscheiden. Deshalb können Erwartungen unterschiedlicher Akteure sowohl an Kosten, Preisbereitschaft und Ertrag als auch an Verfügbarkeit, Nutzen, Qualität und Zuverlässigkeit von Infrastrukturleistungen stark differieren, was im Rahmen des IDF für spezifische Maßnahmen im Vorfeld zu ermitteln und zu verhandeln ist.

In der Projektplanung aus Sicht eines Unternehmers – und das ist die ökonomisch rationale Perspektive der Techonomy – stehen deshalb die ökonomisch „harten“ Fakten einer Infrastruktur im Vordergrund, zuerst die benötigte Kapazität und damit die physische Dimensionierung und Lebensdauer, auf die eine Anlage ausgelegt wird. Die Logik von Infrastrukturnetzen besteht aus Sammeln, Bündeln und Verteilen von Transporteinheiten. Nach diesen Prinzipien funktionieren Eisenbahn wie Stromnetze und das Internet, dabei organisieren sich Daten-, Energie-, Güter- oder Personenverkehre möglichst effizient zwischen Verkehrsquellen und Verkehrssenken, z. B. über Zubringernetze, Knoten und Hauptabfuhrstrecken oder digitale Netzzugangssysteme wie Router, Backbone-Netze, Verteilnetze und Endgeräte. Zu den harten Faktoren zählen auch die

⁵³⁸ Gini-Koeffizient ist ein von Corrado Gini zur Darstellung von Konzentration entwickeltes mathematisches Maß, das heute als Index für globale und nationale Einkommensverteilung genutzt wird. (Gabler Wirtschaftslexikon o.J.).

⁵³⁹ Deutscher Bundestag 2013.

Netzwerkeffekte,⁵⁴⁰ die durch die Reichweite und Bündelungswirkung einer Infrastruktur entstehen, sowie die Skaleneffekte (*Economies of Scale*), die aus der Größe eines Netzes, den Beschaffungsvolumina und der Betreibererfahrung resultieren. Infrastrukturnetze verstärken oder dämpfen die soziale, kulturelle, ökonomische und ökologische Entwicklung in – teilweise über große Entfernungen verbundenen – reflexiven Resonanzräumen. Ihre Reflexivität, also der Umstand, dass verbundene Räume auf Veränderungen in einem anderen Raum reagieren, wird durch die Größe der *Resonanzräume*, die spezifische Aktivität, die Intensität der Interaktion und die Frequenz bestimmt, indem es zu einer Überlagerung oder Verstärkung vorhandener Entwicklungen oder Tendenzen kommt.

4.3.2 Infrastruktur Governance als revolvierender Prozess

In Abbildung 18 werden beeinflussbare Schritte im Governance-Prozess für die Gestaltung und den Betrieb von mehrstufigen Infrastruktursystemen als Schritte der Modern-Commons-Governance dargestellt. Die Gestaltungsschritte I bis V beschreiben die Phase der Gestaltung einer Infrastruktur-Plattform einschließlich der Planung von möglichen Leistungen, während die Operations-Schritte 1 bis 5 die Phasen des laufenden Betriebs der Plattform, der operativen Programme und der durch sie ermöglichten Anwendungen zeigen.

Governance für Modern-Commons-Systeme kann als aus zwei verbundenen Entscheidungsprozessen für mehrstufige Infrastruktursysteme zusammengesetzt beschrieben werden, wie aus Abbildung 18 hervorgeht. Der linke Kreis beschreibt die Planungsphase mit Entscheidungen zur Systemgestaltung, der rechte die Phase des laufenden Betriebs mit den fünf Stellhebeln bis zu einer Systemanpassung. In der Planungsphase erfolgen in Schritt I Bedarfsermittlung und Festlegung der Systemfunktionalität und in Schritt II die Definition der Ziele und die Entwicklung von Handlungsoptionen, wobei letztere gegeneinander abgewogen werden. Zuletzt erfolgt eine Allokationsentscheidung für eine geplante Investition bzw. ein Teilsystem. In Schritt III ist für jedes Subsystem, das in ein größeres System eingefügt wird, eine Analyse der Systemwirkung sowie eine Bewertung der ökonomischen, sozialen und ökologischen Systemfolgen durchzuführen. Verlaufen die auf diesen Bewertungen beruhenden Entscheidungen positiv, sind in Schritt IV seitens der Investoren und staatlicher Institutionen die Aspekte der Regulierung, der Förderung und der Finanzierung zu planen sowie finanzielle Opportunitäten zu bewerten.

⁵⁴⁰ Knieps 2007.

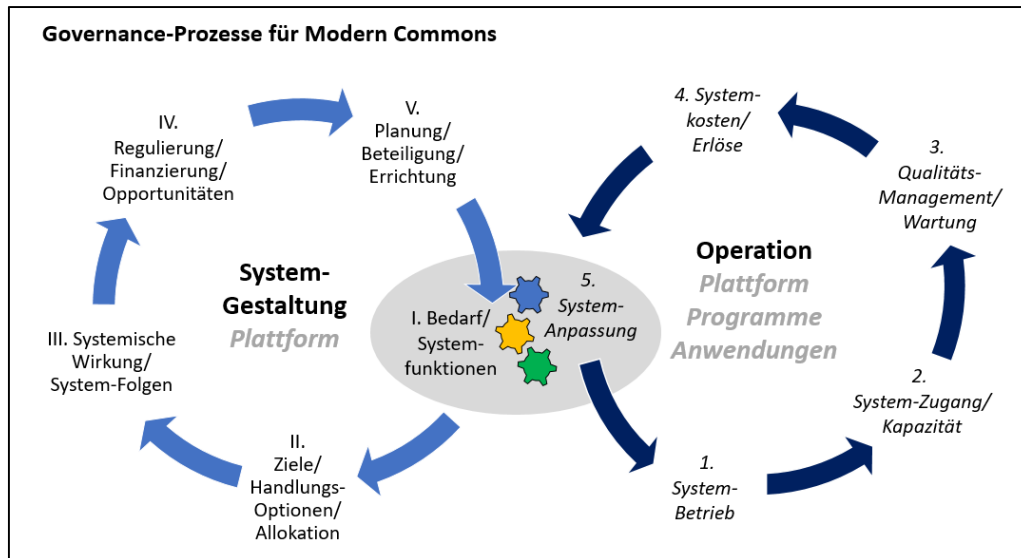


Abbildung 18: Governance-Prozesse für Modern Commons
Quelle: Eigene Darstellung

Der Operations-Prozess für mehrstufige Infrastruktursysteme umfasst ebenfalls fünf Schritte in mehreren Ebenen:

- über den technischen Betrieb hinaus alle für die Leistungserbringung – und damit den in allen Systemebenen generierten Nutzen – relevanten Vereinbarungen.
- Es sind Entscheidungen über Systemkapazität und den Zugang zum System⁵⁴¹ notwendig.
- Darüber hinaus sind ausreichende Qualität und bedarfsgerechte Instandhaltung der Systeme⁵⁴² sicherzustellen.
- Die Bewertungen und Entscheidungen zu Systemerlösen und -kosten notwendig⁵⁴³
- und es muss eine Identifikation von Bedarf für Systemanpassungen aufgrund ökonomischer, gesellschaftlicher oder sonstiger Ursachen erfolgen.

Diese insgesamt zehn Schritte sind Bestandteil eines infrakulturellen Analyse- und Entwicklungsrahmens (IDF) im Governance-Prozess für Modern Commons, wobei Operationsentscheidungen der Schritte 1 bis 5 in höherer Frequenz zu treffen sind, als Systemanpassungen erforderlich werden. Für die Systemgestaltung und die Systemanpassungen sind soziale, ökonomische und ökologische Implikationen relevant.

Ziel einer nachhaltigen Governance muss es sein, anhand dieser zehn Schritte sowohl die Kriterien für eine Systemgestaltung in die Planungsprozesse für Modern-Commons-Systeme zu integrieren als auch die Anforderungen an die Operation von Infrastruktur-Plattformen zu konkretisieren und ein entsprechendes Monitoring durch die Akteure zu ermöglichen. Erst im Falle eines Monopolmissbrauchs sind durch übergeordnete

⁵⁴¹ u. a. Produktionstakt, Durchsatz, Öffnungszeiten

⁵⁴² u. a. Monitoring, Kennzahlen, Schwellenwerte

⁵⁴³ u. a. Grenzkosten, Regulierung, ROCE und externe Effekte

Institutionen adäquate Sanktionen zu prüfen und wirksame Maßnahmen einzuleiten. In einem Commons-Ansatz können staatliche Infrastrukturaufgaben bei funktionierender Governance an dezentrale Akteure delegiert und die erzeugte Qualität anhand der IAD-Variablen dennoch überwacht werden.

4.4 Governance für eine nachhaltige Infrakultur

Zur Bewertung von Nachhaltigkeit im IDF werden die physischen Wechselwirkungen, die ökonomischen Transaktionen und die Kommunikation der Akteure analysiert, um in Transformationsszenarien die strategischen Raumentwicklungsziele sowie die Allokation von Nutzen und Lasten in den drei Dimensionen miteinander in Einklang zu bringen. Im Rahmen der erforderlichen Akteursverhandlungen lassen sich, wie das untersuchte Beispiel der nachhaltigen Mobilität belegt, die Verfassungsprinzipien der Allmende nach Ostrom⁵⁴⁴ weitgehend für die relevanten Akteure eines Wirtschafts- und Infrastruktur-Entwicklungsraumes⁵⁴⁵ für Modern-Commons-Systeme adaptieren.

Ostrom warnt wie bereits erwähnt vor der Panacea-Falle, die darin besteht, dass ein spezielles Governance-Modell als die geeignete Lösung für alle Commons-Situationen angenommen wird.⁵⁴⁶ Flexibilität der Bausteine und Institutionen sollen dazu genutzt werden, zu verhindern, dass eine kontraproduktive Vereinheitlichung stattfindet oder bei Akteuren zu hohe Erwartungen an die Vereinfachung des Prozesses geweckt werden. Ostrom hat aus ihrer Praxis Kommunikationskriterien entwickelt, die sich positiv auf Vertrauen und Gesprächsverlauf von Commons-Verhandlungen auswirken:

1. Persönliche Kommunikation (face-to-face), da Augenkontakt und Körpersprache sich positiv auf die Vertrauensbildung auswirken
2. Guter Leumund. Die Kooperationsbereitschaft wird gestärkt, wenn Ruf und Integrität der Teilnehmer bekannt sind
3. Hoher Grenznutzen pro Kopf oder Teilnehmer (MPcr). Wenn ein Teilnehmer die Wirksamkeit seines Beitrags nachvollziehen kann, gewinnt die Beziehung für ihn an Bedeutung
4. Niedrige Eintritts- und Austrittsbarrieren. Diese stärken die Beitragsbereitschaft, da alternative Optionen bestehen und Freiwilligkeit in den Vordergrund tritt
5. Langfristiger Planungshorizont. Kooperationen über einen längeren Zeitraum haben höheren Nutzen als solche, die nur über kurze Zeitdauer Bestand haben
6. Gegenseitig vereinbarte Sanktionen. Während externe Sanktionsmechanismen die Kooperationsbereitschaft senken, wirkt ein selbst entwickeltes Sanktionssystem in der Abschreckung stärker und muss daher seltener angewandt werden, was die Erträge für alle Teilnehmer erhöht.⁵⁴⁷

Diese Prinzipien sind durchaus für Verhandlungs- und Verständigungsprozesse mit Bezug auf Modern Commons verwendbar, auch wenn Akteure sich teilweise nicht kennen und über verschiedene Verwaltungsebenen kooperieren. Auch Institutionen verfügen

⁵⁴⁴ Ostrom 1990.

⁵⁴⁵ Hofmann, Knie 2010: S. 241ff.

⁵⁴⁶ Ostrom 2012: S. 69f.

⁵⁴⁷ Ostrom 2009: S. 433 (Zusammenfassung und Übersetzung durch den Autor).

über ein Image, über Glaubwürdigkeit und einen Leumund, welche sich aus erlebbarem Verhalten und abgeleiteten Erwartungen zusammensetzen wie beispielsweise das Konzernimage von RWE, Deutsche Bahn und Telekom, die wiederum für einen Planungs- oder Anpassungsprozess von Infrastruktursystemen durchaus relevant sind, Der Staat kann wirksam seine Eigentumsrechte durchsetzen und überörtliche Infrastrukturprojekte durchführen, etwa Bundesstraßen oder Bahnstrecken bauen, deren Bewertung in einem rein lokalen Bezugsraum nicht möglich ist. Am Beispiel von Bewässerungsprojekten, die sie untersucht hatte, stellt Ostrom fest:

„Trotzdem sind wir mit der Tatsache konfrontiert, dass die technisch oft sehr weit entwickelten Systeme oft nicht nachhaltig sind, weil die geschaffenen Anreize und die zum Erhalt dieser Systeme geschaffenen Institutionen versagen. Ingenieure werden so ausgebildet, dass sie denken, die physische Infrastruktur sei bereits die „ganze Miete“. Dabei vernachlässigen sie häufig die organisatorischen Aspekte.“⁵⁴⁸

Die Autorin formuliert die Herausforderung, die Synergie in Commons-Systemen zum Vorteil aller Beteiligten zu realisieren, wie folgt:

“The challenge instead is to develop a social-ecological systems (SES) framework to multiple ecological problems in a variety of settings (...) to discover the principles of – what I have called the design principles – that are at work in sustainable ecological and social systems (Ostrom 1990).”⁵⁴⁹

Design-Prinzipien für Modern-Commons-Systeme erfordern Investitionen in sowohl die physische und technische als auch die institutionelle Infrastruktur, um die internen Abläufe eines Gemeinwesens effizient und nachhaltig zu gestalten, aber auch um eine Ressource und ihre Nutzer mit anderen, größeren sozialökologischen Systemen und deren Institutionen zu verbinden.

Eine Überbewertung einzelner Infrastrukturprojekte, die durch eine Gesamtbetrachtung zu vermeiden ist, kann kontraproduktiv sein, wenn beispielsweise Autobahnen, Schienen, Stromnetze oder moderne Bewässerungssysteme ohne Rücksicht auf konkrete Systemwirkungen oder die sozialen Prozesse in einer spezifischen Umgebung geplant werden. Die vielfältigen Infrastrukturen auf unterschiedlichen Ebenen müssen ineinandergreifen und sich im Laufe der Zeit gemeinsam verändern.⁵⁵⁰ Demgegenüber kann sich eine physische Bündelung von neuen Infrastrukturtrassen mit bestehenden Infrastrukturen für Verkehr, Energie und Kommunikationsnetze positiv auf deren Akzeptanz auswirken und teure Anpassungsmaßnahmen vermeiden helfen.

⁵⁴⁸ Ostrom 2011: S. 31.

⁵⁴⁹ Ostrom 2012: S. 22–23.

⁵⁵⁰ Ostrom 2011: S. 81.

4.4.1 Beitrag der Modern-Commons-Systeme zur nachhaltigen Entwicklung

War Infrastruktur – solange sie funktionierte – in der Vergangenheit kein Thema öffentlichen Interesses (Aschenputtel-Effekt),⁵⁵¹ äußern Teile der Bevölkerung verstärkt eine skeptische Haltung gegenüber den Möglichkeiten und Nebenwirkungen der Infrastruktur-Entwicklung. Gleichzeitig wird der gesellschaftliche Nachhaltigkeitsdiskurs geführt und eine angemessene Instandhaltung der bestehenden Infrastruktur gefordert. Von Fachleuten wie von Laien wird zunehmend ein Wunsch nach einem vorsorgenden Staat artikuliert. Vorstellungen vom Zusammenwirken von privaten Akteuren und öffentlicher Hand und die Prinzipien von Eigentum und Gemeingütern befinden sich dabei im Wandel. Die globale wirtschaftspolitische Debatte sucht nach einer verbindlichen Klimagovernance für natürliche Gemeingüter⁵⁵². Die Industrie initiiert als Reaktion auf veränderte Rahmenbedingungen und Nachfrage die Suche nach ÖPP im Infrastruktursektor und tragfähigen Geschäftsmodellen für die internetbasierte Share-Economy, wie der Eintritt von Automobilherstellern in den bisherigen Nischenmarkt für Carsharing belegt. Verstärkt findet eine Diskussion über Investitionsvermeidung oder Infrastrukturrückbau in ertragsschwachen oder bevölkerungsarmen Regionen statt, deren Systemwirkungen aufgrund der Interdependenzen sektorübergreifend eintreten können und deren Folgen daher nur schwer absehbar sind.

Während die Post-, Telekommunikations- und Energienetze in Deutschland ab Mitte der 1990er Jahre weitgehend privatisiert wurden, befinden sich die Verkehrsinfrastrukturnetze für Straße, Schiene, Luft- und Binnenschifffahrt weiterhin überwiegend im öffentlichen Eigentum; obwohl Verkehrsflughäfen und die Deutsche Bahn AG gesellschaftsrechtlich eigenständige Unternehmen sind, unterliegen sie jedoch dem Einfluss ihrer öffentlichen Eigentümer.

Mit der Umwandlung der bundeseigenen Behörden für Eisenbahn und Postwesen in den 1990er Jahren sowie der Privatisierung der Energieversorgungsunternehmen wurde im Rahmen der Umstellung auf kaufmännische Buchführungssysteme (HGB) damit begonnen, Anlagenverzeichnisse zu erstellen, die eine effiziente Bewirtschaftung dieser Ressourcensysteme in überwiegend regionalen Managementstrukturen erst ermöglichen und unterstützen. Öffentlich zugänglich sind diese Kataster, auch aufgrund wettbewerbsrechtlicher Begründungen durch die Unternehmen, bisher nicht. Inwieweit Infrastrukturunternehmen als Betreiber oder Eigentümer der hauptsächlich mit öffentlichen Mitteln errichteten Flächennetze ihren expliziten oder impliziten Unterhaltsverpflichtungen nachkommen, ist besonders bei größeren Schadensereignissen⁵⁵³ oder im Falle der

⁵⁵¹ Graham, Marvin 2001: S. 18.

⁵⁵² Rio Agenda-Prozess 1992

⁵⁵³ Der Spiegel, 14.12.2005.

bundeseigenen Eisenbahn-Infrastruktur-Unternehmen (EIU) Gegenstand der politischen Diskussion.⁵⁵⁴

Angesichts der aufgezeigten funktionalen Abhängigkeit aller gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Prozesse von dem störungsfreien Betrieb dieser Netze und der öffentlichen Milliardeninvestitionen scheint ein „Anlagevermögen des Staates“, das die Substanz der Infrastruktur örtlich, systemisch und monetär erfasst und Veränderungen systematisch und transparent dokumentiert, ein angemessenes Mittel dafür, den Wert dieser Investitionen volkswirtschaftlich sichtbar und nachvollziehbar zu machen. Über die ökonomische und soziale Dimension hinaus hat Frischmann die Dimension der „environmental infrastructure“ eingeführt:

“Applying the infrastructure theory to environmental resources delineates a class of environmental resources that create benefits for society primarily through a wide range of uses (user activity and natural processes). (...) (T)hese resources play a foundational role in cumulative, dynamic, and complex systems – both natural and human system – that remains underappreciated and understudied.”⁵⁵⁵

Frischmann unterscheidet nach dem Zugang zwischen öffentlichen, sozialen und kommerziellen Infrastruktursystemen⁵⁵⁶. Dieser ownership-basierte Ansatz ist hilfreich und verdeutlicht verschiedene in der Praxis vorkommende Governance-Modelle für z. B. Parks, Straßen und Universitäten. Jochimsen und Frischmann vernachlässigen in ihren Ansätzen jedoch zwei systemisch relevante Aspekte: Einerseits wird weder der permanente stoffliche Austausch noch die Wechselwirkung des Menschen mit der Natur über die Infrastruktursysteme ausreichend berücksichtigt, andererseits wird den rollenbedingt unterschiedlichen Zielsystemen der handelnden Personen – als Organismen, ökonomisch handelnde Akteure oder soziale Individuen – nicht hinreichend Rechnung getragen.

Die Erweiterung der Infrastrukturanalyse um Umwelt- und externe Effekte bedeutet nicht, den Menschen auf seine physiologischen Funktionen zu reduzieren. Im Gegenteil erfasst diese umfassende Perspektive die Akteure einschließlich ihrer Ziele und Bedürfnisse ganzheitlich in den unterschiedlichen Rollen, die in unterschiedlichen Situationen gelten können, aber gleichzeitig auch auf die institutionelle Entscheidungsfindung eines individuellen Akteurs einwirken können.

Ökonomisch kann die Entwicklung der Infrastrukturnetze zu den Betriebskosten eines Gemeinwesens⁵⁵⁷ und in der Denkschule von wirtschaftlichen und sozialen Transaktionen dem „sozialen Handeln“⁵⁵⁸ zugeordnet werden. Die besondere Bedeutung der

⁵⁵⁴ Hofreiter, A. MdB, 2011: S. 2.

⁵⁵⁵ Frischmann 2008: S. 116.

⁵⁵⁶ Frischmann ebenda

⁵⁵⁷ Jochimsen 1966.

⁵⁵⁸ Weber 2002.

Infrastruktur wird von der Tatsache unterstützt, dass der Ausbau und der Erhalt der Infrastruktursysteme volkswirtschaftlich den größten Anteil der Investitionen der öffentlichen Haushalte in Deutschland darstellen.⁵⁵⁹ In Wissenschaft, Wirtschaft und Politik werden hierbei ein Markt- wie ein Politikversagen im monopolgeprägten Infrastruktursektor festgestellt und es wird eine persistierende Problematik einer pareto-suboptimalen öffentlichen Mittelallokation kritisiert. Solche Fehlallokationen sind gemäß Bundesrechnungshof nicht ausschließlich auf unvollständige Informationen oder die generelle Unsicherheit der Zukunft zurückzuführen, sondern auch auf institutionalisierte Interessenkonflikte sowie inadäquate Planungsinstrumente und Steuerungsprozesse.⁵⁶⁰ Fehlallokationen öffentlicher Mittel können auch die Folge eines von individuellen Interessen getriebenen Allokationsverhaltens sein, das Smith schon vor mehr als 200 Jahren als ineffizient problematisiert hatte.⁵⁶¹

Ostrom hat drei Herausforderungen für eine Anwendung ihrer Commons-Prinzipien im neuen Jahrtausend und in einer komplexer gewordenen Welt formuliert, die sich auch einer nachhaltigen Governance der Modern-Commons-Systeme stellen. Erstens sieht sie die Notwendigkeit, die Perspektive eines komplexen und dynamischen Ökosystems stärker zu berücksichtigen, statt sich auf die Optimierung eines Lebensraumes, einer einzelnen Spezies oder einer Ressource zu konzentrieren.⁵⁶² Zweitens verweist sie auf den Bedarf, die Verfügungsrechte und deren ausgleichende Wirkung in Bezug auf private, öffentliche und umweltspezifische Interessen zu analysieren. Letztlich sieht sie eine zunehmende Bedeutung des „Sozialen Kapitals“ und der politischen Teilhabe von lokalen Gruppierungen.

Der systemische Ansatz wird mithilfe des IDF für eine nachhaltige Entwicklung der Infrastrukturnetze als Gemeingüter der Moderne verfolgt und kann operationalisiert werden. Um die Dynamik der Infrastrukturnetze differenziert zu erklären, müssen die ökonomischen und techniksoziologischen Entwicklungen in einer ökologischen, ökonomischen und sozialen Perspektive als ein soziotechnischer Zusammenhang kontextualisiert werden. Modern-Commons-Systeme charakterisieren hohe Interdependenzen und eine große Zahl von Akteuren, die miteinander – rational oder nicht rational – interagieren, sich anpassen und über einen gegebenen Zeitraum lernen. Über die klassische Asymmetrie in Transaktionen hinaus ist die Entwicklung von Infrastruktursystemen mit asynchronen Zeitspannen für Planung, Bau und Nutzung sowie Nutzungsfristen konfrontiert, die weit über die Lebenserwartung des Einzelnen hinausgehen.

*Wasserthematik wird in dieser Arbeit nicht vertieft.

⁵⁵⁹ Werte Deutsche Bundestag, BHH 2011.

⁵⁶⁰ BRH Gutachten 2011ff.

⁵⁶¹ Smith 1776.

⁵⁶² Ostrom, Dolšák 2003: S. 12, S. 27.

Eigentums- und Verfügungsrechte, Zugang zu Netzwerkplattformen, die Allokation öffentlicher Mittel, die Qualität der produzierten Dienstleistungen (Ressourceneinheiten) sowie die Instandhaltung von Infrastruktur-Ressourcensystemen sind permanente Governance-Herausforderungen, die Smith inhaltlich in etwas anderer Terminologie beschrieben hat.⁵⁶³ Eine ausgewogene Infrakultur schafft einen flexiblen Rahmen für eine effektive und effiziente Governance. Ein solcher Rahmen sollte die Systemkompatibilität auf internationaler, nationaler und regionaler Ebene fördern und eine nachhaltige Finanzierung, eine sachgerechte und transparente Planung sowie eine angemessene Lastenteilung sicherstellen. Unter der Voraussetzung, dass eine effektive Governance für Planung, Bau und Betrieb solcher Netzwerke besteht, wird die immer wieder intensiv diskutierte Frage des Eigentums an Netzen zu einer Angelegenheit von untergeordneter Bedeutung. Ein umfassender Systemansatz für eine infrakulturelle Governance eröffnet innovative Perspektiven für die Finanzierung von und die institutionellen Regelungen in hybriden Strukturen. Ähnlich wie bei Bahn-Lizenzen im 19. Jahrhundert könnten private Investoren heute beispielsweise in „*Infrastruktur-Entwicklungs-Fonds*“ investieren und dabei in den Genuss öffentlicher Garantien kommen, die im Gegenzug für ausreichende dingliche Sicherheiten oder zukünftige Renditen für den Fall wirtschaftlicher Schwierigkeiten gewährt würden. Das Portfolio solcher Infrastruktur-Entwicklungs-Fonds könnte an räumlichen, sektorspezifischen oder an Kriterien für Nachhaltigkeit ausgerichtet und regional, föderal oder auf Bundesebene organisiert werden.

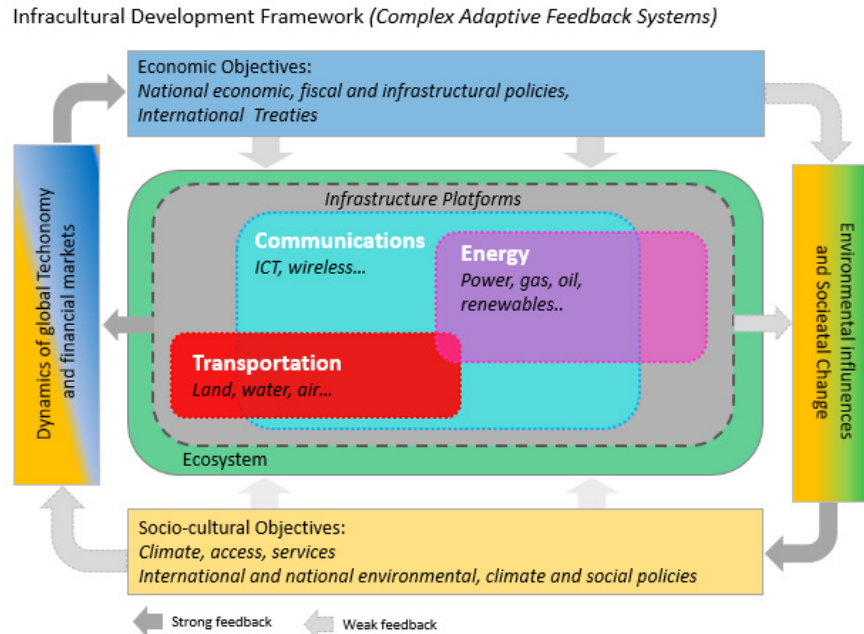
In der Vergangenheit bestand weder die Notwendigkeit noch die Möglichkeit, Infrastruktur als ein Gesamtsystem sektorübergreifend effizient zu gestalten. Dazu waren die Anzahl der Akteure zu hoch, die räumliche Ausdehnung zu groß, die Finanzkraft von Staaten zu gering, die Institutionen zu komplex und die Veränderungsgeschwindigkeit einzelner Technologien zu rasant. Das heutige Verständnis von Emergenz von Institutionen und die Bedeutung von Systemeffekten für Wirtschaftlichkeit und Umwelt machen eine übergreifende Planungsperspektive für die Gestaltung von Modern-Commons-Systemen wirtschaftlich attraktiv und ökologisch sinnvoll. Durch integrierte Planung und kohärente Zielsysteme können die beschriebenen Synergien⁵⁶⁴ systematisch genutzt und unerwünschte externe Effekte reduziert werden.

Auch der IDF als Bezugsrahmen befindet sich in einem sozioökonomischen und realpolitischen Kontext. Infrastruktur steht im Spannungsfeld von globalen Finanz- und Wirtschaftsinteressen und Umwelt und gesellschaftlichem Wandel. Abbildung 19 beschreibt diesen Zusammenhang und die Wechselwirkungen zwischen den Infrastrukturplattformen, dem Ökosystem sowie den ökonomischen und soziokulturellen Zielsystemen.

⁵⁶³ Smith 1776.

⁵⁶⁴ Tabelle 21.

Dabei sind starke und schwache Rückkopplungen zu beobachten. Unabhängig von der spezifischen Ausgestaltung und Größe eines Netzes wird die Analyse von Interdependenzen und Konvergenz ebenso wie der Wechselwirkungen mit der natürlichen Umwelt in Schritten thematisiert – seien diese Effekte von lokaler oder globaler Wirkung.



Runde Boxen repräsentieren Teilsysteme, eckige Boxen ausgewählte Einflüsse auf das Wirkungsgefüge. Pfeile exemplarische Einflüsse.

Abbildung 19: Infracultureller Bezugsrahmen für Analyse und Entwicklung (IDF)
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Nilson et al. 2010

Um die über Jahrhunderte gewachsene Infrastrukturlandschaft und ihre Interdependenzen konzeptionell besser zu verstehen und damit effizienter planen zu können, wird im Folgenden eine systemische Betrachtungsweise der wesentlich jüngeren, vernetzten Computerindustrie adaptiert, die von der Organisation zur Standardisierung von Informationen für das Internet entwickelt wurde (vgl. Kapitel 3.2.2). So können infrastrukturelle Plattformen, die Programme, mit denen die betrieblichen Leistungen der Infrastruktursysteme erbracht werden, sowie die Produkte und Dienste, welche die entstehenden Ressourceneinheiten erzeugen und für den Nutzer zugänglich machen, differenziert werden. Ungeachtet ihres hohen Abstraktionsgrades hat sich diese Unterscheidung in der Anwendung auf unterschiedliche Infrastrukturen und Handlungssituationen als robust erwiesen. In dieser systemischen Perspektive werden drei Ebenen sichtbar, die prinzipiell in jedem Infrastrukturnetz anzutreffen sind und die wiederum spezifisch gestalteter Governance-Systeme für Plattformen, Betriebsprogramme und Anwendungsebene bedürfen. Das daraus resultierende Ebenen-Modell für eine sektorübergreifende Gestaltung von Infrastruktursystemen und die implizierten Anforderungen an eine Modern-Commons-Governance werden im folgenden Kapitel dargelegt.

4.4.2 Sektorübergreifende Gestaltung von Modern-Commons-Systemen

Ohne Menschen entsteht keine Infrakultur, ohne Infrastruktur gäbe es keine moderne Gesellschaft. Ohne die dazugehörigen Institutionen wäre beides nicht von Bestand. Leistungsfähige Institutionen für Infrastruktur-Entwicklung müssen nicht nur dabei helfen, die Vergangenheit zu erklären, sondern in der Lage sein, die Anpassung an neue Herausforderungen wie Klimawandel und Digitalisierung als infrakulturelle Transformation nachhaltig zu gestalten.

Um die Mechanismen hinter der Emergenz verwobener Infrastruktursysteme besser zu verstehen, nutzt das Konzept der Plattform und Prozesse die Bauprinzipien der Interkonnektivität von IT-Infrastrukturen (OSI Software Layer) und überträgt diese als einen theoretischen Rahmen auf andere Arten von Netzwerkinfrastrukturen. Drei systemische Infrastrukturschichten, die jeweils eine spezifische Governance erfordern, konnten für Infrastrukturnetze im Allgemeinen identifiziert werden und werden im Folgenden für mehrstufige Modern-Commons-Systeme in den Infrastrukturektoren Transport, Kommunikation und Energie verwendet:

- Menschen bestimmen mit ihren Bedürfnissen sowohl die lang- und kurzfristige Nachfrage als auch die Mensch-Maschine-Schnittstelle für „Anwendungen und Produkte“,
- Programme sind Oberbegriff für Managementsysteme und die betriebliche Bereitstellung von Diensten und
- Plattformen beschreiben die physischen Infrastrukturnetze sowie die Institutionen, die geschaffen wurden, um sie zu steuern (Abb. 14).

Alle drei Schichten folgen bestimmten Regeln und Entwicklungsmustern, z. B. rechtlichen Rahmenbedingungen für die Regulierung der vertikal integrierten technischen Infrastrukturnetze in Europa.

Wie in Abbildung 6 und 14 dargestellt, wirkt in einem infrakulturellen Prozess sowohl die soziale Ordnung als auch die individuelle Handlungsautonomie zusammen, die interdependent sind, was bei der Entwicklung von mehrstufigen Infrastruktursystemen gut zu beobachten ist. Kein Einzelner wäre dazu fähig, eine komplexe Infrastruktur allein zu errichten, aber keine Gemeinschaft vermag dauerhafte physische Strukturen zu schaffen, ohne die Initiative und das kollektive Handeln von Gruppen, die sich aus Individuen zusammensetzen. Heterogene Handlungssysteme zentraler wie dezentraler Ausprägung wirken bei der Gestaltung und Nutzung von Infrastruktur zusammen. Als deren kulturelle Systeme sind Elemente des soziokulturellen Rahmens wie Politik, Philosophie, Ideologien und Geldsystem zu verstehen, die über kulturelle Institutionen wie Parteien, Gesetze, Administration, Bildungssysteme, Netzwerke und Kommunikation vermittelt werden.

Sektorübergreifende Gestaltung von Infrastruktur für Elektromobilität (Beispiel)

<i>Perspektive</i> Gegenstand	<i>Systemperspektive</i>	<i>Akteursperspektive</i>	<i>Nachhaltigkeitsperspektive</i>
Technische Plattform	<i>Technische Optimierung von Energiesystemen und Last-/Verkehrssteuerung</i>	<i>Integration in Infrastrukturplanung/-Finanzierung und Energieversorgungs-Systeme</i>	<i>Langfristige Wirkung auf Energieerzeuger, Stadtentwicklung und Bevölkerung</i>
Akteure	<i>Analyse Mobilitäts-Verhalten und Klärung Akteursinteressen und -Beiträge</i>	<i>Allokation von Ladeinfrastruktur und Gestaltung von Zugang und Abrechnung</i>	<i>Auswirkungen auf Mobilitätsverhalten, -Planung und Mobilitätsanbieter</i>
Ökosystem	<i>Resilienz des Verkehrs- und Versorgungssystems (Extrem-Wetter, Ausfall)</i>	<i>Verhandelte Förderung und Beitrag zu Erreichung von Umwelt-/Klimazielen</i>	<i>Auswirkungen auf Erneuerbare Energieträger, Umwelt und Klimawandel</i>

Tabelle 22: Sektorübergreifende Gestaltung von Infrastruktur für Elektromobilität

Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Tab. 18

Auch Resonanzräume haben Grenzen. Die sozialökologische Dimension betrachtet die physischen Flüsse des Stoffwechsels zwischen Gesellschaft und dem natürlichen lokalen Ökosystem sowie deren Wirkung auf die Global Commons, was über eine bloße Bewertung von Externalitäten in Bezug auf maßnahmenspezifische Umweltrisiken hinausgeht. Die Infrafunktionen des Eingrenzens und Schützens orientieren sich am Prinzip der Balance zwischen Tragfähigkeit eines natürlichen Ressourcensystems und der spezifischen Entnahme. Die Effektivität einer Steuerung dieses klassischen Commons-Dilemmas kann in der Optimierung des Zugangs und Ertrages durch adäquate Verfügungsrechte liegen, während die Effektivität in der Erhaltung der Anpassungsfähigkeit, des Erneuerungsgrades und der System-Resilienz durch Feedback und Regelkreise sichergestellt werden kann. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist der Umwelteintrag durch ein Infrastruktursystem so zu wählen, dass die zukünftige Leistungs- und Tragfähigkeit des natürlichen Ressourcensystems für kommende Generationen erhalten werden. Dabei bilden die fünf komplementären Infrastrukturdimensionen⁵⁶⁵ den lebensweltlichen Rahmen, also eine reale Plattform für das Denken und Dasein von Menschen sowie ihr wirtschaftliches, soziales, kulturelles, politisches oder ideelles Handeln in einem gesellschaftlichen Kontext. Die These von Marx über die Beziehung von Sein und Bewusstsein wird hier bestätigt.⁵⁶⁶ Daseinserleben und die kollektiven Erwartungen der Menschen an Wohlstand und Lebensqualität leiten ihr Bewusstsein für eine nachhaltige Gestaltung der infrakulturellen Institutionen und Infrastruktursysteme und damit ihre Handlungen zur Entwicklung und Erhaltung zukünftiger Möglichkeits- und Resonanzräume.

Der Lock-in von technischen Infrastruktursystemen bedingt eine starke Wechselwirkung der Ökonomie mit kulturell geprägten politischen und sozialen Entscheidungssystemen und die physische Gestaltung von Infrastruktur als kulturell bedingtes System. Diese

⁵⁶⁵ Tabelle 6.⁵⁶⁶ Marx 1848.

technischen Systeme entwickeln ihrerseits starke Wechselwirkungen mit den physikalisch-chemischen und biologischen Systemen und der Bevölkerung eines Raumes. Eine Rückkopplung zwischen Natur und politischen Systemen wiederum erfolgt mittelbar über die Bevölkerung, die als Bürgerschaft in einem demokratischen System Kritik an und Erwartungen gegenüber der Exekutive an der Wahlurne zum Ausdruck bringt.⁵⁶⁷

4.4.3 Ordnungsebenen einer systemverbindenden Governance

In einer autokratischen Herrschaftsstruktur findet der Entscheidungsprozess zur Infrastruktur-Entwicklung anders statt als in einer sozialen Marktwirtschaft in einer demokratischen Gesellschaft. In einer postindustriellen Wohlstandsgesellschaft herrschen andere Prioritäten als in einem aufstrebenden Entwicklungsland.⁵⁶⁸ Das Ziel einer klimaneutralen Gesellschaft erfordert aufgrund der ökonomisch nicht erfassten Externalitäten mit hoher Wahrscheinlichkeit andere Investitionsprioritäten als eine klassische Maximierung des ökonomischen Nutzens.

Im Hinblick auf eine nachhaltige Governance für mehrstufige Infrastruktursysteme können Gestaltungsprinzipien, die Ostrom für Commons entwickelt hat (Kapitel 2.2.1)⁵⁶⁹, übertragen und die Leitgedanken für Modern Commons wie folgt zusammengefasst werden:

- **Grenzen:** Für mehrstufige technische Infrastruktursysteme existieren eindeutige Grenzen und Zugangsvoraussetzungen, die von den Nutzern akzeptiert sind und durch Regulierungsorgane überwacht werden. Errichtung und Betrieb von Infrastruktursystemen erzeugen Wechselwirkungen mit ökonomischen, ökologischen und sozialen Systemen, was eine nachhaltige Entwicklung solcher Systeme eine umfassende Systembetrachtung – einschließlich der Berücksichtigung externer Effekte – erfordert.
- **Kohärenz:** Die technische Produktion von Ressourceneinheiten erfolgt in drei eigenständigen Wertschöpfungsebenen (Plattformen, Programme, Anwendungen), deren Regelwerke sowohl auf lokale Gegebenheiten als auch Anforderungen anderer Akteure abgestimmt werden müssen. Die Regeln für Aneignung von Infrastrukturleistungen (Ressourceneinheiten) entsprechen infrakulturell ererbten Besitzständen. Aufgrund infrastrukturspezifischer Dilemmata erfolgt die Verteilung der Kosten für Infrastruktursysteme nur teilweise proportional zur Verteilung des Nutzens, was im Interesse ausgewogener Chancen und Risiken auch für kommende Generationen sukzessive nachhaltiger zu gestalten ist.

⁵⁶⁷ AGIL-Schema in Abbildung 15 und IDF-Operationalisierung in Abbildung 16.

⁵⁶⁸ Frey 1972: S. 16ff.

⁵⁶⁹ Ostrom, Helfrich 2009 S. 85ff.

- **Gemeinschaftliche Entscheidungen:** An Entscheidungsprozessen über Investitionen in und die Transformation von Infrastruktur-Plattformen sind betroffene Akteure sowie zunehmend auch Nutzer und lokale Anwohner beteiligt, deren Interessenkonflikte in Bezug auf eine nachhaltige Entwicklung mittels direkter Beteiligungsverfahren, im zivilgesellschaftlichen Diskurs sowie über repräsentativ legitimierte Institutionen transparent erörtert werden können. Auf der Programm- und Anwendungsebene erfolgen Entscheidungen i. d. R. durch Institutionen der Märkte, wobei diese von Feedback, der Dynamik der Vernetzung sowie einer gewissen öffentlichen Kontrollfunktion beeinflusst werden.
- **Monitoring:** Das Monitoring technischer Ressourcensysteme ist grundsätzlich möglich, bei mehrstufigen Systemen können Transparenz und Effizienz durch entsprechende Vereinbarungen sichergestellt werden. Regelverstößen bei der Entnahme ist einfacher vorzubeugen als Versäumnissen in der Ressourcenallokation oder Instandhaltung. Daher müssen Stellen, die mit der Planung und Überwachung des Ressourcensystems betraut sind, gegenüber Betreibern mit ausreichenden Befugnissen ausgestattet sein und gegenüber Eigentümern und Systemnutzern zur Rechenschaft verpflichtet werden.
- **Abgestufte Sanktionen:** Eingriffe in Planung und Betrieb von Infrastruktursystemen müssen in einem angemessenen Verhältnis zu möglichen Dilemmata und Risiken der Akteure stehen. Sanktionen sollten bereits auf einem niedrigen Niveau von Regelverletzungen einsetzen und verschärft werden, wenn Risiken für Abweichungen oder Missbrauch sich erhöhen.
- **Konfliktlösungsmechanismen:** Mechanismen zur Lösung potenzieller Konflikte müssen vertretbar, verbindlich und wirksam sein. Für die Lösung lokaler Probleme werden dezentrale Räume geschaffen, für die überörtliche Lösung infrakultureller Interessenkonflikte sind zwischen Nutzern, Betreibern und Behörden geeignete Lösungswege zu vereinbaren.
- **Anerkennung:** Durch die staatliche Anerkennung der Rechte der dezentralen Akteure, ihre Regeln aktiv mitzugestalten, wird Subsidiarität gefördert. Durch regulatorische Eingriffe werden die Rechte der Nutzer gestärkt und durch staatliche Interventionen können Nachhaltigkeitsziele – unabhängig von betriebswirtschaftlichen Prämissen – durchgesetzt werden.
- **Eingebettete Institutionen:** Mehrstufigen Infrastruktursysteme interagieren zunehmend vernetzt was eine nachhaltige Governance in der Systemgestaltung und im Betrieb, im Sinne einer sektorübergreifenden Zusammenarbeit von staatlichen und nicht staatlichen Akteuren erfordert. Dies gilt nicht zuletzt in Hinsicht auf den übergeordneten Schutz der Interessen von Nutzern und Anwohnern.

Zu fragen ist, wie eine nachhaltige Infrastruktur-Governance praktisch wird. Politik trifft fortlaufend Entscheidungen zu Aus- und Rückbau sowie Anpassung von Infrastruktur-Plattformen und ist dabei angewiesen auf vereinfachende Entscheidungsinstrumente – da die Zukunft betreffend - unvollständige Informationen. Im Verkehrssektor wird beispielsweise durch die Bundesländer ein *Bottom-up* erstellter intermodaler Maßnahmenkatalog, der Länderverkehrswegeplan, in einem komplexen Bewertungsverfahren⁵⁷⁰ mit den übrigen Planungen des Bundes, der anderen Bundesländer und der EU politisch zusammengeführt. Dabei kann es vorkommen, dass eine Brücke im Norden gegen einen Tunnel im Süden aufgewogen wird, einige Kilometer Autobahn gegen einen renovierten Bahnhof getauscht werden. Statt einem nationalen „Masterplan“ mit konkludenten intermodalen Regionalplänen zu folgen, wird in einem von föderalem Proporz geleiteten Verteilungsprozess eine verkehrspolitische Priorisierung häufig mit Zugeständnissen in anderen Politikbereichen verrechnet, was *de facto* von beteiligten politischen Akteuren erkaufte werden muss.⁵⁷¹ Diese mechanistische Logik könnte durch eine Weiterentwicklung der Verkehrswege- und Finanzierungsplanung im Sinne eines nachhaltigen Maßnahmenportfolios für die Bundesländer durch Regeln zu einer Maßnahmen-Priorisierung im Netzausbau ergänzt werden, die länderspezifische Prioritäten mittels einer Ko-Finanzierungs-Regelung ermöglicht. Eine Maßnahme, die im nationalen Portfolio einen geringen Stellenwert besitzt, kann regional eine große Bedeutung zukommen – beispielsweise könnte eine Umgehungsstraße, die durch entsprechende Beiträge des Landeshaushalts dennoch im vom Bund verantworteten Verkehrswegeplan realisiert werden.

Abbildung 20 gibt ein Beispiel dafür, wie Verfügungsrechte in drei infrakulturelle Ordnungsebenen strukturiert und in einem transparenten Prozess verhandelt werden können:

- Ordnung Nutzungskultur: Wird das System vom Nutzer akzeptiert?
- Ordnung Bereitstellungskultur: Erfolgt die Bereitstellung der Systemleistung effizient?
- Ordnung Allokationskultur: Welche Wirkung soll mit einem Modern-Commons-System wo erreicht werden?

In jeder Ordnungsebene sind unterschiedliche Akteure anhand der dargestellten Unterpunkte in den Governance-Prozess zur Zielfindung und Überwachung einzubeziehen.

Dabei ist zu beachten, dass die Steuerung von komplexen Beteiligungsprozessen eine intensive und frühzeitige Vorbereitung erfordert. Dennoch besteht keine Garantie, dadurch eine erhöhte Akzeptanz oder kürzere Verfahrensdauer zu erreichen, da die Steuerung von Akteuren über Beteiligungsprozesse nur bedingt möglich erscheint.

⁵⁷⁰ BVWP 2016.

⁵⁷¹ Holzapfel 2010.

„Fuhrmann ... betont, dass es sich dabei um einen radikalen Wandel im Verständnis von Politik handelt. Politik wird „somit Relationierung, also die Kunst, die richtigen Leute auf die angemessene Art und Weise so interagieren zu lassen, dass Problem X (im Idealfall) gelöst wird.“ Inwieweit akteursabhängige Prozesse überhaupt gesteuert werden können, wird in der Literatur kontrovers diskutiert.“⁵⁷²

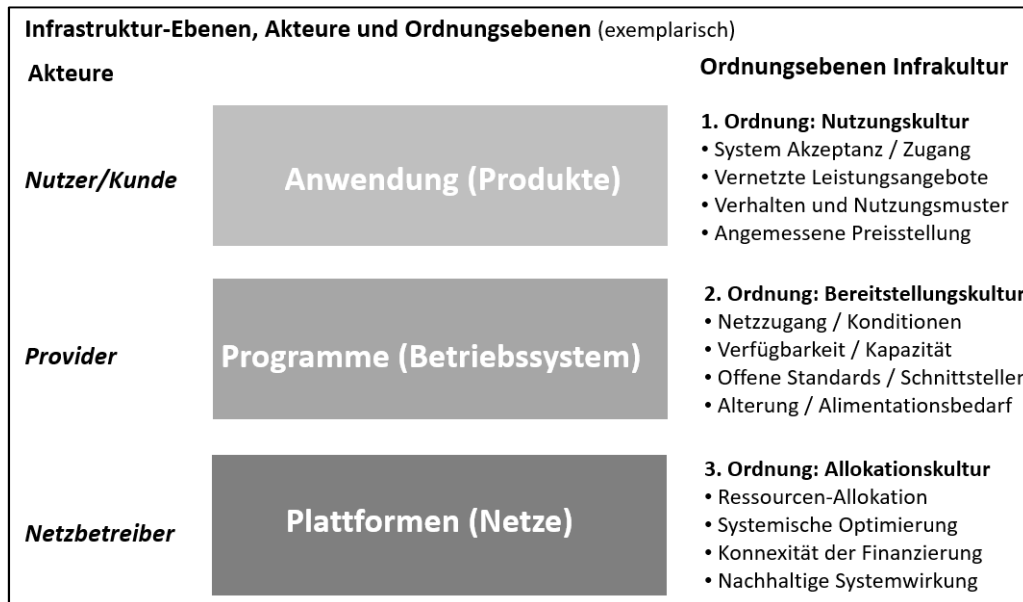


Abbildung 20: Infrastruktur-Ebenen, Akteure und Ordnungsebenen (exemplarisch)
Quelle: Eigene Darstellung

Ohne systematische Prozesse und transparente Bewertungskriterien sind jedoch inhaltliche Ziele wie mehr Nachhaltigkeit den situativen Faktoren überlassen und schwierig zu integrieren. Nach der vorbildhaften Privatisierung der Mobilfunknetze durch Lizenzauusschreibungen mit verbindlichen Versorgungsgraden und der ertragreichen Frequenzversteigerung⁵⁷³ hat sich im Telekommunikationssektor die Bereitschaft, in Breitbandnetze zu investieren, reduziert und ist aufgrund zu erwartender geringerer Renditen in dünn besiedelten ländlichen Räumen ohne öffentliche Anreize sehr gering. Dabei erzielen kleinere Unternehmen mit kreativen Finanzierungsansätzen mit dem Breitbandausbau auf kommunaler Ebene durchaus Erfolge, was der ko-evolutionären Dynamik dezentraler Commons-Systeme entspricht.

“Co-evolutionary dynamics have no single control centre where information and power are concentrated. Moreover, the ambiguity of the sustainability concept impedes the application of standard modes of 'rational problem-solving' as it presupposes a clear definition of goals, which are independent of the process of problem-solving.”⁵⁷⁴

Die Entscheidungen zum Ausbau der Energienetze, für die durch die Bundesnetzagentur 2013 ein Netzentwicklungsplan (NEP) erstellt wurde, durchlaufen mit erhöhter

⁵⁷² Säck-da Silva 2009 zitiert wird Fuhrmann, R.D. (2003b): Der Bedarf liegt anderswo. Politisch-soziale Techniken für das 21. Jahrhundert. In politische ökologie 84: Innovationen.

⁵⁷³ D-Netze 1990, 1994 durch Bundespostministerium, später UMTS 2000 durch Bundesnetzagentur

⁵⁷⁴ Voß et. al. 2006: S. 164.

Beteiligung der Netzbetreiber und betroffenen Bürger politische Willensbildungs- und Barter-Prozesse, die in Ansätzen dem im IDF beschriebenen Vorgehen ähnlich sind.⁵⁷⁵

„Es war und ist eine weit verbreitete Praxis, technisch-industrielle Großprojekte in kleinen Zirkeln zu beschließen und dann einseitig zu „bewerben“. Dabei werden grundsätzliche Alternativen zum avisierten Projekt nicht öffentlich debattiert, lediglich dessen Vorteile hervorgehoben und tatsächliche oder mögliche Nachteile verschwiegen oder kleingeredet. Ein solches Vorgehen weckt Misstrauen und Zweifel. Es provoziert mehr oder weniger große Teile der immer selbstbewusster auftretenden Bürgerschaft, die sich nicht ernst genommen fühlt.“⁵⁷⁶

Mithilfe von übergreifenden Bewertungskriterien könnte beispielsweise der Aufwand für Netzausbau in einer betriebswirtschaftlich wenig attraktiven Region durch eine Mischkalkulation, privat oder öffentlich, subventioniert werden und – umgekehrt – Mehraufwand für eine lokal von Anwohnern geforderte Tunnellösung (Straße, Schiene oder Stromtrassen) proportional mit den jeweiligen Ländern oder Kommunen geteilt werden. Im Sinne einer föderalen Mitwirkung an der mit Infrastrukturinvestitionen verbundenen Wert-Allokation würde dadurch ein zusätzlicher Regelkreis geschaffen, der den beteiligten Akteuren mehr Flexibilität bei entsprechendem Beitrag zu den verursachten Kosten gewährt. Wie Modern Commons die Transformation von Infrastruktursystemen und eine nachhaltige Mobilitätskultur unterstützen, wird im folgenden Kapitel erläutert.

4.5 Förderung nachhaltiger Mobilitätskultur mittels IDF

Mobilität braucht funktionierende Infrastruktursysteme und manifestiert sich in einer Mobilitätskultur. „Der Begriff Mobilitätskultur meint die Ganzheit der auf Beweglichkeit bzw. Fortbewegung bezogenen materiellen und symbolischen Praxisformen.“⁵⁷⁷ Die Mobilitätskultur einer Stadt oder Region ist dynamisch und entsteht emergent als Resultat multipler Einflüsse. Sie setzt sich aus unabhängigen Elementen zusammen, die einerseits aus harten Faktoren wie technischer Infrastruktur, wirtschaftsgeographischen Gegebenheiten und Umweltbedingungen bestehen, andererseits aber auch weiche Faktoren wie Mobilitäts- und Lebensstile, Einstellungen, habitualisierte Verhaltensmuster und Transformationsbereitschaft beinhalten.

Eine Transformation in Richtung einer nachhaltigeren Mobilität durch Vernetzung kann nach Götz insofern gelingen, als „Planung *und* Kommunikation, Veränderungen des bebauten Raumes *und* politische Entscheidungen, Verkehrsinfrastruktur *und* verkehrspolitische Diskurse, städtische Milieus und Verkehrsverhalten als Zusammenhang betrachtet werden.“⁵⁷⁸ Die gültige Mobilitätskultur stellt also einen wesentlichen Einflussfaktor

⁵⁷⁵ To barter (engl.) bedeutet tauschen.

⁵⁷⁶ Rucht 2012.

⁵⁷⁷ Götz 2006: S. 392.

⁵⁷⁸ Götz 2006: S. 391ff.

für die aktuelle Infrakultur dar und ist ebenso deren durch die real existierende Infrastruktur, ihre Raumwirkung und ihre Institutionen determinierte Resultante.

Der Weg zur einer nachhaltigen Mobilitätskultur nutzt die Erkenntnis der Humanökologie, dass Aussagen über die symbolischen Elemente nicht ohne Berücksichtigung der materiellen Faktoren getroffen werden können, sodass eine infrakulturell relevante Theorie in der Mobilitätsforschung beide Elemente berücksichtigen muss. Objekte, auch Infrastruktursysteme erhalten ihre Bedeutung erst im sozialen und kulturellen Kontext, der dem personalen Verhalten und Wertesystem entspringt. Dieser verhaltensprägende Kontext wird ortsspezifisch von den physischen Verhältnissen, z. B. Topographie, Siedlungsstruktur, und soziotechnischen Umweltbedingungen, z. B. Infrastrukturausstattung, Angebotszugang, beeinflusst.

Zu einer ganzheitlichen Betrachtung des Mobilitätsbedarfs gehört damit auch die Berücksichtigung der sozialökonomischen Situation des Mobilitätsnachfragers: Wohnlagen, Alter, Einkommen sowie Umwelteinflüsse, da z. B. Wetterbedingungen die Verkehrsmittelwahl erheblich beeinflussen können.

„Ebenso wie das Konzept der Mobilitätsstile basiert auch das Konzept der Mobilitätskultur auf der Erkenntnis der Sozialen Ökologie, dass die symbolischen nicht von den materiellen, dass die ›weichen‹ nicht von den ›harten‹ Fakten getrennt untersucht werden können: dass die Bedeutungen, die Dingen gegeben werden, Bestandteil dieser Dinge und des Umgangs mit ihnen sind.“⁵⁷⁹

Um den Zusammenhang von infrakulturellen Entscheidungen und Mobilitätskultur auf Makro- und Mikroebene zu veranschaulichen, werden in Anlehnung an die in Kapitel 4.1 beschriebene Governance für Modern-Commons-Systeme⁵⁸⁰ und die in Kapitel 4.3. benannten Zieldimensionen im Transaktionsmodell⁵⁸¹ Einflussfaktoren und Entscheidungsoptionen für nachhaltige Mobilität analysiert. Das Vorgehen bezieht auch die Akteursperspektive gemäß dem AGIL-Schema⁵⁸² ein und konzentriert sich dabei auf die Transformation mobilitätsrelevanter Infrastruktur, was in Abbildung 21 erkennbar wird.

In dieser Arbeit werden Modern Commons vor allem anhand der Gestaltung von mehrstufigen Infrastruktursystemen untersucht. Diese Netze und ihre Institutionen stehen in direktem Bezug zu lokalen Anforderungen, Institutionen und Nachfragestrukturen bzw. individuellen Nutzungsmustern. Deshalb wird die sektorübergreifende Anwendbarkeit des IDF-Vorgehens mittels eines konkreten Beispiels demonstriert, wobei die Anpassungsbedarfe auf höheren Netzebenen dargestellt werden, auf die jedoch wegen der Komplexität nicht im Detail eingegangen wird.

⁵⁷⁹ Götz 2006: S. 391.

⁵⁸⁰ s. Abbildung 14.

⁵⁸¹ s. Abbildung 3, Abbildung 17.

⁵⁸² s. Abbildung 16.

Als lokales Anwendungsbeispiel dient Grönstadt⁵⁸³, ein fiktives Mittelzentrum im ländlichen Raum mit 35.000 Einwohnern. Die im Beispiel genannten Handlungsfelder für nachhaltige Mobilität und das beschriebene Vorgehen basieren auf realen Entwicklungsmaßnahmen auf kommunaler Ebene und bestehenden Förderprogrammen des Bundes, die aus Gründen der Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Darstellung des IDF-Prozesses exemplarisch in Grönstadt gebündelt wurden. Dank seiner guten Lage und der Verkehrswege sowie einer solide gewachsenen Struktur an mittelständischen Unternehmen verzeichnet Grönstadt seit Jahren leicht steigende Einwohnerzahlen und verfügt über ein stabiles Steueraufkommen. Infolge der öffentlichen Diskussion über Klimawandel, Verkehrssicherheit und Digitalisierung im Wahlkampf hat der neue Magistrat 2016 beschlossen, dass Grönstadt bis 2050 klimaneutrale Kommune werden soll (S1).

Schematisch sind in Abbildung 20 die drei Sphären des Transaktionsmodells⁵⁸⁴ als analytische Grundlagen der Infrastrukturentwicklung und Mobilitätskultur hinterlegt. Die Treiber der gesellschaftlichen Transformationsbereitschaft werden anhand der Einflussfaktoren einer systematischen Anpassung der Mobilitätsinfrastruktur als S 1 bis S 5 dargestellt. Die sozioökonomische Struktur (S 4/I 4) unterliegt gesellschaftlichen wie ökonomischen Einflüssen. Während die grauen Pfeile Angebot und Nachfrage als ökonomische Funktionen symbolisieren, bilden die roten Pfeile die laufenden Kommunikations- und Informationsprozesse der Akteure ab, rot gekennzeichnet ist insgesamt das personale System des individuellen Verhaltens. Das Vorgehen ist skalierbar und kann zur Mobilitätsanalyse auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene angepasst werden.

Die typische ländliche Raumstruktur (R 1) von Grönstadt bedeutet, dass sowohl Jugendliche als auch Erwachsene und Senioren für Ausbildungszwecke, Arbeit, Einkauf und Kultur in das 30 km entfernte Oberzentrum pendeln. Es gibt eine ausbaubedürftige Bundesstraße (I 1), die nächste Autobahnauffahrt befindet sich am Oberzentrum. Ein Bahnhof (I 1) ist vorhanden, aber die Bahnverbindungen (I 2) sind in den letzten Jahrzehnten durch die Aufgabenträger und Verkehrsunternehmen stark reduziert und durch Buslinien substituiert worden (I 1/I 2). Der Zugang zu öffentlicher Mobilität (I 3) ist daher begrenzt, was in einen hohen Grad an individueller Motorisierung (20.000 Fahrzeuge) resultiert. Die Daten zu Mobilitätsangeboten werden nicht systematisch aufbereitet oder gebündelt. Eine aktuelle Studie zur Mobilität zeigt, dass in Grönstadt die Anteile für öffentlichen Verkehr, Fahrrad und Fußwege im Modalsplit weit unter dem Durchschnitt von 25 %⁵⁸⁵ liegen. Aktuell sind drei Elektrofahrzeuge in Grönstadt registriert.

⁵⁸³ Typisches, aber fiktives Fallbeispiel einer Gemeinde.

⁵⁸⁴ Abbildung 3.

⁵⁸⁵ MOP 2013/14

Hauptverkehrsstraßen die Attraktivität für Fußwege und Radnutzung auf Kurzstrecken erhöhen. Dafür werden vom Landkreis aus dem GVFG-Bundesprogramm Zuschüsse und dem NPS⁵⁸⁷ des BMUB Fördermittel beantragt. Auf den umstrittenen Ausbau der Bundesstraße soll nach Votum des Bürgerforums verzichtet werden, dafür wird vom Verkehrsministerium Priorität bei der Elektrifizierung der Bahnstrecke gefordert, da auch mehr Güter auf die Schiene verlagert werden sollen.

- Die Nutzung von Elektromobilität soll gefördert werden. Der Anteil Elektrofahrzeuge soll bis 2025 auf 10 % gesteigert werden, diese Zielsetzung erfordert Investitionen (S 5, I 1) koordinierte Maßnahmen in den Feldern S 1, S 2, S 3, I 3. Mindestens 60 % der zu beschaffenden Neufahrzeuge im städtischen Fuhrpark sollen mit Elektroantrieb ausgestattet sein. Für die dann mehr als 2.000 Elektrofahrzeuge müssen auch die öffentlichen Lademöglichkeiten erweitert werden. Dazu werden an allen öffentlichen Gebäuden Ladesäulen errichtet, die über eine Abrechnungs-App für Bürger und Fremdnutzer zugänglich gemacht werden. Zur Finanzierung werden Mittel aus dem 300 Mio. Euro umfassenden Förderprogramm des BMVI beantragt.⁵⁸⁸ Die Stadtwerke beziehen klimaneutralen Strom aus Wasserkraft und Solarenergie und wollen mit einem regionalen Carsharing Anbieter bevorzugt eCarsharing in Grönstadt ausbauen. Die Be- und Entladezeiten in der örtlichen Fußgängerzone werden flexibler und dabei werden Elektrofahrzeuge bevorzugt. Die lokale Garagenordnung macht Ladesäulen bei Neubau zur Pflicht. Für Elektrofahrzeuge gibt es Anschaffungsprämien vom Bund, die private Umrüstung von Hausanschlüssen zu Ladesäulen wird gefördert, wenn diese nach ISO 15118 an das Smart Grid der Stadtwerke angeschlossen werden. Aus Gründen der Versorgungssicherheit wird mit dem überregionalen Netzbetreiber eine Aufrüstung der mittleren Netzebene vereinbart.
- Digitale Vernetzung trägt zu einem besseren Zugang zu Daten (I 3) und damit zu einer erhöhten Nachhaltigkeit der Mobilität bei. Grönstadt schreibt den Betrieb eines intelligenten Stadtnetzes aus, das Unternehmen, Behörden und Infrastruktursysteme sowie private Haushalte vernetzt. Für den Ausbau der Breitbandplattform wurden durch das BMVI Investitionsmittel der Netzallianz bewilligt.⁵⁸⁹ Jetzt müssen die Programmebenen im Detail geplant und Partner für Anwendungen gefunden werden. Das Bürgerforum hat eine Verkehrsinformations-App und eine Peer-to-Peer-Mitfahrer-App für Jugendliche und Senioren sowie ein öffentliches WLAN insbesondere an Haltestellen priorisiert. In einem nächsten Schritt soll durch die energetische Vernetzung von Unternehmen, Behörden und Haushalten in Grönstadt eine Verbrauchssteuerung ermöglicht werden, durch die Emissionen und Kosten reduziert werden. Zu

⁵⁸⁷ BMUB Programm: Nationale Projekte des Städtebaus 2017.

⁵⁸⁸ BMVI Programm: Bundesprogramm Ladeinfrastruktur 2017.

⁵⁸⁹ BMVI Breitbandförderung aus Bundesmitteln: Breitband Büro für schnelles Internet 2016ff.

Informationszwecken wird eine Nachhaltigkeits-Webseite eingerichtet, auf der die Investitionen, die Nutzung und die Zielerreichung transparent gemacht und mit Konzepten und Werten von anderen Kommunen verglichen werden. Mittelfristig sollen die Stadtteile und Neubaugebiete mittels fahrerloser Elektro-Kleinbusse besser angebunden werden.⁵⁹⁰

Diese Detaillierung am fiktiven Beispiel macht deutlich, dass nachhaltige Infrastrukturentwicklung und Mobilität vor Ort durch eine Vielzahl von spezifischen Maßnahmen gefördert werden können, die bezogen auf die Gesetzgebung und Netzbetreiber immer einer übergreifenden Koordination bedürfen. Die Modern Commons als solche sind somit immer in einen institutionellen, sozialen und ökologischen Kontext eingebunden, wobei die spezifischen Ziele und Prioritäten in Bezug auf Nachhaltigkeit von den jeweiligen Akteuren auf der Mikro- und Makroebene ausgehandelt und verantwortet werden müssen. Hierzu sind Entscheidungen zur Infrastrukturentwicklung sowohl aus der Systemperspektive als auch aus der Akteurs- und Nachhaltigkeitsperspektive vorzubereiten, zu überprüfen und zu legitimieren. Das exemplarische Vorgehen zeigt, dass mit dem vorgestellten IDF-Framework ein dafür geeigneter multilateraler Prozess beschrieben wird, der eine systematische Bearbeitung von Entscheidungsoptionen ermöglicht und eine lösungsorientierte Interaktion der beteiligten Institutionen auf allen Ebenen unterstützt.

Die beschriebene fiktive Akteurskulisse und die Einflussfaktoren für Nachhaltigkeit dienen als Orientierung für die vernetzte Entwicklung von Infrastruktursystemen im Sinne einer infrakulturellen Herangehensweise. Diese blickt bei der Vorbereitung einer nachhaltigen Mobilitätskultur nicht vergangenheitsorientiert zurück, sondern analysiert zukunftsgerichtet aktuelle Innovationen und Vernetzungsthemen des Verkehrsmarktes, die in diesem Beispiel näher untersucht wurden:

- Erstens erfordert eine Reduktion der negativen Klimafolgen des Verkehrs eine Veränderung der Mobilitätskultur im Hinblick auf den Modal-Split, die Mobilitätsmuster und die Vermeidung von Verkehr und Emissionen.
- Zweitens macht die Entwicklung der Elektromobilität und der entsprechenden Ladeinfrastruktur in Deutschland sektorübergreifende Zusammenarbeit notwendig.
- Drittens ermöglicht die Digitalisierung eine wachsende Zahl von netzbasierten Prosumer- und Peer-to-Peer-Mobilitätsdiensten sowie eine zunehmend automatisierte Systemsteuerung und sektorübergreifende Vernetzung.

Diese drei heute erkennbaren Entwicklungen sind in Abbildung 21 in den blauen Feldern unter Infrastruktur (I 1), Verkehrsangebote (I 2) sowie Zugang zu Daten und Mobilität (I 3) eingeordnet und betonen jeweils unterschiedliche Commons-Aspekte der

⁵⁹⁰ BR 2017, Pilotprojekt Bad Birnbach.

Mobilitätsinfrastruktur sowie den Zusammenhang zwischen individueller Motivation, unternehmerischen Optionen und sozialen Externalitäten.

Es kommt zu einem horizontalen Zusammenwachsen von Energie- und Verkehrsnetzen, zu einem *functional coupling*:

“Functional coupling refers to input-output relations between different regime elements, e.g., supplier relations within a value chain. (...) The second type of couplings are called structural. These refer to elements (actors, infrastructures, institutions) which are conjointly used by two regimes.”⁵⁹¹.

Dieses Zusammenwachsen und die daraus resultierenden funktionellen Kopplungen werden bundesweit und lokal systemgestaltende Folgen für Infrastrukturbetreiber ebenso haben wie die Möglichkeiten und Auswirkungen einer zunehmenden Digitalisierung und der vertikalen Vernetzung von Infrastruktursystemen, Nutzern und Fahrzeugen im Verkehrssektor. Die dafür erforderlichen grundlegenden Technologien sind vorhanden, die Entwicklung von Produkten hat begonnen. Zugang auf erhobene Daten sowie die Identifikation von personen- oder streckenbezogenen Profilen wird zu Rückkopplungen, Effekten für Verkehrsnachfrage und Kapazitäten von Netzinfrastrukturen sowie Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft führen.

Diese grundlegenden Veränderungen des Verkehrssektors werden eine Anpassung sowohl der Infrastruktursysteme als auch der Institutionen erfordern. Die Wissenschaft steht hier noch am Anfang, aber diese Entwicklung erzwingt eine gesellschaftliche und gesamtwirtschaftliche Neubewertung von Daten- und Finanzströmen, digitalen Rechten und realen Institutionen sowie Externalitäten für lokale und überregionale Infrastruktursysteme und ihre auf Mobilität, Energieversorgung oder Kommunikationsverhalten bezogenen Anwendungen.

4.6 Fazit: Leitplanken für eine nachhaltige Infrakultur

Ausgehend von einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Bewertung der Lebenszyklus-Phasen technischer Infrastruktursysteme – also Planung, Betrieb und Systemfolgen – können mithilfe des Analyse- und Entwicklungsrahmens für Modern Commons (IDF) nachhaltige Entscheidungen zur Systemgestaltung und Operation von Infrastruktursystemen in zehn Schritten differenziert bewertet werden. Dieser Prozess bezieht sich auf die relevanten Systementscheidungen im Lebenszyklus und schafft Transparenz für die beteiligten Akteure. Für die Bewertung von Modern-Commons-Systemen wurden die Governance-Variablen des IAD an die Rahmenbedingungen und Elemente von sozio-technischen Systemen angepasst. Das im Zuge dieser Anpassung erweiterte IAD-Input-Output-Modell dient zur Analyse der Interaktion der Infrastruktursysteme mit

⁵⁹¹ Konrad, Voß et. al. 2008: S. 1193.

Techonomy, Gesellschaft und Ökosystem und integriert für die Modern-Commons-Systeme sämtliche infrastrukturspezifischen Governance-Prozesse für die Plattform-, Programm- und Anwendungsebene, wie es in Abbildung 22 dargestellt wird.

Da bei Infrastrukturen immer von kulturell gestalteten Systemen ausgegangen werden kann, wurden unter Verwendung des AGIL-Schemas Dynamik und Legitimationsprozesse der Transformation von Infrastruktur und Modern Commons beschrieben und in Abbildung 21 am Beispiel der Mobilitätskultur konkretisiert. Der spezifische infrakulturelle Bezugsrahmen für Analyse und Entwicklung beschreibt die für Transformationsprozesse gemäß dem AGIL-Schema relevanten sozioökonomischen, soziokulturellen und sozial-ökologischen Rahmenbedingungen einschließlich der individuellen Motivation als Rahmen für personale Verhaltenssysteme anhand ihres Einflusses auf die fünf Infrastrukturdimensionen.⁵⁹² Das polyperspektivische Designmodell ermöglicht es, die System-, Akteurs- und Nachhaltigkeitsperspektiven zusammenzuführen und dadurch nachhaltige Systementscheidungen auch prozessual zu unterstützen. Dieses mehrstufige Vorgehen ermöglicht einen Perspektivwechsel für Modern-Commons-Systeme, der es zulässt, statt der historischen Sektorenbetrachtung vernetzte Infracfunktionen statt einzelner Nachhaltigkeitsdimensionen intergenerationelle Nachhaltigkeitshorizonte und statt verwaltungsgeprägter Akteurshierarchien mit asymmetrischem Raumbezug eine infrakulturelle Governance in den Blick zu nehmen.⁵⁹³ Durch diesen Wechsel von einer Mikro- zur Makroperspektive können beispielsweise sektorübergreifende Interdependenzen und Synergien in der Systemgestaltung und im Betrieb von Infrastruktursystemen identifiziert und Risiken minimiert werden.

Infrakultureller Analyse- und Entwicklungsrahmen für Modern Commons (IDF)

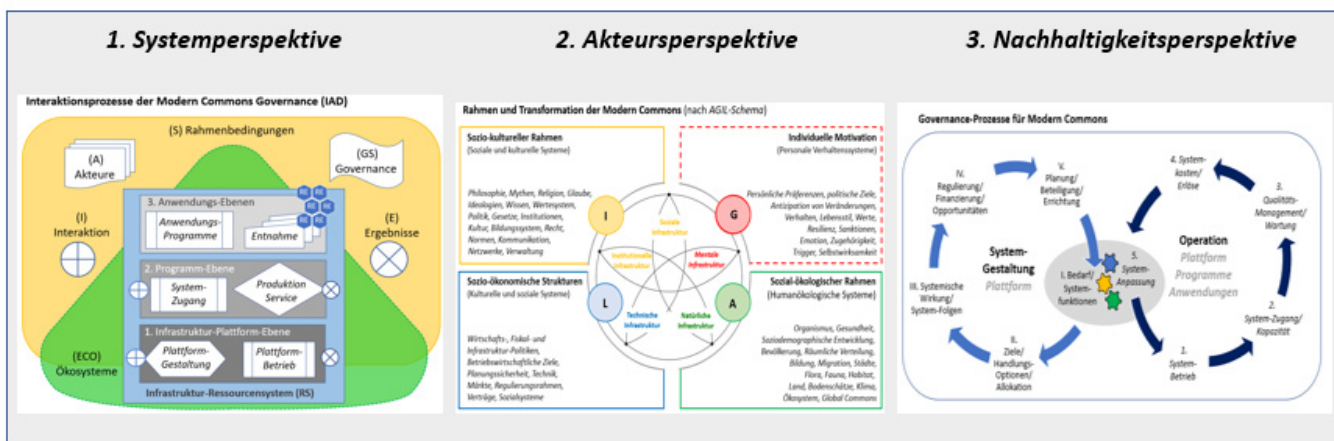


Abbildung 22: Schematische Darstellung IDF Analyse- und Entwicklungsrahmen
 Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Abb. 14, Abb. 16 und Abb. 18

⁵⁹² s. Abbildung 16

⁵⁹³ s. Abbildung 12

Im Sinne einer nachfrageorientierten Infrastrukturgestaltung differenziert der infrakulturelle Rahmen zur Analyse- und Entwicklung von Modern Commons (IDF) zwischen der Allokationskultur, der Bereitstellungs- und der Nutzungskultur. Durch diese Differenzierung können Nutzer und Anwohner in die jeweiligen Prozesse einbezogen werden, um dadurch vermittels Transparenz eine hohe Systemakzeptanz und eine nachhaltige Systemnutzung zu erreichen.

Wie Leitplanken für den Governance-Diskurs dienen die in Abbildung 22 nebeneinander gestellten Hauptinstrumente des IDF im Transformationsprozess dazu, divergierende Zielsysteme zu optimieren, Synergien über Sektorgrenzen und Akteursgruppen hinaus zu ermöglichen und Fehlallokationen sowie risikobehaftete externe Effekte bei der Infrastrukturentwicklung zu vermeiden.

5 Zusammenfassung und Implikationen

Infrastrukturnetze entstehen als kollektiv genutzte Kultur- und Wirtschaftsgüter, deren Form und Funktionen sich im infrakulturellen Kontext der Moderne von gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, Technologien, Investitionsbereitschaft und Erwartungen emergent verändern. In der Transformation von öffentlich geförderten Infrastruktursystemen prägen gesellschaftliche Werte und Zielsysteme das Zusammenwirken von Staat, Wirtschaft und Zivilgesellschaft. Diese infrakulturellen Leitbilder sind handlungsleitend für Entscheidungen zur Allokation von Kapital, Boden, Ressourcen und Arbeit – und damit Maßstab für eine nachhaltige Systemgestaltung.

Für eine ganzheitliche Analyse der Infrastruktursysteme für Verkehr, Energie oder Telekommunikation sind fünf komplementäre Infrastrukturdimensionen, und zwar die natürliche, technische, soziale, institutionelle und mentale Infrastruktur einzubeziehen. Für mehrstufige Infrastruktursysteme konnten funktional die physische Plattform, die Programmebene und die Anwendungsebene als eigenständige Wertschöpfungsebenen unterschieden werden. In dieser Struktur produzieren Infrastruktur-Plattformen Ressourceneinheiten, die von Dritten geregelt entnommen werden können und somit Eigenschaften von Common-Pool-Ressourcensystemen aufweisen.

Prioritäten der Infrastrukturentwicklung und -anpassungen lassen sich aus Akteurs-, System- und Nachhaltigkeitsperspektive im Lebenszyklus unterschiedlich bewerten. Der vorgestellte infrakulturelle Analyse- und Entwicklungsrahmen (IDF), der sich an Ostroms Prinzipien der Commons-Governance⁵⁹⁴ orientiert, trägt deshalb für Entscheidungen über Allokation von Ressourcen, Nutzen und Lasten von Modern Commons dazu bei, Zielkonflikte zu erkennen, Interessenkonflikte der Akteure transparent und damit verhandelbar zu machen sowie Beitrags- und Entnahmedilemmata zu überwinden, und zwar insbesondere dort, wo Märkte im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung versagen.

5.1 Kernaussagen und Ausblick

Nicht zuletzt durch die diskriminierungsfreie Öffnung der Infrastrukturnetze in Europa und dem in Deutschland gesetzlich verbrieften Anspruch auf Grundversorgung mit Elektrizität, Medien und Mobilität sind die komplementären Infrastruktursysteme explizit zu der Allmende der Moderne geworden, zu Modern-Commons-Systemen.

Infrastruktursysteme sind immer auch soziale Netzwerke. Sie verbinden Menschen und Räume dauerhaft und ermöglichen gesellschaftliche Interaktion und wirtschaftliche Transaktionen, auch über weite Entfernungen. Infrastrukturnetze sind soziotechnische Hybride, in denen einerseits physikalische Ressourcen wie Boden und mechanische

⁵⁹⁴ Ostrom 2012.

Strukturen und andererseits soziale Institutionen, Arbeit und Kapital sowie gesellschaftliche Zukunftserwartungen und individuelle Verhaltensmuster zusammenwirken. Mehrstufige Infrastrukturnetze sind langlebige, gemeinschaftlich geschaffene und genutzte Güter, die eine hohe und langfristige Kapitalbindung erfordern und kontextabhängig in komplementären Subsystemen eine Diversität von Produkten und Leistungen erzeugen, die für heterogene Nutzergruppen verschiedene, aber spezifische Funktionen erfüllen. Gleichzeitig stellen Modern-Commons-Systeme ein ererbtes Kulturgut einer modernen Gesellschaft dar, welches in ökonomischer, sozialer und ökologischer Dimension pfadbildend wirkt, auch für nicht monetär erfassbare Wertbeiträge.

Ein Staat verfügt über solche Infrastruktursysteme, in die Kapital, Boden und Wissen investiert wurde und die als Infrastruktur-Assets auf Dauer genutzt und unterhalten werden. Im Gegenzug tragen Infrastrukturnetze maßgeblich zur sozialen und wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit einer Nation und damit zur eigenen Refinanzierung bei. Als soziotechnische Ressourcensysteme sind Modern-Commons-Systeme zuerst soziale Konstrukte und erst in zweiter Linie technische Konstruktionen. Eine moderne Gesellschaft und eine arbeitsteilig organisierte Weltwirtschaft sind ohne leistungsfähige Infrastruktursysteme, die historisch meist öffentlich finanziert wurden, nicht funktionsfähig. Intentionale Regeln über Ressourcenallokation und die Nutzung dieser Netze sind – in Analogie zu den von Ostrom⁵⁹⁵ untersuchten sozialökologischen Commons-Systemen – entscheidend für eine Optimierung des kollektiven Nutzens und den langfristigen Systemerhalt, der in einer infrakulturellen Betrachtung volkswirtschaftliche Externalitäten und nicht monetäre Dimensionen einschließt. Dabei ergeben sich aus Sicht der Nachhaltigkeit in Bezug auf Investitionen und ihre Folgen Konflikte zwischen Makro- und Mikroebene, öffentlicher Hand, Zivilgesellschaft und Wirtschaft, die von Akteuren abhängig von der jeweiligen Perspektive unterschiedlich gedeutet werden können.

Für eine theoretische Untersuchung der Infrastrukturnetze ermöglicht die gewählte struktur-funktionale Systemanalyse eine wissenschaftlich sinnvolle Abstraktion, die für den systematischen Vergleich der komplementären Systeme in dedizierten Funktionsebenen erforderlich ist. Dabei werden Commons-Reglements im Rahmen vorliegender Arbeit als institutionelle Ordnungsebene beschrieben und als funktionale Systemebene die mehrstufigen Infrastruktursysteme für die Theorieentwicklung in Kapitel 2 und 3 herangezogen. Die Theorie wird im Hinblick auf vernetzte Infrastruktur-Entwicklung als gewählter Handlungsebene an Beispielen verschiedener Sektoren veranschaulicht.

Die Infrastruktursysteme für Energie, Kommunikation und Verkehr sind soziale Netzwerke, die als soziotechnische Kultur- und Wirtschaftsgüter intentional errichtet,

⁵⁹⁵ Ostrom 1990.

betrieben und erhalten werden, um *Infracfunktionen* zu erfüllen sowie Menschen und Räume dauerhaft zu vernetzen. Infrastruktursysteme verbinden, versorgen, unterstützen und schützen als intermediäre soziotechnische Hybride Individuen und schaffen *infrakulturelle Resonanzräume*, die einerseits auch über große Entfernungen Gruppen in gesellschaftliche Interaktion und wirtschaftliche Transaktionen einbeziehen und andererseits gleichzeitig deren realen Möglichkeitsräume de facto begrenzen. Denn wo kein Netz vorhanden ist, kann ein Zugangsrecht nicht eingelöst werden.

Daraus folgt, dass die nachhaltige Gestaltung von Modern-Commons-Systemen ein gesellschaftlicher Diskurs zu Zielen, Systemfolgen und Kosten der Infrastruktur-Plattformen voraussetzt. Soweit öffentliche Mittel für Infrastruktur eingesetzt werden, muss ein volkswirtschaftlich begründetes Bedürfnis von Nachhaltigkeit höher gewichtet werden als rein betriebswirtschaftliche Zielgrößen der Betreiber. Für die Betriebsphase von mehrstufigen Infrastruktursystemen sind neben dem diskriminierungsfreien Zugang der Betrieb in zuverlässiger Qualität und eine hinreichende Instandhaltung ebenso zu gewährleisten wie die Wirtschaftlichkeit eines technischen Systems und dessen iterative Anpassung an veränderte Anforderungen und Technologien. Dazu sind nachhaltige Kriterien für Effizienz und Effektivität und ein transparentes Monitoring zu etablieren.

Die Entwicklung von Infrastruktursystemen manifestiert die gesellschaftliche Allokation von Arbeit, Kapital, Energie und Ressourcen einschließlich des beanspruchten Bodens. Die von Ostrom entwickelten Bauprinzipien zur Gestaltung von Commons-Institutionen für sozialökologische Systeme (SES)⁵⁹⁶ haben sich mit Anpassungen als übertragbar auf Gestaltung und Betrieb von soziotechnischen Systemen (STS) erwiesen. Als *Modern-Commons-Systeme* wurden primär die Infrastrukturnetze für Verkehr, Energie und Kommunikation in ihrer mehrstufigen Ausprägung untersucht. Dabei kann die Flexibilität der Commons-Governance auf die im Lebenszyklus identifizierten Dilemmata bei Bedarfsermittlung, Allokation des Nutzens, Zugang, Finanzierung, Betrieb und Instandhaltung sowie auf polyzentrische Systemfolgen wie Nachhaltigkeit, Externalitäten und die Allokation von Risiken und Lasten von Infrastruktursystemen übertragen werden. Zwecks Entwicklung infrakultureller Gestaltungskriterien für Modern Commons, der nachhaltigen Bewertung von Systemwirkungen und der Integration von gesellschaftlichen Leitbildern wurden die drei Dimensionen der klassischen Infrastruktur-Typologie⁵⁹⁷ um die symbolische Dimension der *mental*en Infrastruktur und die ökologische Dimension der *natürlichen* Infrastruktur erweitert.

⁵⁹⁶ Ostrom 1990.

⁵⁹⁷ Jochimsen 1966: S. 100ff.

Eine historisch-technische Analyse belegt anhand der infrakulturellen Entwicklungsepochen die Ko-Evolution von Infrastruktursystemen, Institutionen, Technik und Gesellschaft über rund 8000 Jahre und zeigt, wie Infrastruktur-Commons einerseits durch gesellschaftliche Macht- und Legitimationsstrukturen sowie Belief-Systeme geprägt sind, andererseits aber auch durch Umwelteinflüsse und Innovationen emergent beeinflusst werden. Für Infrastruktur-Plattformen wurden drei komplementäre Funktionsebenen identifiziert, die sektorübergreifend zusammenwirken und eine *Konvergenz der Netze* für Energie, Kommunikation und Verkehr beschleunigen. Der entworfene *infrakulturelle Bezugsrahmen für Analyse und Entwicklung (IDF)* ermöglicht eine interdisziplinäre Verknüpfung wissenschaftlicher Erkenntnisse verschiedener Disziplinen in Bezug auf soziokulturelle und soziotechnische Systeme mit lokalen Erfordernissen und politischen Vorstellungen. Der vorgestellte analytische Rahmen trägt zur Entwicklung infrakulturell ausgewogener Entscheidungsprozesse sowie Ziel- und Bewertungssysteme für soziotechnische CPR-Systeme bei und verbindet zu diesem Zweck die Akteurs-, System- und Nachhaltigkeitsperspektive systematisch.

Für technische Infrastruktursysteme wie Übertragungsnetze für Energie und Kommunikation oder Transportnetze auf Straße und Schiene lassen sich die Funktionsebenen von *Plattform*, *Betriebssystem* und *Anwendungsebene* als interdependente, aber eigenständige Wertschöpfungsstufen unterscheiden. Für diese drei Ebenen sind anhand der von Ostrom formulierten Commons-Variablen und Bau-Prinzipien (IAD)⁵⁹⁸ Gemeinsamkeiten mit und Unterschiede zu SES herausgearbeitet worden. Im Verlauf eines typischen Infrastrukturlebenszyklus wurden die spezifischen Dilemmata für soziotechnische Commons aufgezeigt, die über klassische Dilemmata in sozialökologischen Commons-Systemen hinausgehen. Mithilfe des vorgestellten Bezugsrahmens für infrakulturelle Analyse und Entwicklung (IDF) können diese regional und national systematisch identifiziert und mit den Akteuren in einem strukturierten Prozess bearbeitet werden. Im Gegensatz zu dem sich natürlich regenerierenden Ressourcensystemen, z. B. Seen, Weiden oder Wälder, unterliegen Infrastrukturnetze physisch einem Lebenszyklus, der von technischer Alterung und nutzungsbedingtem Verschleiß geprägt wird.

Physische Netze bilden Infrastruktur-Plattformen, deren räumliche Allokation die wirtschaftliche und soziale Wirkung eines infrastrukturellen Ressourcensystems sehr langfristig festlegt. Das jeweilige Betriebsprogramm der Plattformen umfasst die eingesetzten Technologien und Methoden der Produktionssteuerung, was über die verfügbare Kapazität und Qualität des jeweiligen Ressourcensystems entscheidet. Ohne Definition eines funktionalen Betriebs- oder Fahrplans ist keine sinnvolle Gestaltung eines

⁵⁹⁸ Ostrom 1990.

Infrastrukturnetztes oder ein effizienter Betrieb möglich. Auf der Anwendungsebene entsteht vor Ort für den Nutzer die spezifische Produktleistung durch das Zusammenwirken verschiedener Subsysteme, Systemkomponenten und Systemebenen, bei den Verbindungsnetzen i. d. R. in Form von nicht speicherbaren Ressourceneinheiten. Die Nutzung eines technischen Infrastrukturnetztes erfordert Endgeräte, deren Leistungsdefinition und Systemanforderungen frühzeitig in die Entwicklung von Plattformsystemen einzubeziehen sind, denn ohne Fahrzeuge entfällt die Transportfunktion von Verkehrsnetzen, ohne Apparate könnten Strom- oder Kommunikationsnetze ihren Zweck nicht erfüllen und keinen Nutzen erbringen.

Das in der Theorie dargestellte Konzept einer *systemverbindenden Infrakultur* geht über eine Risikominimierung und reine Akzeptanzvermittlung hinaus. Durch Informationsprozesse und Kommunikation leistet das IDF einen Beitrag zu einer zielorientierten Entscheidungsfindung und entsprechenden Beteiligungsprozessen für Akteure, Nutzer und Anwohner. Da Investitionen und Alterungsprozesse für mehrstufige Modern-Commons-Systeme im Vergleich mit SES neben den bekannten Beitrags- und Entnahmedilemmata⁵⁹⁹ Allokations- und Instandhaltungsdilemmata bedingen, müssen Vertreter der regionalen Institutionen an der Gestaltung der ihre Zukunft bestimmenden Netze umfassend mitwirken. Mithilfe des IDF können Allokation, Zugang, Betrieb und Lastenverteilung dieser Netze transparent und gemäß den gesellschaftlichen Leitbildern effizient und ausgewogen mit allen Akteuren auf den beteiligten Ebenen erörtert und nachhaltig gestaltet werden.

5.1.1 Beantwortung der Forschungsfragen

Die zu Beginn formulierte zentrale Forschungsfrage kann, wie mehrfach ausgeführt, eindeutig positiv beantwortet werden. Es wurde festgestellt und mit Analysen sowie Beispielen belegt, auf welche Art Erkenntnisse der Commons-Governance und die Bau-Prinzipien für sozialökologische Systeme auf die Modern Commons und soziotechnische Infrastruktursysteme übertragen werden können. Das adaptierte AGIL-Schema sowie der infrakulturelle Analyse- und Entwicklungsrahmen (IDF) bieten ein analytisches Instrumentarium und hilfreiche Strukturen für eine nachhaltige Gestaltung von Infrastruktur-Systemen an. Zahlreiche sektorübergreifende Beispiele und die entwickelten Kriterienkataloge unterstützen die Übertragbarkeit der Modern-Commons-Governance auf spezifische Infrastrukturkontexte.

Die Entwicklung von Infrastruktursystemen als soziale Konstrukte wurde ausführlich dargestellt und der Wandel der gesellschaftlichen, kulturellen und wirtschaftlichen Infrafunktionen sowie der entsprechenden Infrastruktur-Plattformen im Lauf der Geschichte

⁵⁹⁹ Ostrom 1999: S. 54ff.

wurde erörtert. Im Mobilitätssektor liegt es nahe und ist im Sinne der Nachhaltigkeit geboten, die mehrstufigen Infrastrukturnetze als ein interdependentes und vernetztes Infrastruktursystem zu verstehen und als ein solches orchestriert weiterzuentwickeln. Durch das Motiv der Infrakultur wurde die Rolle der pfadbildenden Leitbilder und Technologien konzeptionell gemäß dem AGIL-Schema in das IDF integriert und es wurden Governance-Prozesse für eine nachhaltige Gestaltung von Modern Commons in Akteurs-, System- und Nachhaltigkeitsperspektive entwickelt.

Demokratie und Soziale Marktwirtschaft sind Rahmenbedingungen, die unterschiedliche Dilemmata für Infrastruktur-Entwicklung bedingen, die jedoch in Deutschland als ein gegebener Ordnungsrahmen und damit als kollektive Herausforderungen für Transformation der Modern-Commons-Systeme verstanden werden. Mittels der Commons-Governance und des IDF als Analyserahmen können wiederkehrende Entscheidungssituationen in mehrstufigen Systemen effizient analysiert und systematisch bearbeitet werden, wie es die adaptierten Gestaltungsprinzipien für Modern Commons⁶⁰⁰ belegen. Prioritäten und Investitionen durch die öffentliche Hand für Infrastruktursysteme können im Rahmen einer abgestuften Governance mit Akteuren vor Ort effektiv verhandelt und transparent gelöst werden. Der umfassende Modern-Commons-Diskursrahmen könnte eine dezentrale Ausgestaltung von Lösungen möglicher Interessenkonflikte ohne direktive staatliche Interventionen ermöglichen. Infrastruktur-Entwicklung unterliegt immer externen Einflüssen, wie Demographie, Klimawandel oder Digitalisierung, die von den Institutionen und Akteuren als zukünftige Systemanforderungen und notwendige Transformationsprozesse verstanden und in die Entscheidungsprozesse integriert werden müssen. Dabei kommt übergeordneten gesellschaftlichen und politischen Zielen und Aufgaben wie Energiewende oder Daseinsvorsorge eine Schlüsselrolle zu, insbesondere in Bezug auf die zeitliche und finanzielle Rahmensetzung seitens der Politik, die nur bedingt – und nicht ohne ökonomische Gegenleistung und Garantien – den Marktmechanismen überantwortet und auf dezentrale Institutionen oder Dritte übertragen werden kann.

5.2 Implikationen für eine nachhaltige Transformation im Verkehrssektor

Mit der Klima- und Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung sowie der Energiewende ist ein politischer Rahmen für Infrastruktur-Entwicklung für nachhaltige Mobilität gesetzt, der sich an ökologischen Grenzen orientiert. Eine nachhaltige Infrakultur würde es ermöglichen, diesen Rahmen für die damit notwendige Verkehrswende effektiv zu nutzen und die entsprechenden Modern-Commons-Systeme effizient zu gestalten:

„Die Energiewelt ist auch im Verkehr im Wandel. Das inzwischen für den Verkehrsbereich etablierte Leitmotiv „weg vom Öl“ hat mit der Energiewende der Bundesregierung und dem

⁶⁰⁰ Kapitel 4, Seite 223ff.

Energiekonzept noch einmal an Bedeutung gewonnen. Der Straßenpersonenverkehr und der Schienenverkehr werden enger mit den Klimazielen und den erneuerbaren Energien verknüpft sein. Aber auch für andere Verkehrsträger, die aus technischen Gründen noch eine lange Zeit vom Öl abhängig sein werden, müssen realistische, tragfähige, robuste und nachhaltige Zukunftskonzepte entwickelt werden. Der Verkehrssektor insgesamt muss seinen Beitrag zu den Klimazielen der Bundesregierung leisten.“⁶⁰¹

Zur Implementierung der Ergebnisse können folgende Überlegungen angestellt werden: Angesichts der hohen öffentlichen Ausgaben für Errichtung und Erhalt der Modern-Commons-Systeme liegt eine pareto-optimale Ressourcen-Allokation im öffentlichen Interesse, sodass im Sinne der Nachhaltigkeit von Investitionen folgende Prioritäten zu setzen sowie die technischen und regulatorischen Rahmenbedingungen zu schaffen sind:

- Die ökonomischen, ökologischen und sozialen Zielsysteme für Modern-Commons-Systeme sind für volks- und betriebswirtschaftliche Parameter für Investitionen und Betriebsqualität nachhaltig zu gestalten und öffentlich zu erörtern.
- Für ein zeitnahes Monitoring von Zustand, Leistungsfähigkeit und Resilienz der Infrastrukturnetze sind adäquate Kriterien zu entwickeln und transparente Berichtssysteme an Modern Commons anzupassen.
- Mittels messbarer Kriterien sind Ziele über die Sektor- und Systemgrenzen hinaus kompatibel zu gestalten und so in Einklang zu bringen, dass Synergien realisiert sowie gleichzeitig ökonomische, ökologische Risiken und soziale Lasten minimiert werden.
- Zur nachhaltigen Entwicklung der Verkehrsinfrastrukturen ist eine europäische Mobilitätsvision für 2050 erforderlich. Für die Dekarbonisierung des Verkehrs sind intermodal integrierte nationale, regionale und lokale Mobilitätspläne zu erarbeiten, die mit Investitionen, Anreizsystemen und Sanktionen hinterlegt werden.
- Um die digitale Vernetzung von Infrastruktursystemen für die technischen Ebenen nutzbar zu machen, sind Anforderungen an Kompatibilität, Datenschutz und -sicherheit für Plattformen, Programme und Anwendungen zu gewährleisten.

In der Entwicklung von Modern-Commons-Systemen können folgende Entscheidungen für konkrete Maßnahmen im Mobilitätssektor mithilfe des IDF effizient und nachhaltig gestaltet werden:

- Integrierte Verkehrsplanung für Straße, Schiene, Luft und Wasser in einem übergreifenden Masterplan auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene.
- Überprüfung und Re-Priorisierung geplanter Verkehrsprojekte im Hinblick auf langfristige Verkehrs- und Umwelteffekte und Opportunitäten angesichts der Wirtschaftlichkeit und des gesellschaftlichen Gesamtnutzens.

⁶⁰¹ BMVBS 2013.

- Subsidiäre Zuständigkeit und unternehmerische Ergebnisverantwortung für Infrastruktur-Entwicklung auf drei Ebenen: internationale Projekte mit EU-Beteiligung, national priorisierte Maßnahmen sowie Maßnahmen in (bundeslandübergreifenden) Wirtschafts- und Infrastruktur-Entwicklungsräumen.
- Iteratives Forschen und Lernen im Sinne einer nachhaltigen Transformation in realen Erfahrungsräumen fördern. Etablierung einer sektorverbindenden Innovationskultur zwischen Herstellern, Betreibern, Nutzern/Prosumenten sowie den Planern und Bestellern von Verkehrsleistungen.
- Beschleunigte Durchführung von Maßnahmen durch die Kopplung von Entscheidungen für Infrastruktur-Entwicklung an verbindliche Finanzierungspläne, z. B. durch Sonderhaushalte, die keinen konjunkturellen Schwankungen oder tagespolitischen Interessen unterliegen.

5.3 Forschungsbedarf zu nachhaltiger Infrakultur

Die Analyse hat gezeigt, dass es für Modern Commons derzeit keine infrakulturellen Leitbilder im Sinne einer nachhaltigen Infrastruktur-Entwicklung gibt. Aus den Dilemmata und den aufgezeigten Erkenntnislücken zur Rolle und Transformation von Modern-Commons-Systemen ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Identifikation von inter- und transdisziplinärem Handlungsbedarf und Entwicklung von Konzepten zur Vermittlung von Infrakultur auf allen Ebenen der Bildungssysteme einschließlich Fort- und Weiterbildung.
- Nutzung von institutionellen Ansätzen und Instrumenten, Klärung von Zuständigkeiten und Entwicklung von Masterplänen für Bildung und Forschung, z. B. Förderung von Dialogforen und Online-Plattformen zu Modern-Commons-Systemen mit lokalem Bezug.

5.3.1 Infrakultur- und Allmende-Forschung

Mit der Theorie der Modern Commons und dem infrakulturellen Analyse- und Entwicklungsrahmen (IDF) zur nachhaltigen Gestaltung von Infrastruktursystemen ist ein grundlegendes Forschungsgebiet im Commons-Kontext eröffnet worden. Nachdem theoriebasiert Indizien für eine pfadbildende Infrakultur aufgezeigt und systematisiert wurden, muss vertiefende Forschung zur infrakulturellen Ko-Evolution zum Nachweis der Gültigkeit über mehrstufige Infrastrukturnetze hinaus beitragen. Nachdem exemplarisch ein ausgewählter Aspekt der Entwicklung im Mobilitätssektor analysiert wurde, ist darüber hinaus in erster Linie die Anwendbarkeit der Commons-Theorie auf andere Infrastruktursysteme wie Energie, Telekommunikation oder Wasserversorgung zu verifizieren. In einem weiteren Schritt muss die Übertragbarkeit des Infrakultur-Begriffs und des IDF sowie die Anwendbarkeit von Commons-Bauprinzipien auf digitale Infrastruktursysteme

und die Emerging Commons (s. Kapitel 2.3) geprüft werden. Neben der institutionenökonomischen Analyse sind insbesondere Sozialwissenschaften in der Lage, die Interdependenzen zwischen gesellschaftlicher und technischer Entwicklung und die aus ihnen emergent hervorgehenden Effekte zu erfassen und die Transformation der Infrastruktursysteme zwischen staatlichem Willen und Marktkräften in einer übergeordneten Nachhaltigkeitsperspektive zu ergänzen.

5.3.2 Nachhaltigkeits-Forschung

Da ein Mangel an verlässlicher Infrastrukturversorgung offensichtlich ist, stellt sich angesichts der angestrebten Transformation zu mehr Nachhaltigkeit in hoch entwickelten Ländern gleichzeitig die Frage nach dem optimalen Grad eines Infrastrukturausbaus: „Wie viel ist genug?“⁶⁰² Zu untersuchen ist daher, wie ein Maß für den Grad der Sättigung mit Infrastruktur aussehen und mit welcher Legitimation und welcher Art von Mandat ein solcher Maßstab systemübergreifend in öffentlich geförderte Allokations-Priorisierung und Entscheidungsprozesse einbezogen werden könnte.

Digitalisierung nimmt in der Entwicklung konvergierender Infrastruktursysteme eine Steuerungsfunktion wahr, durch die sich die Komplexität einerseits erhöht und andererseits negative Externalitäten reduziert werden könnten. Zu klären ist auch, ob durch intelligente Vernetzung und Verkehrsoptimierung im Mobilitätssektor die Nachhaltigkeit verbessert werden kann oder Effizienzgewinne durch Rebound-Effekte überkompensiert werden. Dabei stellt sich nicht nur in jedem Sektor die Frage nach Wirtschaftlichkeit und Nutzen solcher Investitionen, sondern zunehmend die Aufgabe einer systemübergreifenden Bewertung von Komplexitätsrisiken und Abhängigkeiten. Ebenso ist für jedes Teilsystem die Frage zu beantworten, inwieweit Digitalisierung per se die Umwelt im Sinne der Nachhaltigkeit entlastet. Die Nachhaltigkeit von Elektromobilität oder autonomen Transportsystemen ist beispielsweise noch nicht nachgewiesen, was durch empirische Lebenszyklusbetrachtungen oder ganzheitliche Systemanalysen erfolgen könnte.

5.3.3 Sektorübergreifende Mobilitätsforschung

Im Feld der angewandten Mobilitätsforschung bietet der entwickelte Forschungsansatz einen Rahmen zur Untersuchung der Konvergenz von digitalen und energiespezifischen Systemen im Mobilitätssektor. Smart Grids und Vehicle-to-Grid-Ansätze wurden bereits als wegweisende Entwicklungen benannt. Die Frage zu beantworten, wie sich Infrastruktur und Institutionen im Mobilitätsmarkt verändern werden, stellt eine transdisziplinäre Aufgabe dar, an der Wissenschaft, Unternehmen, Nutzer und Politik ihre Gestaltungsprozesse, -instrumente und -kompetenzen weiterentwickeln müssen. Im Rahmen der Konvergenz von digitalen und realen Transportwelten kommt der Aushandlung von

⁶⁰² Bäckstrand, Ingelstamm 1977.

geeigneten Governance-Spielregeln für bisher nicht gekannte Datenvielfalt und Datenvolumen im Mobilitätssektor – privater und öffentlicher Provenienz – eine über den Infrastruktursektor hinausgehende vorrangige Bedeutung und Gestaltungsmacht für zukünftige Wertschöpfungsmodelle zu. Dabei sind Rollen und Zukunftserwartungen der Akteure in Bezug auf staatliche Rahmenbedingungen, unternehmerische Gestaltungsräume und Anreize für Nachhaltigkeit in der Infrastruktur-Entwicklung zu ermitteln. Bei *Mobility as a Service*⁶⁰³ als zukunftsweisendes Konzept geht es um eine Neu-Vermessung der digitalen Resonanzräume und eine nachhaltige Gestaltung der Wertschöpfung transformativer Netze in einem in Echtzeit kommunizierenden und weitgehend autonom agierenden *Internet der Dinge* (IoT).

5.4 Kritische Reflexion

Die Theorie der Modern Commons und der IDF sind grundsätzlich dazu geeignet, den notwendigen Diskurs zur Allokation öffentlicher und privater Mittel in Infrastruktur-Entwicklung methodisch zu unterstützen sowie eine fachliche Bewertung von Gestaltungsoptionen und konkreten Maßnahmen systematisch zu verbessern. Angesichts der Flexibilität der möglichen Perspektiven stellt sich die Frage, welche Akteure diesen ganzheitlichen Ansatz für ihren Analyse- und Entscheidungsprozess tatsächlich verwenden werden. In der Systemgestaltung sind Akteure der strategischen Planung in Politik und Wissenschaft stärker betroffen als beteiligte Unternehmen. Die Theorie ersetzt nicht den Diskurs über gesellschaftspolitische Ziele und Haushaltsprioritäten der Infrastrukturpolitik, kann jedoch den Prozess der Willensbildung strukturieren. In der Anwendungspraxis der Theorie kann es für Einzelmaßnahmen schwierig sein, relevante Systemgrenzen zu definieren und die notwendigen Daten von Beteiligten zu erhalten. Die gewählte Makroperspektive ist eine theoretische Betrachtungsebene, die nur bedingt kompatibel mit bestehenden Interessen, Zielsystemen und Entscheidungsprozessen auf der realen Mikroebene ist.

Die im IDF aufgezeigten Schritte und Kriterien müssen zur Erhebung konkreter Daten für spezifische Infrastrukturmaßnahmen weiter konkretisiert werden. Letztlich kann das Instrumentarium allein keine Investitionsentscheidungen rechtfertigen, es trägt aber zur transparenten Beurteilung von gesellschaftlichen, ökologischen und volkswirtschaftlichen Opportunitäten bei. Für die Beurteilung von Ausbauvarianten einer Bahntrasse im Rheintal müssen mögliche Auswirkungen lokal, regional und auf der internationalen Route Rotterdam – Genua in die Entscheidungsfindung einbezogen werden, was im Einzelfall sehr aufwendig werden kann. Weitreichende Systementscheidungen für Infrastruktur – wie autonomes vernetztes Fahren, die Realisierung der Energiewende in

⁶⁰³ Mobilität als digital abrufbare Dienstleistung, die Fahrzeugbesitz und bestehende Anbieterstrukturen infrage stellt.

intelligenten Netzen oder Investitionen in Gigabit-Funknetze für mobile Breitbandanwendungen – verlangen geradezu nach übergreifenden Analysen.

Die vorliegende Theorie kann zielführend für die Entwicklung von flexiblen Simulationsmodellen für Verkehrs- oder Umwelteffekte genutzt, für übergreifende Systementscheidungen wie den Einsatz von erneuerbaren Energien, den Beitrag zur Dekarbonisierung oder die Möglichkeiten der digitalen Vernetzung in nationalen Infrastrukturplänen herangezogen werden. Für die Nutzung zu Ausbildungszwecken in der akademischen und betrieblichen Praxis sind Instrumente zur Quantifizierung didaktisch und methodisch weiter zu vertiefen.

In vorliegender Arbeit wird von einem Primat der Nachhaltigkeit ausgegangen, welches in der Wirklichkeit von interessengeleiteten Akteuren nicht für alle Beteiligten vorausgesetzt werden kann. Obwohl auch ökonomische Systeme ein implizites Interesse an der eigenen Nachhaltigkeit besitzen, werden für Entscheidungen, deren Konsequenzen außerhalb der eigenen Verantwortung oder Lebenserwartung liegen, die Risiken von Infrastruktur-Entwicklungen zulasten zukünftiger Generationen und der Allgemeinheit – mental und real – diskontiert. Sollte es nicht gelingen, die kurzfristigen Handlungshorizonte der Akteure infolge von kurzen Mandatsperioden und Vertragslaufzeiten zu überwinden, könnte die Zukunft der mehrstufigen Infrastruktursysteme frei nach Hardin als eine Tragödie der Modern Commons beschrieben werden, deren gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Konsequenzen kommende Generationen zu tragen haben.

Literaturverzeichnis

- Aberle, Gerd.** 2012 "Systemrelevanz von Infrastrukturen. Sektorkrisen als gesellschaftliche Herausforderung." In *Infrastruktur Gipfel 2012. Welche Zukunft für die Infrastrukturen?* ed. Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel InnoZ.
- Agic, Damir, Nico, Grove.** 2012. *Milan European Economy Workshops, ROLE OF THE STATE IN INFRASTRUCTURE PROVISIONING FROM 1880S TO WORLD WAR I: TELECOMMUNICATIONS INFRASTRUCTURE IN EUROPE. Working Paper 2012-12.* Milano.
- Agrawal, Arun.** 2001. "Common Property Institutions and Sustainable Governance of Resources." *WorldDevelopment*, Jg. 29/10:S. 1649–1672.
- Agrawal, Arun.** 2003. "SUSTAINABLE GOVERNANCE OF COMMON-POOL RESOURCES: Context, Methods, and Politics." *Annual Review of Anthropology* (32:):S. 243–262. [arjournals.annualreviews.org](http://journals.annualreviews.org).
- Ahlfeldt, Gabriel, Feddersen, Arne.** 2010. From periphery to core: economic adjustments to high speed rail. Working Paper. [http://eprints.lse.ac.uk/29430/1/From_periphery_to_core_\(LSERO_version\).pdf](http://eprints.lse.ac.uk/29430/1/From_periphery_to_core_(LSERO_version).pdf) (accessed October 5, 2011).
- Ahluwalia, Pal, Miller Toby.** 2015. "The prosumer." *Social Identities*, 20(4-5): 259–61.
- Ahrend, Christine, Herget, Melanie.** 2012. "Umwelt- und familienfreundliche Mobilität im ländlichen Raum. Handbuch für nachhaltige Regionalentwicklung." Integrierte Verkehrsplanung. TU Berlin www.verkehrsplanung.tu-berlin.de/ufm-handbuch.pdf. http://www.tu-berlin.de/fileadmin/fg93/Forschung/Projekte/Laendlicher_Raum/ufm-handbuch.pdf.
- Akerlof, George A., Shiller, Robert J.** 2009. *Animal spirits. Wie Wirtschaft wirklich funktioniert.* Frankfurt, M, New York, NY: Campus-Verlag
- Åkesson, Anders, Tiefensee Roger.** 2011. "Det behövs nya miljardinvesteringar i infrastruktur | SvD." *Svenska Dagbladet*. April 7. http://www.svd.se/opinion/brannpunkt/det-behovs-nya-miljardinvesteringar-i-infrastruktur_6069377.svd.
- Alexandersson, Gunnar, Hultén, Staffan.** 2009. Scenarier för järnvägens utveckling fram till 2035 En rapport från IVA Projekt Långsiktiga spåret. <http://www.iva.se/PageFiles/10725/Scenarier-for-jarnvagens-utveckling.pdf> (accessed May 14, 2013).
- Allen, Roy E., ed.** 2008. *Human Ecology Economics: A New Framework for Global Sustainability. A new framework for global sustainability.* London: Routledge.
- Allgemeines Landrecht für die Preussischen Staaten**, zweite verbesserte Auflage, vierter Band, Theil 2, Berlin Müller 1882
- Allier, Conseil g.** 1874. Rapports et délibérations - Allier, Conseil général -Conseil général de l'Allier. http://gallica.bnf.fr/Search?ArianeWireIndex=index&f_century=19&q=%C2%B4infrastructure&lang=DE&n=15&p=4&pageNumber=29 (accessed July 16, 2014).
- Allmendinger, Iris.** 2001. "Determinanten des Personenverkehrs: Ein akteursbasierter Ansatz im internationalen Vergleich." Dissertation. Stuttgart.
- Alt, Rainer, Schmid, Beat.** 2000. "Logistik und Electronic Commerce – Perspektiven durch zwei sich wechselseitig ergänzende Konzepte." *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 1) 1, S. 75-99, 70(1): S. 75-99.
- Andersson, Krister, Agrawal, Arun.** 2011. "Inequalities, institutions, and forest commons - Andersson-Agrawal-2011_GEC.pdf." *Global Environmental Change*:S. 866–875. http://www.ifriresearch.net/wp-content/uploads/2013/08/Andersson-Agrawal-2011_GEC.pdf.
- Andrews, Kimberly M., Nanjappa, Priya, Riley, Seth P. D..** *Wildlife management and conservation, Roads and ecological infrastructure. Concepts and applications for small animals.*
- Arnsward, Ulrich.** 2010. "Vertrauen - wenig reflektierter "Grundstoff" funktionierender Märkte." In *Vertrauen - zwischen sozialem Kitt und der Senkung von Transaktionskosten*, ed. Matthias Maring, 199–222. Karlsruhe: KIT Scientific Publ.
- Aschauer, David A.** 1990. Why Is Infrastructure Important? <http://www.bos.frb.org/economic/conf/conf34/conf34b.pdf> (accessed May 11, 2013).
- Aucoc, Léon.** 1878. Conférences sur l'administration et le droit administratif, faites à l'École impériale des Ponts et Chaussées. Edition 2, Tome 3. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5742981z/f645.image.r=infrastructure%20canaux.langDE> (accessed July 31, 2013).
- Audi AG.** 2013. Autonom, vernetzt, elektrisch! Revolutionäres Nahverkehrskonzept aus England. http://audi-urban-future-initiative.com/mooove/cms/resources/media/document/original/autonome_kapseln.pdf (accessed June 20, 2015).

- ABC** Australian Broadcasting Corporation 2008, PM - India's telegram service closes 15/07/2013.; (SCHEME=URL)<http://www.abc.net.au/pm/>. <http://www.abc.net.au/pm/content/2013/s3803444.htm> (accessed June 15, 2015).
- Bach, Sabine B. A.** 2003. "Grundmodell einer dynamischen Theorie ökonomischer Akteure." EBS European Business School.
- Bäckstrand, Göran; Ingelstam, Lars,** 1977, *Hur mycket är lagom?* Stockholm: Sekretariatet för framtidsstudier
- Badura, Peter.** 1970. "Die Verwaltung als soziales System." *Die öffentliche VERwaltung*, 23. Jahrgang (1/2).
- Banerjee, Sudeshna G., Oetzel, Jennifer M., Ranganathan, Rupa.** 2006. Private Provision of Infrastructure in Emerging Markets: Do Institutions Matter? 2006, 24. <http://auapps.american.edu/~oetzelj/PrivateProvisionofInfrastructure.pdf> (accessed June 5, 2011).
- Bardt, Hubertus.** 2014 (accessed July 22, 2014).
- Bartholony, François.** 1844. *Resultat economique des Chemins de Fers. ou Observation pratique sur la distribution der Richesses.* Loi de 11 Juin 1942. Paris: Dupont.
- Barton, Hugh.** 2009. Healthy urban planning in European cities. http://heapro.oxfordjournals.org/content/24/suppl_1/i91.full (accessed June 9, 2011).
- Batbie, Anselme.** 1886. *Traité théorique et pratique de droit public et administratif : contenant l'examen de la doctrine et de la jurisprudence, la comparaison de notre législation.* <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5516767x.r=I%C2%B4infrastructure.langDE> (acc. July 16, 2014).
- Bauer, Johannes M., Schneider, Volker.** ed. 2008. *Complexity and Large Technical Systems.*
- Baumstark, Eduard.** 1835. *Kameralistische Encyclopädie.* http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/baumstark_encyclopaedie_1835/?hl=Allmend&p=279 (accessed January 6, 2014).
- Bay, Lukas.** 28.05.201. "Drivy übernimmt Autonetzer: Französische Offensive bei Carsharing." *Handelsblatt.* 28.05.201. <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/drivy-uebernimmt-autonetzer-franzoesische-offensive-bei-carsharing/11836018.html>.
- Bay, Lukas.** 2014. "Blablacar: 100 Millionen Dollar zum Mitfahren." *Handelsblatt.* July 2. <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/blablacar-100-millionen-dollar-zum-mitfahren/10137832.html>.
- Beba, Werner.** 2012. "121022_FactBook_NsdZ_klein.pdf." http://www.haw-hamburg.de/fileadmin/user_upload/Forschung/CC4E/pdf/121022_FactBook_NsdZ_klein.pdf.
- Beck, Ulrich.** 1986. *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne.* 21st ed. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Beck, Ulrich, Giddens, Anthony, Lash, Scott.** 1996 *Reflexive Modernisierung - Eine Debatte* (mit A. Giddens und S. Lash), Suhrkamp, Frankfurt a. Main, 1996
- Beck, Ulrich, Bonß, Wolfgang.** ed. 2001. *Die Modernisierung der Moderne.* 1st ed. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Becker, Bernhard.** 1868. *Die Allmeine das Grundstück zur Lösung der sozialen Frage. gestützt auf schweizerische Verhältnisse.* Basel: Schweizerische Verlagsbuchhandlung.
- Becker, Egon.** 2011. *Symposium Systemtheorie und Humanökologie, Systemtheorie der sozialen Ökologie.* Sommerhausen.
- Becker, Egon, Jahn, Thomas.** ed. 2006. *Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen.* Frankfurt am Main; New York: Campus.
- Becker, Udo.** 2016 *Grundwissen Verkehrsökologie, Grundlagen, Handlungsfelder und Maßnahmen für die Verkehrswende,* München. Oekom Verlag
- Becker, Udo.** 2014. 3.4.2014, Vortrag: *Postfossile Mobbilität, Was können wir dabei beeinflussen?* VSVI http://www.vsvi-sachsen-anhalt.de/downloads/2014/infrastruktur/2014-04-03_VSVI-Becker.pdf
- Beckmann, Klaus J.** 2007. "Verkehrspolitik und Mobilitätsforschung - die angebotsorientierte Perspektive." In *Handbuch Verkehrspolitik.* 1st ed., ed. Oliver Schöller, 710ff. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Beckmann, Klaus J., Rothengatter, Werner.** 2012. "Grundkonzeption einer nachhaltigen Bundesverkehrswegeplanung." UBA Papier.
- Behringer, Wolfgang.** 2002. "INFRASTRUKTURENTWICKLUNG ALS KRITERIUM FÜR ZENTRALÖRTLICHKEIT IM FRÜHNEUZEITLICHEN DEUTSCHLAND." In *Entstehung und Entwicklung von Metropolen. Veröffentlichung der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Stadtkulturentwicklung - IAS.* 4. Band, ed. Michael Jansen and Bernd Roeck.
- Bellet, Daniel, Holt, William.** 1919. *Manuel pratique des chemins de fer, construction, exploitation / par Daniel Bellet, Will Darvillé, Premier Partie Construction Infrastructure =*

- Superstructure & Ouvrage des Arts. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5542341w.r=chemin+de+fer%2C+construction%2C+infrastructure+voie.langFR> (accessed July 29, 2013).
- Belt, Henk a. d., Rip, Arie.** 1989. "The Nelson- Winter-Dosi Model and Synthetic Dye Chemistry." In *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology // The Social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*. 1st ed., ed. Wiebe E. Bijker, T. J. Pinch, and Thomas P. Hughes, 135–54. Cambridge (Mass.): MIT.
- Benz, Arthur,** ed. 2007. *Handbuch Governance. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Berghaus, Margot.** 2004. *Luhmann leichtgemacht. Eine Einführung in die Systemtheorie*. 2nd ed. Köln: Böhlau.
- Bergström, Lars.** 1972. *Objektivitet. En undersökning av innebörden, möjligheten och önskvärdheten av objektivitet i samhällsvetenskapen*. Stockholm: Prisma.
- Berthelot, M. M.** 1885 - 192. La grande encyclopédie : inventaire raisonné des sciences, des lettres et des arts. Tome 15 par une société de savants et de gens de lettres. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k24650j/f5.zoom.r=Infrastructure%20.langDE> (acc. July 31, 2013).
- Bayer, Axel,** 2013. *Fit für Nachhaltigkeit? Bildung für nachhaltige Entwicklung*, Springer Verlag 2013 Berlin
- Bijker, Wiebe E., Hughes, Thomas P., Pinch, Trevor. J.** ed. 1987. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology // The Social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*. 1st ed. Cambridge (Mass.): MIT.
- Billinger, Nils G., Jäderholm, Bengt.** 2011. "Stora utmaningar för trafikpolitikerna." *Svenska Dagbladet*. June 8. http://www.svd.se/opinion/brannpunkt/stora-utmaningar-for-trafikpolitikerna_6226407.svd.
- Binswanger, Hans C.** 2011. *Die Glaubensgemeinschaft der Ökonomen. Essays zur Kultur der Wirtschaft*. 2nd ed. Hamburg: Murmann.
- Birke, Martin, Schwarz, Michael, Burschel, Carlo J.** ed. 1997. *Umweltschutz als Organisationswandel - Zur Mikropolitik ökologischer Innovation*. München: Oldenbourg Verlag.
- Blankart, Charles B., Gehrman, Björn.** 2006. "Der Dritte Sektor in der Europäischen Union: Die Daseinsvorsorge aus ökonomischer Sicht." *Jahrbuch Recht und Ökonomik Teil 1*.pdf. In *Jahrbuch Recht und Ökonomik des Dritten Sektors*, 36–75.
- Blogg.** 2011. Gemeingut in Bürgerhand. Die Infrastruktur unserer Daseinsvorsorge = Euer Anlageobjekt? <http://blog.gemeingut.org/2011/05/die-infrastruktur-unserer-daseinsvorsorge-euer-anlageobjekt/> (accessed June 3, 2011).
- Bluma, Lars, Weber, Wolfhard.** ed. 2003. *Technikvermittlung – Die Beziehung zwischen Ingenieuren und Techniknutzern. Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt*. Cottbus: Waxmann Verlag.
- Boettke, Peter.** 2011. "The two social philosophies of Ostroms' institutionalism." *The Policy Studies Journal*, Vol. 39, No. 1, 2011, Vol. 39(No. 1): 29–48. <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/33425/>.
- Böhle, Knud.** 2008. "Komplexitätstheorie als Vitaminspritze für LTS. Bericht von der Frühjahrstagung des DVPW-Arbeitskreises für Politik und Technik." In *Complexity and Large Technical Systems*, ed. Johannes M. Bauer and Volker Schneider.
- Böhle, Knud,** ed. 2008. *Komplexitätstheorie als Vitaminspritze für die LTS-Forschung? Bericht von der Frühjahrstagung des DVPW-Arbeitskreises für Politik und Technik*.
- Böhle, Knud.** 2010. Knud Böhle on Complexity and Large Technical Systems. <http://www.h-net.org/reviews/showpdf.php?id=28373> (accessed October 5, 2011).
- Borchard, Klaus,** ed. 2011. *Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung*. Hannover.
- Borden, Richard J.** *Ecology and experience. Reflections from a human ecological perspective*.
- Bormann, René, Bracher, Tilman, Flege, Dirk, Holzappel, Helmut.** Dezember 2010. *Eckpunkte für eine zielorientierte, integrierte Infrastrukturplanung des Bundes. Vom Bundesverkehrswegeplan zur Bundesverkehrsnetzplanung. Expertisen und Dokumentation zur Wirtschafts- und Sozialpolitik*. Berlin. <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/07697.pdf>.
- Boserup, Ester.** 1965 *The conditions of agricultural growth. The economics of agrarian change under population pressure*. Allen & Unwin, London.
- Botman, Rachel, Roo, Roger.** 2011. "Teilen statt besitzen: Der neue Konsum." *Harvard Business Manager*. May 27. <http://www.harvardbusinessmanager.de/heft/artikel/a-747027.html>.
- Bots, Pieter, Künnecke, Rolf.** 2009. *Second International Symposium on Engineering Systems, Understanding Common-Pool Resource Problems in Infrastructures: Exploring Analogies with Natural Resource Systems*. MIT, Cambridge, Massachusetts,

- Boudenoot und Louis.** 1883. Analyse de l'ouvrage de MM. Lavoigne et Pontzen sur les Chemins de fer en Amérique. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k445680r.r=I%C2%B4infrastructure.langDE> (accessed July 16, 2014).
- Boudenoot, M. L.** 1883. *Analyse de l'ouvrage de MM. Lavoigne et Pontzen sur les Chemins de fer en Amérique*. Paris: E. Capiomont et V. Renault (Paris).
- Bradford DeLong, J.** "Intelligentes Wirtschaftsdesign." *Financial Times Deutschland online*. <http://www.ftd.de/politik/international/top-oekonomen-j-bradford-de-long-intelligentes-wirtschaftsdesign/60004267.html>.
- Brand, Karl-Werner.** 2014. *Umweltsoziologie*. 1st ed. Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.
- Branscomb, Lewis M., Keller, James.** ed. 1996. *Converging infrastructures. Intelligent transportation and the National Information Infrastructure*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Breckling, Broder, Islo, Henry.** ed. 1998. *ASU Newsletter*. Vol. 24, *Object oriented Modelling and Simulation of Environmental, Human and Technical Systems*. Proceedings of 24th Conference of the ASU 1998. Kiel.
- Brundtland, Gro H.** 1987. "Report of the World Commission on Environment and Development. "Our Common Future"." UNO.
- Brunner, Anita, Kägi, Evelyn, Renner, Erich.** 2011. "Das Kapitalstockmodell als Basiskonzept für eine nachhaltige Entwicklung. INE-Bericht_17_3.3.11."
- Buber, Martin,** 1983 in *Das dialogische Prinzip: Ich und Du*. Zwiesprache. Die Frage an den Einzelnen. Elemente des Zwischenmenschlichen. Zur Geschichte des dialogischen Prinzips,, Gütersloher Verlagshaus, 14. Auflage, Gütersloh 1999
- Buchanan, James M., Musgrave, Richard A.** 1999, *Public Finance and Public Choice: Two Contrasting Visions of the State*, MIT Press Cambridge
- Buhr, Walter.** 2009. *VWL Diskussionsbeiträge, Infrastructure of the Market Economy*. Siegen.
- Buhr, Walter.** 2009. What is infrastructure? Discussion Paper No. 107.03. <http://www.uni-siegen.de/fb5/vwl/research/diskussionsbeitraege/pdf/107-03.pdf> (accessed June 4, 2011).
- Buhr, Walter.** 2014. Zum Begriff der Infrastruktur | Infrastrukturforschung - Infrastructure Research (Reimut Jochimsen Preis). http://www.uni-siegen.de/infrastructure_research/infrastructure/?lang=de (accessed January 9, 2014).
- Buijine, Mark de.** 2008. "Energy as complex LTS. Institutional fragmentation and the (reliable) management of LTS." In *Complexity and Large Technical Systems*, ed. Johannes M. Bauer and Volker Schneider.
- Büschemann, Karl-Heinz.** 2014. "Deutsche Bahn, Lebenslüge der Republik." *Süddeutsche Zeitung*. January 12, online. <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/verantwortung-der-bundesregierung-deutsche-bahn-lebensluege-der-republik-1.1860750>.
- Butler, Steven.** 2015. How Math Is Making Our Highways Crumble. http://www.ozy.com/acumen/how-math-is-making-our-highways-crumble/41459?utm_source=DW1&utm_medium=pp&utm_campaign=pp (accessed June 20, 2015).
- Butzel, Christian.** 2008. "Deutschrechtliche Forstgenossenschaften als Common Property Regime. Eine institutionenökonomische Analyse zum Verhalten der Forstgenossen im Harmsbachtal." Magisterarbeit. Freiburg Breisgau.
- Cairncross, Frances.** 2001. *The death of distance. How the communications revolution is changing our lives*. Boston: Harvard Business School Press.
- Calhoun, Craig et. al.,** ed. 2007 (1961). *Classical Sociology Theory*. 2nd ed. Malden, Mass. (u.a.): Blackwell Publishers.
- Canzler, Weert.** 2007. "VerkehrsInfrastrukturpolitik in der schrumpfenden Gesellschaft." In *Handbuch Verkehrspolitik*. 1st ed., ed. Oliver Schöller, 510ff. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Canzler, Weert, Hunsicker, Frank, Knie, Andreas, Peters, Jürgen.** "Blockierte Moderne? Die Auswirkungen des demografischen und wirtschaftsstrukturellen Wandels auf die Verkehrsinfrastruktur in Deutschland bis zum Jahre 2030." *InnoZ Bausteine*, 2009 (Baustein 6).
- Canzler, Weert, Knie, Andreas.** 2013. *Schlaue Netze. Wie die Energie- und Verkehrswende gelingt*. München: Oekom Verlag.
- Canzler, Weert, Knie, Andreas.** 2016 *Die digitale Mobilitätsrevolution: Vom Ende des Verkehrs, wie wir ihn kannten*. München: Oekom Verlag
- Champris, Thibaut de.** 2013. "Die Kultur kann der Kitt einer Gesellschaft sein." *Deutschlandmagazin - Forum für Politik, Kultur und Wirtschaft*, 2013: Deutschland.de 201319. Juni 2013 32. http://mc.deutschland.de/fileadmin/media/e-paper/epaper-Deutschland_2-13_D/page33.html#/32.
- Chen, Su-Shing.** 1996. "Intelligent Agents and ITS." In *Converging infrastructures. Intelligent transportation and the National Information Infrastructure*, ed. Lewis M. Branscomb and James Keller, 176–90. Cambridge, Mass: MIT Press.

- Christaller, Walter**, 1980 in Wiebel, Dirk Zentrale Orte, <http://www.wiebel.de/pdf/christaller.pdf>, Tübingen 2001
- Chomsky, Noam**. 2012. Destroying the Commons: How the Magna Carta Became a Minor Carta. <http://www.chomsky.info/articles/20120722.htm> (accessed October 5, 2013).
- Clauß, Ulrich**. 2011 Wie das Internet zum Klimakiller wird, Die Welt, 25.05.2011, Berlin
- Coase, Ronald H.** The Nature of the Firm - Coase - 2007 - *Economica* - Wiley Online Library. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x/pdf> (accessed December 8, 2013).
- Corréard, Alexandre**. 1839. Causes de la ruine de l'entreprise et réponses critiques aux attaques de la Compagnie. Chemin de fer de Paris à Versailles, rive gauche. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6208403s/f27.image.r=voie.langDE> (accessed July 16, 2014).
- Coutard, Oliver**, ed. 1999. *The governance of large technical systems. Routledge Studies in Business Organization and Networks*. London; New York: Routledge.
- Coutard, Oliver**. 2002. *Premium Network Spaces: A Comment*. Oxford: Joint Editors Blackwell Publishers Ltd.
- Cramton, Oeter Ockenfels, Axel**. 2012. Economics and design of capacity markets. <http://www.cramton.umd.edu/papers2010-2014/cramton-ockenfels-economics-and-design-of-capacity-markets.pdf> (accessed July 17, 2014).
- Crastan, V.** 2008. *Elektrische Energieversorgung 2*: Springer.
- Crockett, Alan D.** 2011. New Organization to Develop Tool for Measuring Infrastructure Sustainability. Institute for Sustainable Infrastructure Founded by National Engineering and Public Works Associations. <http://www.sustainableinfrastructure.org/news/pr020111.cfm>.
- Crossman, Ashley**. Gemeinschaft and Gesellschaft - Relationships in Societies. http://sociology.about.com/od/G_Index/g/Gemeinschaft-Gesellschaft.htm (accessed July 24, 2014).
- Czerny, Margarete S. M., Schratzenstaller, Margit**. 2005. Neuberechnung der Infrastrukturinvestitionen nach Wirtschaftsbereichen 1995 bis 2004. [http://www.wifo.ac.at/www/servelet/www.upload.DownloadServlet/bdoc/MB_2005_12_05_INFRASTRUKTURINVESTITIONEN\\$.PDF](http://www.wifo.ac.at/www/servelet/www.upload.DownloadServlet/bdoc/MB_2005_12_05_INFRASTRUKTURINVESTITIONEN$.PDF) (accessed July 2, 2011).
- Czerny, Wolfgang F. J.** 2011 pp. 142-144(3). *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*,. Volume 20, Number 2,, *Infrastrukturpolitik. Herausforderungen für die transdisziplinäre Forschung Infrastructure Policy. Challenges for Transdisciplinary Research*. München: oekom verlag.
- Dacey, Ray**. 2000. *THE PRODUCT LIFE CYCLE. Raymond Vernon, 1966*. fact sheet. Boise. http://db.lib.uidaho.edu/ereserve/courses/b/business/380_01/life.pdf (accessed August 2, 2014).
- Daehre, Karl-Heinz**, 2014 Vortrag VSVI 3.4.2014, *Infrastruktur-Voraussetzung für wirtschaftliche Entwicklung* http://www.vsvi-sachsen-anhalt.de/downloads/2014/infrastruktur/2014-04-03_VSVI-Daehre.pdf
- Dahl, Robert L. C.** 1953. *Politics, Economics and Welfare: Planning and the Polilico-Economic Systems Resolved into Basic Social Processes*. New York: Harper and Brothers.
- Dalton, Patricia A.** 2008. "Physical Infrastructure: Challenges and Investment Options for the Nation's Infrastructure. Statement of Patricia A. Dalton, Managing Director Physical Infrastructure Issues." GAO-08-763T. United States Government Accountability Office. <http://www.gao.gov/new.items/d08763t.pdf>.
- Daly, Herman E.** 1996. *Beyond growth. The economics of sustainable environment*: Beacon Press.
- Darwin, Charles**. 1859. On the Origin of Species. Darwin Online: <http://www.gutenberg.org/files/1228/1228-h/1228-h.htm> (accessed June 6, 2015).
- Daum, Matthias**. 2010. "Pendeln statt zügeln. Überfüllte Züge und verstopfte Straßen sind der Preis für unsere Sesshaftigkeit." *Neue Züricher Zeitung*. January 5. <http://www.nzz.ch/aktuell/startseite/pendeln-statt-zuegeln-1.4438988#>.
- De, Prabir, Gosh, Buddhadeb**. 2005. EFFECTS OF INFRASTRUCTURE ON REGIONAL INCOME IN THE ERA OF GLOBALIZATION: NEW EVIDENCE FROM SOUTH ASIA. http://www.unescap.org/pdd/publications/apdj_12_1/4_prabir.pdf (accessed December 16, 2013).
- Decker, Michael, Fleischer, Thorststen, Schippl, Jens, Weinberger, Nora**. ed. 2012. *Zukünftige Themen der Innovations- und Technikanalyse: Methodik und ausgewählte Ergebnisse. KIT Scientific Report 7065*. Karlsruhe: KIT Scientific Publ.
- Degele, Nina**. 2002. *Einführung in die Techniksoziologie*. München: Fink.

- Deharme, Ernest.** 1874. Les Merveilles de la Locomotion PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE M. ÉDOUARD CHARTON. <http://www.gutenberg.org/files/41968/41968-h/41968-h.htm> (acc. December 13, 2013).
- Deharme, Ernest.** 1878. Les merveilles de la locomotion (Deuxième édition). <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k411594g/f144.image.r=infrastructure.langFR> (accessed July 29, 2013).
- Deharme, Ernest.** 1890. Chemins de fer : Superstructure. Encyclopedie de Travaux publics Introduction. Generalites des Voie et Accessoires Gares et Stations. Signaux. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k910978/f4.zoom> (accessed July 29, 2013).
- Dembe A; Boden, L.** 2000 - Dembe AE (1), Boden LI. Author information: (1) Center for Health Policy and Research, University of Massachusetts Medical School, Shrewsbury 01545, USA.
- Delbrück, Hans,** ed. 1908. *Preußische Jahrbücher, Band 134, 1908.* Berlin: Stilke.
- Denevan, William.** 1992. Pristine Myth. The Landscape of the Americas in 1492. <http://www.lasalle.edu/~mcinneshin/wk15/pristinemyth.htm> (accessed January 6, 2014).
- Denig, Stefan.** 2012. C40 Cities: Climate Leadership Group: Expert Voices: Stefan Denig, Infrastructure & Cities Sector, Siemens. <http://c40.org/c40blog/expert-voices-stefan-denig-infrastructure-cities-sector-siemens> (accessed January 25, 2014).
- Destanne Bernis, Gérard de.** INFRASTRUCTURE - Encyclopædia Universalis. Gérard DESTANNE DE BERNIS, « INFRASTRUCTURE », Encyclopædia Universalis (en ligne), consulté le 17 juillet 2014. URL: <http://www.universalis.fr/encyclopedie/infrastructure/>. <http://www.universalis.fr/encyclopedie/infrastructure/> (accessed July 17, 2014).
- Diedrichsen, Diedrich, Franke, Anselm.** 2013 *The whole Earth 2013*, Berlin
- Disco, Cornelius, van der Meulen, Barend.** 1998 *Getting New Technologies Together: Studies in Making Sociotechnical Order*, de Gruyter, New York, Berlin
- Dolata, Ulrich.** 2003. *Unternehmen Technik. Akteure, Interaktionsmuster und strukturelle Kontexte der Technikentwicklung: ein Theorierahmen.* Berlin: Ed. Sigma.
- Dolata, Ulrich.** 2011. *Wandel durch Technik. Eine Theorie soziotechnischer Transformationen.* Frankfurt; New York: Campus.
- Dreikurs, Rudolf.** 1981. *Grundbegriffe der Individualpsychologie.* 4th ed. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Drivy.** Autovermietung zwischen Privatpersonen - Drivy. <https://www.drivy.de/> (accessed July 11, 2015).
- Dueck, Gunter.** 2010. *Aufbrechen! Warum wir eine Exzellenzgesellschaft werden müssen.* 1st ed. Frankfurt, M: Eichborn.
- Dunod (Paris),** ed. 1878. Revue générale des chemins de fer. Memoires et documents concernant L'établissement et la construction et la exploitation technique et commercial de voies ferrées. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k64866076.image.r=superstructure.f75.langDE>.
- Dupré, Paul, Béquet, Léon.** ed. 1892. *Répertoire du droit administratif. (avec le concours de M. Paul Dislère, ...).* Éditeur: P. Dupont (Paris). 11th ed.
- Eckardt, Felix.** 2010. *Nachhaltiges Denken. Jahrestagung tt30.*
- Eco, Umberto.** 2002. *Wie man eine wissenschaftliche Abschlussarbeit schreibt. Doktor-, Diplom- und Magisterarbeit in den Geistes- und Sozialwissenschaften.* 9th ed. Heidelberg: C.F. Müller.
- Ecomento.tv.** 2014. RWE will mehr Ladestationen für Elektroautos aufbauen. <http://ecomento.tv/2014/04/28/rwe-will-mehr-ladestationen-fuer-elektroautos/> (acc. July 11, 2015).
- Economides, Nicholas.** 1996. "The Economics of Networks." *International Journal of Industrial Organization* (14): 673–99. http://www.stern.nyu.edu/networks/Economides_Economics_of_Networks.pdf.
- Economides, Nicholas, Hermalin, Benjamin E.** 2012. "The economics of network neutrality. RAND Journal of Economics." *RAND Journal of Economics*, 43(No. 4, Winter 2012): pp. 602–629. http://www.stern.nyu.edu/networks/Economides-Hermalin_Economics_of_Network_Neutrality.pdf.
- Edenhofer, Ottmar.** 2011 *Commons.* Vortrag Berlin am Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change.
- Edenhofer, Ottmar.** 2012. "Die Atmosphäre als globales Gemeingut." In *Commons - Für eine neue Politik jenseits von Markt und Staat. Für eine neue Politik jenseits von Markt und Staat*, ed. Silke Helfrich und Heinrich-Böll-Stiftung. Berlin.
- Editor, L. W.** New research shows that high-speed rail does deliver economic growth - 09 - 2010 - News archive - News - News and media - Home. <http://www2.lse.ac.uk/newsAndMedia/news/archives/2010/09/highspeedrail.aspx> (accessed October 5, 2011).
- Eekhout, Mick, Visser, Ronald.** ed. 2008. *Delft Science in Design?*. Delft.

- Ehrlich, Paul R., Ehrlich, Anne H.** "Culture gap and its needed closures." In *Journal of Environmental Studies*, 481–92.
- EIB**, ed. 2007. *Conclusions and Recommendations of Expert Working Group on European Investment Bank (EIB). loan finance for building sustainable cities and communities.*
- Eisenkopf, Alexander.** 2013 *Nachgefragt*. Interview zur Verkehrsinfrastruktur in Deutschland. dbResearch, 15. Februar 2013 Frankfurt.
- EITO** 1999, European Information Technology Observatory, (*EITO*) Yearbook
- Elger, Katrin S. C.** "Die Diktatur des Jetzt. Interview Schellenhuber." *Der Spiegel*.
- Elmsäter-Svärd, Catharina.** 2011. *Infrastruktur Gipfel, Das schwedische Modell zur Infrastrukturentwicklung*. Infrastrukturminister. Berlin.
- Elsberg, Marc.** 2012. *Blackout. Morgen ist es zu spät*. Roman. 1st ed. München: Blanvalet.
- Engel, Christoph.** 2000. "Gemeinschaftsgüter: Recht, Politik und Ökonomie. Offene Gemeinwohldefinition." *Recht der Gemeinschaftsgüter* (2000/16). http://www.coll.mpg.de/pdf_dat/2000_16online.pdf.
- Engel, Christoph.,** ed. 2000. *Law and Economics of International Telecommunications*. Jg. 42, "Global Networks and Local Values",. *Governance of Global Networks in the Light of Differing Local Values*. Second Symposium of the German American Academic Council's Project Woods Hole, Massachusetts, June 3 - 5, 1999. Baden-Baden: Nomos.
- Engel, Christoph, Rockenbach, Bettina.** 2011. We Are Not Alone Submission. The Impact of Externalities on Public Good Provision Revised May 2011. http://www.coll.mpg.de/pdf_dat/2009_29online.pdf (accessed June 3, 2011).
- Englén, Tore, Anderstig, Christer.** 2013. Infrastrukturskulden. http://www.tagoperatorerna.se/BinaryLoader.axd?OwnerID=f018fe8b-e0a2-431a-af69-f754dcf817bb&OwnerType=0&PropertyName=EmbeddedImg_cedd3048-e324-4fcb-8357-130358e29ce5&FileName=D%3A%5CKunder%5CT%C3%A5goperatorerna%5CI%C3%A4gga+ut%5CRapport+Infrastrukturskulden_webb.pdf&Attachment=False (acc. December 16, 2013).
- Ennis, Frank**, ed. 2003. *Infrastructure provision and the negotiating process*. Urban and Regional Planning and Development. Aldershot, Hampshire, England, Burlington, VT: Ashgate.
- Enzensberger, Hans M.** 2015. "Wehrt Euch!" In *Edition Suhrkamp*. Vol. 28.02.2014, *Technologischer Totalitarismus. Eine Debatte*, ed. Frank Schirrmacher. Berlin: Suhrkamp.
- Epstein, Marc J.** 2008. *Making sustainability work. Best practices in managing and measuring corporate social, environmental and economic impacts*. 1st ed. Sheffield: Greenleaf Publ. (u.a.).
- Erhard, Christof E., Müller, Jan.** 2010. *Delivering Tomorrow. Towards Sustainable Logistics*. How Business Innovation and Green Demand Drive a Carbon Efficient Industry. Bonn. http://www.dp-dhl.com/content/dam/logistik_populaer/trends/StudieSustainableLogistics/study_towards_sustainable_logistics.pdf (accessed October 13, 2011).
- Erhard, Ludwig.** 2014 (1964). *Wohlstand für alle*. Düsseldorf; Köln: Verlagsgruppe Handelsblatt, Anaconda Verlag.
- Erlei, Mathias, Leschke, Martin, Sauerland, Dirk.** 1999. *Neue Institutionenökonomik*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Esselborn-Krumbiegel, Helga.** 2012. *Richtig wissenschaftlich schreiben. Wissenschaftssprache in Regeln und Übungen*. 2nd ed. Paderborn: Ferdinand Schöningh.
- Esser, H.** 2002. *Soziologie: Die Konstruktion der Gesellschaft*: Campus-Verlag.
- Esser, Hartmut.** 1993. *Soziologie: allgemeine Grundlagen // Soziologie. Allgemeine Grundlagen*. Frankfurt/Main, New York: Campus.
- Estor, Johann G.** 1757. Bürgerliche rechtsgelehrsamkeit der Teutschen. http://www.deutsches-textarchiv.de/book/view/estor_rechtsgelehrsamkeit01_1757/?hl=allmend&p=466 (accessed January 6, 2014).
- Etzemüller, Thomas.** "Social engineering als Verhaltenslehre des kühlen Kopfes. Eine einleitende Skizze."
- Etzemüller, Thomas**, ed. 2009. *Die Ordnung der Moderne. Social engineering im 20. Jahrhundert*. Bielefeld: Transcript.
- Etzemüller, Thomas.** 2010. *Die Romantik der Rationalität. Alva & Gunnar Myrdal, Social Engineering in Schweden*. Bielefeld: transcript-Verl.
- Etzkowitz, Henry L. L.** 2000. "The dynamics of innovation: from national System and "Mode 2" to a triple Helix of university-industry-government relations." *Research Policy*, 29: 109–23. http://cmappublic3.ihmc.us/rid=1223538615937_1419971854_1861/etzkowitz-innovation%20triple%20helix.pdf.

- EU.** 2011. "Weissbuch Verkehr. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem." <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:DE:PDF>.
- Evers, Arno A.** 2010. *The hydrogen society. More than just a vision?* Oberkrämer: Hydrogeit-Verl.
- Felderer, Bernhard, Schuh, Ulrich.** 2005. Wachstum und Beschäftigung durch Infrastrukturinvestitionen. Projektbericht Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. http://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/projektbibliothek/downloads/studie_ihs2005.pdf (accessed June 4, 2011).
- Ferguson, Brian.** 1984. "Infrastructural Determinism.pdf." *Science, Materialism and the Study of Culture*. <http://www.ncas.rutgers.edu/sites/fasn/files/Infrastructural%20Determinism.pdf>.
- Ferguson, Niall.** 2012. *Reith Lectures, The Darwin Economy*. New York City.
- Ferguson, Niall, Lane, Allan.** "Civilization: The West and the Rest."
- Fichert, Frank, Grandjot, Hans-Helmut.** 2007. "Akteure, Ziele und Instrumente." In *Handbuch Verkehrspolitik*. 1st ed., ed. Oliver Schöller, 138ff. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Fischer, Jens-Uwe,** 2014 Universität Leipzig, VSVI 3.4.2014, *Infrastruktur-Voraussetzung für wirtschaftliche Entwicklung*, Vortrag: Flächenverbrauch und nachhaltiges Flächenmanagement in Deutschland, http://www.vsvi-sachsen-anhalt.de/downloads/2014/infrastruktur/2014-04-03_VSVI-Fischer.pdf
- Fischer, Jürgen.** 2008. Die Via Regia - Weimar und Johann Wolfgang Goethe. <http://www.Via-regia.org> (accessed May 30, 2014).
- Fischer-Kowalski, Marina.** 1997. "Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur." In *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in sozialer Ökologie*, ed. Marina Fischer-Kowalski. Berlin: Fakultas.
- Fischer-Kowalski, Marina.** ed. 1997. *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in sozialer Ökologie*. Berlin: Fakultas.
- Fischer-Kowalski, Marina.** 2007. *Socioecological Transitions in human history and present*, Peyresq.
- Fischer-Lescano, Teubner.** 2001. Rechtsirritationen: Zur Koevolution von Rechtsnormen und Produktionsregimes. (erschieden in: Günter Dux und Frank Welz (Hg.), *Moral und Recht im Diskurs der Moderne: Zur Legitimation gesellschaftlicher Ordnung*, Leske und Budrich, Opladen 2001, 351-381). http://www.jura.uni-frankfurt.de/42828616/Irritant_dt_end.pdf (accessed July 27, 2014).
- Fitzpatrick, Paul.** 2003. Pestle Analysis (accessed May 13, 2013).
- Forsthoff, Ernst.** 1938. *Die Verwaltung der Leistungsträger*. Königsberg.
- Fouquet, Roger.** 2008. *Heat, power and light. Revolutions in energy services*. Cheltenham, Northampton, MA: Edward Elgar.
- Francke, Detlef.** 2002. "THEBEN UND MEMPHIS - Metropolen im alten Ägypten." In *Entstehung und Entwicklung von Metropolen. Veröffentlichung der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Stadtkulturentwicklung - IAS*. 4. Band, ed. Michael Jansen and Bernd Roeck.
- Franke, Alexander G. K.** 2012. "MAXIMIZING RETURNS ON LARGE INVESTMENT PROJECTS. LARGE CAPITAL INVESTMENT PROJECTS HAVE SUFFERED FROM COST OVERRUNS AND DELAYS FOR DECADES. HERE'S HOW TO BOOST THEIR RETURNS." Oliver Wyman.
- Frey, René L.** 1959. *Das nationale System der politischen Ökonomie*, Basel, 1959
- Frey, René L.** 1972. *Infrastruktur. Grundlagen der Planung öffentlicher Investitionen*. 2nd ed. Tübingen: Mohr (u.a.).
- Frey, René L.** 2005. Handwörterbuch der Raumordnung - ARL -net. Infrastruktur, in: ARL, Hannover, 2005, p. 469-475. <http://www.arl-net.de/lexica/de/infrastruktur?lang=en> (accessed January 12, 2014).
- Friederich, Jan L. H. e. a.** 2011. "Green City Index." Siemens AG, The Economist Intelligence Unit Ltd.
- Frischmann, Brett M.** 2005. "An economic Theory on Infrastructure and Commons Management." *Minnesota Law Review*, 2005.
- Frischmann, Brett M.** 2008. "Environmental Infrastructure." In *Ecology Law Quarterly Vol 35 (2008)*, 101–28.
- Frischmann, Brett M.** 2012. *Infrastructure. The social value of shared resources*. New York: Oxford Univ. Press.
- Frischmann, Brett M.** 2013. draft_Frischmann.PDF - frischmann_2003_economictheoryinfrastructure.pdf. http://nacionescomunes.files.wordpress.com/2013/02/frischmann_2003_economictheoryinfrastructure.pdf (accessed January 11, 2014).

- Fuchs, Christian, Hofkirchner, Wolfgang** ed. 2003. *Studienbuch Informatik und Gesellschaft*. Wien.
- Fuchs, Eduard, Kreowski, Ernst**. 1911. *Die Strasse. Vom Urwald bis zur Eisenbahn*. Berlin: Verlag Neues Leben/Wilhelm Borngräber.
- Fuhr, Johannes B. T.** 2006. Vertical Governance Airlines and Airport - A Transaction Cost Analysis CNI-Working Paper No 2006-04. http://www.wip.tu-berlin.de/typo3/fileadmin/documents/wip-de/forschung/working%20paper-reihe/fuhr_beckers_2006-Vertical%20Governance%20Airlines%20and%20Airports---cni_wp_no_2006-04.pdf (accessed July 2, 2011).
- Fuix, J.** 1867. Réseau des chemins de fer d'intérêt local du département de la Somme : rapport général de l'ingénieur en chef / (signé : Fuix) ; département de la Somme. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k62982648/f71.image.r=infrastructure%20.langDE> (accessed July 31, 2013).
- Füssel, Dieter e.,** ed. 2013. *Die Erfindung der Nachhaltigkeit. Leben, Werk und Wirkung des Hans Carl von Carlowitz*. München: Oekom.
- Gabler Verlag,** ed. *Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten*.
- Gandy, Matthew**. 2014. *THE FABRIC OF SPACE. Water, Modernity, and the Urban Imagination* (accessed August 2, 2014).
- Gasner, Ernst**. 1889. Zum deutschen Straßenwesen von der Ältesten Zeit bis zur Mitte des XVII. Jahrhunderts. Eine germanistisch-antiquarische studie. http://www.archive.org/stream/zumdeutschenstr00gasngoog/zumdeutschenstr00gasngoog_djvu.txt (accessed December 19, 2013).
- Geels, Frank W; Smit, Wim A.** 2000. "Failed technology futures: pitfalls and lessons from a historical survey. Dept. of Philosophy of Science and Technology, University of Twente, TWRC Room D-304, PO Box 217, 7500 AE Enschede, The Netherlands." *Futures*, 32. PII: S0016-3287(00)00036-7.
- Geels, Frank W.** 2005. The Dynamics of Transitions in Socio-technical Systems. A Multi-level Analysis of the Transition Pathway from Horse-drawn Carriages to Automobiles (1860–1930). <http://www.sussex.ac.uk/profiles/228052> (accessed July 2, 2011).
- Geels, Frank W.** 2005. Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective. doi:10.1016/j.techfore.2004.08.014 (accessed July 2, 2011).
- Geels, Frank W; Schot, Johan**. 2008. "Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy." *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(5): 537–54.
- Geels, Frank W; Schot, Johan**. 2007. Typology of sociotechnical transition pathways (accessed May 17, 2015).
- Gege, Maximilian, Holst, Alexander**. 2012. Intelligent Cities. Wege zu einer nachhaltigen, effizienten und lebenswerten Stadt Management Summary (accessed July 2, 2013).
- Gege, Maximilian, Holst, Alexander**. 2013. "Intelligent cities. Wege zu einer nachhaltigen, effizienten und lebenswerten Stadt." *Intelligente Mobilität*.
- Geis, Anna; Nullmeier, Frank; Daase, Christopher**. ed. 2012. *Der Aufstieg der Legitimitätspolitik. // ~Derce Aufstieg der Legitimitätspolitik. Rechtfertigung und Kritik politisch-ökonomischer Ordnungen*. 1st ed. Baden-Baden: Nomos.
- George, Henry**, 2014, *Poverty and Progress: An Inquiry into the Cause of Industrial Depressions and of Increase of Want with Increase of Wealth: The Remedy*, Original San Francisco 1879, Anniversary Edition Robert Schalkenbach Foundation, New York 1935
- Gertenbach, Lars**. 2009. *Soziologische Theorien*. Paderborn, München: Fink.
- Geyler, Stefan, Holländer, Robert**. 2005. EIN VERGLEICH VON ZENTRALEN UND DEZENTRALEN LÖSUNGEN ZUR ABWASSERENTSORGUNG IM LÄNDLICHEN RAUM. <http://www.agrar.hu-berlin.de/fakultaet/departments/daoe/ress/publikationen/icarreihei/i-car/082005geylerhollaender.pdf> (accessed January 10, 2015).
- Gierke, Otto F. v.** 1868. *Das deutsche Genossenschaftsrecht*. Berlin: Weidmannsche Buchhandlung.
- Glaser, Hermann**. 2007. "Verkehrskulturen." In *Handbuch Verkehrspolitik*. 1st ed., ed. Oliver Schöllner. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Goethe, Johann W. v.** 1985. "Goethe, Raddatz und die Eisenbahn - was wußte der Geheimrat?" *Der Spiegel*. November 4. <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-13514539.html>.
- Goethe, Johann W.** 1823, Johann Peter Eckerman: Gespräche mit Goethe in den letzten Jahren seines Lebens - Kapitel 287 <http://gutenberg.spiegel.de/buch/-1912/287>
- Goldsmith, Hugh**. 2015. "Actors and Innovations in the Evolution of Infrastructure." S. 23 - 94 In *CESifo seminar series, The economics of infrastructure provisioning. The changing role of the state*, ed. Arnold Picot, M. Florio, J. Kranz, and N. Grove. MIT Press Cambridge MA.

- Gomoll, Stefan.** 2014. "Mega-Trend Carsharing: Teilen statt besitzen: Schaffen wir bald alle unsere Autos ab? - Kosten - FOCUS Online - Nachrichten." *Online, FOCUS*. July 25. http://www.focus.de/auto/ratgeber/kosten/mega-trend-carsharing-teilen-statt-besitzen-schaffen-wir-bald-alle-unsere-autos-ab_id_4014976.html.
- Gottinger, Hans-Werner,** ed. 2003. *Economies of Network Industries*. London and New York: Routledge.
- Götz, Konrad, Schubert, Steffi D. J.** 2006. "Mobilität." In *Soziale Ökologie. Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen*, ed. Egon Becker and Thomas Jahn. Frankfurt am Main, New York: Campus.
- Graham, Steven, Marvin, Simon.** 2001. *Splintering Urbanism*. Prologue and Introduction. London: Routledge.
- Graham, Steven.** 2002. *On Technology, Infrastructure and the Contemporary Urban Condition. A Response to Coutard*.
- Graham, Steven, Marvin, Simon.** 2008. "Splintering Urbanism, Infrastrukturnetzwerke, technologische Mobilität und die Bedingungen des Städtischen." In *Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Zwischen Universalisierung und Differenzierung*. Sozial-ökologische Forschung, ed. Timothy Moss. München: Oekom.
- Gramlich, Edward.** "Infrastructure Investment: A Review Essay." [edwardgramlich.pdf](http://www.edwardgramlich.com/edwardgramlich.pdf). In *Journal of Economic Literature*.
- Grimm, Dieter.** 1969. *JuS*: 501ff.
- Grimm, Jakob.** 1866. *Weisthümer*. 5. Band. Göttingen: Dietrichsche Buchhandlung.
- Grimm, Jakob, Grimm, Wilhelm.** 1854 - 1961. Deutsches Wörterbuch. 16 Bde. in 32 Teilbänden. Leipzig 1854-1961. <http://www.verstecken.uni-trier.de/cgi-bin/WBNetz/genFOplus.tcl?sigle=DWB&lemid=GE03296> (accessed December 20, 2013).
- Grober, Ulrich.** 2010. *Die Entdeckung der Nachhaltigkeit. Kulturgeschichte eines Begriffs*. München: Kunstmann.
- Grober, Ulrich.** 2013. "Von Freiberg nach Rio. Carlowitz und die Bildung des Begriffs Nachhaltigkeit." In *Die Erfindung der Nachhaltigkeit. Leben, Werk und Wirkung des Hans Carl von Carlowitz*, ed. Dieter e. Füssleine. München: Oekom.
- Groß, Matthias,** ed. 2011. *Handbuch Umweltsoziologie*. 1st ed. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Grundmann, Reiner.** 1993. Kommunikation und technische Infrastruktur: über Schienen, Straßen, Sand und Perlen. Schriftenreihe der Forschungsgruppe "Große technische Systeme" des Forschungsschwerpunkts Technik - Arbeit - Umwelt am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung 93-501 SSOAR: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-30922>. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-30922> (accessed January 5, 2015).
- Gustafsson, Anna.** 2011. "Mer tunnelbana lönsamt för samhället." *Svenska Dagbladet*. June 3. http://www.svd.se/nyheter/inrikes/mer-tunnelbana-lonsamt-for-samhallet_6214635.svd.
- Haardt, Peter.** 2012. *Nachhaltigkeitsbewertung der Straßeninfrastruktur. Begleitung durch die BASt*. Halle.
- Habermas, Jürgen,** 1981 Theorie des kommunikativen Handelns, Bd. I Suhrkamp, Frankfurt in 5. Vorlesung: Theorie des kommunikativen Handelns http://www.ztg.tu-berlin.de/download/legewie/Dokumente/Vorlesung_5.pdf
- Haber, Wolfgang.** 2010, Die unbequemen Wahrheiten der Ökologie Eine Nachhaltigkeitsperspektive für das 21. Jahrhundert, Oekom Verlag München
- Hage, Wolfgang.** 1993. Das Christentum im frühen Mittelalter (476-1054): vom Ende des weströmischen Reiches bis zum west-östlichen Schisma. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Hall, Peter.** 2002. *Cities of tomorrow. An intellectual history of urban planning and design in the twentieth century*. 3rd ed. Oxford, UK; Malden, MA: Blackwell Publishers.
- Händler, Erik,** 2003. Die Geschichte der Zukunft, Brendow Moers
- Hardin, Garrett.** 1968. "The tragedy of the Commons. The population problem has no technological solution; it requires a fundamental extension in morality." *Science, New Series*, (Dec. 13, 1968), pp. 1243-1248, Jg. 162(Jg. 162, No. 3859): pp. 1243-1248. <http://links.jstor.org/sici?sici=0036-8075%2819681213%293%3A162%3A3859%3C1243%3ATTOTC%3E2.0.CO%3B2-N>.
- Hardin, Garrett.** 2001. "Carrying Capacity As an Ethical Concept." *THE SOCIAL CONTRACT*: 48-58.
- Harms, Sylvia, Lanzendorf, Martin, Prillwitz, Jan.** 2007. "Mobilitätsforschung in nachfrageorientierter Perspektive." In *Handbuch Verkehrspolitik*. 1st ed., ed. Oliver Schöller. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Harris, Marvin.** 1980. *Cultural Materialism. The Struggle for a Science of Culture*. New York: Random House.
- Hartwig, Karl-Hans.** 2007. "Der ordnungspolitische Rahmen für die Bereitstellung von Infrastruktur." In *Öffentliche versus private (Straßen-)Verkehrsinfrastrukturfinanzierung. ifmo-Experten-Workshop*, ed. ifmo. Berlin.
- Hauben, Michael.** 1996. THE NET AND NETIZENS: The Impact the Net has on People's Lives. <http://www.columbia.edu/~rh120/ch106.x01> (accessed January 7, 2014).
- Hauff, Michael von, Kleine, Alexandro.** 2009. *Nachhaltige Entwicklung. Grundlagen und Umsetzung*. München: Oldenbourg.
- Hauff, Volker Dr., BM a.D.** 2008. *Wirtschafts und Konjunkturpolitik an Langfristigkeit ausrichten*. <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/news-nachhaltigkeit/2008/2008-12-18/hauff-wirtschafts-und-konjunkturpolitik-an-langfristigkeit-ausrichten/?size=2>.
- Haute Loire, Conseil d.** 1878. Rapport de deliberation Conseil Generale. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5686545t.r=infrastructure.langDE> (accessed January 6, 2014).
- Hayek, F. A.** 1976/1982 in Homann, Suchanek 2000. *Ökonomik. Eine Einführung*. 1st ed. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Hawley, Amos H.** 1986. *Human ecology. A theoretical essay*. Chicago u.a: Univ. of Chicago Press.
- Heidegger, Martin.** 1979. *Sein und Zeit*. 15th ed. Tübingen: M. Niemeyer.
- Heinen, Edmund.** 1985. *Einführung in die Betriebswirtschaftslehre*. Google Bücher. 9th ed. Wiesbaden: Gabler.
- Heinritz, Gunther, Wiesener, Reinhard,** 1998. *Europa in einer Welt im Wandel*. Franz Steiner Verlag 1998
- Helfrich, Silke; Kuhlen, Rainer; Sachs, Wolfgang; Siefkes, Christian** 2009. "Gemeingüter - Wohlstand durch Teilen." Heinrich-Böll-Stiftung. http://www.boell.de/sites/default/files/20101029_Commons_Prosperty_by_Sharing.pdf.
- Helfrich, Silke H. J.** 2009. The Commons: A New Narrative for Our Times. http://www.boell.org/downloads/commonsbook_helfrich_-_haas-neu.pdf.
- Helfrich, Silke H. J., Ostrom, Elinor.** 2009. *Was mehr wird, wenn wir teilen*, Oekom, München
- Helfrich, Silke et al.,** ed. 2011. *Workshopkonzept. Energieinfrastruktur-15.02.11 - workshopkonzept-energieinfrastruktur-06-04-2011.pdf*.
- Helfrich, Silke.** 2011 CommonsBlog. <http://commonsblog.wordpress.com/about/> (accessed June 3, 2011).
- Helfrich, Silke u. Heinrich-Böll-Stiftung,** ed. 2012. *Commons - Für eine neue Politik jenseits von Markt und Staat*. transcript, Bielefeld 2012.
- Helfrich, Silke, Bollier, David u. Heinrich-Böll-Stiftung.,** ed. 2015. *Die Welt der Commons – Muster gemeinsamen Handelns*, transcript, Bielefeld, 2015
- Hellwig, Martin.** 2011. Incomplete-Information Models of Large Economies with Anonymity: Existence and Uniqueness of Common Priors. http://www.coll.mpg.de/pdf_dat/2011_08online.pdf (acc June 3, 2011).
- Helms, Hinrich, Hanusch, Jan.** 2013. "Umbrella Umweltbilanzen Elektromobilität. Wissenschaftlicher Grundlagenbereich Julius Jöhrens." ifeu.
- Hennicke, Peter, Samadi, Sascha, Schleicher, Tobias.** "Ambitionierte Ziele – untaugliche Mittel: Deutsche Energiepolitik am Scheideweg. Hintergrundpapier der Vereinigung Deutscher Wissenschaftler (VDW) zur Energie- und Klimapolitik in Deutschland 2010."
- Henzler, Herbert e. a.** 2011. "Zukunftsfähige Gesellschaft - Bayern in der fortschreitenden Internationalisierung. Bericht des Zukunftsrates der Bayrischen Staatsregierung." Zukunftsrat der Bayrischen Staatsregierung.
- Henzler, Herbert, Späth, Lothar.** 2011. *Der Generationen-Pakt. Warum die Alten nicht das Problem, sondern die Lösung sind*. München: Hanser.
- Hermes, Georg.** 1998. *Jus Publicum*. Jg. 29, *Staatliche Infrastrukturverantwortung. Rechtliche Grundstrukturen netzgebundener Transport- und Übertragungssysteme zwischen Daseinsvorsorge und Wettbewerbsregulierung ... in Europa*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Herron, James.** 1841. A practical description of Herron's patent trilis railway structure. Investigation on the principles and strucutre essential to the stablity and permanence of railways. <https://archive.org/stream/practicaldescrip00herr#page/5/mode/1up> (acc. July 17, 2014).
- Herstatt, Cornelius.** 2000. Management von technologie-getriebenen Entwicklungsprojekten. Arbeitspapier Nr. 5.
- Hess, Charlotte, Ostrom, Elinor.** 2001. "Artifacts, Facilities, And Content: Information as a Common-pool Resource. Workshop in Political Theory and Policy Analysis Indiana University." Indiana University.

- Hess, Charlotte, Ostrom, Elinor.** ed. 2007. *Understanding knowledge as a commons. From theory to practice.* Cambridge, Mass: MIT Press.
- Hess, Charlotte.** 2008a. *Governing Shared Resources: Connecting Local Experience to Global Challenges, Mapping the New Commons.* Cheltenham (u.a.).
- Hess, Charlotte,** 2008b Mapping the New Commons (July 1, 2008). Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1356835> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1356835>
- Hess, Thomas, Doebelin, Stefan.** ed. 2006. *Turbulenzen in der Telekommunikations- und Medienindustrie.* (New York): Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Heuser, Tilmann Reh, Werner.** 2007. "Die Bundesverkehrswegeplanung." In *Handbuch Verkehrsplanung*. 1st ed., ed. Oliver Schöller, 225ff. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hillenbrandt, Thomas, Holländer, Robert.** 2013. "Demografischer Wandel als Herausforderung für die Sicherung und Entwicklung einer kosten- und ressourceneffizienten Abwasserinfrastruktur - 3779.pdf." UBA UBA-FB 001386. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3779.pdf>.
- Hirschhausen, Christian v., Beckers, Thorsten, Brenck, Andreas.** 2006. Regulation and Long-Term Investment in Infrastructure Provision – Theory and Policy Public Sector Management and Regulation Working Papers. http://www.wip.tu-berlin.de/typo3/fileadmin/documents/wip-de/kontakt_mitarbeiter/cvh/wp_psm_05_hirschhausen_beckers_brenck_regulation_2004.pdf (accessed June 5, 2011).
- Hirschhausen, Christian v.** 2002. *Modernizing infrastructure in transformation economies. Paving the way to European enlargement.* Cheltenham (u.a.): Elgar.
- Hirschhausen, Christian v.** 2005. "Infrastrukturpolitik: Mehr Wachstum durch Wettbewerb, Regulierung und Privatbeteiligung, Transport Economics and other Infrastructure Working Papers." TU Dresden. Transport Economics and other Infrastructure Working Papers WP-TR-07, Dresden.
- Hoch, Bernhard, Prosser, Michael, Schneider, Klaus S. H.** 1995. Der elektrische Bazillus - Die Elektrifizierung des Tales. Das Glottertal - Geschichte und Erinnerungen. <http://www.schwarzwald-kult-klinik.cms4people.de/495.html>.
- Hoffmann, Albrecht.** Goethe und der Straßenbau. Fraunhofer IRB - baufachinformation.de. <http://www.baufachinformation.de/zeitschriftenartikel.jsp?z=2000029012635> (accessed June 7, 2011).
- Hofmann, David.** 2010. "Die Analyse der globalen Mensch-Umweltproblematik. nach Herman Daly, unter besonderer Berücksichtigung der Bedeutung der Preise." Potsdam.
- Hofmann, Klaus Markus** 2015. "Connecting people - An Evolutionary Perspective on Infraculture." S 237 - 263 In *CESifo seminar series, The economics of infrastructure provisioning. The changing role of the state*, ed. Arnold Picot, M. Florio, J. Kranz, and N. Grove. MIT Press Cambridge MA.
- Hofmann, Klaus Markus** 2015. "Arbeitspapier Fokusgruppe intelligenter Verkehr BMVI für IT Gipfel 2015." BITKOM, BMVI.
- Hofmann, Klaus Markus.** Handelsblatt Infrastrukturgipfel 2011. Online Befragung Fragebogen Download. <http://www.infrastrukturgipfel.de/index.asp?page=fragebogen&lang=deutsch&sid=> (accessed June 8, 2011).
- Hofmann, Klaus Markus.** „Modern Commons“ sowie: Die Folgen der Megatrends für Marktakteure im Infrastruktursektor." In *Infrastrukturgipfel 2012. Welche Zukunft für die Infrastrukturen?*, ed. Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel innoZ, 12–20.
- Hofmann, Klaus Markus.** 1980. "Towards Ecological Accounting. På väg mot ekologisk redovisning." Abschlussarbeit. Universität Göteborg.
- Hofmann, Klaus Markus.** 2014. *Master BM 3./4. Semester BA, Echtzeit-Kommunikation. Chancen und Grenzen von Innovation in Social Media und mCommerce.* Erfurt.
- Hofmann, Klaus Markus, Knie, Andreas.** 2010. "Das neue WIR Gefühl. Die Zukunft der Infrastruktur." In *Zukunft der deutschen Wirtschaft. Visionen für 2030.* 1st ed., ed. Tom Sommerlatte and Antonio Schnieder. Erlangen: PUBLICIS KommunikationsAgentur.
- Hofmann, Peter S., Geels, Frank W., Boelje E.** 2004. "Sociotechnical scenarios as a new policy tool to explore system innovations: Co-evolution of technology and society in The Netherlands's electricity domain." *Innovation: management, policy & practice.*
- Hofreiter, Anton MdB** 2011. Anfrage Kleine Anfrage Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung Schiene. <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/17/056/1705605.pdf> (accessed July 18, 2014).
- Holland, John H.** 1992. *Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence.* Cambridge, Mass: MIT Press.

- Holländer, Robert, Geyler, Stefan.** 2005. EIN VERGLEICH VON ZENTRALEN UND DEZENTRALEN LÖSUNGEN ZUR ABWASSERENTSORGUNG IM LÄNDLICHEN RAUM. <http://www.agrar.hu-berlin.de/fakultaet/departments/daoe/ress/publikationen/icarreihei/icar/082005geylerhollaender.pdf> (accessed January 10, 2015).
- Holländer, Robert, Hillenbrandt, Thomas.** 2013. "Demografischer Wandel als Herausforderung für die Sicherung und Entwicklung einer kosten- und ressourceneffizienten Abwasserinfrastruktur - 3779.pdf." UBA UBA-FB 001386. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3779.pdf>.
- Holm, Ulla, Liinason, Mia.** 2005. "Disciplinary Barriers between the Social Sciences and Humanities. National Report on Sweden." Universität Göteborg.
- Holzbauer, Ulrich, Holzbauer, Ulrich D..** 2007. *Entwicklungsmanagement: Mit hervorragenden Produkten zum Markterfolg - Ulrich Holzbaur - Google Books // Entwicklungsmanagement. Mit hervorragenden Produkten zum Markterfolg; mit 53 Tabellen.* Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Homann, Karl, Suchanek, Andreas.** 2000. *Ökonomik. Eine Einführung.* 1st ed. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Homeland Security.** 2010. Aging Infrastructure: Issues, Research, and Technology Buildings and Infrastructure Protection Series. <http://www.dhs.gov/xlibrary/assets/st-aging-infrastructure-issues-research-technology.pdf> (accessed July 18, 2014).
- Horan, Thomas A., Jakubiak, Susan.** 1996. "Shared Resources Policies and Highway Rights of Way." In *Converging infrastructures. Intelligent transportation and the National Information Infrastructure*, ed. Lewis M. Branscomb and James Keller. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Huber, Franz C.** 1893. Die Geschichtliche Entwicklung des modernen Verkehrs. http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/huber_verkehr_1893/?hl=Eisenbahnen&p=101 (accessed January 6, 2014).
- Hughes, Thomas P., Bijker, Wiebe E., Trevor, J. Pinch** ed. 1987. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology // The Social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology.* 1st ed. Cambridge (Mass.): MIT.
- Huisingh, D.,** ed. 2008. *Journal of Cleaner Production.* Volume 16, Issue 11. Amsterdam: Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Huning, Sandra, Naumann, Matthias, Bens, Oliver, Hüttl, Reinhard F..** 2011. "Transformations of Modern Infrastructure Planning in Rural Regions: The Case of Water Infrastructures in Brandenburg, Germany." *European Planning Studies*, 19(8): 1499–516.
- Huntford, Roland.** 1973. *Wohlfahrtsdiktatur (The new totalitarians, dt.). Das schwedische Modell.* 2nd ed. Frankfurt M: Ullstein.
- Hüther, Gerald, Spannauer, Christa.** 2012. *Connectedness. Warum wir ein neues Weltbild brauchen.* 1st ed. Bern: H. Huber.
- Huwe, Bernd.** 2004. Ökosysteme: Die Grundeinheiten der Natur. Ökologie und Umweltforschung an der Universität Bayreuth. <http://www.biologie.uni-bayreuth.de/bayceer/de/best/html/30062Oekosysteme.pdf> (accessed June 10, 2011).
- ifmo,** ed. 2007. *Öffentliche versus private (Straßen-)Verkehrsinfrastrukturfinanzierung. ifmo-Experten-Workshop.* Berlin.
- Ilie, Elena.** 2010. "Once again, Sweden revolutionizes the transport sector." *Rail Pro.* April 20. <http://www.railwaypro.com/wp/?p=1326>.
- Ingelstam, Lars; Bäckstrand, Göran,** 1977, *Hur mycket är lagom?* Stockholm: Sekretariatet för framtidsstudier
- Isaksson, Paula, Maasing, Ulo.** 2014. Transportföretagen E Bussar. http://www.transportforetagen.se/Global/BuA/Sveriges%20bussf%C3%B6retag%20bransch/Pdfer/Broschyren%20och%20trycksaker/e-BUSS_2014.pdf (accessed July 11, 2015).
- Jackson, Tim.** 2011. *Wohlstand ohne Wachstum. Leben und Wirtschaften in einer endlichen Welt.* 1st ed. München: Oekom.
- Jackson, Tim.** 2012. *Climate Lecture 2012, Where is the Green Economy? prosperity, sustainability and work 'after the crisis'.* Berlin.
- Jäger, Carlos, Wiebkess Lass.** 2009. "Die wirtschaftlichen Herausforderungen in Deutschland in den Bereichen Investitionen, Wachstum und Beschäftigung. Investitionen für ein nachhaltiges Europa." Potsdam.
- Jahnke, Isa, Herrmann, Thomas, Metz-Göckel, Sigrid.** 2006. "Dynamik sozialer Rollen beim Wissensmanagement. Soziotechnische Anforderungen an Communities und Organisationen." *Dynamik sozialer Rollen beim Wissensmanagement.*

- Janda, V.** 2013. Werner Rammert – wider soziale und technische Reduktionen. https://www.ts.tu-berlin.de/fileadmin/i62_tstypo3/TUTS_WP_04_13_VJ.pdf (accessed July 3, 2015).
- Jansen, Michael, Roeck, Bernd.** ed. 2002. *Entstehung und Entwicklung von Metropolen. Veröffentlichung der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Stadtkulturentwicklung - IAS.* 4. Band.
- Jax, Kurt,** ed. 2000. *Funktionsbegriff und Unsicherheit in der Ökologie. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie vom 10. bis 12. März 1999 im Heinrich-Fabri-Institut der Universität Tübingen in Blaubeuren.* Frankfurt am Main (u.a.): Lang.
- Jeker, Rolf E.** 2010. *Gotthard-Basistunnel, der längste Tunnel der Welt.* 1st ed. Zürich: Werd-Verlag.
- Jeker, Rolf E.** 2012. *Die Zukunft beginnt. Gotthard-Basistunnel - der längste Tunnel der Welt.* 2nd ed. Bern: Stämpfli.
- Jellinghaus, Lorenz.** 2006. *Recht in der Industriellen Revolution.* Jg. 3, *Zwischen Daseinsvorsorge und Infrastruktur. Zum Funktionswandel von Verwaltungswissenschaften und Verwaltungsrecht in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts.* Frankfurt am Main: Vittorio Klostermann.
- Jennewein, Marga, Edenhofer, Ottmar.** 2013. "Wohlstand und Wachstum." *ifo Schnelldienst* 15/2013, 66. Jg. (32-33. KW). ISSN 0018-974.
- Jochimsen, Reimut.** 1966. *Theorie der Infrastruktur. Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung.* Tübingen: J C B Mohr (Paul Siebeck).
- Jochimsen, Reimut.** 2011. Zum Begriff der Infrastruktur. Universität Siegen | Infrastrukturforschung - Infrastructure Research (Reimut Jochimsen Preis). http://www.uni-siegen.de/infrastructure_research/infrastructure/ (accessed June 4, 2011).
- Jöckel, K.-H, Kohlmann, T., Raspe, H. Wasem, J.**ed. 2007. *Zentrale Schlussfolgerungen der Kommentierenden Synopse der Fachpositionen zur Kosten-Nutzen-Bewertung für Arzneimittel.* Essen, Lübeck, Greifswald.
- Johansson, Börje, Klaesson, Johann.** 2011. "Dynamiskt samspel mellan utvecklingen av infrastruktur och BNP." Rapport 2011:2. Trafikanalys.
- Jonas, Hans.** *Prinzip Verantwortung.*
- Jung, Stefanie.** 2010 SS. Das Prinzip Verantwortung. Verantwortungsethik.
- Kasner, M.** 2013. *Kommunalkonferenz 2013, Erfolgreiche urbane Infrastrukturen. Benchmarking und Planung.*
- Kaube, Jürgen.** 2010. "Ordentlich sei das Leben, denn vernünftig ist der Plan. Thomas Etzemüller: Die Romantik der Rationalität." November 23. <http://www.faz.net/s/RubC17179D529AB4E2BBEDB095D7C41F468/Doc~E281EC4BF933847BAA22B056F6B91C3FC~ATpl~Ecommon~Scontent.html>.
- Kersten, Jens.** 2008. "Mindestgewährleistung im Infrastrukturrecht." *Informationen zur Raumordnung* (1).
- Khoshrouy-Sefat, Houshang.** 2010. "Individualpsychologie Alfred Adlers." Alfred Adler Institut Mainz. <http://www.adler-institut-mainz.de/uploads/media/Individualpsychologie.pdf>.
- Kluge, Thomas, Libbe, Jens.** ed. 2006. *Stadtforschung.* Bd. 45, *Transformation netzgebundener Infrastruktur. Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser.* SÖF Sozial-ökologische Forschung. Berlin: Difu.
- Kluge, Thomas, Scheele, Ulrich, Schramm, Engelbert, Trap, Jan H..** 2006. "Der netWORKS-Ansatz zur integrierten Strategiebildung." In *Stadtforschung, Transformation netzgebundener Infrastruktur. Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser.* SÖF Sozial-ökologische Forschung, ed. Thomas Kluge and Jens Libbe. Berlin: Difu.
- Knauth, Peter, Hischke, Sven.** "Digitale Infrastrukturen. Schwerpunkte und Zielbilder für die Digitale Agenda in Deutschland." Jahrbuch 2013/2014 Arbeitsgruppe 2.
- Knie, Andreas.** 1989. Das Konservative des technischen Fortschritts: Zur Bedeutung von Konstruktionstraditionen, Forschungs- und Konstruktionsstilen in der Technikgenese. <http://www.econstor.eu/bitstream/10419/77638/1/731844114.pdf> (accessed July 26, 2014).
- Knie, Andreas.** 1989. Unsichtbare Grenzen technischer Innovation. Die Entwicklungsgeschichte des Dieselmotors Ein Beitrag zur umweltpolitischen Diskussion aus der Perspektive einer sozialwissenschaftlichen Technikforschung, <http://hdl.handle.net/10419/77636> (accessed July 26, 2014).
- Knie, Andreas.** 2013. "Flexibles Carsharing stärkt U- und S-Bahn. Gastbeitrag." *Die Zeit.* August 8. <http://www.zeit.de/mobilitaet/2013-08/carsharing-nahverkehr>.
- Knieps, Günter, Wambach, Achim,** 2015. Das Ende der Netz-Allmende. Blog: Oekonomenstimmen.org 04.02.2015.

- Knieps, Günter.** 2010. *Netzneutralität und Netzevolutorik im Internetewerbspolitik*. Blog: Oekonomenstimmen.org 3. April 2010
- Knieps, Günter.** 2007. *Netzwerkökonomie. Grundlagen, Strategien, Wettbewerbspolitik*. Wiesbaden: Gabler.
- Knies, Karl.** 1853. Die Eisenbahnen und ihre Wirkungen. http://reader.digitale-sammlungen.de/en/fs1/object/display/bsb10060150_00005.html (accessed January 6, 2014).
- Knies, Karl.** 1857. *Der Telegraph als Verkehrsmittel. Mit Erörterungen über den Nachrichtenverkehr überhaupt*. Tübingen: Laupp & Siebeck.
- Knoblauch, Doris, Kiresiewa, Zoritz, Stuke, Franziska, Raggamby, Anneke v..** 2012. "AUSWERTUNG DER BEFRAGUNG VON AKTEUREN AUS POLITIK, VERWALTUNG UND ZIVILGESELLSCHAFT. Interessen, Nutzungsansprüche, Ziele und Konflikte relevanter Akteure der deutschen Ostseeküste vor dem Hintergrund des Klimawandels." Ecologic Institute. RadOst Berichtsreihe, Bericht Nr. 9.
- Knortz, Heike; Laudenberg, Beate,** 2014 *Goethe, der Merkantilismus und die Inflation, Goethes ökonomisches Wissen und Handeln im Kontext seines Werkes*, LIT Verlag Münster
- Koch, Lars A.** 2006. "Kooperative Politikformen in der Umweltpolitik – Eine Einordnung und Bewertung am Beispiel der Chemikalienregulierung." Dissertation: Göttingen.
- Koechlin, Nicolas** et frères, 1837, *Avant-projet d'un chemin de fer de Strasbourg à Mulhouse et à Bâle*, Mulhouse <https://books.google.de/books?id=-n0hAAAA-MAAJ&pg=PA58&lpg=PA58&dq>
- Kögel, Eduard.** 2007. Ai Weiwei Beijing. Fake Design in the Village. <http://www.nextroom.at/article.php?id=29343>.
- Königreich England**, ed. 1215/1982. *Magna Charta*. London. 1217. "The First Forrest Charter. Charta of the Commons." In *Magna Charta*, ed. Königreich England. London.
- Konrad, Kornelia, Truffer, Bernhard; Voß, Jan-Peter.** 2008. "Multi-regime dynamics in the analysis of sectoral transformation potentials: evidence from German utility sectors." In *Journal of Cleaner Production*. Volume 16, Issue 11, ed. D. Huisingh, 1190–202. Amsterdam: Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Konradieff, Nikolai**, in Händler, Erik, 2003. Die Geschichte der Zukunft, Brendow Moers
- Kooiman, Jan.** 1993. "Looking at Dynamics, Complexity and Diversity." In *Modern Governance: New Government-Society Interactions // Modern governance. New government-society interactions*, ed. Jan Kooiman. London, Newbury Park, Calif: Sage.
- Kooiman, Jan**, ed. 1993. *Modern Governance: New Government-Society Interactions // Modern governance. New government-society interactions*. London, Newbury Park, Calif: Sage.
- Kooiman, Jan.** 2003. *Governing as Governance*. London, Newbury Park, Calif: Sage.
- Koschyk, Hartmut.** 2014. Bundesverkehrsminister Dobrindt prüft ob Bahnstromnetz für den Ausbau des öffentlichen Stromnetzes genutzt werden kann! | Koschyk mittendrin. <https://www.koschyk.de/allgemein/bundesverkehrsminister-dobrindt-prueft-ob-bahnstromnetz-fuer-den-ausbau-des-oeffentlichen-stromnetzes-genutzt-werden-kann-18173.html> (accessed June 14, 2015).
- Krantz, Jean-Baptiste (1817-1899).** 1875. Observations sur les chemins de fer économiques à voie normale et à voie réduite / par J.-B. Krantz, <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6211021f/f60.image.r=infrastructure%20.langDE> (accessed July 31, 2013).
- Krantz, Jean-Baptiste.** 1875. *Observations sur les chemins de fer économiques. à voie normale et à voie réduite*. Paris.
- Krappweis, Stefan.** 2006. Gleichwertige Lebensverhältnisse. Möglichkeiten und Grenzen der Angleichung der Teilräume. http://planung-tu-berlin.de/Profil/Gleichwertige_Lebensverhaelt-nisse.htm (accessed June 6, 2011).
- Krcmar, Helmut.** 2010. Zur Governance von Plattformen. <http://www.muenchner-kreis.de/pdfs/SmartBusinessNetworks/Krcmar.pdf>.
- Kringos, Nicole, Chen, Feng.** 2015. *Snart laddas elbilen via elektrisk asfalt*. Stockholm.
- Krohn, Philipp.** 2011. "Zwischen Ideen und Ideologien. Meinhard Miegel." *FAZ*. March 19. <http://www.faz.net/s/Rub2309A3DB4F3C4474B93AA8610A24AE0A/Doc~E51D2B8A8D060411ABC908E1E169C5DB1~ATpl~Ecommon~Scontent.html>.
- Krugmann, Paul R.** 1991. *FIRST NATURE, SECOND NATURE, AND METROPOLITAN LOCATION. Working Paper No. 3740*. National Bureau of Economic Research. Cambridge, MA.
- Kuhlen, Rainer.** 2004. "Wissensökologie im Zusammenhang der Informationsethik." In *MATERIALIEN*, ed. Kuhlen et. al., 105–13.

- Kuhlen, Rainer.** 2005. Informationsethik – die Entwicklung von Normen für den Umgang mit Wissen und Information in elektronischen Räumen. Erscheint in einem Sammelband des Instituts für Bibliothekswissenschaft der HU 2004/2005. http://www.kuhlen.name/MATERIALIEN/Publikationen2005/beitrag_informationsethik_rk_v2.pdf (accessed January 8, 2015).
- Kuhlen, Rainer.** 2013. "Wissensökologie. Wissen und Information als Commons (Gemeingüter)." In *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation*, ed. Rainer Kuhlen, Wolfgang Semar, and Dietmar Strauch, 68–85. München: De Gruyter.
- Kuhlen, Rainer; Semar, Wolfgang; Strauch, Dietmar.** ed. 2013. *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation*. München: De Gruyter.
- Kuhlen et. al.,** ed. 2004. *MATERIALIEN*.
- Kuhn, Eva, Klingholz, Reiner.** 2013. "Vielfalt statt Gleichwertigkeit. Was Bevölkerungsrückgang für die Versorgung ländlicher Regionen bedeutet." IASS Potsdam ISBN: 978-3-9814679-6-3. http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/Vielfalt_statt_Gleichwertigkeit/Vielfalt_statt_Gleichwertigkeit_online.pdf.
- Lange, Günther.** 2012. *Abschiedswort InnoZ*. Berlin.
- Larsson, Stefan.** 2005. *Öresundsförbindelsen och Väst kustbanan. En översiktlig utvärdering av organisering och genomförande av två stora arkeologiska projekt i Skåne*. 100th ed. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne län.
- Latour, Bruno.** 2010. *Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie*. 1st ed. Frankfurt, M: Suhrkamp.
- Latour, Bruno.** 2010. *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie*. 1st ed. Berlin: Suhrkamp.
- Layson, John F.** 1881. George Stephenson: The locomotive and the railway. http://www.archive.org/stream/georgesthenso00laysgoog/georgesthenso00laysgoog_djvu.txt (acc July 17, 14).
- Lebailly, Marc, Simon, Alain.** 2007. *Pour une anthropologie de l'entreprise. Éloge de la pensée sauvage*. 2nd ed. Paris: Village mondial; Pearson Education France.
- Leber, Georg,** Bundesverkehrsminister, 1966 Zitiert nach http://www.bbr.bund.de/BBSR/DE/Raumentwicklung/Verkehrspolitik/Projekte/Archiv/Erreichbarkeiten/autobahnen_node.html
- Lefebvre, Henri; Nicholson-Smith, Donald.** 2011. *The production of space*. Malden, Mass. (u.a.): Blackwell.
- Leggewie, Claus.** 2011. "Die Rolle der Zivilgesellschaft bei der Transformation. Bürger und Bürgerinnen, hinein in die Parteien!" *Ökologische Politik*, 29.(Dezemebr).
- Leggewie, Claus, Welzer, Harald.** 2011. *Das Ende der Welt, wie wir sie kannten. Klima, Zukunft und die Chancen der Demokratie*. Frankfurt, M: Fischer-Taschenbuch-Verl.
- Legoyt, Alfred M.** 1845. Le livre des chemins de fer, construits, en construction et projetés, .. ou Statistique générale de ces voies de communication en France et à l'étranger : législation, construction, produit. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2035527.r=Le+livre+des+chemins+de+fer+construits%2C+en+construction+ou+projet%C3%A9s%2C+ou+statistique+g%C3%A9n%C3%A9rale+.langDE> (ac. July 31, 13).
- Leib, Volker.** 2005. Institutionenbildung zur Bewirtschaftung der Internet-Ressourcen: Konzepte, analytischer Bezugsrahmen und theoretische Erfassung der Governanceprobleme im Internet (acc July 3, 13).
- Leimeister, Stefanie R. C., Böhm, Markus K. H..** 2010. THE BUSINESS PERSPECTIVE OF CLOUD COMPUTING: ACTORS, ROLES, AND VALUE NETWORKS. <http://home.in.tum.de/~riedlc/res/LeimeisterEtAl2010-preprint.pdf> (accessed May 14, 2013).
- Leindecker, Jürgen.** 2006. "Anhörung Bundestag Demografie und Infrastruktur 2006." Deutscher Städte und Gemeindebund. http://archiv.dstgb.de/homepage/artikel/schwerpunkte/staedtebau_und_stadtentwicklung/aktuelles/demografie_und_infrastruktur/anhoerung_bundestag.pdf.
- Leismann, Kristin, Schmitt, Martina, Rohn, Holger, Baedeker, Carolin** 2012. Nutzen Statt Besitzen. Auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden Konsumkultur. http://www.boell.de/downloads/Endf_NutzenStattBesitzen_web.pdf (acc. November 10, 2012).
- Levi-Strauss, Claude.** 1953.
- Lienau, Cay.** "Abbildung von Infrastrukturen in der Eisenbahnbetriebssimulation." Dissertation. Hannover.
- Lindner.** 2007. "Investitionsrahmenplan bis 2010 für die Verkehrsinfrastruktur des Bundes (IRP)." BMVBS.
- Linß, Vera.** 2007. *Die wichtigsten Wirtschaftsdenker*. Wiesbaden: Marix-Verl.
- Little, Richard G.,** ed. 2004. *Tending the Infrastructure Commons*.

- Longstaff, Patricia H.** 2008. "Designing and Managing for Resilience. Agents, Networks, and Ecologies: Modeling the Dynamics of Socio- Technical Systems." In *Complexity and Large Technical Systems*, ed. Johannes M. Bauer and Volker Schneider.
- Löper, Carl**, 1873, *Zur Geschichte des Verkehrs in Elsass-Lothringen mit besonderer Berücksichtigung der Schifffahrt, des Post-, Eisenbahn und Telegrafwesens*. Straßburg, Verlag Karl J. Trübner (in Google Books).
<https://books.google.de/books?id=8A0OAAAAAYAAJ&pg=PA120&dq=Eisenbahn+elsass+geschichte&hl=de&sa=X&ved=0ahUKEwjnTmucDWAHVFOBQKHdZLA4cQ6AEIL-TAB#v=onepage&q=strom&f=false>
- Luhmann, Niklas.** 1994, c1988. *Die Wirtschaft der Gesellschaft*. 1st ed. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas, Baecker, Dirk.** 2004. *Einführung in die Systemtheorie*. 2nd ed. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme-Verlag.
- Lukasik, Stephen J.** 1996. "Common Policy Concerns." In *Converging infrastructures. Intelligent transportation and the National Information Infrastructure*, ed. Lewis M. Branscomb and James Keller, 59–89. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Lutter, Horst.** 2000. Spatial Development and Spatial Planning in Germany (accessed June 3, 2011).
- Maathuis, Ivo, Smit Wim A..** 2003. "The battle between standards: TCP/IP vs OSI victory through path dependency or by quality? -. Standardization and Innovation in Information Technology.": 161–73.
- Maggi, Rico, Geninazzi, Angelo.** 2010. *Verkehrt. Plädoyer für eine nachhaltige Verkehrspolitik*. Zürich: Verlag NZZ.
- Maistre, Joseph-Marie d.** 1753 - 1821. Zitate.de -. <http://www.zitate.de/autor/Maistre%2C+Joseph+de> (accessed January 7, 2014).
- Malang, Thomas.** 2008. "A Complex Adaptive System Perspective of the Internet Telephony Market." In *Complexity and Large Technical Systems*, ed. Johannes M. Bauer and Volker Schneider.
- Marchart, Oliver.** 2013. *Das unmögliche Objekt. Eine postfundamentalistische Theorie der Gesellschaft*. 1st ed. Berlin: Suhrkamp.
- Marco Metzler.** "Pandoras Atomkraftwerke. Von der Überwälzung der AKW-Risiken auf die Allgemeinheit."
- Maring, Matthias**, ed. 2010. *Vertrauen - zwischen sozialem Kitt und der Senkung von Transaktionskosten*. Karlsruhe: KIT Scientific Publ.
- Markard, Jochen.** 2008. Technological transitions and the multi-level perspective – Frank W. Geels. Energie- und Wasserversorgung im Wandel Blockseminar_2010_Handout. http://www.eawag.ch/forschung/cirus/lehre/fruehere_veranstaltungen/hs08/downloads_ewv/Referat_6_08.pdf (acc July 2, 2011).
- Martin, Albrecht, Mehnert, Gottfried.** ed. 2002. *Der Evangelische Arbeitskreis der CDU-CSU 1952 - 2002. Werden, Wirken, Wollen*. Berlin: Evang. Arbeitskreis d. CDU/CSU.
- Martincus, Christian V., Carballo, Jerónimo, Cusolito, Ana.** 2014. Routes, Exports, and Employment in Developing Countries: Following the Trace of the Inca Roads. http://econweb.umd.edu/~carballo/Routes_Incas_Exports.pdf (accessed July 4, 2015).
- Martinuzzi, André, Schönherr, Norma.** ed. 2013. *Systemisches Nachhaltigkeitsmanagement. Komplexität, Resilienz und Systemdenken*. Wien.
- Marx, Karl**, 1844, Economic-Philosophic-Manuscripts-1844, Moskau 1954, <https://www.marxists.org/archive/marx/works/download/pdf/Economic-Philosophic-Manuscripts-1844.pdf>
- Marx, Karl, Engels, Friedrich.** 1848. Manifest der Kommunistischen Parte. Kommentierte Fassung. <http://marxwirklichstudieren.files.wordpress.com/2012/11/manifest-kommentiert.pdf> (acc July 18, 2014).
- Marx, Karl.** 2009. Karl-Marx-Lexikon. Gesammelte Werke - wissenschaftliche Textkartei digital -. http://www.marx-forum.de/marx-lexikon/lexikon_e/erfindung.html (accessed July 18, 2014).
- Marx, Reinhard.** 2008. *Das Kapital. Eine Streitschrift*. München: Pattloch.
- Matthes, Karin, Breckling, Broder, Ekschmidt, Klemens**, ed. 1996. *Systemtheorie in der Ökologie. Beiträge zu einer Tagung des Arbeitskreises "Theorie" in der Gesellschaft für Ökologie: zur Entwicklung und aktuellen Bedeutung der Systemtheorie in der Ökologie, Schloss Raischholzhausen im März 1996*. 1st ed. Landsberg: Ecomed.
- Maurer, Andrea**, ed. 2010. *Wirtschaftssoziologie nach Max Weber*. 1st ed. Wiesbaden: VS-Verl.
- Mayer, Marissa.** 2014. *Yahoo auf der CES 2014: Tagesthemen aus Sunnyvale*. Las Vegas.

- Mayer, Otto.** 1896. Deutsches Verwaltungsrecht. http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/mayer_verwaltungsrecht02_1896/?hl=Allmend&p=74 (accessed January 6, 2014).
- Mayntz, Renate.** 1997. *Soziale Dynamik und politische Steuerung. Theoretische und methodologische Überlegungen.* Frankfurt/Main: Campus.
- Mayntz, Renate.** 2009. "Common Good and Governance." In *Über Governance. Institutionen und Prozesse politischer Regelung*, ed. Renate Mayntz. Frankfurt; New York: Campus Verlag.
- Mayntz, Renate.** 2009. "The Changing Governance of Lagre Technical Infrastructure Systems." (2008). In *Über Governance. Institutionen und Prozesse politischer Regelung*, ed. Renate Mayntz. Frankfurt; New York: Campus Verlag.
- Mayntz, Renate,** ed. 2009. *Über Governance. Institutionen und Prozesse politischer Regelung.* Frankfurt; New York: Campus Verlag.
- McCay, Bonnie J., Acheson, James M.** ed. 1987. *The Question of the commons. The culture and ecology of communal resources.* Tucson: University of Arizona Press.
- McGrew, William, McGrew, W. C..** 2004. *The cultured chimpanzee. Reflections on cultural primatology.* Cambridge, UK, New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Meadows, Dennis L., Meadows, Donella H.** 1972. *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit.* Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Media, F. E.** Deutsche Bahnhöfe: Freie Fahrt für den Ignoranz-Express - Kapitalismus - Feuilleton - FAZ.NET. <http://www.faz.net/artikel/C30717/deutsche-bahnhoefe-freie-fahrt-fuer-den-ignoranz-express-30429666.html> (accessed June 3, 2011).
- Meinel, Gotthard, Schumacher, Ulrich.** 2011. *IÖR Flächennutzungsmonitoring III. Erhebung, Analyse, Bewertung.* (in diesem Band werden 26 der 27 Beiträge des 3. Dresdner Flächennutzungssymposiums, welches vom 26. - 27.5.2011 stattfand, (...) dokumentiert). Berlin: Rhombos-Verlag.
- Melcher, Douglas C., Ross, Daniel.** 1996. "Institutional Issues in Local Implementation." In *Converging infrastructures. Intelligent transportation and the National Information Infrastructure*, ed. Lewis M. Branscomb and James Keller, 293–323. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Messerschmitt, David G.** 1996. The Future of Computer Telecommunications Integration. <http://www.eecs.berkeley.edu/~messer/PAPERS/IEEE/Apr96-1.pdf> (accessed June 28, 2013).
- Messerschmitt, David G.** 1999. *The Prospects for Computing- Communications Convergence.*
- Messerschmitt, David G.** 2000. *Understanding networked applications. A first course.* San Francisco, Calif: Morgan Kaufmann.
- Meuleman, Aloysius A. M.** 2008. *Public management and the metagovernance of hierarchies, networks and markets. The feasibility of designing and managing governance style combinations.* (S.I.): Physica.
- Meusburger, Peter, Schwan, Thomas.** Humanökologie: Ansätze zur Überwindung der Natur-Kultur-Dichotomie. http://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=vmvZ93h0u-igC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Wiener+Model+Human%C3%B6kologie+Metabolismus&ots=E4GoZYjyF_&sig=7nwkuOH0uZcm9DZhfq4a_1Wa-iE (accessed June 9, 2011).
- Meuser, Michael, Nagel, Ulrike.** 2009. "Das Experteninterview - konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlagen." In *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft. Neue Entwicklungen und Anwendungen.* 1st ed., ed. Susanne Pickel, Gert Pickel, Hans-Joachim Lauth, and Detlef Jahn, 464–77: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Michaeli, Mark.** 2011. *Sustainable Urbanism | Vorlesung: infra/struktur // infra/kultur WS 2011.* http://www.land.ar.tum.de/index.php?page_id=194 (accessed January 7, 2014).
- Michelsen, Gerd,** *Bildung und Kommunikation für eine Nachhaltige Entwicklung*, S.193 - 2015 in Beyer, Axel, 2013. Fit für Nachhaltigkeit? Bildung für nachhaltige Entwicklung, Springer Verlag 2013 Berlin
- Miegel, Meinhard.** 2010. *Exit. Wohlstand ohne Wachstum.* Berlin: Propyläen Verlag.
- Milinski, Manfred.** 2011. "Egoism May Facilitate Cooperation." Max Planck Institute for Research on Collective Goods. Focus 1. http://www.mpg.de/905121/F004_Focus_038_043.pdf.
- Miller, John H., Page, Scott E.** op. 2007. *Complex adaptive systems.* Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Mohl, Rober v.** 1859. Encyklopädie der Staatswissenschaften. http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/mohl_staatswissenschaften_1859/?hl=Ei%C5%BFenbahnen&p=262 (accessed January 6, 2014).
- Mondal, Puja.** 2015. Relationship between Cultural Lag and Social Change. <http://www.yourarticlelibrary.com/sociology/relationship-between-cultural-lag-and-social-change/35125/> (accessed July 11, 2015).

- Monstadt, Jochen, Naumann, Matthias.** 2011. "New Geographies of Infrastructure Systems (netWORKS-Paper No. 10) - 05069001365.pdf." netWORKS Research Group. <http://www.irbnet.de/daten/rswb/05069001365.pdf>.
- Monstadt, Jochen, Schlippenbach Ulrike v..** 2005. Privatisierung und Kommerzialisierung als Herausforderung regionaler Infrastrukturpolitik. Eine Untersuchung der Berliner Strom-, Gas- und Wasserversorgung sowie Abwasserentsorgung netWORKS-Papers Nr. 20 (accessed July 2, 2011).
- Morlet, de B. C. G.** 1861. "Notice Sur les Voies Romaines. Du Département du Bas-Rhin." In *Bulletin de la Société pour la Conservation des Monuments Historique d'Alsace*, 38–72. Paris, Strassbourg.
- Moser, Hans et al.** 2012. KLIWAS – Tagungsband zur 2. Statuskonferenz (Oktober 2011). <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/84044/publicationFile/57861/kliwas-ergebnis-zweite-konferenz.pdf> (accessed June 29, 2013).
- Moss, Timothy,** ed. 2008. *Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Zwischen Universalisierung und Differenzierung*. Sozial-ökologische Forschung. München: Oekom-Verl.
- Moss, Timothy.** 2008. *Tagung „Im Interesse des Gemeinwohls – Infrastruktursysteme und Kulturlandschaften als Potenziale der Regionalentwicklung“*, *Gemeinwohl und Gemeinschaftsgüter: Relevanz für die Regionalentwicklung*. Erkner.
- Moss, Timothy.** 2010. Projekt „Sozial-ökologische Regulation netzgebundener Infrastruktursysteme am Beispiel Wasser“ des Forschungsverbundes netWORKS. Teilprojekt: Regionale Steuerung von Ver- und Entsorgungssystemen im Wandel Schlussbericht (Auszug). <http://www.irs-net.de/forschung/forschungsabteilung-2/Networks/Schlussbericht%20IRS.pdf> (accessed July 2, 2011).
- Moss, Timothy, Gundermann, Rita, Röhrig, Andreas.** 2007. Zum Verhältnis von Gemeinschaftsgütern und Gemeinwohl ... Überlegungen aus raumwissenschaftlicher Perspektive. Working Paper. http://www.irs-net.de/download/wp_gemeinschaftsgueter.pdf (accessed June 4, 2011).
- Moss, Timothy, Guy, Simon.** 2012 // 2011. "Intermediaries and the Reconfiguration of Urban Infrastructures." In *Shaping Urban Infrastructures // Shaping urban infrastructures. Intermediaries and the Governance of Socio-Technical Networks // Intermediaries and the governance of socio-technical networks*, ed. Simon M. W. M. T. M. Simon Guy and Simon Guy. London, Washington, DC: Routledge; Earthscan.
- Mottl, Thomas O.; Whitney, David A.,** 1996. "Assesing Federal Roles." In *Converging infrastructures. Intelligent transportation and the National Information Infrastructure*, ed. Lewis M. Branscomb and James Keller, 23–58. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Müller, Gernot, Frerich, Johannes.** 2004. *Europäische Verkehrspolitik. 1. Politisch-ökonomische Rahmenbedingungen, Verkehrsinfrastrukturpolitik*. München (u.a.): Oldenbourg.
- Münch, Richard.** 1992. "The Production and Reproduction of Inequality: A Theoretical Cultural Analysis." In *Theory of Culture*, ed. Richard Münch and Neil J. Smelser. Berkeley · Los Angeles · Oxford: University of California Press.
- Münch, Richard, Smelser, Neil J.** ed. 1992. *Theory of Culture*. Berkeley · Los Angeles · Oxford: University of California Press.
- Munnell, Alicia H.** 2008. How Does Public Infrastructure Affect Regional Economic Performance? <http://www.bostonfed.org/economic/conf/conf34/conf34c.pdf> (acc. May 11, 2013).
- Myrdal, Gunnar.** 1960. *Beyond the Welfare State. Economic Planning an its International Implications*. 5th ed. New Haven and London: Yale Univesity Press Inc.
- Nachira, Francesco.** 2002 'Towards a Network of Digital Business Ecosystems Fostering the Local Development'. Discussion Paper. Francesco Nachira, European Commission DG INFSO with the contribution of Enrica Chiozza, Hannele Ihonen, Marina Manzoni, Frank Cunningham Available at <http://www.digital-ecosystems.org/> (last accessed 18.02.18).
- Nansouty, Max d.** 1912. Chemins de fer automobiles. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6574510p.image.r=oposer+chantiers.f16> (accessed July 16, 2014).
- Naumann, Stefan.** 2006. "Referenzmodellierung für nicht-professionelle Kontexte. Akteursorientierung, Kooperation und Nachhaltigkeit." Hamburg.
- Negt, Oskar.** 2014. "Ich sehe keine Ego-Wirklichkeit. wird 80 Jahre." *Tagesspiegel*. July 28. <http://www.tagesspiegel.de/kultur/interview-mit-oskar-negt-ich-sehe-keine-ego-wirklichkeit/10256542.html>.
- Newman, Peter, Thornley, Andy.** 1996. *Urban planning in Europe. International competition, national systems, and planning projects*. London;, New York: Routledge.
- Nilson, Enno e. a.** 2010. "Kopie von KLIWA-Heft 15_Einband mit Blattschnitt.pdf - KLIWAHeft15.pdf." <http://www.kliwa.de/download/KLIWAHeft15.pdf>.

- Nobel Price Yearbook 2009.** Stockholm.
- Nooji, Michiel de.** "Social cost–benefit analysis applied to network industries." In *Network Industries Quarterly*.
- North, Douglass C.** 1993. *Nobelpreis Verleihung, Economic Performance through Time*. Stockholm.
- Nowak, Katja.** 2013. "Nachhaltigkeitspolitik aus systemtheoretischer Perspektive - Am Beispiel nachhaltiger Industrieparkentwicklung." In *Systemisches Nachhaltigkeitsmanagement. Komplexität, Resilienz und Systemdenken*, ed. André Martinuzzi and Norma Schönherr, 21–23. Wien.
- Obermann, René.** CEO Deutsche Telekom 2006 – 2013. Begriff ist ein Zitat.
- Oborne, Michael, Stevens, Barrie, Schieb, Pierre-Allain.** 2007. Infrastructure to 2030 Main Findings and Policy Recommendations. OECD Futures Project on "Global Infrastructure Needs: Prospects and Implications for Public and Private Actors" http://www.iva.se/upload/Verksamhet/Projekt/Forskning%20Innovation/Bibliotek/OECD_long.pdf (accessed June 3, 2013).
- O'Brien, Jane.** 2015. Inca Road: The ancient highway that created an empire. <http://www.bbc.com/news/magazine-33291373> (accessed July 4, 2015).
- OECD,** 2015 TOWARDS A FRAMEWORK FOR THE GOVERNANCE OF INFRASTRUCTURE, Public Governance and Territorial Development Directorate, Public Governance Committee, Paris, Sept. 2015
- Ogburn, William F.** 1969. *Kultur und sozialer Wandel*. Neuwied und Berlin: Luchterhand.
- Oheim, Lennart.** "'Prominente Wörter" im öffentlichen und privaten Sprachgebrauch: wortsemantische Aspekte und empirische Analysen zu Schlüsselwörtern des öffentlichen Sprachgebrauchs."
- Olson, Mancur.** 2004. *Die Logik des kollektiven Handelns. Kollektivgüter und die Theorie der Gruppen*. 5th ed. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Opaschowski, Horst W.** 2013. *Gemeinsam die Zukunft meistern - Zivilgesellschaft in Kommunen, ENDE DER „GERMAN ANGST“*. Berlin.
- Osthaus, Wolf.** 2000. "Local Values, Global Networks and the Return of Private Law." In *Law and Economics of International Telecommunications, "Global Networks and Local Values", Governance of Global Networks in the Light of Differing Local Values*. Second Symposium of the German American Academic Council's Project Woods Hole, Massachusetts, June 3 - 5, 1999, ed. Christoph K. K. H. Engel. Baden-Baden: Nomos.
- Ostrom, Elinor.** 1965. *PUBLIC ENTREPRENEURSHIP: A CASE STUDY IN GROUND WATER BASIN MANAGEMENT*. Los Angeles.
- Ostrom, Vincent, Ostrom, Elinor.** 1971. "Public Choice: A Different Approach to Study Of Public Administration." *Public Administration Review*, 31(2): 203–215.
- Ostrom, Vincent, Ostrom, Elinor.** 1977. "Public Goods and Public Choices." Indiana University.
- Ostrom, Elinor.** 1990. *The Political economy of institutions and decisions, Governing the commons. The evolution of institutions for collective action*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Ostrom, Elinor, Gardner, Roy, Walker, James.** 1994. *Rules, games, and common-pool resources*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Ostrom, Elinor.** 1999. *Die Verfassung der Allmende. Jenseits von Staat und Markt*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Ostrom, Elinor, Hess, Charlotte.** 2001. "Artifacts, Facilities, And Content: Information as a Common-pool Resource. Workshop in Political Theory and Policy Analysis Indiana University." Indiana University.
- Ostrom, Elinor.** 2002. "Reformulating the Commons. Ambiente & Sociedade - Ano V - No 10 - 1o Semestre de 2002." *Ambiente & Sociedade*, V(No 10).
- Ostrom, Elinor.** 2002. *The drama of the commons*. Washington, DC: National Academy Press.
- Ostrom, Elinor.** 2003. "How Types of Goods and Property Rights Jointly Affect Collective Action." *Journal of Theoretical Politics*, 15(3): 239–70.
- Ostrom, Elinor, Dolšák, Nives.** 2003. *The commons in the new millennium. Challenges and adaptation*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Ostrom, Elinor.** 2005. *Understanding institutional diversity*. Princeton, N.J, Oxford: Princeton University Press.
- Ostrom, Elinor, Hess, Charlotte.** ed. 2007. *Understanding knowledge as a commons. From theory to practice*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Ostrom, Elinor, Polski, Margaret.** 2007. "An Institutional Framework for Policy Analysis and Design." Workshop Indiana University. Indiana University.

- Ostrom, Elinor.** 2009. "BEYOND MARKETS AND STATES: POLYCENTRIC GOVERNANCE OF COMPLEX ECONOMIC SYSTEMS." In *Nobel Price Yearbook 2009*. Stockholm.
- Ostrom, Elinor.** 2009. *Nobelpreis Lecture, Prize Lecture by Elinor Ostrom*. Stockholm.
- Ostrom, Elinor** 2009. Hg. Helfrich, Silke „Was mehr wird, wenn wir teilen“, Oekom, München
- Ostrom, Elinor.** 2010. "Who Affects Climate Change" Climate Lecture 2010. http://www.press-estelle.tu-berlin.de/menue/tub-medien/filme_fotos/fotoschau/2010/226_fotorueckblick_auf_die_2_climate_lecture_mit_nobelpreistraegerin_elinor_ostrom_an_der_tu_berlin/parameter/maxhilfe/.
- Ostrom, Elinor.** 2011. Institutional Analysis and Development: Elements of The Framework in Historical Perspective - E6-99A-34.pdf. <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C04/E6-99A-34.pdf> (accessed June 7, 2015).
- Ostrom, Elinor.** 2012. RESPONSE THE INSTITUTIONAL ANALYSIS AND DEVELOPMENT FRAMEWORK AND THE COMMONS. <http://www.lawschool.cornell.edu/research/cornell-law-review/upload/Ostrom-response-final.pdf> (accessed April 20, 2013).
- Ostrom, Elinor.** 2012. "The Challenges of Achieving Conservation and Development." *THE ANNUAL PROCEEDINGS OF THE WEALTH AND WELL-BEING OF NATIONS* (Volume IV - 2011-2012): 21–27.
- Ostrom, Elinor.** 2012. *The Future of the commons. Beyond market failure and government regulation*. London: Institute of Economic Affairs.
- Otto, Frei, Burkhardt, Berthold.** 2009. *Occupying and connecting. Thoughts on territories and spheres of influence with particular reference to human settlement*. Stuttgart ;, London: Edition Axel Menges.
- Oxford English Dictionary.** infrastructure: definition of infrastructure in Oxford dictionary (British & World English). <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/infrastructure> (accessed July 18, 2014).
- Paech, Niko.** 2012. *Befreiung vom Überfluss. Auf dem Weg in die Postwachstumsökonomie*. München: oekom verl.
- Paech, Niko.** 2012. *Nachhaltiges Wirtschaften jenseits von Innovationsorientierung und Wachstum. Eine unternehmensbezogene Transformationstheorie*. 2nd ed. Marburg: Metropolis.
- Palaa, J.G.** Dictionnaire législatif et réglementaire des chemins de fer. http://gallica.bnf.fr/Search?adva=1&adv=1&tri=&t_relation=cb31051486f&q=l%C2%B4infrastructure (accessed July 16, 2014).
- Palfner, Sonja.** 2009. Governance von Zukunftstechnologien. Cyberinfrastrukturentwicklung in der Klimaforschung – Governance durch Technologie und Wissenschaft Arbeitskreises Politik und Technik der DVPW zum Thema „Governance von Zukunftstechnologien“ am 22 und 23. Mai 2009 in Berlin. http://www.politics-science-technology.org/files/VortragsfolienBerlin09/Palfner_GovernanceE-Infrastruktur.pdf (accessed July 2, 2011).
- Pällmann, Wilhelm.** 2000. Kommission Verkehrsinfrastrukturfinanzierung Schlussbericht 5. September 2000.
- Pällmann, Wilhelm.** 2008. Verkehr finanziert Verkehr: 11 Thesen zur Nutzerfinanzierung der Verkehrsinfrastruktur. <http://library.fes.de/pdf-files/stabsabteilung/06127.pdf> (acc. June 7, 2011).
- Parker, Peter.** 2011. *EURA 2011, The use and abuse of Elinor Ostrom's concept of commons in urban theorizing*. Copenhagen.
- Parsons, Talcott.** 1951. *The social system. The Major Exposition of the Authors Conceptual Scheme of Analysis of Dynamics of the Social System*. New York: The Free Press of Glencore.
- Parsons, Talcott.** 2007 (1961). "An Outline of the Social System." In *Classical Sociology Theory*. 2nd ed., ed. Craig e. a. Calhoun, 421–41. Malden, Mass. (u.a.): Blackwell Publishers.
- Payen (lieutenant général de Meaux).** 1663. Les voyages de Monsieur Payen où sont contenues les descriptions d'Angleterre, de Flandre, de Brabant, d'Holande, de Dennemarc, de Suède, de Pologne, d'Allemagne et d'Italie... <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5684438q/f66.image.r=infra%20structure%20chemin%20de%20fer.langFR> (accessed July 29, 2013).
- Pentzold, Christian.** 2010. Gemeingut - Regime: Wie die Wikipedia ihre Inhalte schützt. <http://www.cpov.de/wp-content/uploads/2010/10/Pentzold.pdf> (acc. December 14, 2013).
- Persson, Gunvor.** 2010. *Regeringens proposition. 2009/10:197*.
- Perrow, Charles.** *The New Economy. The transformation of the economy*.
- Pfleiderer, G.** 2006. *Zeithorizonte des Ethischen: zur Bedeutung der Temporalität in der Fundamental- und Bioethik*: Kohlhammer.
- Picard, Alfred.** 1887. *Traité des chemins de fer : économie politique, commerce, finances, administration, droit, études comparées sur les chemins de fer étrangers*. Paris: J. Rothschild.

- Picard, Alfred.** 1984. *Les chemins de fer français : étude historique sur la constitution et le régime du réseau. étude historique sur la constitution et le régime du réseau.* Paris: J. Rothschild.
- Pickel, Susanne, Pickel, Gert, Lauth, Hans-Joachim, Jahn, Detlef,** ed. 2009. *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft. Neue Entwicklungen und Anwendungen.* 1st ed.: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Picot, Arnold,** ed. 2003. *Das Telekommunikationsgesetz auf dem Prüfstand.* Berlin (u. a.): Springer.
- Picot, Arnold,** ed. 2006. *The Future of Telecommunications Industries.* (New York): Springer Berlin Heidelberg.
- Picot, Arnold, Florio, Massimo, Grove, Nico, Kranz, Johann.** ed. 2015. *CESifo seminar series, The economics of infrastructure provisioning. The changing role of the state.* Boston.
- Picot, Arnold; Quandt, Hans-Peter.** ed. 2005. *Telekommunikation und die globale wirtschaftliche Entwicklung. Einfluss der weltweiten Verbreitung neuer Technologien.* (New York): Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Pinch, Trevor J., Bijker, Wiebe, Hughes, Thomas P.** 1987. "The social construction of facts and artifacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit from each other." In *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology // The Social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology.* 1st ed., ed. Wiebe E. Bijker, T. J. Pinch, and Thomas P. Hughes, 17–50. Cambridge (Mass.): MIT.
- Pinch, Trevor, Swedberg, Richard.** ed. 2008. *Living in a Material World: Economic Sociology Meets Science and Technology Studies (Inside Technology) // Living in a material world. Economic sociology meets science and technology studies.* Cambridge, Mass: MIT Press.
- Piper, Nikolaus,** ed. 1996. *Die grossen Ökonomen. Leben und Werk der wirtschaftswissenschaftlichen Vordenker.* 2nd ed. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Pollalis, Spiro N.** 2012. *Infrastructure sustainability and design.* New York, NY: Routledge.
- Polski, Margaret; Ostrom, Elinor.** 2007. "An Institutional Framework for Policy Analysis and Design." Workshop Indiana University. Indiana University.
- Popitz, Heinrich.** 1989. *Epochen der Technikgeschichte.* Tübingen: J.C.B. Mohr.
- Popper, Karl R.** 2009. *Serie Piper. Jg. 699, Auf der Suche nach einer besseren Welt. Vorträge und Aufsätze aus dreißig Jahren.* 15th ed. München (u.a.): Piper.
- Pöttering, Hans-Gert,** ed. 2010. *Damit ihr Hoffnung habt. Politik im Zeichen des "C".* Sankt Augustin; Berlin: Konrad-Adenauer-Stiftung.
- Proces Verbaux.** 1871. Rapports et délibérations - Conseil général des Côtes-d'Armor. Proces Verbaux (Protokoll) 2. Session 1871. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5688585z/f371.image.r=Infrastructure.langDE> (acc. July 31, 2013).
- Prutz, H.** 1964. *Kulturgeschichte der Kreuzzüge:* Georg Olms Verlagsbuchhandlung.
- Radkau, Joachim.** 2011. *Die Ära der Ökologie. Eine Weltgeschichte.* München: Beck.
- Rambo, Terry A.** 2010. "Conceptual Approaches to Human Ecology." East-Western Environment and Policy Institute. Human-Ecology - Philosophy 1. <http://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/handle/10125/21316/Conceptual%20Approaches%20to%20Human%20Ecology.pdf>.
- Ratcliffe, Alice.** "Bauen für die Zukunft. Infrastruktur als Investition." *Ahead.*
- Rathke, Christian.** 2012. "Machbarkeitsstudie zur Verknüpfung von Bahn- und Energieleitungsinfrastrukturen." Universität Hannover, TU Dresden, TU Clausthal.
- Rau-Bredow, Hans.** "Portfoliotheorie nie nicht-klassischen Risikonutzenfunktionen." <http://www.rau-bredow.de/pdf%20files%20zu%20rau-bredow.de/portefeuilletheorie.pdf>.
- Rau-Bredow, Hans.** 1992. *Zur theoretischen Fundierung der Institutionen-ökonomie. Hans Rau-redow.* München: WF.
- Rauber, Benjamin A.** 2012, *Zentrale Orte und Finanzierung, zentralörtlicher Funktionen: Belastung und Finanzierung Zentraler Orte aus kommunaler Sicht,* Lit Verlag Dr. W. Hopf, Berlin 2012
- Rawls, John.** 1979. *Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft. Jg. 271, Eine Theorie der Gerechtigkeit.* 1st ed. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Rawls, John, Höffe, Otfried.** 2010. *John Rawls: Eine Theorie der Gerechtigkeit // Eine theorie der Gerechtigkeit.* 2nd ed. München: Oldenbourg Akademieverlag.
- Rees, William, Wackernagel, Mathis,** 1996, *Our Ecological Footprint: reducing human impact on the Earth.* Philadelphia, PA: New Society. Publishers, 1996
- Rees, William, Wackernagel, Mathis,** URBAN ECOLOGICAL FOOTPRINTS: WHY CITIES

- CANNOT BE SUSTAINABLE AND WHY THEY ARE A KEY TO SUSTAINABILITY, ENVIRONMENT IMPACT ASSESS REV 1996;16:22348,
- Rees, Jürgen.** 2014. "Ärgernis Ladestationen." *Wirtschaftswoche*. January 30. <http://www.wiwo.de/unternehmen/auto/autozoom-aergernis-ladestationen/9410978.html>.
- REGIA, V. I.** Der Straßenbau zwischen Weimar, Jena und Naumburg. http://www.via-regia.org/via_regia/geschichte/einzelthemen/thueringen/weimar1.php (accessed June 7, 2011).
- Rehberg, Karl-Siegbert,** ed. 2008. *Die Natur der Gesellschaft. 33. Kongress "Die Natur der Gesellschaft". Kassel, 2006*. Frankfurt am Main: Campus.
- Rehberg, Karl-Siegbert,** ed. 2008. *Die Natur der Gesellschaft. In Kassel 2006*. Frankfurt, M, New York, NY: Campus.
- Reimer-Dorratt, Clare.** 2014. All Roads Lead to Cuzco: Construction, Expansion and the Inca Road Network. <http://umanitoba.ca/publications/openjournal/index.php/mb-anthro/article/view/137> (accessed July 4, 2015).
- Reiß, Winfried.** "Die unsichtbare Hand, Teil 1: Adam Smith." Universität Paderborn.
- René Oehmigen.** 2004. "Portfolioselektion und alternative Risikonutzenfunktionen (Diplomarbeit) Portfolioselektion und alternative Risikonutzenfunktionen."
- Renn, Ortwin.** 1993. "Technik und gesellschaftliche Akzeptanz: Herausforderungen der Technikfolgenabschätzung." *GAIA* (2).
- Renn, Ortwin; Kornwachs, Klaus.** 2011. AKZEPTANZ von Technik und Infrastrukturen. Anmerkungen zu einem aktuellen gesellschaftlichen Problem. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech_bezieht_Position_Nr9_Akzeptanz-von-Technik_WEB.pdf (accessed January 11, 2014).
- Renn, Ortwin, Köch, Wolfgang, Schweizer, Pia-Johanna Schweizer, Bovet, Jana, Benninghaus, Christina, Scheel, Oliver, Schröter, Regina** 2013. "Die Öffentlichkeit an der Energiewende beteiligen. Grundsätze und Leitlinien für Planungsvorhaben." *GAIA*, 22(4): 279–80.
- Renn, Ortwin.** 2013. Gesellschaftliche Akzeptanz klimaverträglicher Energiemixe und Energietechnologien. http://www.stiftung-mercator.de/fileadmin/user_upload/INHALTE_UPLOAD/News-Downloads_2012_07/Akzeptanz_3-Seiter_Konferenz_final.pdf (accessed January 11, 2014).
- Richter, Peter G.** 2006. Architektur und Psychologie. Bedeutung von Architektur aus psychologischer Sicht in: From Outer Space: Architekturtheorie außerhalb der Disziplin. <http://www.tu-cottbus.de/theoriederarchitektur/wolke/deu/Themen/051/Richter/richter.htm> (accessed June 9, 2011).
- Richter, Rudolf, Furbotn, Eirik G..** 2010. *Neue Institutionenökonomik*. Neue ökonomische Grundrisse. 4th ed. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Rickens, Christian, Werres, Thomas.** 2011. "Die Murks-Brothers." *Manager Magazin*. February 18. <http://www.manager-magazin.de/magazin/artikel/a-746293.html>.
- Rifkin, Jeremy.** 2000. *The age of access. The new culture of hypercapitalism, where all of life is a paid-for experience*. New York: J.P. Tarcher/Putnam.
- Rifkin, Jeremy.** 2009. *The empathic civilization. The race to global consciousness in a world in crisis*. New York: J.P. Tarcher/Penguin.
- Rifkin, Jeremy.** 2011. *Die dritte industrielle Revolution. Die Zukunft der Wirtschaft nach dem Atomzeitalter*. Frankfurt am Main: Campus Verl.
- Rifkin, Jeremy.** 2014. *The zero marginal cost society. The internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism*. New York: Palgrave Macmillan.
- Ring, Hand.** 2010. *Aims, Models and Powers of Rail Regulators: The views of regulated companies*. Florenz.
- Ringwald, Roman.** 2008. *Daseinsvorsorge als Rechtsbegriff. Forsthoff, Grundgesetz und Grundversorgung*. 1st ed. Frankfurt am Main (u.a.): Lang.
- Rombach, Heinrich.** ©1994. *Phänomenologie des sozialen Lebens. Grundzüge einer phänomenologischen Soziologie*. Freiburg (Breisgau): K. Alber.
- Röpke, Wilhelm.** 2009. *Jenseits von Angebot und Nachfrage. (ein Klassiker der sozialen Marktwirtschaft)*. 1st ed. Düsseldorf: Verlagsanstalt Handwerk.
- Rosa, Hartmut,** 2012 „Zehn Thesen wider die Steigerungslogik der Moderne“ Tagung des SFB 580. „Gesellschaftliche Entwicklungen nach dem Systemumbruch“ und des Kollegs „Postwachstumsgesellschaften“ 14./15.6.2012 in Jena
- Rosa, Hartmut,** 2014, Die Zeit, Nr. 34/2014 14.8.2014 Interview „Hier kann ich ganz sein, wie ich bin.“
- Rosa, Hartmut,** 2016, Resonanz - Eine Soziologie der Weltbeziehung, Suhrkamp, Berlin 2016

- Rockstrom, J., W. Steffen, K. Noone, A. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sorlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley.** 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. (online) URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Rothschild, J, Picard, A.** 1887. *Traité de Chemin de fer, Economique Politique, Commerce, Administration, Droit, Études comparées sur les chemins de fer Étrangères, Deuxieme Tomme, Blays Roy et co., Paris*
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k64977875/f9.item.r=chemin%20de%20fer%20rothschild%20infrastructure.zoom> (accessed March 15, 2013).
- Rothwell, Harry.** 1975. Forests and Chases: Henry III's Charter of the Forest. *English Historical Documents*, Jg. 3, 1189-1327, (London, Eyre & Spottiswoode, 1975), No. 24, at pp. 337-40. <http://info.sjc.ox.ac.uk/forests/Carta.htm> (accessed October 5, 2013).
- Roy, Edmond.** 1877. Chemins de fer d'intérêt local. *Vademecum aux trois points de vue financier, économique et technique.* http://gallica.bnf.fr/Search?ArianeWireIndex=index&f_century=19&q=%C2%B4infrastructure&lang=DE&n=15&p=15&pageNumber=29 (accessed July 16, 2014).
- Rüb, Friedbert W., Seifer, Kerstin.** 2007. "Vom Governrment zur Governance." In *Handbuch Verkehrspolitik*. 1st ed., ed. Oliver Schöller, 161ff. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Rucht, Dieter.** 2012. "Akzeptanzbeschaffung als Legitimationsersatz: Der Fall Stuttgart 21." In *Der Aufstieg der Legitimitätspolitik. // ~Derøe Aufstieg der Legitimitätspolitik. Rechtfertigung und Kritik politisch-ökonomischer Ordnungen*. 1st ed., ed. Anna Geis, Frank Nullmeier, and Christopher Daase, S. 339-358. Baden-Baden: Nomos.
- Ruske, Klaus-Dieter, Kauschke, Peter.** 2010. "Transportation & Logistics 2030. Volume 2: Transport infrastructure — Engine or hand brake for global supply chains?" http://www.logisticsinwallonia.be/files/gallery/pwctl2030_vol21274279459.pdf.
- RWE.** 2011. *Die-RWE-Strategie-fuer-schnelles-und-netzschonendes-Laden.pdf*. 20110928_Journalisten-Workshop-Elektromobilität_IA_finalx -.
- Säck-da Silva, Sabine.** 2009. "MitWirkung - Zukunft gestalten. Prozessmanagement in der räumlichen Planung." Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr. Ing.). Kassel. Zitiert Fuhrmann, R.D. (2003b): Der Bedarf liegt anderswo. Politisch-soziale Techniken für das 21. Jahrhundert. *politische ökologie* 84: Innovationen, <http://www.beratungspool.ch/dossiers/wandel/politische-Oekologie-7-03.pdf>, 03.06.2008
- Sasson.** 2010. "National Infrastructure Plan." HM Treasury Infrastructure UK. <http://www.hm-treasury.gov.uk/d/nationalinfrastructureplan251010.pdf>.
- Savigny, Bischoff.** 1885. *Les Richesses du Tong-Kin, les produits à y importer et l'exploitation française. Guide administratif, commercial, industriel, agricole, etc...* par Savigny et Bischoff, ... <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k58367268.r=Infrastructure+larousse.langDE> (accessed July 29, 2013).
- Saxton, Britta.** 2011. "Transportpolitiska mål i de nordiska länderna. Vilka målen är och Trafikpolitiska Mål ihur de följs upp." PM 2011.2. Trafikanalys.
- Scales, Suzan D.** 1999. "Planning For Convergence: Who's Doing It, Who's Not, and Why?"
- Schacht, Hjalmar.** 1908. "Elektizitätswirtschaft." In *Preußische Jahrbücher, Band 134, 1908*, ed. Hans Delbrück, S. 84 - 104. Berlin: Stilke.
- Schallaböck, Karl O.** 2009. *Thesen zur Zukunft des Verkehrs aus der Sicht eines Zukunftsforschers*. Essen.
- Schaper-Rinkel, Petra.** 2010. *Tentative Governance in Emerging Science and Technology, Weak signals in the governance of emerging technologies: the case of nanotechnology*. Twente.
- Schauber, Ulla.** 2003. Bedeutung informeller Planungsinstrumente und Umsetzungsstrategien für eine zukunftsfähige Stadtentwicklung und Risikovorsorge. http://www.stadtstrategen.de/downloads/%5BStadtStrategen%5D%20Sch%20Informelle_Instrumente.pdf (accessed June 3, 2011).
- Schefold, Bertram,** 2014, *Goethe - ein tüchtiger Ökonom?* Universtität Frankfurt, 2014
- Scheels Peter.,** 2013 *Mittelalterliches Lexikon* <http://u01151612502.user.hosting-agency.de/mallexwiki/index.php/Allmende>

- Scheele, Ulrich, Kühl, Timo.** 2003. "Netzgebundene Infrastrukturen unter Veränderungsdruck. Sektoranalyse Telekommunikation." Forschungsverbund netWorks ISBN 3-88118-353-1.
- Schimank, Uwe.** 2008. *"Vater Staat" - unentzauberbar.* Jena.
- Schirmacher, Frank,** ed. 2015. *Edition Suhrkamp. Sonderdruck, Technologischer Totalitarismus. Eine Debatte.* Berlin: Suhrkamp.
- Schmandt, Jürgen, Ward, H.C.** 2004. Challenge and Response. Sustainable Development: The Challenge of Transition (accessed May 18, 2013).
- Schmidt, Susanne.** 2010. *Markt ohne Moral. Das Versagen der internationalen Finanzelite.* München: Droemer.
- Schnaas, Dieter.** 2011. "Karl Marx: Der bärtige Gelehrte. Als Prophet war er ein Versager, als Soziologe ein Riese, als Ökonom vor allem ein gelehrter Mann." *Wirtschaftswoche* (27.11.2011). <http://www.wiwo.de/politik/konjunktur/karl-marx-der-baertige-gelehrte-seite-all/5846668-all.html>.
- Schilling, Martin, Schaub, Cornelius.** 2008, 24.4. MARA Concepts, nach Prof. Lawrence Philips, LSE
- Schneider, Volker, Bauer, Johannes M.** 2007. *Political Theory and Theories of Political Science., Governance: Prospects of Complexity Theory in Revisiting System Theory1.* Chicago.
- Schneider, Volker, Janning, Frank, Leinfeld, Philip, Malang, Thomas,** ed. 2009. *Politiknetzwerke. Modelle, Anwendungen und Visualisierungen.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schöller, Oliver,** ed. 2007. *Handbuch Verkehrspolitik.* 1st ed. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schot, Johan, Geels, Frank W.** 2008. "Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy." *Technology Analysis & Strategic Management*, 20(5): 537–54.
- Schroer, Markus.** 2006. *Räume, Orte, Grenzen. Auf dem Weg zu einer Soziologie des Raums.* Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Schueler, Kaj.** http://www.svd.se/kultur/vi-har-en-svar-tid-med-stora-offer-framfor-oss_6401771.svd.
- Schukz, Walter.** "BMW - Publikationen - EWI/Prognos - Studie Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit." Energiewissenschaftliches Institut an der Universität Köln (EWI). <http://www.bmw.de/BMWi/Navigation/Service/publikationen,did=65014.html?view=render-Print>.
- Schulz, Martin.** 2015. "Warum wir jetzt kämpfen müssen." In *Edition Suhrkamp.* Vol. 06.02.2014, *Technologischer Totalitarismus. Eine Debatte,* ed. Frank Schirmacher. Berlin: Suhrkamp.
- Schulz-Schaeffer, Ingo.** 2000. "Akteur-Netzwerk-Theorie. Zur Koevolution von Gesellschaft, Natur und Technik." In *Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung,* ed. Johannes Weyer. München.
- Schwappach, Adam.** 1894. Forstpolitik, Jagd- und Fischereipolitik. http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/schwappach_forstpolitik_1894/?hl=Eisenbahnen&p=103 (accessed January 6, 2014).
- Sedlacek, Tomas.** 2012. *Die Ökonomie von Gut und Böse.* München: Hanser, Carl.
- Sellmaier, Stephan.** 2007. *Langfristiges Entscheiden: Eine ... - Google Bücher // Langfristiges Entscheiden. Eine Grundlagenuntersuchung zur Entscheidungstheorie.* Berlin: Lit.
- Senff, Reinhard.** 2002. "Metropolen des archaischen Griechenland." In *Entstehung und Entwicklung von Metropolen. Veröffentlichung der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Stadtkulturentwicklung - IAS.* 4. Band, ed. Michael Jansen and Bernd Roeck.
- Serbser, Wolfgang H.** 2008. "Die Natur der Gesellschaft - Zur Genese der gesellschaftlichen Institutionen." In *Die Natur der Gesellschaft. 33. Kongress "Die Natur der Gesellschaft". Kassel, 2006,* ed. Karl-Siegbert Rehberg, 2847–59. Frankfurt am Main: Campus.
- Sharama, Atol,** 2009, July 7th, Wall Street Journal, Telecoms Face Antitrust Threat <http://www.wsj.com/articles/SB124689740762401297>
- Siefkes, Christian.** 2009. In *Gemeingüter - Wohlstand durch Teilen,* 348–58. Berlin.
- Simmel, Georg.** 1890. Über sociale Differenzierung. http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/simmel_differenzierung_1890/?hl=Allmend&p=68 (accessed January 6, 2014).
- Simon, Guy, Marvin, Simon, Medd, Will, Moss, Timothy** ed. 2012 // 2011. *Shaping Urban Infrastructures // Shaping urban infrastructures. Intermediaries and the Governance of Socio-Technical Networks // Intermediaries and the governance of socio-technical networks.* London, Washington, DC: Routledge; Earthscan.

- Simonet J. -B.** 1893. *Traité élémentaire de droit public et administratif* (2e édition). <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k64232418/f589.image.r=I%C2%B4infrastructure.langDE> (acc. July 16, 2014).
- Skärback, Erik.** 2007. "Landscape Planning to Promote Well Being: Studies and Examples from Sweden. (2007) Landscape planning to promote well-being: studies and examples from Sweden. *Environmental Practice*. Volume: 9 Number: 3, pp 206 - 217. <http://dx.doi.org/10.1017/S1466046607070299>." In *Environmental Practice*. Volume 3, ed. National Association of Environmental Professionals, 206–17. Collingswood, NJ: Cambridge University Press.
- Smith, Adam.** 1776. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*.
- Smith, Adam.** 2004. *The Wealth of Nations*: Digireads.com.
- Smith, Adam.** 2009. *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. Lawrence, KS: Digireads.com Publishing.
- Smith, Adam, Sutherland, Kathryn.** 1998. *Wealth of Nations. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Oxford, New York: Digireads.com Publishing; Oxford University Press.
- Soemmerring, Samuel T. v.** 1809/1810 (1811). Über einen elektrischen Telegraphen. In: Denkschriften der Königlichen Akademie der Wissenschaften. Classe der Mathematik und Physik. http://www.deutschestextarchiv.de/book/view/soemmerring_telegraphen_1811?p=13 (accessed January 6, 2014).
- Sohn, Andreas.** 2002. "Zur Genese von Paris zur Metropole." In *Entstehung und Entwicklung von Metropolen. Veröffentlichung der Interdisziplinären Arbeitsgruppe Stadtkulturentwicklung - IAS*. 4. Band, ed. Michael Jansen and Bernd Roeck.
- Sommerlatte, Tom; Schnieder, Antonio.** ed. 2010. *Zukunft der deutschen Wirtschaft. Visionen für 2030*. 1st ed. Erlangen: PUBLICIS KommunikationsAgentur.
- Stadler, Markus.** 2013. "Markt- und Politikversagen beim Verkehr." *Neuen Urner Zeitung*. July 1. <http://www.markusstadler.ch/>.
- Staub, Friedrich, Tobler, Ludwig.** 1881. Wörterbuch der Schweizerdeutschen Sprache Schweizerisches Idiotikon digital - Band II. <http://digital.idiotikon.ch/id-tkn/id2.htm#page/21779/mode/1up> (acc. July 27, 2014).
- Statistisches Bundesamt** 2012. "Nachhaltige Entwicklung in Deutschland - Indikatorenbericht 2012 - Indikatorenbericht2012.pdf." <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/Indikatorenbericht2012.pdf>.
- Starr, Leigh Susan, Ruhleder, Karen.** 2015 Steps towards an Ecology of Infrastructure: Design and Access of Large Information Spaces S. 377 – 415 in Bowker, G. et. Al. *Boundary Objects and Beyond*, Cambridge, MA, MIT Press 2015.
- Stehr, Nico.** 2007. *Die Moralisierung der Märkte. Eine Gesellschaftstheorie*. 1st ed. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Steinegger, Rolf.** 2005. "Lebens-Zyklus-Kosten für bahntechnisches Produkte-Management bei der SBB Infrastruktur." Version 1.2. SBB. rolf.steinegger@sbb.
- Steiner, Dieter.** Humanökologie: Skripten 1998/99, Kulturelle Evolution, 1.2 Superstruktur, Struktur und Infrastruktur. <http://www.humanecology.ch/index.php?lng=de&pag=9&spg=110&nav=3&sub=6&scyl=19> (accessed July 18, 2014).
- Steiner, Dieter.** 2003. "Humanökologie und nachhaltige Entwicklung." *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* (148/2): 55–64. <http://www.humanecology.ch/media/dokumente/downloads/nachhaltige-entwicklung.pdf>.
- Steiner, Dieter.** 2014. *Rachel Carson. Pionierin der Ökologiebewegung: eine Biographie*. München: Oekom.
- Steinmüller, Karlheinz.** 1997. Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung. Szenarien, Dephi, Zukunftsvorausschau Werkstattbericht 21. <http://steinmuller.de/media/pdf/WB%2021%20Grundlagen.pdf> (accessed May 14, 2013).
- Sterner, Thomas.** 2001. POLICY INSTRUMENTS FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT (acc. March 29, 15).
- Sterner, Thomas.** ©2003. *Policy instruments for environmental and natural resource management*. Washington, DC, Stockholm, Sweden: Resources for the Future; World Bank; Swedish International Development Cooperation Agency.
- Stiglitz, Joseph E.** 2011. "Glücksspiel mit unserem Planeten." *Financial Times Deutschland online*. April 11. <http://www.ftd.de/finanzen/top-oekonomen-joseph-stiglitz-gluecksspiel-mit-unserem-planeten/60036253.html>.
- Stiglitz, Joseph.** 2012. Eine Warnung von Joseph Stiglitz: Was uns die wenigen Reichen wirklich kosten Wirtschafts-News - FOCUS Online - Nachrichten.

- http://www.focus.de/finanzen/news/eine-warnung-von-joseph-stiglitz-was-uns-die-wenigen-reichen-wirklich-kosten_aid_690509.html (acc. Jan. 2, 2012).
- Storn, Arne, Sobbeck, Gordon.** 2013. "Bistum Limburg: "Wir haben nichts zu verbergen".
Zeit. December 27. <http://www.zeit.de/2014/01/bistum-limburg-gordon-sobbeck>.
- Strahler, Arthur N., Strahler, Alan H.** 1977. *Geography and man's environment*. New York: Wiley.
- Studener, Patrick.** 2014. *Mobility Meetup, The share economy in mobility and smart transportation. "How disruptive approaches shape the mobility market*. Berlin.
- Sturm, Peter.** 2013. "Ökologisch moderne Mobilität – Ist die Zeit reif?" In „*Beiträge zu einer ökologisch orientierten Moderne? Auf der Suche nach einer sozial gerechten, offenen und Ressourcen schonenden Gesellschaft*“. Vorbereitender Bericht 2013, ed. Julian Wékel, 165–75. Hamburg.
- Suchanek, Andreas.** 2007. *Ökonomische Ethik*. 2nd ed. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Tennenberg, Josh.** 2012. "Technik und Commons." In *Commons - Für eine neue Politik jenseits von Markt und Staat. Für eine neue Politik jenseits von Markt und Staat*, ed. Silke u. H.-B.-S. Helfrich, 112–21. Berlin.
- Thomann, Heike.** Langfristig denken | von Heike Thormann | Kreatives Denken.com. <http://www.kreativesdenken.com/artikel/langfristig-denken.html> (accessed April 7, 2011).
- Toffler, Alvin.** 1970, *Future Shock*, New York, Bantam Books
- Toffler, Alvin.** 1980, *Future Shock The Third Wave*, New York, Bantam Books.
- Tomasello, Michael.** 2010. *Origins of human communication*. 1st ed. Cambridge, Mass, London: MIT Press.
- Tönnies, Ferdinand; Harris, J.** 2001. *Tönnies: Community and Civil Society*: Cambridge University Press.
- Tönnies, Fedinand.** 1887. *Gemeinschaft und Gesellschaft. ABHANDLUNG DES COMMUNISMUS UND DES SOCIALISMUS ALS EMPIRISCHER CULTURFORMEN*. Leipzig: Fues Verlag.
- Toynbee, Arnold J.** 1979. *Menschheit und Mutter Erde. Die Geschichte der grossen Zivilisationen*. 1st ed. Düsseldorf: Claassen.
- Truffer, Bernhard.** 2009. *Innovationssysteme und nachhaltiger Sektorwandel. Sozialwissenschaftliche Innovationstheorie*. Vorlesung HS 2009. Bern (accessed July 28, 2014).
- Uken, Marlies.** 2010. "Europas neue Großbaustele." *Die Zeit* (5.01.2010).
- Vallée, Dirk.** 2011. "Bürgerbeteiligung und Planverfahren. 21.11.2011." *ISB Stadtbauwesen - Stadtverkehr*.
- Vallée, Dirk.** 2011. "Zusammenwirken von Raumplanung und raumbedeutsamen Fachplanungen." In *Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung*, ed. Klaus Borchard, 567–601. Hannover.
- Vella, Julian, Hiller, Michael.** 2012. The changing narrative of privatisation - changing-narrative-privatisation.pdf. Infrastructure Short Report:. <http://www.kpmg.com/AU/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/infrastructure-short-reports/Documents/changing-narrative-privatisation.pdf> (acc. May 19, 13).
- Vergragt, Philip J., Quist, Jaco.** "Backcasting for sustainability: Introduction to the special issue." In *Technological Forecasting & Social Change*, 747–55.
- Verne, Jules.** 1892. Le château des Carpathes. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6105866h.r=I%C2%B4infrastructure.langDE> (accessed July 16, 2014).
- Vorholz, Fritz.** 17.09.09. "Stau auf der Schiene." Verkehrspolitik. *Die Zeit - Online*. 17.09.09.
- Voß, Jan-Peter; Bauknecht, Dierk; Kemp, René,** 2006. ed. *Reflexive Governance for Sustainable Development*. Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Voß, Jan-Peter; Truffer, Bernhard; Konrad, Kornelia.** 2006. "Sustainability foresight; reflexive governance in the transformation of utility systems." In *Reflexive Governance for Sustainable Development*, ed. Jan-Peter Voß, Dierk Bauknecht, and René Kemp, 162–88. Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Vrzak, Eva.** 2008. "Akteursanalyse zum besseren Verständnis der Entwicklungsoptionen von Bioenergie in Reichraming. Eine sozialökologische Arbeit - SOCIAL ECOLOGY WORKING PAPER 108." Masterarbeit. Klagenfurt.
- W.R.M. Puhn Publisher,** ed. 1828. Glasgow Mechanics' Magazine, and Annals of Philosophy. <http://books.google.de/books?id=LA4AAAAAMAAJ&pg=PA16&dq=London+mechanics+magazine&hl=en&sa=X&ei=Y6vHU6iXHov8ygOI0YLYAg&ved=0CFIQ6AEwBg#v=onepage&q=superstructure&f=false> (accessed July 17, 2014).

- Wade, Robert.** 1987. "The Management of common property resources: collective action as an alternative to privatisation or state regulation." *Cambridge Journal of Economics*, 11: 95–106. <http://www2.econ.iastate.edu/classes/tsc220/hallam/CommonPropertyResourcesWade.pdf>.
- Walter, Norbert.** 1993. *Der neue Wohlstand der Nation*. Düsseldorf, New York: ECON Verlag.
- Walter, Norbert.** 2009. *Marktwirtschaft, Ethik und Moral. Wie Werte das Vertrauen in die Ökonomie stärken*. 1st ed. Berlin: Berlin Univ. Press.
- Wartenberg, Frank.** 2011. "Hin zu einer kreativen Kollaboration." *market access & health policy*. 2011.
- Weber, Andreas.** 2012. "Wirtschaft der Verschwendung." In *Commons - Für eine neue Politik jenseits von Markt und Staat. Für eine neue Politik jenseits von Markt und Staat*, ed. Silke u. H.-B.-S. Helfrich. Berlin.
- Weber, Andreas, Klingholz, Reiner.** 2009. "Demografischer Wandel. Ein Politikvorschlag unter besonderer Berücksichtigung der Neuen Länder." BMVBS.
- Weber, Matthias, Czerny, Wolfgang, Grunewald, Barbara, Hesina, Wolfgang, Kubeczko, Klaus.** 2007. Herausforderungen und Szenarien für das Urbane Innovationssystem Wien. <http://www.innovationspolitik-wien.at/arge-berichte/for-l.pdf> (accessed July 2, 2011).
- Weber, Max.** 2010. *Die protestantische Ethik und der Geist des Kapitalismus*. 3rd ed. München: Beck.
- Weber, Max; Winkelmann, Johannes.** 2002. *Wirtschaft und Gesellschaft. Grundriss der verstehenden Soziologie*. 5th ed. Tübingen: Mohr-Siebeck.
- Weijnen, Margot; Herder, Paulin; Bouwmans, Ivo.** 2008. "Designing Complex Systems. A Contradiction in Terms." A Congress on Interdisciplinary Design Ch. 12. Eds. In *Delft Science in Design²*, ed. Mick Eekhout and Ronald a. T. T. Visser, 235–54. Delft. PDF
- Weimann, Jürgen.** 2012. "Institutionen für die Beherrschung globaler Commons und global öffentlicher Güter. Kurzexpertise für die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages." Universität Magdeburg.
- Weisz, Helga.** 2001. "Gesellschaft-Natur Koevolution: Bedingungen der Möglichkeit nachhaltiger Entwicklung. Gesellschaft als Verzahnung materieller und symbolischer Welten: Ein sozial-ökologisches Rahmenkonzept." Dissertation. Berlin.
- Weizsäcker, Ernst U. von, Desha, Cheryl.** 2010. *Faktor Fünf. Die Formel für nachhaltiges Wachstum*. München: Droemer.
- Wékel, Julian,** ed. 2013. „Beiträge zu einer ökologisch orientierten Moderne? Auf der Suche nach einer sozial gerechten, offenen und Ressourcen schonenden Gesellschaft“. Vorbereitender Bericht 2013. Hamburg.
- Welzer, Harald.** 2011. Mentale Infrastrukturen. Wie das Wachstum in die Welt und in die Seelen kam Heinrich-Böll-Stiftung. http://www.boell.de/downloads/Endf_Mentale_Infrastrukturen.pdf (acc. November 10, 2012).
- Welzer, Harald; Leggewie, Claus.,** 2011. *Das Ende der Welt, wie wir sie kannten. Klima, Zukunft und die Chancen der Demokratie*. Frankfurt, M: Fischer-Taschenbuch-Verl.
- West, Geoffrey.** 2011. *The Sameness of organisms, cities, and corporations: Q&A with Geoffrey West. Paul Bloom on TED.com*.
- Westenberger, Peter.** 2009. "DB AG Klimaschutzprogramm 2020. das Management eines anspruchsvollen Ziels." -Clean_Moves_Klimaschutzmanagement.
- Weyer, Johannes,** ed. 2000. *Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung*. München.
- Weyer, Johannes.** 2003. "Von Innovations-Netzwerken zu hybriden sozio-technischen Systemen. Neue Perspektiven der Techniksoziologie." Arbeitspapier Nr. 1. In *Technikvermittlung – Die Beziehung zwischen Ingenieuren und Techniknutzern. Cottbuser Studien zur Geschichte von Technik, Arbeit und Umwelt*, ed. Lars Bluma and Wolfhard Weber. Cottbus: Waxmann Verlag.
- Weyer, Johannes.** 2008. *Techniksoziologie. Genese, Gestaltung und Steuerung sozio-technischer Systeme*. 1st ed. Weinheim: Juventa.
- Whaley, Luke, Weatherhead, Edward K.** 2014. "An Integrated Approach to Analyzing (Adaptive) Comanagement Using the "Politicized" IAD Framework." *Ecology and Society*, 19(1).
- Whitney, David A., Mottl, Thomas O.** 1996. "Assesing Federal Roles." In *Converging infrastructures. Intelligent transportation and the National Information Infrastructure*, ed. Lewis M. Branscomb and James Keller, 23–58. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Wiebel, Dirk.** 2001. Zentrale Orte. Christallers Theorie der Zentralen Orte und ihre politisch-administrative Instrumentalisierung. <http://www.wiebel.de/pdf/christaller.pdf> (accessed March 30, 2012).
- Wieland, Bernhard.** 2007. "Infrastruktur." In *Handbuch Verkehrspolitik*. 1st ed., ed. Oliver Schöllner, 376ff. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Wiesenthal, Helmut.** 1997. "Adaption und Innovation. Neun Thesen zum Verhältnis von Unternehmen und Gesellschaft." - Oldenbourg Verlag, München, 1997. In *Umweltschutz als Organisationswandel - Zur Mikropolitik ökologischer Innovation.*, ed. Martin Birke, Michael Schwarz, and Carlo J. Burschel. München: Oldenbourg Verlag.
- Wilson, Edward O., Hölldobler, Bert** 2011. *Blattschneiderameisen - der perfekte Superorganismus* Springer, New York
- Williamsson, Oliver E.** 1991. Comparative Economic Organization: The Analysis of Discrete Structural Alternatives. http://cadia.ru.is/wiki/_media/public:economic-organization-williamsson.pdf (acc. June 5, 2011).
- Wimmel, Sven.** 2007. Skolan Infostruktur. Demokrati samhällsplanering Samhällsplanering 020126. <http://wimmel.com/omr01f.pdf> (accessed January 3, 2014).
- Wimmel, Sven.** 2012. Samhällsplaneringens problem. Hur ska man kunna förbättra världen? Politik inför 2012. Det behövs ordentliga och hederliga planeringar för många delområden i nio huvudområden. (accessed January 3, 2014).
- Winkelmann, Cornelius.** 2001. "Privatisierung von Verkehrsinfrastrukturen – Triebkräfte und Finanzierungsprobleme." Darmstadt.
- Winkler, Bianca.** 2013. "Von der Infra- zur Superstruktur. Marvin Harris, die Kulturmaterialisten und ihre Kontroversen im 20. Jahrhundert." Wien.
- Winkler, Ulrich.** 2007. 6. *Göttinger Abwassertage, Oben Stadtrückbau – und unten ? Demografische Rahmenbedingungen von Stadtentwicklung und Rohrnetzbetrieb.*
- Winner, Langdon.** 1980. "Do Artifacts Have Politics?" *Daedalus, MIT Press*(Vol 103): pp. 121-136. <http://innovate.ucsb.edu/wp-content/uploads/2010/02/Winner-Do-Artifacts-Have-Politics-1980.pdf>.
- Wirth, Peter, Bose, Marc** ed. 2007. *Schrumpfung an der Peripherie. Ein Modellvorhaben--und was Kommunen daraus lernen können.* München: Oekom.
- Wissen, Markus, Naumann, Matthias.** 2006. "A New Logic of Infrastructure Supply: The Commercialization of Water and the Transformation of Urban Governance in Germany." *Social Justice*, 33(3): 20–37.
- Wittenberg, Alex, Hontoria, Manny.** 2012. STRATECIG TRANSPORT NYC-OWY01801-004 (accessed March 28, 2015).
- Wittfogel, Karl A.** 1953. Developmental Aspects of Hydraulic Societies. <http://www.columbia.edu/itc/anthropology/v3922/pdfs/wittfogel.pdf> (accessed July 21, 2014).
- Wittfogel, Karl A.** 1957. *Oriental despotism a comparative study of total power.* New Haven: Yale University Press.
- World Watch Institute,** ed. 2010. *Zur Lage der Welt 2010: Einfach besser leben. Nachhaltigkeit als neuer Lebensstil.* 1st ed. München: oekom-Verl.
- Wolf, Katharina,** 2012 Transeuropäische Netze (TEN) In: Bergmann (Hg.), *Handlexikon der Europäischen Unon.* Baden-Baden 2012
- Wünsch, Silke.** 2013. Internet ist ein Grundrecht. Digitales Leben 15.02.2013. <http://dw.de/p/17RO6> (accessed May 18, 2013). Zitat Bundesjustizministerin Sabine Leutheusser-Schnarrenberger (FDP): "Das Urteil zeigt, wie fundamental das Netz für ein informiertes Leben geworden ist. Es setzt sich die Erkenntnis durch, dass die Internetnutzung ein Bürgerrecht ist."
- Wüst, Christian.** 2011. "Längste U-Bahn Deutschlands. Verkehr." *Der Spiegel.* October 22, 130–32. <http://wissen.spiegel.de/wissen/image/show.html?did=81136870&aref=image049/2011/10/22/CO-SP-2011-043-0130-0132.PDF&thumb=false>.
- Zimmermann, Kerstin.** 2012. "Anwendung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen und des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) in den Bundesverwaltungen. Zusatzmodul Lebenszyklusanalysen Ökobilanz nach BNB)." Öko-Zentrum NRW. http://www.nachhaltiges-bauen.de/fileadmin/Netzwerk_NB/pdf/Men%C3%BCpunkt_Unterrichtsmaterialien/12_Zusatzmodul_Oekobilanz.pdf.
- Zofnass, Paul.** 2013. *Envision_Credit_List.pdf*. http://www.sustainableinfrastructure.org/downloads/Envision_Credit_List.pdf (acc. January 12, 2014).

Internet Quellen:

- AP.** "India sends its last telegram. Stop - Telegraph." *The Telegraph.* <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/india/10180463/India-sends-its-last-telegram.-Stop.html>.
- ARD** 2014. <https://boerse.ard.de/app/boersenwissen/boersengeschichte-n/die-deutschen-raketentjungs100.html>

- BBC News - Facebook connections map the world.** <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-11989723> (accessed July 2, 2013).
- BBC Magazin 2015** <http://www.bbc.com/news/magazine-33291373>
- BDEW 2013** <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/20130412-pi-deutsches-stromnetz-ist-18-millionen-kilometer-lang-de>
- BMVBS.** 2011. Leitfaden Nachhaltiges Bauen. <http://www.bmvi.de/cae/servlet/contentblob/46918/publicationFile/> (accessed January 25, 2014).
- BMVBS/EU.** "Meeresautobahn-Vorhaben im Ostseeraum 2009 - 1 Vorschläge für Meeresautobahn Ostseeraum 2009 - 2013. Mitteilung über eine offene Aufforderung zur Einreichung von Vorschlägen."
- BMVBS.** Bundesministerium für Verkehr *Energiewelt auch im Verkehr im Wandel* 26.06.2013: S. 4
- BMVI.** 2014. Sachstandbericht Verkehrsprojekt Deutsche Einheit (accessed June 6, 2015).
- BMVI.** 2014. LuFV II Pressemitteilung. LuFV II sieht 28 Milliarden Euro für 2015-2019 vor. <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2014/118-dobrindt-lufv.html> (acc. June 6, 15).
- BMVI 2015.** Netzallianz des BMVI http://www.bmvi.de/DE/DigitalesUndRaumentwicklung/DigitaleInfrastrukturen/Netzallianz/netzallianz_node.html
- BMVI 2016** https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/BVWP/bvwp-2030-gesamtplan.pdf?__blob=publicationFile
- BMW i and BMU.** 28. Januar 2010. "Energiekonzept. für eine umwelt schonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung."
- BMW i** 2014 Engpassbasierte Nutzerfinanzierung und Infrastrukturinvestitionen in Netzsektoren (Knieps et. al.) Gutachten des wissenschaftlichen Beirats, 26. September 2014
- BMW i.** 2015 <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Digitale-Welt/digitale-agenda.html>
- BUND 2003,** <https://www.vcd.org/service/presse/pressemitteilungen/vcd-dnr-und-bund-zur-verkehrswegeplanung/>
- Bundesamt für Berufsbildung und Technologie.** 2006. *BiVo_Betriebsunterhalt.* https://www.betriebsunterhalt.ch/Dokumente/Schweiz/BiVo_Betriebsunterhalt_061206_d.pdf (accessed July 22, 2014).
- Bundesamt für Straßen ASTRA, Langsamverkehr.** 2013. *Rampe de Syens (Vucherens-Syens) - Schweiz Mobil - Wanderland.* <http://www.wanderland.ch/de/services/sehenswuerdigkeiten/sehenswuerdigkeit-0637.html> (accessed December 19, 2013).
- Bundesministerium des Innern.** 2010. "Jahresbericht der Bundesregierung zum Stand der Deutschen Einheit 2010." http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/BODL/Jahresberichte/2010.pdf?__blob=publicationFile.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau u. S.** 2011. "Leitfaden Nachhaltiges Bauen." In *Leitfaden Nachhaltiges Bauen*, ed. BMVBS. Berlin.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau u. S.** 2011. "Leitfaden Nachhaltiges Bauen." BMVBS. http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2011/LFNB2011.pdf.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau u. S. (.** 2013. "Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS): Energie auf neuen Wegen." BMVBS. http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-strategie-final.pdf?__blob=publicationFile.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie and Referat Öffentlichkeitsarbeit.** *BMW i - Pressemitteilungen.* 2010. "Arzneimittel-Nutzenbewertungsverordnung - AM-NutzenV. § 35a Absatz 1 SGB V." In *Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten*, ed. Gabler Verlag, S. 2324.
- Bundesnetzagentur** 2016, <https://www.netzausbau.de/bedarfsermittlung/2030/nep-ub/de.html>
- Bundesregierung.** 2002. *Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung.* Berlin. 2015. "Auf dem Weg zu einer neuen Mobilitätskultur. Jahresbericht 2014."
- Bundesregierung.** 2015 IT-Gipfel, Plattform 1, Fokusgruppe Arbeitspapier Konvergenz der Netze
- Boston and Worcester Rail-Road Corporation** Annual Report of the for the Year 1844. 1845. Boston and Worcester Railroad Corporation. <http://books.google.de/books?id=F4AyAQAA-MAAJ&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Boston+and+Worcester+Railroad+Corporation%22&hl=en&sa=X&ei=25zHU83OAqj8ygP09IHIBg&ved=0CB8Q6AEwAA#v=onepage&q=tracks&f=false> (accessed July 17, 2014).
- BR Bayerischer Rundfunk** : 31.03.2017. <http://www.br.de/nachrichten/niederbayern/inhalt/bad-birnbach-fahrerloser-bus-100.html>

- Conseil général du Lotringen.** 1878. Rapports et délibérations - Conseil général du Lot. http://gallica.bnf.fr/Search?ArianeWireIndex=index&f_century=19&q=l%C2%B4infrastructure&lang=DE&n=15&p=6&pageNumber=29 (accessed July 16, 2014).
- Conseil général Oise.** 1866. *Rapport et deliberationes du Conseil General / Département de l'Oise*. Éditeur : Conseil général de l'Oise (Beauvais) Date d'édition : 1841 Type : texte, publication en série imprimée. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k62148941/f1.zoom.r=infrastructure.langDE>.
- Daimler Benz,** 1989, Business case D-2 Bewerbung aus Konsortium Daimler Benz, Metro; interna der Autor hat an der Bewerbung mitgewirkt
- Detecon Consulting,** ed. 2011. *Detecon: ICT 2032. 45 Thesen für den Weg ins Morgen*. Bonn.
- Deutscher Bundestag.** "Enquete Wohlstand, Wachstum und Lebensqualität."
- Deutscher Bundestag.** 2013. „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft". Schlussbericht der Enquete-Kommission." Deutscher Bundestag.
- Deutschland, Attac.** 2011. Verein "Gemeingut in BürgerInnenhand" gegründet. http://www.attac.de/aktuell/neuigkeiten/detailansicht/datum/2011/03/31/verein-gemeingut-in-buergerinnenhand-gegruendet/?no_cache=1 (accessed June 3, 2011).
- DLR 2012,** Railonomics, http://www.dlr.de/dlr/Portaldaten/1/Resources/documents/2012_1/22641-Handout_Railonomics.pdf
- Elektroauto: Mehr Kilometer dank intelligenter Technik.** <http://ecomento.tv/2014/09/24/intelligente-elektroauto-technik-sorgt-fuer-mehr-kilometer/> (accessed July 11, 2015).
- ETR_05_2014_Bahnsteighoehenkonzept.pdf.** http://www.deutschebahn.com/file/de/4413578/WWD50bH0YosOb0Jne5U4Jq4fgXk/6906040/data/ETR_05_2014_Bahnsteighoehenkonzept.pdf (accessed July 17, 2015).
- EU, Generaldirektion.** 1992. TRANSEUROPÄISCHE NETZE (accessed June 6, 2015).
- Frankfurter Allgemeine Zeitung,** Der Soziologe Ulrich Beck im Gespräch: Digitaler Weltstaat oder digitaler Humanismus? - Debatten - FAZ. <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/der-soziologe-ulrich-beck-im-gespraech-digitaler-weltstaat-oder-digitaler-humanismus-12287900.html> (acc. July 24, 2013).
- Frankfurter Allgemeine Zeitung,** Jürgen Habermas in der New York Times: Formal populär - Feuilleton - FAZ. <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/juergen-habermas-in-der-new-york-times-formal-populaer-11069820.html> (accessed June 7, 2013).
- Gabler,** zitierfähige URL (/Archiv/54594/gesellschaft-v4.html) für Gesellschaft (Version: 4). <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/54594/gesellschaft-v4.html> (accessed July 24, 2014).
- Gemeinsamer Bundesausschusses (Ärzte),** ed. 2007. *Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses. über die Bedarfsplanung sowie die Maßstäbe zur Feststellung von Überversorgung und Unterversorgung in der vertragsärztlichen Versorgung (Bedarfsplanungs-Richtlinie)*.
- Heise.de Meldung** 14.08.2017 <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Breitbandausbau-EU-Kommission-genehmigt-Beihilfen-fuer-Vectoring-Projekte-3799431.html>
- Hérault. Conseil général.** 1873. Rapports et délibérations - Hérault. Conseil général. http://gallica.bnf.fr/Search?ArianeWireIndex=index&f_century=19&q=l%C2%B4infrastructure&lang=DE&n=15&p=2&pageNumber=29 (accessed July 16, 2014).
- IASS Potsdam Demographic shrinking and infrastructures: Technical and social supply systems of the future (Transformation Processes).** <http://www.iass-potsdam.de/en/research-clusters/global-contract-sustainability/transformation-processes/studies/demographic> (accessed November 8, 2014).
- InfraDialog GmbH.** 2013. *Damit Deutschland vorne bleibt – Initiative für eine zukunftsfähige Infrastruktur. „Instandhaltung war für die Politik nie so relevant wie Neubau“ - Damit Deutschland vorne bleibt - Initiative für eine zukunftsfähige Infrastruktur.* <http://www.damit-deutschland-vorne-bleibt.de> (accessed December 16, 2013).
- InnoZ Studie 2015,** <https://www.innoz.de/de/elektromobilitaet-ganzheitlich-betrachtet-verkaufszahlen-des-brennstoffzellenautos-toyota-mirai>
- Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel innoZ GmbH,** ed. *Infrastruktur Gipfel 2012. Welche Zukunft für die Infrastrukturen?*
- Institut der deutschen Wirtschaft.** 2010. Was vererben wir unseren Kindern? Generationen Gerechtigkeit (accessed June 4, 2013).
- MCC 2015** Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change Webseite <https://www.mcc-berlin.net/das-institut/organigramm.html> (accessed 2015).

- National Association of Environmental Professionals**, ed. 2007. *Environmental Practice*. Volume 3. Collingswood, NJ: Cambridge University Press.
- Naturvårdsverket**. 2006. "Bedömning av inverkan på transporter och energi i statens offentliga Utredningar ISBN 91-620-5606-9. Analys av några SOU:er och förslag på metodik för att underlätta framtida miljöbedömning." <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5606-9.pdf>.
- NPE**. 2014. "Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung. Nationale Plattform Elektromobilität." http://www.bmbf.de/pubRD/NPE_Fortschrittsbericht_2014_barrierefrei.pdf.
- NZZ Online**. 2011. "Wie die Europäer in 40 Jahren unterwegs sein sollen. EU-Kommission präsentiert den Verkehrsfahrplan 2050." *Neue Züricher Zeitung*. March 28. http://www.nzz.ch/nachrichten/politik/international/eu_eruopa_verkehr_mobiltaetsfahrplan_2050_1.10059169.html.
- Mobilitätspanel Deutsches (MOP)** – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2013/2014: Alltagsmobilität und Fahrleistung, Streit, Vortisch et. al. KIT
- Nobelprize.org** 2009 The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2009 https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2009/ostrom-facts.html
- Rat für Nachhaltigkeit**. 2012. Rat für Nachhaltige Entwicklung: Presseinformationen. <http://www.nachhaltigkeitsrat.de/presseinformationen/> (accessed January 25, 2014).
- State-owned assets: Setting out the store | The Economist**. <http://www.economist.com/news/briefing/21593458-advanced-countries-have-been-slow-sell-or-make-better-use-their-assets-they-are-missing> (accessed January 12, 2014).
- Siemens** 2012 mit EIU http://www.siemens.com/entry/cc/features/greencityindex_international/all/de/pdf/report_german_gci.pdf
- Spiegel Der: Hamburg**, 2005. RWE: Tausende Strommasten aus der Vorkriegszeit. <http://www.spiegel.de/wirtschaft/rwe-tausende-strommasten-aus-der-vorkriegszeit-a-390262.html> (acc. July 18, 2014).
- Spiegel Der: 27. März 2014**, Link <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/elektroautos-eu-macht-den-weg-frei-fuer-einheitlichen-stecker-a-961065.html>
- Spiegel Online, Hamburg**. 2012. Google: Straßenzulassung für autonomes Auto - SPIEGEL ONLINE. <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/google-straßenzulassung-fuer-autonomes-auto-a-831920.html> (accessed July 12, 2015).
- Süddeutsche.de GmbH**. 2015. "BlaBlaCar übernimmt Mitfahrzentrale." *Süddeutsche Zeitung*. April 15. <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/vermittlung-von-autofahrten-blablacar-uebernimmt-mitfahrzentrale-1.2435868>.
- Süddeutsche.de GmbH, Munich, and Germany**. 2014. "Mitfahr-Dienst: Ist Uber 40 Milliarden Dollar wert?" *Süddeutsche Zeitung*. <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/neue-finanzierungsrunde-uber-und-die-milliarden-dollar-wette-1.2253392>.
- Sustainability.indd - Sustainability_allponsors.pdf**. 2008. The Economist Intelligence Unit. http://graphics.eiu.com/upload/Sustainability_allponsors.pdf (accessed January 25, 2014).
- Tesla 2015**: http://www.teslamotors.com/de_DE/supercharger 140 Ladestationen in Europa, 40 Deutschland
- Tesla 2015**, *Tesla eröffnet Deutschlands 30. Supercharger-Station in Waldlaubersheim | Pressemitteilung Tesla Motors Europe*. <http://www.teslamotors.com/de>
- Tesla 2013** Daily Mail 3. Oct. 2013, New blow for Tesla: Fire in the 'world's safest electric car' began in vehicle's battery, <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2442392/New-blow-Tesla-Fire-worlds-safest-electric-car-began-vehicles-battery.html>
- The Glasgow Mechanics' Magazine; and Annals of Philosophy - Google Books**. http://books.google.de/books?id=lg4FAAAAQAAJ&pg=PA137&dq=mechanics+maga-zine+superstructure&hl=en&sa=X&ei=D6_HU8CkLiGywOZrYC4BA&ved=0CDIQ6AEw-BDgK#v=onepage&q=superstructure&f=false (accessed July 17, 2014).
- The New London Mechanics' Register and Magazine of Science and the Useful Arts - Google Books**. <http://books.google.de/books?id=hNszAQAA-MAAJ&printsec=frontcover&dq=London+mechanics+maga-zine&hl=en&sa=X&ei=AqrHU-6MGqr8ywPc8IDYDQ&ved=0CDIQ6AEwAA#v=onepage&q=superstructure&f=false> (accessed July 17, 2014).
- Tönnies: Community and Civil Society - Ferdinand Tönnies - Google Books**. http://books.google.de/books?id=1doGaCgMhQ0C&vq=Akteur&source=gbs_navlinks_s (accessed July 26, 2014).
- UBA**, ed. 2014. *Dokumentation Nationaler Dialog 2014. Infrastrukturen im Klimawandel*.
- UBA**. 2014. Ökobilanz | Umweltbundesamt. <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaftskonsum/produkte/oekobilanz> (accessed January 9, 2014).

- UNESCO World Heritage Centre.** 2015. Qhapaq Ñan, Andean Road System - UNESCO World Heritage Centre. <http://whc.unesco.org/en/list/1459> (accessed July 4, 2015).
- UNESCO** http://www.unesco.org/new/en/media-services/single-view/news/sites_in_latin_america_and_germany_inscribed_on_world_heritage_list/#.Vswv2tDsuUk
- Uni Bochum.** 2014. *Ein Gesellschaftsbegriff*. Bochum. http://www.stat.ruhr-uni-bochum.de/teaching-archiv/teaching-wise2008_09/withe/wt1.pdf (accessed July 24, 2014).
- United Nations.** 2015. Sustainable transport essential to new global goals and low carbon economy – UN panel. <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsId=51142> (accessed June 14, 2015).
- UVEK.** 2009. „Intelligente Netze“ gewinnen an Bedeutung. Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation Bern (accessed July 19, 2014).
- VCD 2015** <https://www.vcd.org/themen/oeffentlicher-personennahverkehr/regionalisierungsmittel/>
- WSP Analys och Strategi.** 2008. Stockholm, “RAPPORT Översikt finansieringsmöjligheter. Ett underrlag i K2020 arbete.” 2008:11.
- Wunderland Kalkar.** Wunderland Kalkar | Hotel und Freizeitpark Wunderland Kalkar.**ZEIT ONLINE GmbH,** Hamburg 2010, Fragen an den Altkanzler: Verstehen Sie das, Herr Schmidt? <http://www.zeit.de/2010/24/Fragen-an-Helmut-Schmidt/seite-5> (accessed January 11, 2014).
- ZEIT ONLINE GmbH,** Hamburg, 2015. Wir geben Geschäft in Deutschland nicht auf. Interview mit UBER Gründer Travis Kalanick. <http://www.zeit.de/news/2015-01/21/auto-uber-gruender-wir-geben-geschaeft-in-deutschland-nicht-auf-21092405> (accessed July 11, 2015).
- Mechanics' Magazine and Journal of Science, Arts, and Manufactures.** 1833. http://books.google.de/books?id=iNdQAAAAYAAJ&pg=PA336&lpg=PA336&dq=1833+london+mechanics+magazine+superstructure&source=bl&ots=y_rSpfLAp3&sig=uyel3NcvfDCe-BcZy-V4mXSbei3s&hl=en&sa=X&ei=xgzJU8e0L4Tk4QsrjI-HwDw&ved=0CCIQ6AEwAQ#v=onepage&q=1833%20london%20mechanics%20magazine%20superstructure&f=false (acc. July 18, 2014).
- American Railroad Journal - Google Books.** 1835. <http://books.google.de/books?id=YF1NAAAAYAAJ&pg=PA673&dq=Annual+report+railroad+1835&hl=en&sa=X&ei=t57HU5bdKOH-ygOG84LwDw&ved=0CCYQ6AEwAQ#v=snippet&q=superstructure&f=false> (accessed July 17, 2014).
- Splintering Networks: Cities and Technical Networks in 1990s Britain.** 2003 (acc. January 10, 2015).
- Arbeitspapier1.doc - Arbeitspapier1.pdf.** 2008. <http://www.techniksoziologie-dortmund.de/Veroeffentlichungen/Files/2004/Arbeitspapier1.pdf> (accessed July 23, 2014).
- Was darf das Internet kosten?** 2009 (accessed June 6, 2015).
- Jenseits des Homo oeconomicus - Wirtschaftsweise ratlos? (1 3) | Essay und Diskurs | Deutschlandfunk.** 2011. <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/essayunddiskurs/1602354/> (acc. January 13, 2013).
- The business of sustainability: McKinsey Global Survey results | McKinsey & Company.** 2011. http://www.mckinsey.com/insights/energy_resources_materials/the_business_of_sustainability_mckinsey_global_survey_results (accessed January 25, 2014).
- IOER_Schrift58_Cover_neu.indd - IOER_Schrift_58.pdf.** 2012. http://www.ioer.de/fileadmin/internet/IOER_schriften/IOER_Schrift_58.pdf (accessed May 13, 2013).
- 1c_ghosh.pdf.** 2012. http://jourdev.gretha.u-bordeaux4.fr/sites/jourdev.gretha/IMG/pdf/1c_ghosh.pdf (accessed December 16, 2013).
- Nutzen Statt Besitzen_Umschlag_web01.pdf.** 2012. http://www.boell.de/downloads/Endf_NutzenStattBesitzen_web.pdf (accessed November 10, 2012).
- FHP.** 2009. Anlageklasse Infrastruktur: Potenziale und Perspektiven. Eine empirische Marktanalyse - Executive Summary. http://www.fhpe.de/vc-panel/Anlageklasse%20Infrastruktur_Summary_FHP.pdf (accessed June 3, 2011).
- Ch de fer Lyon StEtienne.png - Wikimedia Commons.** 2013. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ch_de_fer_Lyon_StEtienne.png (accessed June 4, 2013).
- Carte générale des grandes communications télégraphiques du monde.jpg - Wikimedia Commons.** 2013. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carte_g%C3%A9n%C3%A9rale_des_grandes_communications_t%C3%A9l%C3%A9graphiques_du_monde.jpg (accessed July 2, 2013).
- Insolvenzantrag: Elektroautoprojekt Better Place gibt auf - manager magazin.** 2013. <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/a-901960.html> (accessed July 11, 2015).
- allowing_diversity.pdf.** 2013. http://www.iass-potsdam.de/sites/default/files/files/allowing_diversity.pdf (accessed November 8, 2014).

- Max Planck Institute for Research on Collective Goods | MPI for Collective Goods.** 2014. <http://www.coll.mpg.de/> (accessed January 10, 2014).
- Bollier, David** 2013. 03/07/2013 <http://bollier.org/blog/logic-collective-action-fall-iconic-theory>
- BASSt-aktuell-2014-02.pdf.** 2014. http://www.bast.de/DE/Publikationen/BASSt-aktuell/Downloads/BASSt-aktuell-2014-02.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (accessed July 11, 2015).

Weitere Quellen

1766. *Considerations Upon the Scheme to Make a Communication Between the Ports of Hull and Liverpool, by a Canal. With Some Reasons and Questions, Humbly Offered to the Publick, Whether Such Canal May Not Best Fall Into the Trent at Burton?*: Printed in the year.
1842. *Loi du 11 juin 1842 relative à l'établissement des grandes lignes de chemin de fer. Loi d'infrastructure.*
1857. "Gazette de la Bourse. Commerce, industrie, finance." (1857/03/08 (N4)). <http://gallica.bnf.fr/searchInPeriodique?spe=I%C2%B4infrastructure&ark-Press=cb32780412m%2Fdate&lang=DE>.
1861. *Bulletin de la Société pour la Conservation des Monuments Historique d'Alsace.* Paris, Strassbourg.
1878. *Revue générale des chemins de fer.* Paris. <http://gallica.bnf.fr/searchInPeriodique?spe=I%C2%B4infrastructure&lang=DE&ark-Press=cb344045259%2Fdate&n=15&p=2&pageNumber=3> (acc. July 16, 2014).
1996. In *Converging infrastructures. Intelligent transportation and the National Information Infrastructure*, ed. Lewis M. Branscomb and James Keller. Cambridge, Mass: MIT Press.
2006. *Jahrbuch Recht und Ökonomik des Dritten Sektors.*
2008. *Ecology Law Quaterly Vol 35 (2008)*
2010. *Schwerpunkte der Infrastrukturfinanzierung. Dokumentation der Podiumsdiskussion des Managerkreises der Friedrich-Ebert-Stiftung 15. Juni 2010 in Berlin.*

Anhang I Symposien und Vorträge im Kontext dieser Arbeit (Auszug)

2011

30. Mai 2011 – Intelligent City Forum

Referat: *Integrated Infrastructure Development - Sustainable Perspectives on Energy and Mobility*, Berlin, InnoZ

05. Juli 2011 - Ringvorlesung Postfossile Mobilität, *Nachhaltige Infrastrukturentwicklung zwischen Markt und Daseinsvorsorge*, Aachen, RWTH Aachen

2012

23. Januar 2012

Referat: *Eine integrierte Perspektive auf Infrastruktur-Systeme und Mobilität*
Dagstuhl, RWTH Aachen

5. Juli 2012 Oikos Habitat Sustainable Infrastructure Innovation,

Referat: *Dynamics of Modern Commons*,

Berlin, Intelligent City Forum, London School of Economics, InnoZ

2013

23. – 25. Mai 2013 DGH Symposium Vorsorgende Ökonomie denken und gestalten

Referat: *Emergenz der Modern Commons – Zeit und Raumbegriff am Beispiel technischer Infrastruktur*, Sommerhausen, Deutsche Gesellschaft für Humanökologie

26.- 27. Juli 2013 - CESifo Summer Institute, Venice- Summer University

Discussant: *The Economics of Infrastructure Provisioning: The (Changing) Role of the State*
Venedig, CES Ifo Institut, LMU München

2014

3. April 2014, Zukunftsfähige Infrastruktur-Voraussetzung für die gesamte Branche,

Referat: *Infrastruktur vernetzt entwickeln Herausforderungen im Mobilitätssektor für infrakulturelles Umdenken*, VSVI Sachsen-Anhalt, Halle a.d.Saale

16. Mai 2014 - DGH Symposium Urbanity and Human Ecology

Referat: *Infracultural Challenges for Sustainable Management of Commons Platforms*
Sommerhausen, Deutsche Gesellschaft für Humanökologie

21. Mai 2015 - 2. Fachdialog Vernetzte Gesellschaft

Referat: *Open Innovation als Methode politischer Gestaltung*, Berlin, BMWi

26. September 2014 - Forum „Intelligente Welt“

Referat: *Intelligente Welt –Infrastruktur für vernetzten Verkehr*, Berlin, BMVI InnoTrans

2015

24. April 2015

Referat: *Nachhaltigkeit 4.0 Vernetzte Perspektiven für Verkehr in Europa*

Dresden, Innovationszentrum Bahntechnik Europa (IZBE)

3. Juni 2015

Referat: *Transport 2050 - Change in Mobility patterns*, Berlin EURNEX Advisory Board

25. Juni 2015

Panel Diskussion: *Dialog der Infrastrukturen*, Fachsymposium „Aufbruch zu intelligenten Infrastrukturen“, Heidelberg, Münchner Kreis und Metropolregion Rhein-Neckar

2016

14. Januar 2016

Vortrag: *„Theorie der Modern Commons – Systemperspektiven für nachhaltige Infrastrukturentwicklung am Beispiel vernetzter Mobilität“*

Braunschweiger Verkehrskolloquium, TU Braunschweig f

Anhang II Abkürzungsverzeichnis

5G	Neue Mobilfunkstandard
AGIL	AGIL-Schema nach Talcott Parsons
AMPS	American Mobile Phone Standard
ANT	Akteur-Netzwerk-Theorie
APS	Anlagen-Preis-System (DB Netz AG, DB Station & Service AG)
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BMFB	Bundesministerium für Forschung und Bildung
BMI	Bundesministerium für Inneres
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur,
BMVBS	Bundesministerium für Bauen, Städtebau und Verkehr
BNetzA	Bundesnetzagentur
BRH	Bundesrechnungshof
BUND	Bund Umwelt und Naturschutz
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
CEPT	Europäische Konferenz der Verwaltungen für Post und Telekommunikation
CPR	Common-pool-resource (Common-Pool-Ressourcensystem)
DB	Deutsche Bahn AG (bis 1993 Deutsche Bundesbahn)
DNA	Erbgut
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EIU	Eisenbahn Infrastruktur Unternehmen
EBA	Eisenbahn Bundesamt
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit (EU-Richtlinie)
ERA	European Railway Agency
ERP	European Reconstruction Program (Marshall-Plan)
ETCS	European Train Control Standard
EU	Europäische Union
EVU	Eisenbahn Verkehrs Unternehmen
EVU (2)	Energie Versorgung Unternehmen
FFH	Flora, Fauna Habitat Richtlinie der EU
GSM	Global Standard for Mobile Communication (ursprünglich: CEPT groupe special mobile)
GPS	Global Positioning System
GVFG	Gemeinde Verkehrs Finanzierung Gesetz
HGB	Handelsgesetzbuch
HSR	Hochgeschwindigkeitsverkehr (High Speed Rail)
IAD	Institutional analysis and development framework
ICCAN	Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
ICE	Inter City Express
IDF	Infracultural analysis and development framework Infrakultureller Bezugsrahmen für Analyse und Entwicklung
IPCC	International Programm for Climate Change
IKT (IT)	Informations- und Kommunikationstechnik
IoT/IoE	Internet of Things/Internet of Everything (Internet der Dinge)

KI/AI	Künstliche Intelligenz (Artificial Intelligence)
LBS	Location Based Services
LCC	Life cycle cost / Lebenszyklus Kosten
LNG	Liquefied Natural Gas (Flüssigerdgas)
LuFV	Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung
LSE	London School of Economics
LTE	Long Term Evolution (Mobilfunkstandard 4G)
MCC	Mercator Research Institute for Global Commons and Climate Change
MOP	Deutsches Mobilitätspanel
NATO	North Atlantic Treaty Organisation
NEAT	Neue Eisenbahn Alpen Transversale (Gotthardt Tunnel)
NEP	Netz-Entwicklungsplan
NGO	Nicht-Regierungs-Organisation (Non-Governmental Organisation)
NIMBY	Not-in-my-backyard-Syndrom
NIÖ	Neue Institutionen-Ökonomie
NMT	Nordic Mobile Telephone (Mobilfunkstandard)
NPS	Nationale Projekte des Städtebaus (Förderprogramm)
ÖPP/PPP	Öffentlich-private Partnerschaft (Private Public Partnership)
OED	Oxford English Dictionary
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OeBL	Öffentlicher beweglicher Landfunk
OSI-Model	Open Systems Interconnection Model
PIK	Potsdamer Institut für Klimaforschung
Pkw	Personenkraftwagen
PTT	Post, Telephone, Telegraph
RE	Ressourceneinheiten
RS	Ressourcensystem
SES	Socio-Ecological System
SPSS	Statistik-Software-Programm
STS	Socio-Technical Systems
TCP/IP	Internet-Übertragungs-Protokoll
TEN	Trans European Networks
TPS	Trassen-Preis-System (DB Netz AG)
UBA	Umweltbundesamt
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VDE	Verband der Elektrizitätswirtschaft
VIFG	Verkehrsinfrastrukturfinanzierungsgesellschaft mbH
WAP	Wireless Application Protocol
WIK	Wissenschaftliches Institut f. Infrastruktur und Kommunikationsdienste
WIR	Wirtschafts- und Infrastruktur-Entwicklungsraum
WLAN	Wireless Local Area Network

Über den Autor

Klaus Markus Hofmann, Jahrgang 1958, Civilekonom, hat an den Universitäten Stuttgart-Hohenheim und Göteborg, Schweden Wirtschaftswissenschaften und Humanökologie studiert. Ekonomexamen im September 1980 mit der Abschlussarbeit: På väg mot ekologisk redovisning (Towards Ecological Accounting).

Diese externe Promotion begann 2010 an der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig, am Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement unter Betreuung von Prof. Dr. Robert Holländer.

Hofmann arbeitet an der Universität Freiburg und ist Senior Research Fellow am Berliner Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel, InnoZ. Er nimmt Lehraufträge wahr, forscht und publiziert zu nachhaltiger Mobilität. Er kennt die Infrastruktur-Märkte für Telekommunikation, Verkehr und Energie aus erster Hand und hat deren Transformation seit Beginn der Liberalisierung in den 80er Jahren als Berater, Manager, Unternehmer und Wissenschaftler miterlebt. Zu Beginn seiner beruflichen Laufbahn arbeitete er an ganzheitlichen Projekten ländlicher Entwicklung für eine internationale NGO. Anfang 1993 gründete Hofmann die NETWORK Beratungsgruppe, aus der das interdisziplinäre NETWORK Institute für Infrakultur und Nachhaltigkeit hervorgegangen ist. Er ist Mitgründer des European College of Human Ecology in Emmendingen bei Freiburg.

Selbstständigkeitserklärung**Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe, insbesondere ohne die Hilfe eines Promotionsberaters, angefertigt zu haben. Ich habe keine anderen als die angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt und sämtliche Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen wurden, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, als solche kenntlich gemacht. Ebenfalls sind alle von anderen Personen bereitgestellten Materialien oder erbrachten Dienstleistungen als solche gekennzeichnet.

Leipzig, 30. März 2018

gez. Klaus Markus Hofmann