

TEXTE

100/2020

Infrastrukturkopplungen als Beiträge zur Nachhaltigkeits- transformation: Einflussfaktoren und Handlungsmöglichkeiten

Teilbericht des Vorhabens: "Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen"

TEXTE 100/2020

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3715 48 102 0
FB000231/2

Infrastrukturkopplungen als Beiträge zur Nachhaltigkeitstransformation: Einflussfaktoren und Handlungsmöglichkeiten

Teilbericht des Vorhabens: "Transformation hin zu nachhaltigen,
gekoppelten Infrastrukturen"

von

Katharina Hölscher¹, Julia M. Wittmayer¹, Alfred Olfert², Martin Hirschnitz-
Garbers³, Jörg Walther⁴, Benjamin Brunnow², Georg Schiller², Mandy
Hinzmann³, Susanne Langsdorf³

¹ DRIFT, Erasmus Universität Rotterdam, Rotterdam

² Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

³ Ecologic Institut, Berlin

⁴ Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Cottbus

Unter Mitarbeit von

Stefanie Albrecht², Steffen Maschmeyer¹, Moritz Müller¹, Marius Hasenheit²

¹ DRIFT, Erasmus Universität Rotterdam, Rotterdam

² Ecologic Institut, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Dutch Research Institute for Transitions (DRIFT)
Erasmus Universität Rotterdam
Mandeville Building, 16. Stock
Burgmeester Oudlaan
50 3062 PA Rotterdam
Niederlande

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)
Weberplatz 1
01217 Dresden

Ecologic Institut
Pfalzburger Strasse 43-44
10717 Berlin

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU)
Postfach 101344
03013 Cottbus

Abschlussdatum:

Januar 2020

Redaktion:

Fachgebiet I 1.6 – Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)
Inke Schauser

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juni 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Innovationen im Bereich der Kopplung von Infrastruktur können Transformationsprozesse hin zu einer nachhaltigen und klimaresilienten Gesellschaft unterstützen. Die Kopplung von Infrastrukturen bietet Möglichkeiten für neue Dienstleistungen und mehr Effizienz in der Sicherung der Daseinsvorsorge. So kann die Kopplung von Wärmenetzen an Abwärmequellen (zum Beispiel Abwasserabwärme, Serverabwärme) die regionale Unabhängigkeit von Rohstoffen befördern, Treibhausgasemissionen senken und den Preis der Wärmebereitstellung stabilisieren. Die Umsetzung dieser Kopplungen stellt jedoch große Herausforderungen dar, weil die vorherrschende Art und Weise der Produktion, Verbreitung und Nutzung von Infrastrukturen tief in gesellschaftlichen Strukturen wie in Regulierungen, Erwartungshaltungen und Marktstrukturen verankert ist.

Diese Studie untersucht, welche Faktoren und Handlungen die Umsetzung und Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungsprojekte beeinflussen. Das Ziel war die Identifizierung effektiver Handlungsoptionen für den Bund sowie für kommunale und regionale Infrastrukturverantwortliche, um innovative Infrastrukturkopplungen zu unterstützen. Hierzu wurden die Entwicklungspfade von neun Beispielen innovativer Infrastrukturkopplungen aus den Bereichen Energie, Mobilität, Wasser und IKT aus einer Transitionsperspektive untersucht. Ein Entwicklungspfad beschreibt die Entwicklung einer gekoppelten Infrastruktur von der Idee bis zum heutigen Stand. Es wurde untersucht und verglichen, welche Umsetzungsschritte erfolgten, welche Einflussfaktoren und Handlungen zum Tragen kamen sowie welcher Beitrag zu Nachhaltigkeits Transformationen geleistet wurde. Hierdurch konnten die Entwicklung und Umsetzung von Infrastrukturinnovationen weitestgehend in der Gesamtheit ihrer Umstände, Einflussfaktoren und Zeitabläufen verstanden werden. Wir benennen Handlungsmöglichkeiten um Innovationsräume zu öffnen, die innovativen Kopplungen mehr zu verankern und verbreiten, sowie um die Prozesse der Innovation mit der Transformation in Richtung Nachhaltigkeit zu verknüpfen.

Abstract

Coupled infrastructure innovations can support transformations towards sustainable and climate-resilient societies. Coupled infrastructures unlock opportunities for providing new services and improving the efficiency in service provisions. The coupling of heat grids with residual heat sources (e.g. server heat, sewage water heat) can support regional energy independence, reduce greenhouse gas emissions and stabilise the price of heat provisioning. However, the innovation of coupled infrastructures poses great challenges, because the design and use of existing infrastructure systems is deeply embedded in regulations, expectations and market structures.

This study identified the factors and activities influencing the implementation and diffusion of innovative coupled infrastructure projects. The primary objective was to derive effective action and support options for the federal government as well as for local and regional infrastructure planners to support innovative coupled infrastructures. To this end, we analysed the development pathways of nine examples of coupled infrastructure innovations, which cover the sectors energy, mobility, water and ICT, from a transitions perspective. A development pathway describes the development of a coupled infrastructure from the initial idea until the current status. We analysed and compared which steps have been undertaken, which influencing factors and activities these involved, and what contribution is made to sustainability transitions. This enabled a comprehensive understanding of the development of coupled infrastructure innovations, including circumstances, influencing factors and time dynamics. We identified different intervention points and action opportunities to open up space for innovation, embed and scale the innovation, to position the innovation within sustainability transitions.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	8
Abkürzungsverzeichnis.....	9
Zusammenfassung.....	10
Summary.....	20
1 Einleitung.....	28
2 Vorgehen.....	31
2.1 Methodisches Vorgehen.....	32
2.1.1 Forschungsdesign.....	32
2.1.2 Fallauswahl.....	33
2.1.3 Methoden zur Datenerhebung.....	34
2.1.4 Methodische Grundsätze.....	35
2.2 Analyserahmen: Entwicklungspfade innovativer Infrastrukturkopplungen verstehen.....	36
2.2.1 Systemanalyse: In welchem Kontext wird die Infrastrukturkopplung entwickelt?.....	38
2.2.2 Entwicklungspfad: Welche Umsetzungsschritte fanden statt?.....	40
2.2.3 Veränderungsdynamiken: Welche Einflussfaktoren und Handlungen wirken auf den Entwicklungspfad?.....	40
2.2.4 Beitrag zu einer Nachhaltigkeitstransformation: Welche Veränderungen für Nachhaltigkeit werden erzielt?.....	42
2.3 Fallübergreifender Vergleich: Innovative Infrastrukturkopplungen unterstützen lernen.....	44
3 Entwicklungspfade innovativer Infrastrukturkopplungen.....	47
3.1 Innovative Infrastrukturkopplungen im Vergleich.....	49
3.2 Was muss in Entwicklungspfaden passieren? Typische Entwicklungsmomente und Machbarkeitsdimensionen.....	52
3.3 Was sind Möglichkeiten und Hemmnisse? Einflussfaktoren auf Entwicklungspfade.....	57
3.3.1 Einflussfaktoren auf technische Machbarkeit.....	58
3.3.2 Einflussfaktoren auf institutionelle und organisatorische Machbarkeit...60	
3.3.3 Einflussfaktoren auf gesellschaftliche Machbarkeit.....	62
3.3.4 Einflussfaktoren auf wirtschaftliche Machbarkeit.....	64
3.4 Wie können Entwicklungspfade unterstützt werden? Akteure, Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten.....	66
3.4.1 Akteure und Netzwerke in Entwicklungspfaden.....	67

3.4.2	Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten	71
3.4.2.1	Handlungsbereich 1: Innovationsräume öffnen und gestalten	71
3.4.2.2	Handlungsbereich 2: Langfristigen Betrieb organisatorisch und institutionell gewährleisten	74
3.4.2.3	Handlungsbereich 3: Langfristige und integrative Rahmensetzung für Synergieeffekte nutzen und gestalten	76
3.4.2.4	Handlungsbereich 4: Kooperationen und Interessenvermittlung fördern	79
3.5	So what? Beitrag der Infrastrukturoptionen zu Nachhaltigkeitstransformationen.....	83
4	Fazit und Ausblick	88
	Quellenverzeichnis	91
5	Anhang.....	96
	Anhang 1: Methodisches Vorgehen Einzelfallstudien	96
	Anhang 1.1: Analyserahmen zur Beschreibung und Analyse von Entwicklungspfad innovativer Infrastrukturoptionen	96
	Anhang 1.2: Interviewleitfaden	99
	Anhang 1.3: Interviewpartnerinnen und -partner pro Fallstudie.....	101
	Anhang 2: Analysetabellen für den fallübergreifenden Vergleich	103
	Anhang 2.1: Die neun Infrastrukturoptionen im Vergleich.....	103
	Anhang 2.2: Die Entwicklungsmomente im Vergleich	105
	Anhang 2.3: Die Einflussfaktoren auf die Entwicklungspfade im Vergleich	108
	Anhang 2.4: Die Handlungen innerhalb der Entwicklungspfade im Vergleich.....	117
	Anhang 2.5: Die Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen im Vergleich	128
	Anhang 3: Steckbriefe Fallstudien innovativer Infrastrukturoptionen.....	136
	Anhang 3.1: Abwasserwärmenutzung in Waiblingen	136
	Anhang 3.2: Abwasserwärmenutzung in Köln.....	138
	Anhang 3.3: Serverabwärmenutzung in Hamm	140
	Anhang 3.4: Wohnen und Elektromobilität im Rosensteinviertel in Stuttgart	142
	Anhang 3.5: Solardorf Müller Straße in Norderstedt	144
	Anhang 3.6: Multi-Energie-Tankstelle H2BER am Flughafen Berlin-Brandenburg.....	146
	Anhang 3.7: Hybridkraftwerk Prenzlau	148
	Anhang 3.8: Neue Stromwelten in den Alpen – VPS Allgäu	150
	Anhang 3.9: Drivy – privates Carsharing via App.....	153

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Forschungsdesign (eigene Darstellung, DRIFT)	31
Abbildung 2:	Aufbau und Erkenntnisse des Analyserahmens (eigene Darstellung, DRIFT)	37
Abbildung 3:	Aufbau und Erkenntnisse des fallübergreifenden Vergleichs (eigene Darstellung, DRIFT)	44
Abbildung 4:	Entwicklungspfad innovativer Infrastrukturkopplungen (eigene Darstellung, Konzept: DRIFT, Design: Ecologic Institut)	48
Abbildung 5:	Einflussfaktoren je nach Machbarkeitsdimensionen (eigene Darstellung, DRIFT)	57
Abbildung 6:	Handlungskleeblatt zur Unterstützung und Gestaltung von Entwicklungspfaden (eigene Darstellung, DRIFT).....	67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die neun Fallbeispiele innovativer Infrastrukturoptionen...34
Tabelle 2:	Einordnung von Akteuren und ihren Rollen in Entwicklungspfaden42
Tabelle 3:	Paarungen von Fällen und fallspezifische Merkmale51
Tabelle 4:	Typische Entwicklungsmomente in Entwicklungspfaden.....52
Tabelle 5:	Machbarkeitsdimensionen und ihre Bezüge zu Entwicklungsmomenten56
Tabelle 6:	Rollen und Akteure in Entwicklungspfaden68
Tabelle 7:	Handlungsbereich 1: Innovationsräume öffnen und gestalten72
Tabelle 8:	Handlungsbereich 2: Handlungsmöglichkeiten, um institutionelle und gesellschaftliche Anbindungspunkte zu gestalten74
Tabelle 9:	Handlungsbereich 3: Langfristige und integrative Rahmensetzung für Synergieeffekte nutzen und gestalten78
Tabelle 10:	Handlungsbereich 4: Handlungsmöglichkeiten um Netzwerke zu bilden und Interessenvermittlung zu fördern.....80
Tabelle 11:	Analyserahmen zur Beschreibung und Analyse von Entwicklungspfaden innovativer Infrastrukturoptionen ...105
Tabelle 12:	Interviewleitfaden99
Tabelle 13:	Interviewpartnerinnen und -partner pro Fallstudie.....108
Tabelle 14:	Die Infrastrukturoptionen im Vergleich103
Tabelle 15:	Die typischen Entwicklungsmomente der Infrastrukturoptionen im Vergleich105
Tabelle 16:	Die Einflussfaktoren auf die Entwicklungspfade der Infrastrukturoptionen im Vergleich108
Tabelle 17:	Die Handlungen innerhalb der Entwicklungspfade der Infrastrukturoptionen im Vergleich117
Tabelle 18:	Die Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen der zehn Infrastrukturoptionen128

Abkürzungsverzeichnis

AÜW	Allgäuer Überlandwerk GmbH
e-mobil	Baden-Württembergische Landesagentur für Innovation und Brennstoffzellentechnologie
EEG	Erneuerbares Energien Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbares Wärmegesetz
EnEV	Energie-Einspar-Verordnung
EnGW	Energiewirtschaftsgesetz
EU	Europäische Union
MLG	Multi-Level-Governance
MLP	Multi-Level-Perspektive
NIP	Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
ÖPP	Öffentlich-private Partnerschaften
VPS	Virtual Power System
WIM	Wilczek Immobilien Management

Zusammenfassung

Neue technische und gesellschaftliche Entwicklungen, weitreichende Liberalisierungs- und Privatisierungspolitiken, ebenso wie ökologische Anforderungen treiben die Neugestaltung von Infrastrukturen voran. Die Kopplung von Infrastrukturen gilt als eine Möglichkeit, um gesellschaftliche Transformationen in Richtung Nachhaltigkeit und Klimaresilienz voranzubringen. Die Kopplung von Infrastrukturen bietet Möglichkeiten für neue Dienstleistungen und mehr Effizienz in der Sicherung der Daseinsvorsorge. So kann die Kopplung von Wärmenetzen an Abwärmequellen (zum Beispiel Abwasserabwärme, Serverabwärme) die regionale Unabhängigkeit von Rohstoffen befördern, Treibhausgasemissionen senken und den Preis der Wärmebereitstellung stabilisieren.

Die Neugestaltung von Infrastrukturen ist allerdings eine große Herausforderung. Die vorherrschende Art und Weise der Produktion, Verbreitung und Nutzung von Infrastrukturen ist tief in gesellschaftlichen Strukturen, wie in Regulierungen, Erwartungshaltungen und Marktstrukturen, verankert. Beispielsweise legen rechtliche Rahmenbedingungen fest, welche und wie Dienstleistungen gewährleistet werden müssen. Auch die Prozesse, durch die Infrastrukturen geplant und umgesetzt werden, sind durch bestehende institutionelle und organisatorische Strukturen stark eingeschränkt. Diese Prozesse sind häufig standardisiert, wodurch neue technische Möglichkeiten und gesellschaftliche Erwartungshaltungen nur langsam erkannt und aufgenommen werden. Die Trennung von Planung, Finanzierung und Betrieb kann vor allem die Entwicklung gekoppelter Infrastrukturen behindern und bedarf der Einbindung verschiedener Akteure und Interessen.

Vor diesem Hintergrund untersuchte das Projekt TRAFIS („Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“) aktuelle Entwicklungen im Infrastrukturbereich, die damit einhergehenden Transformationsprozesse einschließlich möglicher unterstützender und hindernder Einflussfaktoren sowie potentielle Nachhaltigkeitswirkungen dieser neuartig gekoppelten Infrastrukturlösungen. Im Fokus standen innovative, d. h. nicht etablierte, Kopplungen (verstanden als Nischeninnovationen) in den Sektoren Verkehr, Energie, Wasser, Abwasser, Abfallwirtschaft sowie IKT.

Diese Teil-Studie von TRAFIS untersuchte, welche Faktoren und Handlungen die Umsetzung und Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungen beeinflussen. Ziel war die Identifizierung effektiver Ansatzpunkte und Handlungsoptionen für den Bund sowie für kommunale und regionale Infrastrukturverantwortlichen. Die Entwicklungspfade von neun Beispielen innovativer Infrastrukturkopplungen aus den Bereichen Energie, Mobilität, Abwasser und IKT wurden aus systemischer Transitionsperspektive analysiert. Ein Entwicklungspfad beschreibt die Entwicklung einer gekoppelten Infrastruktur von der Idee bis zum heutigen Stand. Die Rekonstruktion, Analyse und der Vergleich der Entwicklungspfade basierte auf einem Analyserahmen, welcher auf Konzepten und Erklärungsmodellen der Transitionsforschung aufbaut. Der Analyserahmen ermöglichte einen dynamischen Blick auf die in den gekoppelten Infrastrukturprojekten erfolgten Umsetzungsschritte, Einflussfaktoren, einflussnehmenden Akteure und Handlungen, welche die Umsetzung befördert oder gehemmt haben, sowie auf den geleisteten Beitrag zu Nachhaltigkeitstransformationen. Während in den Einzelfallstudien die Entwicklungspfade von Infrastrukturkopplungen im Zentrum der Analyse standen, wurden im fallübergreifenden Vergleich die Entwicklungspfade miteinander verglichen, um Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Muster festzustellen und übergreifende Handlungsmöglichkeiten für den Bund und für kommunale und regionale Infrastrukturverantwortliche abzuleiten.

Fallstudien

Für folgende Kopplungsvarianten wurden Fallstudien zur Betrachtung in dieser Studie ausgewählt:

- ▶ Abwasserwärmenutzung durch ein Fernwärmenetz in Waiblingen zur alternativen Energieerzeugung durch Abwasserabwärme
- ▶ Abwasserwärmenutzung in drei Kölner Schulen zur alternativen Energieerzeugung durch Abwasserabwärme
- ▶ Serverabwärmenutzung in einer Wohnsiedlung in Hamm zur alternativen Energieerzeugung durch Serverabwärme
- ▶ Wohnen und Elektromobilität im Rosensteinviertel in Stuttgart zur alternativen Energieerzeugung (PV- und Wind) und Energiespeicherung (Elektromobilität)
- ▶ Solardorf Müllerstraße in Norderstedt zur alternativen Energieerzeugung (PV- und Wind) und Energiespeicherung (Elektromobilität, intelligente Netze)
- ▶ Multi-Energie-Tankstelle H2BER beim Flughafen Berlin-Brandenburg zur alternativen Energieerzeugung (Wasserstoff, Energie) für Mobilität und Energiespeicherung
- ▶ Hybridkraftwerk in Prenzlau zur alternativen Energieerzeugung und Energiespeicherung (Wasserstoff, Windgas)
- ▶ Virtuelles Stromversorgungssystem im VPS Allgäu zur Energiespeicherung und intelligenten Verteilung
- ▶ Car-sharing App Drivy für privates Carsharing via Internetplattform

Ergebnisse

Durch die Analyse und den fallübergreifenden Vergleich der Entwicklungspfade konnten die Entwicklung und Umsetzung von Infrastrukturinnovationen weitestgehend in der Gesamtheit ihrer Umstände, Einflussfaktoren und Zeitabläufen verstanden und Handlungsmöglichkeiten benannt werden. Unsere Ergebnisse umfassen: (1) Merkmale von innovativen Infrastrukturkopplungen; (2) wesentliche Entwicklungsmomente; (3) Machbarkeitsdimensionen von Entwicklungspfaden; (4) Einflussfaktoren und Wirkungen auf Machbarkeiten; (5) Akteure, Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten; (6) Beitrag zu Nachhaltigkeitstransformationen.

(1) Merkmale von innovativen Infrastrukturkopplungen: Was sind generelle und fall-spezifische Leitideen, Umsetzungsumstände und Schlüsselakteure?

Die Fallstudien weisen verschiedene Gemeinsamkeiten und Unterschiede hinsichtlich ihrer Merkmale, beispielsweise aufgrund von bestimmten Schlüsselakteuren oder Umsetzungsorten:

- ▶ **Leitideen:** Alle Fälle zielen auf erhöhte Ressourceneffizienz und, mit Ausnahme der Car-sharing-App Drivy, nachhaltigere Energieversorgung ab. Dieser Fokus ist unterschiedlich ausgeprägt (zum Beispiel Erschließung von neuen (erneuerbaren) Energiequellen, die Optimierung der Versorgungssicherheit) und besteht teilweise in Verbindung mit anderen Sektoren wie Wasser, IKT und Verkehr.
- ▶ **Art der Nischeninnovation:** Die Mehrzahl der betrachteten Infrastrukturkopplungen beinhalten weitestgehend technische Innovationen – Nutzerinnen und Nutzer müssen ihre Verhaltensweisen nicht beziehungsweise nur geringfügig verändern, um die Dienstleistungen zu nutzen. Die Carsharing-App Drivy ist hauptsächlich auf verändertes Nutzerverhalten (Vermietung/Anmietung von Privatautos) ausgerichtet. Die Fallbeispiele unterscheiden sich außerdem darin, ob sie (relativ) neue Infrastrukturlösungen entwickeln (experimentelle Nischen) oder auf bereits relativ gut entwickelte und getestete Infrastrukturlösungen zurückgreifen (Umsetzungsnischen).

- ▶ **Umsetzungszeiträume und -stände:** Die meisten Fälle wurden nach 2010 umgesetzt – einzig die Abwasserwärmeanlage in Waiblingen wurde bereits in den frühen 1980er Jahren umgesetzt – und sind weitestgehend abgeschlossen.
- ▶ **Umsetzungsorte und Nutzer:** Die Fälle umfassen Beispiele von Infrastrukturkopplungen, welche auf (1) lokaler Ebene mit weitgehend lokalen Wirkungen, (2) auf lokaler Ebene mit (über)regionalen Wirkungen, (3) auf regionaler Ebene mit regionalen Wirkungen, oder (4) deutschlandweit umgesetzt wurden. Die Fälle unterscheiden sich außerdem hinsichtlich ihrer Nutzer – ob sie zivilgesellschaftliche Privatpersonen und Haushalte ansprechen, Industriekunden oder öffentliche Einrichtungen wie Schulen.
- ▶ **Schlüsselakteure:** In den meisten Fallbeispielen waren marktwirtschaftliche Akteure und/oder Akteure der öffentlichen Hand grundlegend an der Initiierung, Umsetzung und Finanzierung der Infrastrukturkopplungen beteiligt. Akteure der (lokalen) öffentlichen Hand oder öffentlich-private Partnerschaften spielten größere Rollen in lokalen Beispielen.

(2) Wesentliche Entwicklungsmomente: Welche Umsetzungsschritte müssen innerhalb des Entwicklungspfad einer Infrastrukturkopplung passieren? In welcher Sequenz laufen sie typischerweise ab?

Aus dem Vergleich der Entwicklungspfade wurden sechs typische Entwicklungsmomente identifiziert:

- ▶ **Geburt der Leitidee:** Definition explizierter und implizierter Ziele einer innovativen Infrastrukturkopplung;
- ▶ **Planungsarbeiten:** Machbarkeitsstudien; Vernetzung mit relevanten Akteuren; Mobilisierung von Ressourcen; Navigierung von institutionellen Strukturen (z.B. Baugenehmigungen);
- ▶ **Installation und Inbetriebnahme:** Bau der physischen Strukturen (ggf. Grundsteinlegung); Anpassung organisatorischer und institutioneller Strukturen (z.B. tägliche Abläufe); Nutzergewinnung und -anschluss;
- ▶ **Technische Anpassungen:** Installation neuer Technik bei Veraltung der Anlage oder zur Erweiterung der Angebotspalette;
- ▶ **Ausweitungen (Ausweitung und Übertragung):** Erweiterung im Kontext (Ausweitung: z.B. neue Nutzer), Umsetzung in anderen Kontexten (Übertragung);
- ▶ **Wissenstransfer:** Aufbereitung des angeeigneten technischen, rechtlichen, etc. Wissens und Verbreitung von Gelerntem.

Diese Umsetzungsschritte ermöglichen die Planung, Installation und den langfristigen Betrieb einer Infrastrukturkopplung. Die ersten drei Entwicklungsmomente (Geburt der Leitidee; Planungsarbeiten; Installation und Inbetriebnahme) finden in allen Entwicklungspfaden nacheinander statt. Es ist allerdings auch möglich, dass auf einen früheren Schritt zurückgefallen werden muss, wenn Probleme bei einem weiteren Schritt auftreten. Die weiteren Entwicklungsmomente nach der Inbetriebnahme können zeitgleich stattfinden und sind nicht Bestandteil aller Entwicklungspfade. Die Entwicklungspfade werden nach der Inbetriebnahme somit diffuser und folgen keinem klaren Muster. Die Entwicklungsmomente nach der Inbetriebnahme können auch fortlaufend stattfinden – das heißt, sie stellen keine abgeschlossenen Momente dar, da sie grundsätzlich immer (wieder) aufgegriffen werden können. Die Entwicklungspfade können demnach nicht als abgeschlossen betrachtet werden.

(3) Machbarkeitsdimensionen von Entwicklungspfaden: Welche Anforderungen müssen innerhalb von Entwicklungspfaden erfüllt werden?

Über den Entwicklungspfad müssen verschiedene Machbarkeitsdimensionen von Infrastruktorkopplungen erfüllt sein. Die Machbarkeiten stellen die übergreifenden technischen, institutionellen/organisatorischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Anforderungen dar, um den Entwicklungspfad erfolgreich umzusetzen:

- ▶ **Technische Machbarkeit:** Die Verfügbarkeit von passenden und tragfähigen technischen Optionen um eine Infrastruktorkopplung zu installieren und (langfristig) Dienstleistungen bereitzustellen.
- ▶ **Institutionelle und organisatorische Machbarkeit:** Organisatorische und rechtliche Strukturen für Kooperationen zwischen Akteuren und zur Gewährleistung der Rechtmäßigkeit und Funktionsweise der Infrastruktorkopplung und Dienstleistung.
- ▶ **Gesellschaftliche Machbarkeit:** Gesellschaftliche Akzeptanz und Bereitschaft und (finanziellen, kognitiven) Fähigkeiten die Infrastruktorkopplung zu nutzen.
- ▶ **Wirtschaftliche Machbarkeit:** Die Bezahlbarkeit der Infrastruktorkopplung aus Betreiberperspektive durch Möglichkeiten für profitable und wettbewerbsfähige Vermarktung

Diese Anforderungen spiegeln sich im gesamten Entwicklungspfad wider, bestimmte Anforderungen zu verschiedenen Machbarkeitsdimensionen können jedoch auch zu bestimmten Momenten auftreten. Wie und wodurch die Machbarkeitsdimensionen in den untersuchten Fällen beeinflusst werden, hängt eng mit den Einflussfaktoren und Handlungen im Entwicklungspfad zusammen.

(4) Einflussfaktoren und Wirkungen auf Machbarkeitsdimensionen: Welche Einflussfaktoren unterstützen oder hemmen die Entwicklungspfade? Wann und wie lange wirken sie?

Eine Vielzahl von Einflussfaktoren wirken auf die Machbarkeitsdimensionen der Entwicklungspfade, das heißt sie stellen Möglichkeiten oder Hemmnisse dar, um die Anforderungen zu erfüllen und Entwicklungspfade erfolgreich umzusetzen:

- ▶ **Lokale technische und physische Begebenheiten (technische Machbarkeit):** Lokale technische und physische Potentiale können die Anbindung an lokale Entwicklungen und Potentiale ermöglichen oder bestimmte Umsetzungsmöglichkeiten ausschließen oder zu verminderter Leistungsfähigkeit führen.
- ▶ **Verfügbarkeit von tragfähigen und passenden technischen Optionen (technische Machbarkeit):** Dieser Faktor bezieht sich auf breitere Entwicklungen von innovativen Technologien. Wenn die Technik für eine bestimmte Kopplungsidee noch nicht ausgereift ist, können Umsetzungsmöglichkeiten ausgeschlossen werden.
- ▶ **Lebenszyklus der Infrastruktorkopplung (technische Machbarkeit):** Der Lebenszyklus kommt über den längeren Verlauf eines Entwicklungspfades zum Tragen. Über den Zeitverlauf eines Entwicklungspfades treten beispielsweise neue technische Anforderungen und Möglichkeiten auf und aufgrund technischer Veralterung entsteht Modernisierungsbedarf.
- ▶ **Verordnungen und Normen (institutionelle und organisatorische Machbarkeit):** Der rechtliche Rahmen für die Inbetriebnahme und die Bereitstellung der Dienstleistung kann vor allem dann hindernd wirken, wenn die Innovation nicht reibungslos in diesen hineinpasst.

- ▶ **Bestehende Netzwerk- und Kooperationsstrukturen (institutionelle und organisatorische Machbarkeit):** Organisatorische Kontakte und Schnittstellen ermöglichen den Austausch von Wissen und Ressourcen sowie Interessenvermittlung.
- ▶ **Nutzerseitige Motivation und Finanzierbarkeit (gesellschaftliche Machbarkeit):** Einerseits muss die Nachfrage und Nutzung sichergestellt werden. Andererseits können fehlendes Wissen und bestehende Nutzerpraktiken und -erwartungen sowie erhöhte Nutzungskosten die Nutzung einschränken.
- ▶ **Nutzerseitige Bedienkomplexität (gesellschaftliche Machbarkeit):** Hohe Bedienkomplexität und Kenntnisanforderungen können zu Problemen mit der nutzerseitigen Akzeptanz und zu Bedienfehlern führen.
- ▶ **Politischer Pioniergeist und politische Anbindung (gesellschaftliche Machbarkeit):** Politischer Pioniergeist und politische Anbindung können Innovationsimpulse geben und politische Sichtbarkeit für die Nutzung und Instandhaltung einer Infrastrukturlösung fördern – gleichermaßen sind sie Ausdruck gesellschaftlicher Akzeptanz und Nachfrage.
- ▶ **Förderprogramme (wirtschaftliche Machbarkeit):** Investitionsförder- und Forschungsprogramme durch EU-, Bundes- und Landesebenen tragen durch Subventionen und Darlehen zur Finanzierung spezifischer Innovationsvorhaben bei, unterstützen Modernisierungsmaßnahmen und Ausweitungen sowie Wissenstransfer.
- ▶ **Marktwirtschaftliche Strukturen (wirtschaftliche Machbarkeit):** Die Anreizstrukturen des Marktes unterstützen bestimmte Formen von Angebot und Nachfrage und können somit attraktive Innovationsanreize setzen. Derzeitige marktwirtschaftliche Strukturen bevorzugen kurzfristige Kosten-Nutzen-Rechnungen und behindern somit den erhöhten Innovationsaufwand mit langfristigerer Amortisierungszeiten zu rechnen.
- ▶ **Gesetzliche Rahmenbedingungen (wirtschaftliche Machbarkeit):** Bestehende gesetzliche Rahmenbedingungen setzen oftmals (Fehl-)Anreize für die Investition und für die Vermarktung von Innovationen.

Die meisten Einflussfaktoren entfalten sowohl unterstützende als auch hemmende Wirkungen. Beispielsweise können lokale technische und physische Begebenheiten sowohl Möglichkeiten für eine Innovation eröffnen – wie die Entwicklungen um Stuttgart 21 und die darauffolgenden Neuplanungen eines nachhaltigen Rosensteinviertels – als auch Hemmnisse darstellen – wie die Verzögerungen bei der Multi-Energie-Tankstelle H2BER, die durch die verspätete Eröffnung des Flughafens BER und das Scheitern des Windparks verursacht wurden. Außerdem treten Einflussfaktoren zu verschiedenen Momenten in Entwicklungspfaden auf. Beispielsweise muss nutzerseitige Nachfrage insbesondere nach der Installation und Inbetriebnahme – dann jedoch langfristig – bestehen. Förderprogramme können Entwicklungspfade zu Momenten unterstützen, in denen Finanzierungsaufwand besteht – wie bei der Installation und Inbetriebnahme, technischen Anpassungen, Ausweitung und Übertragung sowie Wissenstransfer.

(5) Akteure, Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten: Durch welche Handlungen treiben Akteure die Entwicklungspfade voran und gehen mit den Einflussfaktoren um?

Ob und inwieweit Einflussfaktoren tatsächlich Möglichkeiten und Hindernisse darstellen, hängt eng damit zusammen, mit welchen Handlungen Akteure innerhalb von Entwicklungspfaden agieren. Eine Vielzahl von **Akteuren** kann Entwicklungspfade durch unterschiedliche Handlungen vorantreiben oder behindern. Das Einnehmen von Rollen durch bestimmte Akteure beeinflusst, welche Interessen und Ressourcen leitend sind. Marktwirtschaftliche Akteure, welche bei den meisten Entwicklungspfaden maßgeblich beteiligt waren, haben ein Interesse an der Erprobung neuer und nachhaltiger Technologien und an der Erschließung neuer Marktpotentiale. Nur

in den zwei lokal umgesetzten Fallbeispielen zu den Abwasserwärmeanlagen in Waiblingen und Köln waren Akteure der lokalen öffentlichen Hand zentral in Planung, Installation und Betrieb. Die lokalen Stadtverwaltungen und kommunalen Betriebe zur Stromversorgung hatten das (stadtpolitische) Interesse, nachhaltige Stadtentwicklung zu unterstützen und Pilotprojekte in diesem Zusammenhang zu entwickeln. Beide Stadtwerke sind teil-öffentliche Betriebe und unterliegen damit auch marktwirtschaftlichen Strukturen und Spielregeln. Sie sind davon abhängig, dass die Anlagen Gewinne machen. Zudem werden im Laufe der Entwicklungspfade verschiedene Arten von Netzwerken gebildet, beziehungsweise wird auf verschiedene Netzwerke und Plattformen zurückgegriffen, um die Planungsarbeiten zu unterstützen, eine Finanzierungsbasis zu schaffen und Wissen auszutauschen. Netzwerke umfassen lokale öffentliche Netzwerke (innerhalb einer Stadtverwaltung), öffentlich-private Partnerschaften, Interessengemeinschaften und Forschungspartnerschaften. Viele der Netzwerke und Partnerschaften haben zu langfristigen Kooperationen geführt, um beispielsweise an weiteren Innovationen zu arbeiten.

Es ergeben sich vier **Handlungsbereiche** mit verschiedenen Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten, um zu verschiedenen Zeitpunkten in Entwicklungspfade einzugreifen und mit den zusammenwirkenden Einflussfaktoren umzugehen. Die Handlungsmöglichkeiten werden für unterschiedliche Akteure und Rollen differenziert: (1) Akteure der öffentlichen Hand auf Länder- und Bundesebene für Gesetzgebung und (Mit-)Finanzierung; (2) Akteure der öffentlichen Hand auf Kommunalebene für politischen Pioniergeist und lokalpolitische Anbindung; (3) Planer und Betreiber – sowohl öffentliche, zivilgesellschaftliche und marktwirtschaftliche Akteure.

- ▶ **Handlungsbereich 1 – Innovationsräume öffnen und gestalten:** Dieser Handlungsbereich zielt darauf ab, die Entwicklung, Installation und Inbetriebnahme einer innovativen Infrastruktorkopplung technisch, finanziell und institutionell zu ermöglichen. Es umfasst Handlungsmöglichkeiten um Ideenimpulse für Innovationen zu schaffen und zu verbreiten, Machbarkeitsstudien durchzuführen, und die Finanzierung sicherzustellen.
- ▶ **Handlungsbereich 2 – Langfristigen Betrieb organisatorisch und institutionell gewährleisten:** Dieser Handlungsbereich zielt darauf ab, den Betrieb einer innovativen Infrastruktorkopplung organisatorisch und institutionell zu gewährleisten und gesellschaftliche Akzeptanz und Bereitschaft für die Nutzung der Infrastruktorkopplung zu erzeugen. Es umfasst Handlungsmöglichkeiten, um organisatorische Strukturen für den langfristigen Betrieb zu schaffen, Nutzern fachgerecht zur Seite zu stehen und die Sichtbarkeit und Attraktivität zu stärken um Nutzer und Unterstützung zu gewinnen.
- ▶ **Handlungsbereich 3 – Langfristige und integrative Rahmensetzung für Synergieeffekte nutzen und gestalten:** Dieser Handlungsbereich zielt darauf ab, die Infrastruktorkopplung im gesellschaftspolitischen Kontext einer Nachhaltigkeitstransformation zu positionieren. Dies ermöglicht es, den Beitrag der Infrastruktorkopplung zu einer Nachhaltigkeitstransformation zu sicher zu stellen, Synergien und Zielkonflikte offenzulegen und die Infrastruktorkopplung kritisch zu reflektieren. Außerdem ermöglicht es politischen Akteuren im Rahmen breiterer Veränderungsprozesse, Investitionen und Gesetzgebung langfristig und integrativ zu gestalten. Es umfasst Handlungsmöglichkeiten, um die Innovation innerhalb von langfristigen und integrativen Rahmen zu positionieren und Synergien von Infrastruktorkopplungen und Beitrag zu Nachhaltigkeitsveränderungen offenzulegen.
- ▶ **Handlungsbereich 4 – Kooperationen und Interessenvermittlung fördern:** Dieser Handlungsbereich zielt darauf ab, Kooperation und Koordination zwischen allen an Planung, Installation, Finanzierung, Betrieb und Nutzung einer Infrastruktorkopplung beteiligten Akteuren zu ermöglichen und zu stärken. Durch Netzwerke und Kooperationsstrukturen kann Wissen ausgetauscht, Ressourcen zusammengelegt und zwischen unter-

schiedlichen Interessen vermittelt werden. Außerdem wird durch unterschiedliche Netzwerke und Plattformen Wissen über bestimmte Infrastrukturoptionen in den breiteren gesellschaftlichen Diskurs eingebracht. Es umfasst Handlungsmöglichkeiten, um Netzwerke und Plattformen zum Wissensaustausch und -transfer bereitzustellen und zu nutzen, professionelle und neutrale Interessenvermittlung zu ermöglichen und Partnerschaften und Kooperationen einzugehen.

Die Handlungsbereiche adressieren die auftretenden Herausforderungen und Möglichkeiten in den Entwicklungspfaden und dienen dazu, die Machbarkeiten zu gewährleisten. Während die Handlungsbereiche 1 und 2 zu Beginn beziehungsweise nach der Installation und Inbetriebnahme umgesetzt werden, werden die Handlungsmöglichkeiten der Handlungsbereiche 3 und 4 fortlaufend durchgeführt.

(6) Beitrag zu Nachhaltigkeitstransformationen: Wie und unter welchen Umständen tragen innovative Infrastrukturoptionen zu Transformationen in Richtung Nachhaltigkeit bei?

Die erzielten Beiträge der Infrastrukturoptionen zu Nachhaltigkeitstransformationen wurden anhand der Nachhaltigkeitskriterien und des transformativen Potentials/der transformativen Wirkung reflektiert, um die Grundannahme dieser Studie – dass die ausgewählten Infrastrukturoptionen das Potential haben, zu grundlegenden Veränderungen in Richtung Nachhaltigkeit beizutragen – kritisch zu hinterfragen. Dies ermöglichte es auch zu konkretisieren, um welche Beiträge zur Nachhaltigkeitstransformation es sich handelt, und inwieweit Beiträge aufgrund von Faktoren im Entwicklungspfad (nicht) erreicht wurden.

Die betrachteten Infrastrukturoptionen tragen zu folgenden Kriterien von **Nachhaltigkeit** bei:

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Alle Infrastrukturoptionen können die geplanten Dienstleistungen zum großen Teil bereitstellen. In einigen Fällen konnten (Teile der) Dienstleistungen (noch) nicht wie geplant verfügbar gemacht werden. Dies weist auf Herausforderungen im Entwicklungspfad hin. Beispielsweise konnten die ausgehenden Leitideen in manchen Fallbeispielen aufgrund von fehlenden technischen Verfügbarkeiten, bestehenden Regulierungen oder Interessenkonflikten nicht wie geplant umgesetzt werden.
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Die meisten Infrastrukturoptionen können ihre Dienstleistung einfach technisch sowie bezahlbar zugänglich machen. Bei einigen Infrastrukturoptionen deutet sich ein finanzieller und technischer Mehraufwand für Nutzerinnen und Nutzer an. Dies wirft die Frage auf, ob aufgrund der hohen Kosten die Kopplung nur für Nutzer mit überdurchschnittlichem Einkommen zugänglich ist.
- ▶ **Ressourcenverbrauch und Umweltwirkungen:** Alle Infrastrukturoptionen tragen zu Ressourceneffizienz und Klimaschutz bei. Die Vielzahl der Fälle ist ausgerichtet auf nachhaltige Energieversorgung und -verbrauch durch die Erschließung neuer Energiequellen (zum Beispiel Abwasserwärme, Serverwärme, Wasserstoff) und dezentraler Energieerzeugung sowie Energiespeicherung und intelligente Netze für verbesserte Regelfähigkeit von Erneuerbaren Energien. Die Wirkungen der Carsharing-App Drivy sind indirekter als bei den anderen Fallbeispielen und weniger erforscht. Positive Wirkungen auf Ressourceneffizienz entstehen durch die Nutzung von bestehenden Ressourcen (Privatautos) sowie einer größeren Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln und dem Rad.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Es sind nur wenige Informationen zu der Versorgungssicherheit bezüglich der Dienstleistungen vorhanden. Grundsätzlich scheinen bei keinem der Fallbeispiele größere Probleme mit einer sicheren und flexiblen Bereitstellung der Dienstleistungen aufzutreten. Darüber hinaus stärken viele der Infrastrukturoptionen lokale Eigenenergieversorgung und somit eine größere Unabhängigkeit von Ressourcen.

Das **transformative Potential und die transformative Wirkung** einer Infrastrukturoption zeigen sich darin, welche Aspekte des bestehenden Regimes (zum Beispiel Nutzerverhalten, technische Elemente, organisatorische und Marktstrukturen) durch sie in Frage gestellt, verändert und ersetzt werden (können). In unserer Studie sind transformative Potential und Wirkung explizit mit dem Nachhaltigkeitsgedanken gekoppelt. Das heißt, es wurde im Zusammenhang mit den Nachhaltigkeitsbeiträgen danach gefragt, inwieweit die Veränderungen im Regime (neue) nachhaltige Elemente unterstützen beziehungsweise nicht-nachhaltige Elemente im Regime hinterfragen, ersetzen oder auch bestätigen.

Die Infrastrukturoptionen stellen bestehende Regimes auf verschiedene Weisen in Frage:

- ▶ **Alternative und nachhaltig(er)e Produktionswege und Nutzerverhalten erschließen:** Die meisten Infrastrukturoptionen zielen auf veränderte Produktionswege, Nutzerverhalten und Organisationsformen ab, um Teile des bestehenden, insbesondere auf fossilen Energieträgern und hoher Ressourcenineffizienz basierenden, Regimes zu ersetzen.
- ▶ **Alternative und nachhaltig(er)e Produktionswege und Nutzerverhalten stärken:** Einige Infrastrukturoptionen fokussieren darauf, bereits bestehende Alternativen zu stärken. Dies umfasst vor allem Infrastrukturoptionen, die auf eine Stärkung der Regelfähigkeit und Versorgungssicherheit von Erneuerbaren Energien (als bestehende Alternativen) durch intelligente Vernetzung von dezentralen Energieerzeugern und -verbrauchern (VPS Allgäu) beziehungsweise durch Energiespeichertechnologien (Wasserstoff) abzielen.

Durch die Infrastrukturoptionen kam es zu verschiedenen Veränderungen in bestehenden Regimes. Durch diese Veränderungen wurden das transformative Potential und die potentiellen Nachhaltigkeitsbeiträge in transformative Wirkungen übersetzt.

- ▶ **Neue technische Strukturen:** In allen Fallbeispielen wurden neue technische Strukturen installiert, um die Infrastrukturoption umzusetzen und die Dienstleistung bereitzustellen. Oftmals haben sie allerdings an bestehenden technischen Strukturen angesetzt und diese nicht hinterfragt (zum Beispiel Kläranlagen).
- ▶ **Neue organisatorische und institutionelle Strukturen:** Um die Bereitstellung der Dienstleistung und Funktionsweise der Infrastrukturoptionen sicherzustellen, wurden organisatorische und institutionelle Strukturen angepasst oder neu geschaffen. Oftmals konkurrieren diese allerdings noch mit bestehenden Strukturen und Rahmenbedingungen.
- ▶ **Neue Marktstrukturen und Geschäftsfelder:** Durch die Bereitstellung der Dienstleistungen können neue Geschäftsfelder erschlossen werden – wie die Vermarktung einer neu erschlossenen Energiequelle. Business cases sind allerdings durch bestehende kurzfristige Kosten-Nutzen-Rechnungen eingeschränkt.
- ▶ **Neue Kollaborationen und Partnerschaften:** Eine Vielzahl von neuen oder verfestigten Kollaborationen und Partnerschaften resultieren oft in langfristigeren gemeinsamen Zielsetzungen und weiteren Forschungs- und Entwicklungsvorhaben.
- ▶ **Neues Wissen:** Die in der Umsetzung von innovativen Infrastrukturoptionen gemachten Erfahrungen resultieren in eine Vielzahl von Lerneffekten über technische, institutionelle, sozio-kulturelle und wirtschaftliche Hindernisse und Potentiale bezüglich einer bestimmten Infrastrukturoption sowie für die Prozessgestaltung von innovativen Infrastrukturoptionen.

- ▶ **Neues Nutzerverhalten:** Verändertes Nutzerverhalten umfasst neue Nutzererwartungen und -präferenzen (zum Beispiel privates Carsharing, intermodulare Mobilität, Wasserstoff-Treibstoff) und veränderte Nutzungspraktiken (zum Beispiel keine Nutzung von Strom zu Spitzenzeiten).

Vor dem Hintergrund der Frage, inwieweit diese Veränderungen zu größerer Nachhaltigkeit beitragen, wird deutlich, dass die Infrastrukturkopplungen meist nur einzelne Teile eines bestehenden, nicht-nachhaltigen Regimes in Frage stellen, und andere bestärken oder optimieren. Beispielsweise ermöglichen einige Fallbeispiele zwar alternative Antriebe für nachhaltigere Mobilität (zum Beispiel Wasserstoff, Elektrizität), allerdings werden weder Autobesitz noch Autofahren als solches hinterfragt. Drivy hinterfragt zwar den Besitz von privaten Fahrzeugen, stellt jedoch keinen Bezug zu nachhaltigeren Antrieben her.

Verschiedene Faktoren und Dynamiken in den Entwicklungspfaden können die Beiträge der Infrastrukturkopplungen zu einer Nachhaltigkeitstransformation in Bezug auf die ursprüngliche Leitidee vermindern. Dies liegt oft daran, dass im Laufe der Entwicklungspfade Anpassungen in den Leitideen und entsprechenden Umsetzungskonzepten vorgenommen werden mussten, da die technische, institutionelle, gesellschaftliche und/oder wirtschaftliche Machbarkeit nicht gegeben war. Herausforderungen traten insbesondere bei Infrastrukturkopplungen, welche als experimentelle Nischen umgesetzt wurden, sowie bei Infrastrukturkopplungen mit Bezug zu E-Mobilität auf. Dies liegt daran, dass institutionelle und rechtliche Bedingungen nicht gegeben waren – wie beispielsweise im Fall von H2BER – oder dass Technologien noch nicht ausgereift waren.

Diese Herausforderungen – sowohl hinsichtlich der Einflussfaktoren als auch die Gefahr nicht-nachhaltige Pfadabhängigkeiten zu verstärken – unterstreicht die Notwendigkeit für eine systemische und langfristige Perspektive auf gesellschaftliche Nachhaltigkeitstransformationen. Einzelne Infrastrukturkopplungen können zwar Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen leisten, diese müssen jedoch hinsichtlich der konkreten Art von Baustein, den sie innerhalb von solchen Transformationen darstellen können, kritisch hinterfragt werden.

Fazit

Auf der Basis von den Entwicklungspfaden von neun Beispielen innovativer Infrastrukturkopplungen wurde einerseits ein systemisches Verständnis über die Faktoren und Prozesse, welche die Neugestaltung von Infrastrukturkopplungen beeinflussen und diese unterstützen oder behindern. Andererseits wurden Handlungsoptionen und Gestaltungsmöglichkeiten für Bund und Länder sowie kommunale und regionale Infrastrukturverantwortliche herausgearbeitet. Der Beitrag des Analyserahmens und der Ergebnisse zum Verständnis und zur Unterstützung von innovativen Infrastrukturkopplungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- ▶ **Innovative Infrastrukturkopplungen systemisch verstehen:** Durch den Analyserahmen können innovative Infrastrukturkopplungen innerhalb eines bestimmten Systems und dessen Umstände verortet werden.
- ▶ **Entwicklungspfade verorten und Machbarkeiten offenlegen:** Infrastrukturkopplungen können innerhalb ihres Entwicklungspfades positioniert werden. Dies gibt Hinweise darauf, welche Umsetzungsschritte bereits stattfanden, wann und bei welchen Machbarkeiten Schwierigkeiten auftreten und was nächste Schritte sein könnten.
- ▶ **Herausforderungen und Möglichkeiten für Machbarkeiten erkennen:** Einflussfaktoren auf die Umsetzungsschritte von innovativen Infrastrukturkopplungen können im Zusammenhang mit ihren (zeitlichen) Wirkungen verstanden werden. Hierdurch können Herausforderungen und Möglichkeiten für die Gewährleistung der Machbarkeiten sowie entstehende Handlungsmöglichkeiten und -bedarfe identifiziert werden.

- ▶ **Einflussnehmende Akteure und Rollen identifizieren:** Die Studie benennt verschiedene Akteure, welche verschiedene Rollen innerhalb von Entwicklungspfaden innovativer Infrastruktorkopplungen einnehmen. Hierdurch wird verdeutlicht, welche Verantwortlichkeiten unterschiedliche Akteure tragen können, um Entwicklungspfade zu unterstützen. Es ermöglicht außerdem die Identifizierung von Akteuren, welche noch nicht in den Entwicklungspfaden involviert sind, aber involviert werden sollten oder könnten (zum Beispiel zivilgesellschaftliche Akteure). In der Zukunft sollten vor allem die Rollen von kommunalen Akteuren, insbesondere der Stadtwerke, sowie des Bundes weiter konkretisiert werden. Der Bund sollte seine verfügbaren ‚harten‘ und ‚weichen‘ Instrumente einsetzen, um solche Innovationsvorhaben zu unterstützen. Auch Netzwerke und Plattformen bedürfen größerer Aufmerksamkeit; sie unterstützen Planungsarbeiten, schaffen eine Finanzierungsbasis und tragen zu Wissensaustausch bei.
- ▶ **Handlungsoptionen aufzeigen:** Die Handlungsbereiche adressieren unterschiedliche auftretende Herausforderungen und Möglichkeiten in den Entwicklungspfaden und dienen dazu, die Machbarkeiten zu gewährleisten. Sie geben zahlreiche Möglichkeiten für Akteure auf der Bundesebene und regionale und lokale Infrastrukturverantwortliche um in Entwicklungspfaden einzugreifen und diese zu unterstützen. Wir benennen Handlungsmöglichkeiten um Innovationsräume zu öffnen, die Kopplungen zu verankern und verbreiten, sowie um die Innovation innerhalb von Nachhaltigkeitstransitionen zu verorten und Netzwerke zu koordinieren und Interessen zu vermitteln.
- ▶ **Reflektion über Beitrag zu Nachhaltigkeitstransformationen:** Es kann kritisch hinterfragt werden, inwieweit die Leitidee einer Infrastruktorkopplung zu Veränderungen in Richtung Nachhaltigkeit beiträgt, wie die Leitidee im breiteren gesellschaftspolitischen Kontext verortet ist und welche Synergieeffekte oder Zielkonflikte sich ergeben können. Außerdem kann diskutiert werden, welche Faktoren und Entscheidungen diesen Beitrag beeinflussen können.

Summary

New technical and societal developments, far-reaching liberalisation and privatisation policies, as well as ecological challenges and demands propel the re-design of infrastructures. The coupling of infrastructures can support transformations towards sustainable and climate-resilient societies. Coupled infrastructures unlock opportunities for providing new services and improving the efficiency in service provisions. For example, the coupling of heat grids with residual heat sources (e.g. server heat, sewage water heat) can support regional energy independence, reduce greenhouse gas emissions and stabilise the price of heat provisioning.

However, the innovation of coupled infrastructures poses great challenges, because the design and use of existing infrastructure systems is deeply embedded in societal structures such as regulations, user expectations and market structures. For example, regulatory frameworks determine, which and how services are provided. Additionally, the processes to plan and implement infrastructures are considerably constrained by existing institutional and organisational structures. These processes are often standardised, which slows down the recognition and take up of new technical possibilities and changing societal expectations. The fragmentation of strategic planning processes into different sectors results in siloed approaches that constrain the development of coupled infrastructures, which require inclusion of diverse actors and interests.

Against this background, the TRAFIS project (“Transformation to sustainable, coupled infrastructures”) studied present infrastructure innovations, including the associated transformation processes, supporting and hindering factors and sustainability impacts of coupled infrastructure innovations. The focus was on innovative, i.e. non-established, coupled infrastructures in the sectors mobility, energy, water, waste water and communication technology.

This TRAFIS study identified the factors and activities influencing the implementation and diffusion of coupled infrastructure innovations. The primary objective was to derive effective action and support options for the federal government as well as for local and regional infrastructure planners. To this end, we analysed the development pathways of nine examples of coupled infrastructure innovations, which cover the sectors energy, mobility, water and ICT, from a transitions perspective. A development pathway describes the development of a coupled infrastructure from the initial idea until the current status. The reconstruction, analysis and comparison of the development pathways built on an analytical framework, which draws on concepts and frameworks from transition research. The analytical framework enabled a dynamic and comprehensive perspective on the steps that have been undertaken, which influencing factors and activities these involved, and what contribution is made to sustainability transitions. While the individual case studies focused on the development pathways of coupled infrastructure innovations, the cross-case comparison compared the development pathways to determine similarities, differences and patterns and derive intervention points and action opportunities for the federal government and for local and regional infrastructure planners.

Case studies

The following case studies were selected for this study:

- ▶ Sewage water heat utilisation through a district heating grid in Waiblingen for alternative heat generation through sewage heat
- ▶ Sewage water heat utilisation in three schools in Cologne for alternative heat generation through sewage heat
- ▶ Server heat utilisation in housing complex in Hamm for alternative heat generation through server heat

- ▶ Renewable energy production and electric mobility in Rosenstein district in Stuttgart for alternative energy generation (PV and wind) and energy storage (electric mobility)
- ▶ Renewable energy production and electric mobility in district in Norderstedt for alternative energy generation (PV and wind) and energy storage (electric mobility)
- ▶ Multi-energy-petrol station H2BER near the airport Berlin-Brandenburg for alternative energy generation (hydrogen, electric energy) for mobility
- ▶ Hydrogen power house in Prenzlau for alternative energy generation and energy storage (hydrogen, wind gas)
- ▶ Virtual power system in VPS Allgäu for energy storage and distribution via smart grids
- ▶ Car-sharing app Drivy for private carsharing via online platform

Results

The analysis and comparison of nine development pathways of coupled infrastructure innovations generated a comprehensive understanding of the development of coupled infrastructure innovations, including circumstances, influencing factors, time dynamics and action opportunities. Our results encompass: (1) characteristics of coupled infrastructure innovations; (2) critical development moments; (3) feasibility dimensions of development pathways; (4) influencing factors and influence (supporting or hindering) on feasibility; (5) actors, action fields and action opportunities; (6) contribution to sustainability transitions.

(1) Characteristics of coupled infrastructure innovations: what are general and case-specific guiding ideas, circumstances and key actors?

The case studies show several similarities and differences regarding their key characteristics – these enable to discern whether similarities and differences in the development pathways relate to for example key actors or locations.

- ▶ **Guiding ideas:** All case studies seek to increase resource efficiency and, except for the car-sharing app Drivy, to sustainable energy generation. This focus differs between tapping into new energy sources for sustainable energy generation and optimising the security of supply. Coupled infrastructures include combinations of energy with water, ICT and mobility sectors.
- ▶ **Type of niche innovation:** The majority of case studies involve primarily technical innovations – this means that users do not have to (extensively) change their behaviours to use the service provided by the infrastructure. In contrast, the car-sharing app Drivy primarily involves changing user behaviour (leasing/hiring of private cars). The case studies also differ on whether they develop (relative) new infrastructure solutions (experimental niches) or whether they draw on relatively well-developed and tested solutions that are not yet widely implemented (implementation niches).
- ▶ **Period and state of implementation:** The development pathways of most case studies start after 2010 – only the sewage water heat utilisation facility in Waiblingen was already implemented in the early 1980s – and are largely finalised.
- ▶ **Locations and users:** The case studies include examples of coupled infrastructures that are implemented on (1) local level with largely local impacts, (2) local level with (trans-)regional impacts, (3) regional level with regional impacts, and (4) nationwide. The cases provide services to different types of users, including private individuals or households, industrial clients or public institutions (e.g. schools).
- ▶ **Key actors:** Market actors and/or public actors were in most cases the driving actors in the initialisation, implementation and financing of the coupled infrastructures. Public actors (especially at local levels) or public-private partnerships played key roles in local case studies.

(2) Critical development moments: which steps have to be taken within a development pathway? In which sequence do they typically occur?

We can derive six typical development moments from the comparison of development pathways:

- ▶ **Birth of the guiding idea:** Definition of explicit and implicit goals for a coupled infrastructure innovation;
- ▶ **Planning and concept development:** Conduction of feasibility studies, establishing key actor networks, mobilising resources to ensure financing basis and navigation of institutional structures (e.g. building permission);
- ▶ **Installation and start-up:** Building the physical structures, fitting organisational and institutional structures (e.g. daily routines) and connecting users;
- ▶ **Technical adaptations:** Installation of new technologies for technical modernisation or for wider range of services;
- ▶ **Scaling and replication:** Providing services to more users in the same context (scaling) or by implementing infrastructure in other contexts (replicating);
- ▶ **Knowledge transfer:** Condensing and communicating lessons learned on technical, legal etc. issues and increasing visibility.

These development moments enable the planning, installation and the long-term operation of coupled infrastructure innovations. The first three development moments (birth of the guiding idea; planning and concept development; installation and start-up) take place in the development pathways of all case studies and they occur successively (while it might be required to repeat one moment after having already moved to another). The other development moments can take place simultaneously and they don't occur in all case studies. The development pathways thus become more diffuse after the start-up of the infrastructure and do not follow clear patterns. The development moments after the start-up can also take place continuously – i.e., they do not mark concluded moments and can in principle be always and again taken up again. Development pathways can thus never be considered as terminally concluded.

(3) Feasibility dimensions of development pathways: which requirements need to be fulfilled within development pathways?

Throughout the development pathway, different feasibility dimensions need to be fulfilled to ensure the long-term and viable operation of the coupled infrastructure innovation. The feasibility dimensions refer to technical, institutional and organisational, societal and economic requirements to successfully complete a development pathway.

- ▶ **Technical feasibility:** The availability of suitable and viable technical options to install the coupled infrastructure innovation and ensure its long-term operation.
- ▶ **Institutional and organisational feasibility:** Organisational and institutional structures for cooperation and ensuring the legitimacy of service provision.
- ▶ **Societal feasibility:** Societal acceptance and (financial, cognitive) ability to use the coupled infrastructure innovation.
- ▶ **Economic feasibility:** The profitability and competitive marketing opportunities of the coupled infrastructure innovation from perspective.

These requirements are reflected across the whole development pathways, yet distinct requirements need to be fulfilled at specific moments in time (e.g. availability of technical options for installation). How and why the feasibility dimensions can be fulfilled depends on the influencing factors and activities of actors.

(4) Influencing factors and influence on feasibility: which factors support or hinder the development pathways? When and for how long do they exert influence?

Diverse factors influence the feasibility dimensions of the development pathways, i.e. they support or hinder the extent to which the requirements can be fulfilled and development pathways can be successfully implemented.

- ▶ **Local physical conditions (technical feasibility):** Local physical and technical potentials can enable the piggy-backing of innovation to local developments, but they can also exclude options and reduce efficiency of service provision.
- ▶ **Technical availability (technical feasibility):** Wider developments of innovative technologies can provide viable technical options or exclude options when the technique is not yet sufficiently developed.
- ▶ **Life-cycle of coupled infrastructure (technical feasibility):** The life-cycle becomes important over the long-term of a development pathway when the need for modernisation might emerge and the efficiency of the service provision is reduced.
- ▶ **Regulations and rules on legitimacy (institutional and organisational feasibility):** The regulations and rules can cause delays in the implementation and exclude options when the innovation does not fit within existing legal frameworks.
- ▶ **Network and cooperation structures (institutional and organisational feasibility):** Organisational contacts and interfaces facilitate knowledge and resource exchange and the mediation of interests.
- ▶ **User motivation and demand (societal feasibility):** Societal interests and utilisation of the coupled infrastructure needs to be ensured. Limited knowledge, existing user behaviours and increased costs can reduce the use of the infrastructure.
- ▶ **User complexity (societal feasibility):** High complexity in using the infrastructure and high knowledge requirement can cause operating errors and reduce user acceptance.
- ▶ **Political leadership and political alignment (societal feasibility):** Political leadership and alignment can provide innovation impulses and provide visibility for the infrastructure.
- ▶ **Support and funding programmes (economic feasibility):** Funding programmes for investments or research by the EU, federal government or regional governments contribute subsidies and loans for the financing of specific innovations. They also support modernisation, replication and knowledge transfer.
- ▶ **Regulations and framework for profitable service provision (economic feasibility):** Regulations set investment incentives and enable profitable marketing, but they often set negative incentives and cause planning insecurities.
- ▶ **Market structures (economic feasibility):** The incentive structure of the market supports specific types of demand and supply and can set attractive investment incentives. Current market structures prefer short-term cost-benefit-calculations that hinder higher investments with longer return-on-investments.

Most influencing factors can act both supportive as well as hindering. For example, local physical conditions can provide opportunities for innovation – like the development of the train station Stuttgart 21 that allowed to also re-develop a sustainable city quarter in that area. They can also hinder development pathways – the delayed opening of the airport BER caused delays in the development of the multi-energy petrol station H2BER.

(5) Actors, action fields and action options: by which activities do actors drive the development pathways of coupled infrastructure innovation and deal with the influencing factors?

Whether and how influencing factors do in reality provide opportunities or constraints is closely connected to the question of actors' activities to mobilise and respond to these factors. A variety of **actors** can drive or hinder development pathways of coupled infrastructure innovations.

Which actors take up roles in development pathways influences, which interests and resources are underlying the development of an innovation. Market actors, which were key actors in most case studies, have an interest in the trialling of new and sustainable technologies in combination with the exploration of new market potentials. Only in the two locally implemented case studies – the sewage water heat utilisation facilities in Waiblingen and Cologne – actors of local utilities and local governments were involved in planning, installation and operation. Actors from the city council and the utilities were interested in supporting sustainable local development and developing pilot projects. Diverse forms of networks play critical roles in the development pathways – to support planning activities, ensure financial basis and exchange knowledge. Networks encompass, for example, cross-departmental networks within local city governments, public-private partnerships, interest groups and knowledge partnerships.

We identify four **action fields** that encompass different types of action options for influencing development pathways at different moments in time. The action options are identified for different actors and roles: (1) public actors on federal and regional levels for regulation and (co-)financing; (2) public actors on local levels for political leadership and local political alignment; (3) planners and operators – including public, civil society and market actors.

- ▶ **Action field 1 – Creating and shaping spaces for innovation:** This action field creates the technical, financial and institutional conditions for the development, installation and start-up of a coupled infrastructure innovation. It encompasses action options for providing and spreading impulses for innovation, conducting feasibility studies and ensuring funding basis.
- ▶ **Action field 2 – Ensuring long-term operation:** This action field guarantees the long-term operation of the infrastructure innovation by embedding it in organisational and institutional structures and ensuring user support and visibility. Action options include the embedding of the operation in organisational and institutional structures, supporting users with technical expertise and strengthening the visibility and attractiveness to gain support and users.
- ▶ **Action field 3 – Setting long-term and integrative frameworks for synergies:** This action fields positions the coupled infrastructure innovation within the societal context of sustainability transitions to reveal its contribution, synergies and trade-offs. It encompasses actions to position the innovation within long-term and integrated frameworks and to reveal synergies of the innovation with other goals and developments and its contribution to a sustainability transitions.
- ▶ **Action field 4 – Facilitating cooperation and interest mediation:** This action field facilitates cooperation and coordination between actors to exchange knowledge, pool resources and mediate interests. Actions include the provision of and participation in networks and platforms for knowledge generation and sharing, ensuring professional and neutral interest mediation and starting up new partnerships and cooperation.

(6) Contribution to sustainability transition: how and under which circumstances do coupled infrastructure innovations contribute to sustainability transitions?

We critically reflected on the contributions of the coupled infrastructure innovations to sustainability transitions to question the starting premise of this study, that the selected case studies have the potential to support radical changes towards sustainability. We can thus also specify the contributions and whether factors and activities within the development pathways influenced whether the targeted contributions could (not) be achieved.

Overall, the coupled infrastructure innovations contribute to **sustainability** regarding the following criteria:

- ▶ **Performance:** All case studies can provide the services the intended to a large extent. In some cases, parts of the service cannot (yet) be provided. This relates to challenges within the development pathways, for example to limited technical availabilities, constraining regulation or interest conflicts.
- ▶ **Social and economic viability:** Most case studies can provide their services without inducing large technical adaptations and excessive costs for the users. When a high amount of technical adaptations is necessary, this reduces user acceptance. This also opens up the question whether services are only accessible to users with above-average income.
- ▶ **Resource consumption and environmental impact:** All case studies contribute to resource efficiency and climate mitigation. Most cases contribute to sustainable energy generation and use by making new energy sources accessible (e.g. sewage water heat, server heat, hydrogen) and by strengthening decentral energy generation and security of supply. The contribution of the car-sharing app Drivy are more indirect and unclear. It contributes to resource efficiency by prompting better utilisation of existing resources (private cars) and, possibly, the use of public transport and the bike.
- ▶ **Security of supply:** Only little information is available on the security of supply. In principle, in no case study problems seem to occur regarding a secure and flexible provision of the services. Additionally, many infrastructures strengthen local energy generation and local and regional resource independence.

The **transformative potential and transformative impact** of a coupled infrastructure innovations is visible in the extent to which it questions, changes or challenges dominant regimes (e.g. user behaviour, technical components, market structures). Our study looked at the transformative potential and impact in relation to their contributions to sustainability – i.e., whether regime changes support sustainability and whether unsustainable elements of the regime are questioned, replaced or also reinforced.

The coupled infrastructure innovations question existing regimes in the following ways:

- ▶ **Making alternative and (more) sustainable ways of production and consumption:** Most cases challenge existing ways of production, using and organising of dominant energy, water and mobility regimes. They especially challenge fossil energy use and high resource consumption.
- ▶ **Strengthening alternative and (more) sustainable ways of production and consumption:** Some case studies focus on strengthening already existing alternatives, such as the strengthening of security of supply of renewable energy systems through virtual grids and energy storage technologies.

The coupled infrastructure innovations contributed to diverse changes in existing regimes:

- ▶ **New technical structures:** All case studies put in place new technical structures to build the infrastructure and provide services. Often, however, these built on and did not challenge existing structures (e.g. sewage treatment plant).
- ▶ **New organisational and institutional structures:** To ensure service supply and functioning of the infrastructure organisational and institutional structures were adapted or created. However, this still often clash with existing structures that operate in siloes and do not favour the innovation.
- ▶ **New market structures and business activities/cases:** The cases develop new business activities to provide the services in a cost-efficient way. However, prevailing short-term cost-benefit-calculations impede sustainable business cases.
- ▶ **New collaborations and partnerships:** Throughout the development pathways a variety of collaborations and partnerships were created or strengthened. These often led to long-term collaborations and further research and implementation projects.
- ▶ **New knowledge:** The development pathways yielded many lessons on technical options, institutional, social-cultural and economic opportunities and barriers, as well as on how to facilitate development pathways as such.
- ▶ **New user behaviours:** Changed user behaviour encompasses new user expectations and preferences (e.g. private car-sharing, intermodal mobility, hydrogen fuel) and changed user practices (e.g. not using energy in peak hours).

The coupled infrastructure innovations often only challenge parts of existing regimes while other, partially unsustainable, parts of the regime are reinforced or optimised. For example, while some case studies enable alternative engines for more sustainable mobility (e.g. hydrogen, electricity), the ownership of private cars and driving cars as such are not questioned. While Drivy questions private car ownership but does not establish links to more sustainable engines.

Diverse factors and dynamics within the development pathways reduce the contribution of a coupled infrastructure innovation in relation to its original guiding idea. In these cases, adaptations of the guiding idea and corresponding implementation concepts needed to be made, because the technical, organisational and institutional, societal and/or economic feasibility was not given. Especially experimental niches experienced these challenges. For example, in the case of H2BER, technologies were not yet sufficiently developed.

These challenges – both relating to the influencing factors and the danger to reinforce unsustainable elements of existing regimes – underline the necessity to take systemic and long-term perspectives when developing infrastructure innovations. While individual coupled infrastructure innovations can contribute to sustainability transitions, the concrete building block they can provide for transformations needs to be critically examined.

Conclusions

We have developed a systemic understanding about the factors, dynamics and activities that support or hinder the re-design of coupled infrastructures on the basis of the development pathways of nine examples of coupled infrastructure innovations. We could also identify intervention points, action fields and action options for the federal government and local and regional infrastructure providers. The insights gained from our analytical framework and the results from our study on the understanding and support of coupled infrastructure innovations can be summarised as follows:

- ▶ **Understanding coupled infrastructure innovations from a systemic perspective:** The analytical framework enables to position coupled infrastructure innovations within

a system to yield a comprehensive understanding of contexts, circumstances and dynamics.

- ▶ **Locating development pathways and unveiling feasibilities:** Coupled infrastructure innovations can be positioned within their development pathways. This provides insights into which development moments can be taken next, when barriers occur and which challenges emerge in relation to the different feasibility dimensions.
- ▶ **Recognising challenges and opportunities for ensuring feasibilities:** Factors influencing the development pathways of coupled infrastructure innovations can be understood in relation to their (time-dependent) impacts. This enables to identify challenges and opportunities to ensure the feasibility of the innovation as well as needs and opportunities for intervention.
- ▶ **Understanding key actors and roles:** This study identifies various actors that take up different types of roles within development pathways of coupled infrastructure innovations. This illustrates, which responsibilities need to/can be taken up by which actors to support development pathways. In the future especially the roles of local actors, particularly of public utilities, should be strengthened. The federal government should more decisively make use of its 'hard' and 'soft' instruments to support networks and platforms for knowledge exchange and provide more coherent regulatory frameworks.
- ▶ **Demonstrating opportunities and options for action:** The identified action fields for federal governments and regional and local infrastructure providers address the different challenges and opportunities of the development pathways. They serve to ensure the feasibility of the coupled infrastructure innovations. We identified different intervention points and action opportunities to open up space for innovation, embed and scale the innovation, to position the innovation within sustainability transitions and to coordinate and mediate networks and interests.
- ▶ **Reflecting on the contribution to sustainability transitions:** It is important to critically reflect on the extent to which the guiding idea and actual impact of a coupled infrastructure innovation contributes to sustainability transitions. This also requires positioning of the innovation within its societal and political contexts and reflection on synergies and trade-offs might emerge. This particularly pertinent as individual innovations only provide relatively small building blocks for radical change.

1 Einleitung

Hintergrund

Infrastrukturen spielen eine zentrale Rolle im Transformationsprozess hin zu einer nachhaltigen und klimaresilienten Gesellschaft. Sie sichern die Daseinsvorsorge, bestimmen damit einen Großteil alltäglichen Lebens, und wirken auf Ressourcennutzung, Umweltqualität und soziale Gerechtigkeit (Easterling 2014, Bulkeley et al. 2014). Gegenwärtig befinden sich Infrastruktursysteme in einer Phase des strukturellen Wandels – zum Beispiel von zentralen zu dezentralen Energiesystemen oder von passiver zu smarter Infrastruktur (Guy et al. 2012, Markard 2011, Malekpour et al. 2015). Neue technische und gesellschaftliche Entwicklungen, weitreichende Liberalisierungs- und Privatisierungspolitiken, ebenso wie ökologische Anforderungen treiben die Neugestaltung von Infrastrukturen an.

Die Kopplung von Infrastrukturen gilt als eine Möglichkeit, um durch die Neugestaltung von Infrastrukturen zu gesellschaftlichen Transformationen in Richtung Nachhaltigkeit und Klimaresilienz beizutragen. Die Kopplung von Infrastrukturen bietet Möglichkeiten für neue Dienstleistungen und mehr Effizienz in der Sicherung der Daseinsvorsorge. So kann die Kopplung von Wärmenetzen an Abwärmequellen (zum Beispiel Abwasserabwärme, Serverabwärme) die regionale Unabhängigkeit von Rohstoffen befördern, Treibhausgasemissionen senken und den Preis der Wärmebereitstellung stabilisieren. Dies kann auch Synergien bezüglich Finanzierung und Umweltleistung ermöglichen – beispielsweise durch die Zusammenlegung von Finanzierungskapital oder durch Ressourceneffizienz (Brown 2014, Jonsson 2000, Karaca et al. 2015).

Die Entwicklung von innovativen Infrastrukturkopplungen umfasst gleichermaßen technischen, institutionellen, rechtlichen und kulturellen Wandel (Frantzeskaki und Loorbach 2010, Bulkeley et al. 2014). Infrastrukturveränderungen können beispielsweise zu neuen Marktstrukturen, Dienstleistungsnachfragen, sozialen Innovationen oder Interaktionsformen zwischen Interessengruppen (zum Beispiel zu einer Überschneidung zwischen Nutzern und Dienstleistungsträgern) führen (Frantzeskaki und Loorbach 2010, Tongur und Engwall 2017).

Die Neugestaltung von Infrastrukturen stellt jedoch auch große Herausforderungen dar. Existierende Infrastrukturen – einschließlich ihrer physischen Merkmale und organisatorischen und institutionellen Strukturen – sind tief in gesellschaftlichen Strukturen verankert (Loorbach et al. 2010). Bestehende Nutzererwartungen, Leitprinzipien, Marktstrukturen, Politik und Regulierung beeinflussen das Design von Infrastrukturen. Dies führt zu Pfadabhängigkeiten (Moss 2014, Loorbach et al. 2010, Markard 2011): So legen rechtliche Rahmenbedingungen fest, welche und wie Dienstleistungen gewährleistet werden müssen. Aufgrund der hohen Kosten und langen Lebensdauer von Infrastrukturen, bleiben sie lange erhalten. Auch die Prozesse, durch die Infrastrukturen geplant und umgesetzt werden, sind durch bestehende institutionelle und organisatorische Strukturen eingeschränkt (Bulkeley et al. 2014, Markard 2011). Diese sind häufig standardisiert, wodurch neue technische Möglichkeiten und gesellschaftliche Erwartungshaltungen nur langsam erkannt und aufgenommen werden (Truffer et al. 2010, McPhearson et al. 2016, Adil und Ko 2016, Malekpour et al. 2015). Die organisatorische Trennung bezüglich beispielsweise Planung, Finanzierung und Betrieb kann vor allem die Entwicklung gekoppelter Infrastrukturen behindern, welche die Einbindung verschiedener Akteure und Interessen bedarf.

Das TRAFIS-Projekt

Vor diesem Hintergrund untersuchte das Projekt TRAFIS („Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“) aktuelle Entwicklungen hin zu gekoppelten nachhaltigen Infrastrukturen, die damit einhergehenden Transformationsprozesse einschließlich möglicher unterstützender und hindernder Einflussfaktoren sowie der potenziellen Nachhaltigkeitswirkungen

dieser neuartig gekoppelten Infrastrukturlösungen. Im Fokus stehen innovative, d. h. nicht etablierte, Kopplungen (verstanden als Nischeninnovationen) in sozio-technischen Infrastruktursystemen und deren Nachhaltigkeitspotenziale in den Sektoren Verkehr, Energie, Wasser, Abwasser, Abfallwirtschaft sowie Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Die Ziele des Vorhabens sind:

- ▶ Bewerten von Wirkungen von Infrastrukturkopplungen in Hinblick auf Nachhaltigkeit, insbesondere Ressourceneffizienz und Klimaresilienz.
- ▶ Systematisches Herausarbeiten von Einflussfaktoren für das Gelingen lokaler Transformationen hin zu gekoppelten nachhaltigen Infrastrukturen.
- ▶ Erproben der Möglichkeiten der unterstützenden Prozessbegleitung, Reflektieren von Ansatzpunkten und Handlungsmöglichkeiten zur politischen Unterstützung von Transformationsprozessen.

Die im vorliegenden Band vorgestellten Ergebnisse sind Teil einer Veröffentlichungsreihe, welche die Ergebnisse des Gesamtvorhabens umfassend dokumentiert:

1. Nachhaltigkeitspotenziale innovativer gekoppelter Infrastrukturen (Olfert et al. 2020).
2. Infrastrukturkopplungen als Beiträge zur Nachhaltigkeitstransformation: Einflussfaktoren und Handlungsmöglichkeiten (vorliegender Band).
3. Erfolgsbedingungen und Prozessbegleitung für eine nachhaltige Umgestaltung von Infrastrukturkopplungen (Hirschnitz-Garbers et al. 2020).

Zielstellung und Vorgehen

Die vorliegende Studie untersucht, welche Faktoren und Handlungen die Umsetzung und Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungen beeinflussen. Das Ziel war die Identifizierung effektiver Ansatzpunkte und Handlungsoptionen für den Bund und die kommunalen und regionalen Infrastrukturverantwortlichen. Hierzu wurde eine systemische Transitionsperspektive auf die Entwicklungspfade von neun Beispielen innovativer Infrastrukturkopplungen aus den Bereichen Energie, Mobilität, Abwasser und IKT eingenommen. Ein Entwicklungspfad beschreibt die Entwicklung einer gekoppelten Infrastruktur von der Idee bis zum heutigen Stand. Die Rekonstruktion, Analyse und der Vergleich der Entwicklungspfade basiert auf einem Analyserahmen, welcher auf Konzepten und Erklärungsmodellen der Transitionsforschung aufbaut. Diese systemische Perspektive ermöglichte einen weitreichenden und dynamischen Blick auf die auf die erfolgten Umsetzungsschritte, die Einflussfaktoren und Handlungen, welche die Umsetzung befördert oder gehemmt haben, sowie auf den geleisteten Beitrag zu Nachhaltigkeitstransformationen (Moss 2014, McFarlane und Rutherford 2008, Hodson et al. 2013, Bulkeley et al. 2014). Während in den Einzelfallstudien die Entwicklungspfade von Infrastrukturkopplungen im Zentrum der Analyse standen, wurden im fallübergreifenden Vergleich die Entwicklungspfade miteinander verglichen, um Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Muster festzustellen und übergreifende Handlungsmöglichkeiten abzuleiten.

Zusammenfassend haben wir die Entwicklungspfade von neun Infrastrukturkopplungen hinsichtlich folgender Forschungsfragen beleuchtet und verglichen, um Einflussfaktoren festzustellen und Gestaltungsmöglichkeiten abzuleiten:

- ▶ Welche Umsetzungsschritte müssen innerhalb des Entwicklungspfades einer Infrastrukturkopplung passieren?
- ▶ Welche Einflussfaktoren unterstützen oder hemmen die Entwicklungspfade? Wann und wie lange wirken sie?

- ▶ Durch welche Handlungen treiben Akteure die Entwicklungspfade voran und gehen mit den Einflussfaktoren um?
- ▶ Wie und unter welchen Umständen tragen innovative Infrastrukturkopplungen zu Transformationen in Richtung Nachhaltigkeit bei?

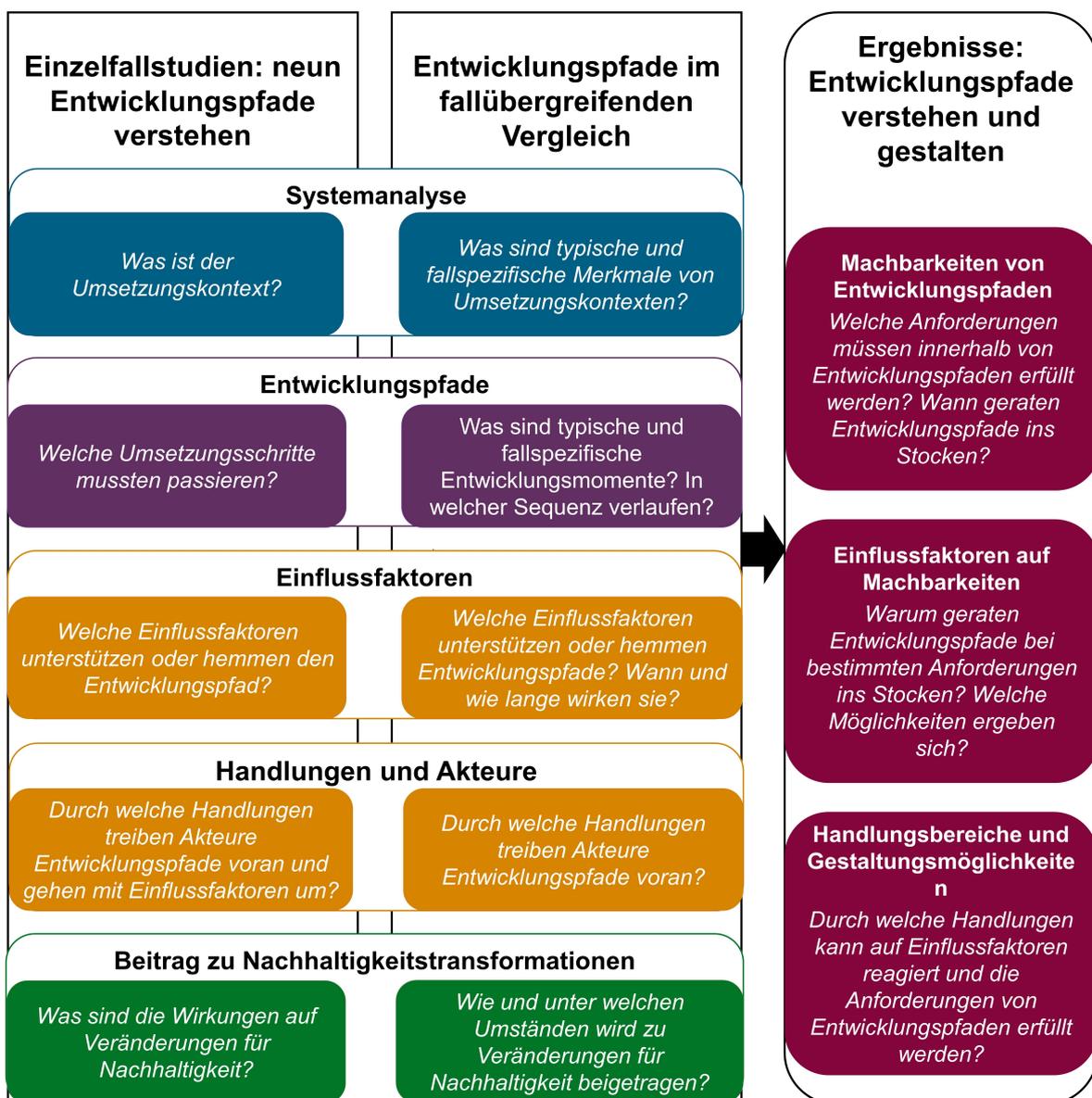
Im Folgenden wird zunächst das methodische und analytische Vorgehen zur Beschreibung und Analyse der neun Einzelfallstudien und zum fallübergreifenden Vergleich vorgestellt (Kapitel 2). Kapitel 3 fasst die Ergebnisse hinsichtlich der Forschungsfragen zusammen. Unser Fazit stellt die wesentlichen Erkenntnisse heraus und gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschungsfragen um die Entwicklung von innovativen Infrastrukturkopplung zu unterstützen (Kapitel 4). Eine Übersicht über die Einzelfallstudien ist im Anhang 3 zu finden, die Sammlung aller Fallstudien in Hölscher und Wittmayer (2018).

2 Vorgehen

Diese Studie basiert auf neun Fallstudien innovativer Infrastrukturoptionen sowie einem fallübergreifenden Vergleich der erarbeiteten Entwicklungspfade. Ziel ist es, Entwicklungspfade umfassend und dynamisch zu verstehen und unterstützende Handlungsoptionen und Gestaltungsmöglichkeiten abzuleiten (Abbildung 1).

Abschnitt 2.1 beschreibt das Forschungsdesign der Einzelfallstudien und der vergleichenden Analyse, die Fallauswahl, die Methoden zur Datenerhebung und die methodischen Grundsätze. Abschnitt 2.2 stellt den Analyserahmen zur Beschreibung und Analyse der Entwicklungspfade der neun Einzelfallstudien zu Infrastrukturoptionen vor. Das Vorgehen für den fallübergreifenden Vergleich (Abschnitt 2.3) baut auf den verschiedenen Schritten des Analyserahmens auf.

Abbildung 1: Forschungsdesign



Quelle: Eigene Darstellung, DRIFT

2.1 Methodisches Vorgehen

2.1.1 Forschungsdesign

Die Studie verbindet die Analysen von neun weitestgehend umgesetzten Fällen innovativer Infrastrukturlösungen mit einem fallübergreifenden Vergleich. Hierdurch konnte kontextualisiertes und de-kontextualisiertes Wissen gewonnen werden: Wissen sowohl über die Komplexität und Tiefe eines einzelnen Falls als auch über zu einem gewissen Grad generalisierbare zeitabhängige Einflussfaktoren und Handlungsmöglichkeiten von Akteuren, welche die Entwicklung innovativer Infrastrukturlösungen unterstützen oder behindern (Yin 2003, Eisenhardt und Graebner 2007, Jahn 2013).

Einzelfallstudien

In den Einzelfallstudien standen die Entwicklungspfade von Infrastrukturlösungen im Zentrum der Analyse (Muno 2009). Es wurde untersucht, welche Umsetzungsschritte erfolgten, welche Einflussfaktoren und Handlungen innerhalb der Entwicklungspfade zum Tragen kamen und die Umsetzung befördert oder gehemmt haben sowie welchen Beitrag die Infrastrukturlösungen zu Nachhaltigkeitstransformationen leisten. Die Entwicklungspfade stellen dynamische Prozesse dar, weshalb die Fälle als nicht-statisch aufgefasst werden und ein klarer Endpunkt nicht festgesetzt ist (Jørgensen et al. 2015).

Die Einzelfallstudien wurden durch einen Analyserahmen geleitet (siehe Abschnitt 2.2). Dieser baut auf Konzepten und Erklärungsmodellen der Transitionsforschung auf. Das Rahmenwerk erlaubt es die Vielfalt und Komplexität der Wirklichkeit in überschaubare analytische Kategorien zu erfassen und die Analyse zielgerichtet zu orientieren und strukturieren (Yin 2003, Jahn 2013). Es erhöht außerdem den ‚comparative merit‘ der Fallstudien und schafft somit die Grundlage für den fallübergreifenden Vergleich (Jahn 2013, Muno 2009).

Trotz dieses weitestgehend deduktiven Forschungsansatzes ist der Forschungsprozess innerhalb der Fallstudien offengeblieben für neue Einsichten um auch induktiv erworbenes Wissen zu berücksichtigen.

Fallübergreifender Vergleich

Im fallübergreifenden Vergleich wurde die Einzelfallperspektive verlassen. Die Entwicklungspfade der neun Infrastrukturlösungen wurden miteinander verglichen, um Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Muster festzustellen. So konnten fallübergreifend relevante Dynamiken und Faktoren ermittelt, Aussagen kontrolliert und aus verschiedenen Kontexten gelernt werden (Eisenhardt und Graebner 2007, della Porta 2008). Das Aufspüren von auftretenden Korrelationen und Regelmäßigkeiten auf der Basis von fundierten empirischen Erkenntnissen ist wertvoll für das Design von Handlungsinterventionen und für die politische Gestaltung (Goodrick 2014).

Die Vergleichsstrategie (Jahn 2013, Yin 2003) basiert auf den ‚units of analysis‘ des Analyserahmens (Entwicklungspfade, Einflussfaktoren, Handlungen und Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen), der die Analyse der Entwicklungspfade in den Einzelfallstudien strukturiert hat. Darauf basierend wurde eine Struktur erarbeitet, anhand derer die neun Entwicklungspfade systematisch miteinander verglichen wurden (siehe Abschnitt 2.3, Goodrick 2014).

Die vergleichende Analyse kann als ein Prozess der De-Kontextualisierung betrachtet werden. Es ist jedoch wesentlich, dass die kontextbezogenen fallinternen Entwicklungen und Prozesse mitberücksichtigt werden (Jahn 2013). Es wurde also gleichermaßen darauf geachtet, auf die fall-spezifischen Unterschiede einzugehen und Veränderungen auf der Grundlage von unterschiedlichen Ausgangsbedingungen zu untersuchen, und hieraus – soweit möglich – generalisierende Schlussfolgerungen zu treffen (della Porta 2008).

2.1.2 Fallauswahl

Wir haben zwei Arten von Auswahlkriterien verwendet, um möglichst instruktive Fallbeispiele auszuwählen und die Sinnhaftigkeit des fallübergreifenden Vergleichs zu gewährleisten (Collier 1993): (1) Kriterien zur Relevanz der Einzelfälle hinsichtlich der Forschungsfrage, und (2) Kriterien zur fallübergreifenden Heterogenität für die vergleichende Analyse.

Kriterien zur Relevanz der Einzelfälle

Diese Studie zielte darauf ab, reale, möglichst weitgehend abgeschlossene beziehungsweise abgebrochene Fälle von innovativen Infrastruktorkopplungen mit Bezug zu Nachhaltigkeitstransformationen zu untersuchen. Im Fokus standen Kopplungen im Bereich technischer Infrastrukturen der Sektoren Verkehr, Energie, Wasser, Abwasser, Abfallwirtschaft und IKT und deren Wirkung auf Nachhaltigkeitstransformationen.

Jeder ausgewählte Fall erfüllt die folgenden Kriterien:

- ▶ Es handelt sich um gekoppelte technische Infrastrukturen zur **Erbringung von Daseinsvorsorge**. Eine Kopplung liegt dann vor, wenn das Infrastrukturbeispiel mindestens zwei der folgenden technischen Sektoren oder deren abgrenzbaren Teilsektoren durch physische und/oder organisatorische Kopplung zusammenbringt: Verkehr, Energie, Wasser, Abwasser, Abfallwirtschaft und IKT.
- ▶ Die Kopplung beinhaltet **Innovation** in einer technischen Lösung oder Organisationsform.
- ▶ Die Kopplung weist **Nachhaltigkeitspotential** auf, das heißt sie entfaltet einen nennenswerten Einfluss auf Ressourceneffizienz und/oder Klimaresilienz als zentrale Elemente von Nachhaltigkeit. Ressourceneffizienz bezieht sich auf den potenziell effizienteren Einsatz oder sparsameren Umgang mit natürlichen Ressourcen wie Rohstoffe, Energie, Wasser, Boden, Fläche. Klimaresilienz Aspekte sind unter anderem Redundanz, Modularität, lose Kopplung, geographische Verteilung, Puffer-/Speichervermögen.
- ▶ Die Kopplung weist **Bezüge zu relevanten politischen Dimensionen** auf: Durch die Kopplung werden die politischen Ziele beziehungsweise Prioritäten der Dekarbonisierung, Kreislaufführung von Ressourcen, Flächenschonung¹ und Digitalisierung unterstützt.
- ▶ Es besteht **Auskunftsbereitschaft relevanter Wissensträgerinnen und Wissensträgern** (zum Beispiel auf der mittleren bis oberen Managementebene infrastrukturverantwortlicher Akteure) im Rahmen von Telefoninterviews.

Kriterien zur fallübergreifenden Heterogenität

Zusätzlich zu diesen Kriterien, wurde auf fallübergreifende Heterogenität geachtet.

- ▶ Über die Fallauswahl hinweg sind unterschiedliche Kopplungscluster abgedeckt, um die thematische Breite von Infrastruktorkopplungen zu berücksichtigen.
- ▶ Eine Mischung von primär technisch innovativen Beispielen und Beispielen mit Implikationen auf Nutzerverhalten ist gegeben.
- ▶ Eine Mischung eher erfolgreicher und eher nicht erfolgreicher Umsetzungen ist gegeben.

¹ Flächenschonung wird üblicherweise im Kontext von Siedlungspolitik diskutiert, nicht im Kontext von Infrastrukturpolitik. Dennoch kann es Bezüge z.B. zum Bereich Verkehr geben. Deshalb wurde dieses Kriterium mitgeführt.

Ausgewählte Fallbeispiele

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die ausgewählten Fälle innovativer Infrastrukturoptionen. Bei einem zunächst ausgewählten zehnten Fall – die Umsetzung eines virtuellen Kraftwerks in Königs Wusterhausen – wurde während der Fallstudie festgestellt, dass dieser in der Umsetzung abgebrochen worden ist. Leider musste dieser aus der Analyse ausgeschlossen werden, da keine ausreichenden Informationen gesammelt werden konnten. Anhang 3 stellt die Steckbriefe der Fallstudien vor. Die vollständigen Fallstudienberichte sind in Hölscher und Wittmayer (2018) versammelt.

Tabelle 1: Die neun Fallbeispiele innovativer Infrastrukturoptionen

	Fallbezeichnung	Cluster
1	Abwasserwärmenutzung in Waiblingen	Alternative Energieerzeugung (Abwasserabwärme) und Verteilung durch Fernwärmenetz
2	Abwasserwärmenutzung in Köln	Alternative Energieerzeugung (Abwasserabwärme) an drei Schulen
3	Serverabwärmenutzung in Hamm	Alternative Energieerzeugung (Serverabwärme) in einer Wohnsiedlung
4	Wohnen & Elektromobilität im Rosensteinviertel Stuttgart	Alternative Energieerzeugung (PV, Wind), Energiespeicherung (Elektromobilität)
5	Solardorf Müllerstraße in Norderstedt	Alternative Energieerzeugung (PV), Energiespeicherung (Elektromobilität), intelligente Netze
6	Multi-Energie-Tankstelle H2BER	Alternative Energieerzeugung (Wasserstoff, Energie) für Mobilität, Energiespeicherung
7	Hybridkraftwerk Prenzlau	Alternative Energieerzeugung (Wasserstoff, Windgas), Energiespeicherung
8	VPS Allgäu	Energiespeicherung und intelligente Netze
9	Drivy – privates Car Sharing via App	Mobilität und IKT für privates Car Sharing via Internetplattform

2.1.3 Methoden zur Datenerhebung

Zunächst wurden die Einzelfallstudien durchgeführt, welche auf primärer und sekundärer Datenerhebung basieren. Basierend auf den Daten und Ergebnissen der Einzelfallstudien fand der fallübergreifende Vergleich statt. Fachworkshops haben sowohl das Vorgehen und die Ergebnisse der Einzelfallstudien als auch des fallübergreifenden Vergleichs unterfüttert.

Einzelfallstudien

Die Daten zu den Einzelfallstudien wurden nach folgendem Vorgehen erhoben und analysiert:

- ▶ Gerichtete Suche nach relevanten Dokumenten zum Fallbeispiel und deren qualitative Inhaltsanalyse entlang des Analyserahmens.
- ▶ Erarbeitung einer konzeptionellen Skizze der jeweiligen Entwicklungspfade.
- ▶ Identifizierung von Wissenslücken und möglichen Interviewpartnern, um diese zu schließen. Bei der Identifizierung von Wissenslücken ist insbesondere die Analyse der Nachhaltigkeitskriterien hilfreich: Diese dient dazu, konkrete Fragen für den Entwicklungspfad der Infrastrukturoption zu identifizieren.

- ▶ Durchführung von ein bis zwei qualitativen, leitfaden-basierten telefonischen Interviews pro Beispiel. Diese werden dokumentiert (vertraulich zu behandelnde Aufnahme des Interviews nach Zustimmung durch Interviewpartnerin oder Interviewpartner) und anschließend zusammengefasst unter Heraushebung von relevanten, direkten Zitaten. Anschließend Freigabe durch Interviewpartnerin oder Interviewpartner (siehe Anhang 1.1 für den Interviewleitfaden und Anhang 1.2 für eine Übersicht der Interviewpartnerinnen und Interviewpartner pro Fallstudie).
- ▶ Auswertung der Interview-Daten per qualitativer Inhaltsanalyse mit Kodierung entlang dem vorgeschlagenen Analyserahmen.
- ▶ Vervollständigung und finale Skizzierung der Entwicklungspfade sowohl textuell als auch visuell.
- ▶ Erstellung eines Fallstudienberichtes gemäß eines festgelegten Formates zur Erhöhung der Vergleichbarkeit.

Fallübergreifender Vergleich

Der fallübergreifende Vergleich setzt an den Einzelfallberichten an und kondensiert die Informationen. Die Analyse umfasste einen intensiven Austausch zwischen den Fallbearbeitenden um die Erkenntnisse durch iterative Kontextualisierung und De-Kontextualisierung zu triangulieren.

Fachworkshops

Es wurden Fachworkshops mit Expertinnen und Experten (Forscherinnen und Forschern sowie Akteuren aus der Praxis mit Fachkenntnissen zu Infrastrukturen, Infrastrukturoptionen und deren Bezug zu Nachhaltigkeit, Resilienz und Transformation) abgehalten, um das Vorgehen und die Ergebnisse zu konsolidieren und weiterführende Einsichten zu gewinnen. Während eines Fachworkshops im März 2017 wurde das Vorgehen für die Einzelfallstudien und den fallübergreifenden Vergleich präsentiert und diskutiert. Während eines Fachworkshops im September 2017 wurden die vorläufigen Ergebnisse des fallübergreifenden Vergleichs präsentiert und diskutiert. So konnten die Ergebnisse zu Herausforderungen, Einflussfaktoren und Handlungsmöglichkeiten mit den Erfahrungen der Expertinnen und Experten abgeglichen und erweitert werden. Außerdem wurde der Handlungsbedarf, vor allem von politischen, Akteuren, konkretisiert. Die Diskussionspunkte und Erkenntnisse aus dem Workshop sind mit in diesen Bericht eingeflossen und mittels Textboxen hervorgehoben (siehe auch Hölscher und Wittmayer 2017).

2.1.4 Methodische Grundsätze

Die Studie basiert auf verschiedenen methodischen Grundsätzen um die Vergleichbarkeit und Legitimität der Fälle sicherzustellen, sowie die kritischen Reflektionen bezüglich der Forschungsergebnisse zu strukturieren.

Um die **Vergleichbarkeit der Fallanalysen** – welche von unterschiedlichen Forscherinnen und Forschern durchgeführt wurden – sicher zu stellen, wurde basierend auf dem Analyserahmen das methodische Vorgehen spezifiziert und eine ausführliche Fallstudienvorlage entwickelt, so dass die Fallstudien anhand von einem festgelegten Format beschrieben werden. Um eine stimmige Interpretation der analytischen Konzepte und Fragestellungen aus dem Analyserahmen sicherzustellen, wurden interne Besprechungen und Diskussionen durchgeführt. Es wurde auch darauf geachtet, Freiraum für die Besonderheiten von Fällen zu schaffen.

In vergleichenden Analysen kann **Triangulation** dafür verwendet werden, die Antworten auf die kausalen Fragen zu überprüfen und zu stärken (Goodrick 2014). Alternative Erklärungen können identifiziert und/oder verworfen werden oder Ausnahmen genannt und erklärt werden.

Dies bedarf einer iterativen Auseinandersetzung zwischen Kontextualisierung und De-Kontextualisierung. Triangulation wurde insbesondere durch das tiefgreifende Kontextverständnis über die einzelnen Fälle sowie durch mehrere Diskussionen und gemeinsame Analysen zwischen den Fallbearbeitenden umgesetzt.

Das methodische Vorgehen wurde **kritisch reflektiert**:

- ▶ Die unterschiedliche Federführung bei den Fallstudien wurde reflektiert und diskutiert, um unterschiedliche Interpretationen offenzulegen.
- ▶ Die zeitliche Vergleichbarkeit und der Umsetzungsgrad der Fälle wurde kritisch reflektiert. Einige Fallstudien sind bereits komplett umgesetzt, andere befinden sich noch in der Umsetzung.
- ▶ Es wurde kritisch reflektiert, inwiefern die betrachteten Infrastrukturkopplungen zu Nachhaltigkeitstransformationen beitragen. Dies umfasst vor allem eine Reflektion über die dem TRAFIS-Projekt und der Fallauswahl zugrundeliegende Annahme, dass die Infrastrukturkopplungen wünschenswert sind, Nischen darstellen und bestimmte Regimes in Frage stellen.

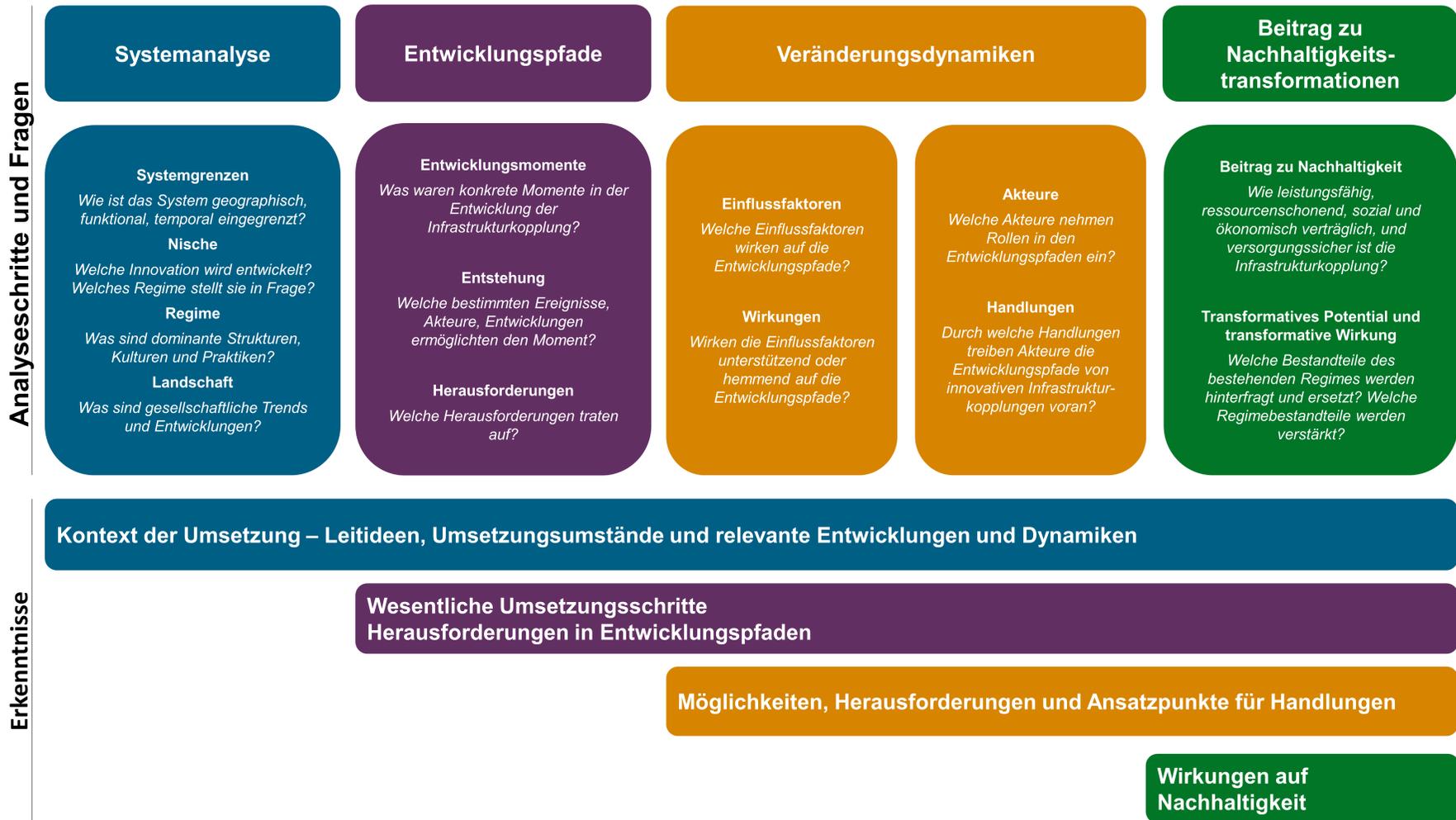
2.2 Analyserahmen: Entwicklungspfade innovativer Infrastrukturkopplungen verstehen

Wir haben einen Analyserahmen entwickelt, um die Entwicklungspfade von innovativen Infrastrukturkopplungen von der Idee bis zum heutigen Stand zu untersuchen. Der Analyserahmen ermöglicht einen dynamischen Blick auf die Umstände, zeitabhängigen Entwicklungen und Einflussfaktoren, die Handlungsmöglichkeiten von Akteuren sowie auf die Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen.

Der Analyserahmen baut auf Konzepten und Erklärungsmodellen der Transitionsforschung auf. Transitionsforschung ermöglicht die Analyse, Erklärung und Unterstützung von radikalen gesellschaftlichen Umwandlungsprozessen in Richtung Nachhaltigkeit (Markard et al. 2012, Loorbach et al. 2017). Folgend der Konzepte und Erklärungsmodelle der Transitionsforschung können innovative Infrastrukturkopplungen als Nischen innerhalb eines sozio-technischen Systems aufgefasst werden (Loorbach et al. 2010). Einflussfaktoren und Dynamiken können basierend auf den unterschiedlichen Ebenen der Multi-Level-Perspektive (MLP) (Geels und Schot 2007) konzeptualisiert werden. Akteure und ihre Handlungen, um mit den Einflussfaktoren umzugehen und Innovationen voranzutreiben, können kategorisiert und analysiert werden (Avelino und Wittmayer 2015, Hölscher et al. 2017).

Der Analyserahmen besteht aus vier parallel und iterativ ablaufenden Analyseschritten mit aufeinander aufbauenden Erkenntnissen (Abbildung 2). Die Systemanalyse benennt, beschreibt und analysiert die wesentlichen Bestandteile und Dynamiken des Systems, in welchem eine Infrastrukturkopplung entwickelt wird und auf dessen Regime sie einwirkt (Abschnitt 2.2.1). Die Beschreibung des Entwicklungspfad rekonstruiert und beschreibt die wesentlichen Umsetzungsschritte einer Infrastrukturkopplung (Abschnitt 2.2.2). Die Analyse der Veränderungsdynamiken untersucht die Einflussfaktoren und deren Wirkungen auf den Entwicklungspfad sowie die Handlungen von Akteuren um mit den Einflussfaktoren umzugehen (Abschnitt 2.2.3). Die Analyse des Beitrages zu einer Nachhaltigkeitstransformation reflektiert die erzielten Beiträge der Infrastrukturkopplung zu Nachhaltigkeit und ihr transformatives Potential und ihre transformative Wirkung (Abschnitt 2.2.4). Für eine detaillierte Übersicht der Analysefragen per Analyseschritt siehe Anhang 1.3.

Abbildung 2: Aufbau und Erkenntnisse des Analyserahmens



Quelle: Eigene Darstellung, DRIFT

2.2.1 Systemanalyse: In welchem Kontext wird die Infrastrukturkopplung entwickelt?

In der Transitionsforschung wird eine Systemanalyse dazu verwendet, die Kernelemente eines Systems zu beschreiben (Findeisen und Quade 1985, Rotmans und Loorbach 2009). Die Systemanalyse ermöglicht ein grundlegendes Verständnis über die betrachtete Infrastrukturkopplung als Nischeninnovation innerhalb eines sozio-technischen Systems. Umstände, Elemente, Dynamiken und Entwicklungen, die einen Einfluss auf den Entwicklungspfad ausüben werden identifiziert – wie beispielsweise bestehende Rahmenbedingungen, Wertvorstellungen, Leitideen und einflussnehmende Akteure und Lernprozesse (Moss 2014, Hodson et al. 2013, Castán Broto und Dewberry 2016). Die Systemanalyse umfasst die Eingrenzung des Systems und die Beschreibung der Systembestandteile.

Systemeingrenzung

Die Eingrenzung des Systems startet von den betrachteten Infrastrukturkopplungen als Nischeninnovation. Es wird bestimmt, welches Regime beziehungsweise welche Regimeelemente durch die Nischeninnovation in Frage gestellt werden – beispielsweise Teile des bestehenden Mobilitätsregimes im Fall Drivy (Besitz von Privatfahrzeugen) oder Teile der Abwasseraufbereitungs- und Energieversorgungsregime im Fall der Abwasserwärmanlage in Waiblingen (Nutzung von Abwasserwärme und Reduzierung fossiler Energieträger). Darauf basierend werden verschiedene Systemgrenzen benannt (Loorbach et al. 2015, van Raak 2016):

- ▶ Die **funktionalen Systemgrenzen** beziehen sich auf die (Teil-)Sektoren, welche durch die Nischeninnovation verändert werden – (zum Beispiel Trinkwasserversorgung, Energieversorgung).
- ▶ Die **geographischen Systemgrenzen** beziehen sich auf die geographische Einheit in welcher die Nischeninnovation stattfindet und auf welche sie sich auswirkt. Beispielsweise wurde die Serverabwärmenutzungsanlage in einer Wohnsiedlung in der Stadt Hamm umgesetzt, das VPS Allgäu regional im Alpenraum.
- ▶ Die **zeitliche Systemeingrenzung** für die Analyse bezieht sich auf den Zeitpunkt der Ideenbildung für die Infrastrukturkopplung als Nischeninnovation. Da Systeme sich stets dynamisch verändern, stellt eine Systemanalyse immer nur eine Momentaufnahme dar. Durch die zeitliche Begrenzung auf den Anfang des Entwicklungspfades kann die angestrebte Veränderung in der Ideenentwicklung mit dem zu diesem Zeitpunkt bestehenden Regime kontrastiert werden.

Bei Infrastrukturkopplungen werden strenggenommen mehrere sozio-technische Systeme betrachtet: Durch intra- und intersektorale Kopplungen werden verschiedene sektorale Funktionen miteinander verbunden, wie beispielsweise Wasser und Energie. Es werden auch geographische Ebenen verwoben. Beispielsweise koppelt die Serverabwärmanlage in Hamm lokale Wärmeproduktion durch Serverabwärme mit internationaler Bereitstellung von Serverkapazität. Möglicherweise bringt die Kopplung ein neues System hervor oder führt zu einer Neudefinition der funktionalen Systemgrenzen.

Systemgrenzen bleiben immer arbiträr und hängen vom jeweiligen Fokus, Kontext und Verständnis der Betrachterinnen und Betrachter ab (Göpel 2014, van Raak 2016). Dies erfordert eine kritische Reflexion über die vorgenommene Systemeingrenzung sowie die Implikationen auf die Analyseergebnisse. Beispielsweise kann der Nachhaltigkeitsbeitrag innerhalb verschiedener Systemgrenzen unterschiedlich ausfallen.

Beschreibung der Systembestandteile

Ein sozio-technisches System umfasst sowohl technische und physische Artefakte als auch gesellschaftliche Erwartungen, Marktstrukturen, Organisationsformen und institutionelle Normen (Geels 2004). Die Systembestandteile werden basierend auf der Multi-Level-Perspektive (MLP) benannt und durch Elemente des Multi-Level-Governance-Ansatzes ergänzt.

Die MLP ermöglicht die Beschreibung und Analyse von Systemen und Systemveränderungen anhand von (dem Zusammenspiel zwischen) drei Ebenen (Geels 2002, Rip und Kemp 1998, Geels und Schot 2007):

- ▶ **Nischen** sind das „Labor“ – der Inkubator oder ein geschützter Raum – für die Entwicklung und Erprobung von Alternativen zu auf der Regimeebene etablierten Zielvorstellungen, Problemverständnissen, Erwartungen, physischen Strukturen und Verhaltensweisen (Geels und Schot 2007, Smith und Raven 2012). Nischeninnovationen – das heißt in Nischen entwickelte Innovationen – umfassen beispielsweise soziale, technische, ökonomische und institutionelle Neuerungen wie neue Narrativen, Visionen, Finanzierungsstrukturen und Technologien (Raven et al. 2010, Frantzeskaki et al. 2012). Die Entwicklung von Infrastrukturinnovationen, wie gekoppelten Infrastrukturen, findet in Nischen statt (Frantzeskaki und Loorbach 2010, Bulkeley et al. 2014). Sie können zu weitreichenden Veränderungen des bestehenden Regimes führen – einschließlich neuer Marktstrukturen, Nachfrageveränderungen und neuen Interaktionsformen zwischen Interessengruppen (Frantzeskaki und Loorbach 2010, Tongur und Engwall 2017). Infrastrukturkopplungen als Nischeninnovationen werden hinsichtlich der unterliegenden (expliziten und impliziten) Leitidee, des Entstehungszusammenhanges und der Neuerung in Bezug zum bestehenden Regime untersucht.
- ▶ Das **Regime** beschreibt die allgemeingültige, angewandte und akzeptierte Funktionsweise eines sozio-technischen Systems – wie beispielsweise die Art und Weise der Dienstleistungsversorgung. Diese Funktionsweise ist durch vorherrschende Strukturen (zum Beispiel Infrastrukturen, gesetzliche Regelungen, Institutionen), Kulturen (zum Beispiel Wertevorstellungen, Erwartungen) und Praktiken (zum Beispiel Routinen, Stand der Technik) bestimmt (Rotmans und Loorbach 2010). Diese Verankerung der Funktionsweise stabilisiert bestehende Entwicklungsrichtungen, beispielsweise durch Verhaltensroutinen, Regulierungen und versunkene Kosten (Geels und Schot 2007). Die Beschreibung des Regimes fokussiert auf die relevanten Aspekte des Regimes aus der Sicht der Nischeninnovation – das heißt den dominanten Strukturen, Kulturen und Praktiken, welche die Entwicklung der Nischeninnovation einschränken und andere ermöglichen. Dies umfasst unter anderem angewandte Technologien, bestehende Infrastrukturen, Strukturen der Industrie und des Marktes, Regulierungen und Nutzererwartungen.
- ▶ Die **Landschaft** beschreibt den weiteren Kontext des Systems im Sinne von gesamtgesellschaftlichen Trends, Umwelteinflüssen und Diskursen, wie beispielsweise Klimawandel, neue soziale Bewegungen und demografischer Wandel (Smith et al. 2010). Die Landschaft ist nicht Bestandteil des sozio-technischen Systems, kann aber dessen Ausgestaltung, Betrieb und Entwicklung beeinflussen (Geels und Schot 2007). Der Fokus ist auf den relevanten Veränderungen im weiteren Kontext, die Einfluss auf die Nischeninnovation und/oder das Regime haben. Bestehende Infrastrukturen und Infrastrukturinnovationen werden beispielsweise von Umweltveränderungen, technologischen Entwicklungen, neuen politischen Ziele wie Energiewende und grundlegenden sozio-ökonomischen Veränderungen wie dem demografischen Wandel beeinflusst. Die Landschaft kann auch Einflüsse von benachbarten Regimes (zum Beispiel Wassermanagement in einer anderen Stadt) umfassen (van Raak 2016).

Durch den Ansatz der Multi-Level-Governance (MLG) (Hooghe und Marks 2003) kann die Systembeschreibung mit der Analyse der involvierten politischen Entscheidungsfindungsebene ergänzt werden. Die MLP ist zunächst nicht mit realen räumlichen und politischen Strukturen verknüpft, wodurch Aussagen über die Einbettung von Nische, Regime und Landschaft in institutionellen Strukturen begrenzt ist (Bauknecht et al. 2015, Moss 2014). Die MLG ermöglicht die Präzisierung der unterschiedlichen (zum Beispiel nationalen, sub- und supranationalen) Handlungsebenen, die auf jeder der MLP-Ebenen miteinander interagieren können (Bauknecht et al. 2015, Raven et al. 2012). Es wird somit explizit danach gefragt, welche institutionellen Strukturen und welche Akteure von unterschiedlichen politischen

Entscheidungsfindungsebenen auf den Entwicklungspfad einwirken. Beispielsweise stellen Regulierungen und Normen von der Bundesebene einen Teil eines sozio-technischen Regimes dar, können aber auch die Entwicklung von Nischeninnovationen fördern.

2.2.2 Entwicklungspfad: Welche Umsetzungsschritte fanden statt?

Ein Entwicklungspfad beschreibt die Entwicklung einer Infrastruktorkopplung als Nischeninnovation von der Idee bis zum heutigen Stand. Er liefert einen Überblick über die Umsetzungsschritte und Ereignisse, welche die Entwicklung der Infrastruktorkopplung geprägt haben, sowie über die inbegriffenen Prozesse, Dynamiken und Herausforderungen.

Ein Entwicklungspfad wird anhand seiner wesentlichen **Entwicklungsmomente** rekonstruiert und beschrieben. Ein Entwicklungsmoment bezieht sich auf einen wichtigen Schritt oder ein wichtiges Ereignis in der Umsetzung der Infrastruktorkopplung – wie beispielsweise wichtige Momente der Planung oder Ereignisse wie technisches Versagen oder Finanzierungsgewinnung. Das Konzept ist angelehnt an das Konzept der ‚wesentlichen Wendepunkte‘ (Pel und Bauer 2015), umfasst allerdings nicht zwangsläufig Schlüsselereignisse und Kursveränderungen.

Die Beschreibung von Entwicklungsmomenten beinhaltet folgende Aspekte und Fragen:

- ▶ **Definition:** Aus was besteht dieses Entwicklungsmoment, wann fand er statt und was macht ihn zu einem Entwicklungsmoment?
- ▶ **Entstehung:** Welche Ereignisse, Akteure, Entwicklungen, Umstände etc. führten zu dem Entwicklungsmoment?
- ▶ **Herausforderungen:** Welche Schwierigkeiten und Konflikte traten auf und wie wurde mit diesen umgegangen?

Die Aneinanderreihung von Entwicklungsmomenten, welche in ihrer Gesamtheit den Entwicklungspfad darstellen, ermöglicht es, die Entwicklung einer Infrastruktorkopplung als dynamischen Prozess zu beschreiben. So kann der Zusammenhang zwischen Ereignissen, Akteuren, Entwicklungen, etc. sowie deren Wirkungen erkannt werden. Außerdem erlaubt es zeitliche Aspekte wie Timing und kurz- und langfristige Wirkungen zu berücksichtigen (Kristof 2010; S. 526ff).

2.2.3 Veränderungsdynamiken: Welche Einflussfaktoren und Handlungen wirken auf den Entwicklungspfad?

Die Analyse der Veränderungsdynamiken gibt Aufschluss über die Faktoren, Prozesse und Dynamiken, welche den Entwicklungspfad beeinflussen. Veränderungsdynamiken umfassen die wechselseitigen Prozesse innerhalb verflochtener Systemelemente, sowie deren Tempo, zeitlichen Verlauf und geographische Ansiedlung (Grießhammer und Brohmann 2015, Geels und Schot 2007, de Haan und Rotmans 2011).

In Anlehnung an die Strukturierungstheorie nach Giddens (1979) wird die Entwicklung von innovativen Infrastruktorkopplungen sowohl von strukturellen Einflussfaktoren als auch von Akteuren und deren Handlungen beeinflusst. Strukturelle Einflussfaktoren können die Entwicklung von Nischeninnovationen unterstützen oder hemmen (de Haan und Rotmans 2011, Frantzeskaki und de Haan 2009). Akteure können durch verschiedene Handlungen mit den Einflussfaktoren umgehen, auf diese reagieren und beeinflussen um Entwicklungspfade voranzutreiben (Bos und Brown 2012, Loorbach et al. 2015).

Einflussfaktoren und Wirkungen

Die strukturellen Einflussfaktoren verweisen auf die Einflüsse aus dem Kontext des Systems, welche unterstützend oder hemmend auf den Entwicklungspfad einwirken, indem sie beispielsweise neue Möglichkeiten oder Veränderungsfenster eröffnen, Druck auf das bestehende Regime ausüben oder Veränderung entgegenstehen können (Frantzeskaki und de Haan 2009, de Haan und Rotmans 2011).

Beispielsweise treiben Klimawandel und Ressourcenausschöpfung die Neugestaltung von Infrastruktorkopplungen, bestehende Regulierungen, Erwartungshaltungen und Finanzierungsmechanismen stehen dieser jedoch im Wege (Markard et al. 2011).

Für jeden Entwicklungsmoment werden die Einflussfaktoren identifiziert sowie deren unterstützende oder hemmende Wirkung und die Wirkdauer. Die Kategorisierung von Einflussfaktoren greift auf die Unterscheidung in Konditionen und Antriebskräfte, welche sich aus dem Zusammenspiel der MLP-Ebenen ergeben, zurück (Frantzeskaki und de Haan 2009, de Haan und Rotmans 2011). Diese wird ergänzt durch Forschung zu Infrastrukturveränderungen (Brand et al. 2016).

- ▶ **Sozio-kulturelle Faktoren:** Nachfrageveränderungen, neue gesellschaftliche Bedürfnisse und neue politische Ziele können zu spezifischen Innovationsbemühungen führen und/oder bestehende Regimebestandteile kritisieren oder delegitimieren (Frantzeskaki und de Haan 2009, Brand et al. 2016, Geels 2002).
- ▶ **Lokale technische Faktoren:** Technische Umstände im Umsetzungskontext können Optimierungsdruck oder internen Stress auf das Regime ausüben und/oder Möglichkeiten für Veränderungen eröffnen (Frantzeskaki und de Haan 2009, Frantzeskaki und Loorbach 2010, Geels 2002).
- ▶ **Institutionelle Faktoren:** Institutionelle Rahmenbedingungen im System (zum Beispiel organisatorische Praktiken, Gesetze, Marktstrukturen) können das bestehende Regime legitimieren und seine Funktionsweise sicherstellen. Sie können jedoch auch dazu dienen um Innovationen zu schützen (Geels 2002, Frantzeskaki und de Haan 2009, Markard 2011).
- ▶ **Anreize und Regulierungen:** Staatliche oder politische Regulierungen (zum Beispiel Gesetze, Verordnungen) oder Anreize (zum Beispiel Förderprogramme, Wettbewerbe) auf politischen Entscheidungsfindungsebenen außerhalb des Systems (zum Beispiel auf EU- oder Bundesebene) können Finanzierungsoptionen eröffnen oder Innovationsbemühungen einschränken (Brand et al. 2016, Markard 2011).
- ▶ **Metafaktoren (breitere gesellschaftliche Trends und Entwicklungen):** Metafaktoren wie unter anderem Klimawandel, Ressourcenverknappung oder gesellschaftliche Meinungen eröffnen Möglichkeitsfenster für Wandel und geben Möglichkeiten für einen Rückgriff auf breitere technische Entwicklungen (Frantzeskaki und de Haan 2009, Geels und Schot 2007, Castán Broto und Dewberry 2016). Sie können jedoch auch hemmend wirken auf beispielsweise die Wettbewerbsfähigkeit von Innovationen – wie zum Beispiel der derzeitige niedrige Ölpreis.

Akteure und Handlungen

Eine Vielzahl von Akteuren und Netzwerken agiert im Entwicklungspfad. Sie gehen mit den Einflussfaktoren um und entwickeln oder fördern dadurch Innovationen (Hölscher et al. 2017, Fischer und Newig 2016, Avelino und Wittmayer 2015, Farla et al. 2012). Mit dieser Perspektive treten verschiedene Akteure sowie deren Handlungen in den Vordergrund.

Akteure beziehen sich sowohl auf individuelle (zum Beispiel politische EntscheidungsträgerInnen, BürgerInnen, UnternehmerInnen) als auch auf organisatorische Akteure (zum Beispiel öffentliche Einrichtungen, Nichtregierungsorganisationen) (Avelino und Wittmayer 2015). Sie können unterschiedliche Rollen in Entwicklungspfaden einnehmen (Wittmayer et al. 2017). Beispielsweise sind dienstleistungsbereitstelle, nutzende, gesetzgebende und intermediäre Akteure und Netzwerke an der (Neu-)Gestaltung von Infrastrukturen beteiligt (Guy et al. 2012, Hodson et al. 2013). Einige Rollen können nur von einem bestimmten Akteur wahrgenommen werden (zum Beispiel Gesetzgebung), während andere Rollen von verschiedenen Akteuren eingenommen werden können (zum Beispiel Visionen entwickeln, Dienstleistungsnutzung) (Wittmayer et al. 2017). Zur Benennung der Akteure und deren Rollen werden die Ebenen der MLG sowie die Multi-Akteurs-Perspektive (MAP) verwendet (Tabelle 2). Erstere betonen die Ansiedlung von Akteuren auf unterschiedlichen Ebenen politischer Entschei-

dungsfindung (Hooghe und Marks 2003, Fischer und Newig 2016), letztere unterscheidet Akteure anhand von unterschiedlichen gesellschaftlichen Sphären (Markt, Regierung, Gemeinschaft („community“), Dritter Sektor) (Avelino und Wittmayer 2015).

Tabelle 2: Einordnung von Akteuren und ihren Rollen in Entwicklungspfaden

Akteur	Entscheidungsebene	Gesellschaftliche Sphäre	Rollen
<i>Um welchen Akteur handelt es sich? (Individuum oder organisatorischer Akteur?)</i>	<i>Auf welcher politischen Entscheidungsebene ist der Akteur angesiedelt?</i>	<i>Zu welcher gesellschaftlichen Sphäre gehört der Akteur?</i>	<i>Welche Rollen führt der Akteur in Bezug auf den Entwicklungspfad aus?</i>
<i>Beispiel</i>	<i>Supranational; National; Regional; Lokal</i>	<i>Öffentliche Hand; Markt Gemeinschaft („community“); Dritter Sektor</i>	<i>Initiieren der Infrastruktorkopplung, Begleiten der Umsetzung, etc.</i>
Akteur A (Individuum oder Organisation)
Akteur B (Individuum oder Organisation)

Akteure beeinflussen Entwicklungspfade durch verschiedene Arten von **Handlungen**, indem sie beispielsweise Leitbilder entwickeln und verbreiten oder gesellschaftliche Handlungen koordinieren (Bauknecht et al. 2015):

- ▶ **Transformative Handlungen** ermöglichen die Entwicklung und Verankerung von Innovationen (Hölscher et al. 2017). Infrastrukturinnovationen werden durch die Entwicklung neuer Leitideen, die Entwicklung von neuen technischen Lösungen und Finanzierungsmöglichkeiten und die Schaffung von Experimentierräumen unterstützt (Berkhout et al. 2010, Felipe et al. 2016, Bulkeley et al. 2014). Durch Lernen, Institutionalisierung, Unterstützungsgewinnung und Übertragung können Infrastrukturinnovationen in das bestehende beziehungsweise in ein neues Regime übersetzt werden (Kivimaa et al. 2017, Berkhout et al. 2010, Bos und Brown 2012).
- ▶ **Orchestrierungs-Handlungen** dienen der Koordinierung von skalen- und sektorübergreifenden Akteuren und Netzwerken um Kohärenz herzustellen und Synergieeffekte zwischen Strategien, Aktionen und Ressourcen zu schaffen (Hölscher et al. 2017). Die Neugestaltung von Infrastrukturen, welche zu Nachhaltigkeitstransformationen beitragen, bedarf integrativer Planungsprozesse basierend auf langfristigen Nachhaltigkeitszielen und Rahmenbedingungen für Finanzierung und Kooperation (Neuman 2011, Hodson et al. 2013, Guy et al. 2012). Die Einbindung unterschiedlicher Akteure – insbesondere bei der Kopplung von Infrastrukturen – bedarf einer Vermittlung von Interessen und Ressourcen (Hodson et al. 2013).

2.2.4 Beitrag zu einer Nachhaltigkeitstransformation: Welche Veränderungen für Nachhaltigkeit werden erzielt?

Der Fokus der Studie liegt auf innovativen Infrastruktorkopplungen, die das Potential haben zu grundlegenden Veränderungen in Richtung Nachhaltigkeit – das heißt einer Nachhaltigkeitstransformation – beizutragen. Eine Nachhaltigkeitstransformation umfasst radikale und strukturelle Veränderung im dominanten Regimes in Richtung sozialer, ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit (Rotmans und Loorbach 2010, Grin et al. 2011, WBGU 2011). Infrastrukturveränderungen können dazu beitragen, indem sie einerseits auf Nachhaltigkeit wirken (zum Beispiel durch Verbesserung von Klimaresili-

enz, sozialer Gerechtigkeit und Umweltwirkungen) und andererseits das bestehende, nicht-nachhaltige Regime in Frage stellen, verändern oder ersetzen (zum Beispiel durch neue Marktstrukturen, Dienstleistungsnachfragen). Die Analyse des Beitrages der Infrastruktorkopplung zu einer Nachhaltigkeitstransformation führt zu kritischen Einsichten über diese Kopplung als eine anzustrebende Lösung.

Nachhaltigkeitsbeitrag

Die Analyse des Nachhaltigkeitsbeitrages der Infrastruktorkopplung arbeitet heraus, ob und unter welchen Umständen die Infrastruktorkopplung zu einer nachhaltigeren Gesellschaft beiträgt. Der Nachhaltigkeitsbeitrag wird für den ‚heutigen Stand‘ des Entwicklungspfad zum Zeitpunkt der Fallanalyse bewertet mit einem dynamischen Blick auf Veränderungen im Verlauf. Der Nachhaltigkeitsbeitrag wird basierend auf dem Kriterienset des TRAFIS-Leitbildes untersucht (Olfert et al. 2020). Es wird zunächst herausgearbeitet, welche der einzelnen Kriterien für die Infrastruktorkopplung relevant beziehungsweise nicht relevant sind. Das Leitbild umfasst Kriterien in folgenden Kategorien:

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Die Fähigkeit die Dienstleistung bereitzustellen;
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Technische Zugänglichkeit und Bezahlbarkeit;
- ▶ **Ressourcenverbrauch und Umweltwirkungen;**
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Resilienz gegenüber Ausfällen und wetterbedingten Störungen.

Transformatives Potential und transformative Wirkung

Eine Systemtransformation wird als radikale und strukturelle Veränderung des dominanten Regimes definiert (Rotmans und Loorbach 2010). Infrastrukturveränderungen können dazu beitragen, indem sie beispielsweise zu neuen Marktstrukturen, Dienstleistungsnachfragen, sozialen Innovationen oder Interaktionsformen zwischen Interessengruppen (zum Beispiel eine Überschneidung zwischen Nutzern und Dienstleistungsträgern) führen (Frantzeskaki und Loorbach 2010).

Um darüber zu reflektieren, was sich durch die Infrastruktorkopplung als Nischeninnovation verändern (könnte), werden das transformative Potential und die transformative Wirkung des Entwicklungspfad untersucht. Es kommt auf den Umsetzungsstand der jeweiligen Infrastruktorkopplung an, ob hauptsächlich das transformative Potential oder die transformative Wirkung beschrieben wird.

- ▶ Das **transformatives Potential** einer Infrastruktorkopplung zeigt sich, wenn sie an einem Objekt oder einer Idee arbeitet oder eine Aktivität entfaltet welche dominante Strukturen, Kulturen und Praktiken des Regimes in Frage stellt und diese verändern oder ersetzen könnte (Wittmayer et al. 2015).
- ▶ Die **transformative Wirkung** zeigt sich, wenn es durch die Infrastruktorkopplung zu Veränderungen im Regime gekommen ist (ebd.).

In unserer Studie sind transformative Potential und Wirkung explizit mit dem Nachhaltigkeitsgedanken gekoppelt. Das heißt es wurde im Zusammenhang mit den Nachhaltigkeitsbeiträgen danach gefragt, inwieweit die Veränderungen im Regime (neue) nachhaltige Elemente unterstützen beziehungsweise nicht-nachhaltige Elemente im Regime hinterfragen, ersetzen oder auch bestätigen.

Es müssen auch (mögliche Gründe für) Grenzen des Nachhaltigkeitsbeitrages sowie des transformativen Potentials und der transformativen Wirkung mitgedacht werden – beispielsweise durch die Fragen, welche Elemente des Regimes durch die Infrastruktorkopplung nicht hinterfragt beziehungsweise gestärkt werden oder wodurch es zu Diskrepanzen zwischen Potential und Wirkung kommt.

2.3 Fallübergreifender Vergleich: Innovative Infrastrukturkopplungen unterstützen lernen

Im fallübergreifenden Vergleich wurden die Entwicklungspfade der neun Infrastrukturkopplungen verglichen, um Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Muster bezüglich der Umsetzungsumstände und Leitideen, Entwicklungsmomente, Einflussfaktoren, Handlungen und Beiträge zur Nachhaltigkeits-transformationen herauszuarbeiten. Der Vergleich zielte darauf ab, unterstützende und hemmende Einflussfaktoren auf Entwicklungspfade zu identifizieren sowie Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten für verschiedene Akteure zur Unterstützung von Entwicklungspfaden innovativer Infrastrukturkopplungen abzuleiten.

Die Vergleichsschritte bauen auf den Schritten des Analyserahmens (Abschnitt 2.2) für die Einzelfallstudien auf und resultierten in drei zentralen Ergebnissen um Entwicklungspfade zu verstehen und gestalten (siehe Abbildung 3). Die Vergleichstabellen für die unterschiedlichen Schritte sind in Anhang 2 enthalten.

Abbildung 3: Aufbau und Erkenntnisse des fallübergreifenden Vergleichs



Quelle: Eigene Darstellung, DRIFT

Vergleichende Systemanalyse: fallspezifische und fallübergreifende Merkmale und Paarungen

Der Vergleich der Systemanalysen liefert Erkenntnisse über fallspezifische und fallübergreifende Merkmale von innovativen Infrastrukturen (zum Beispiel Leitideen, Umsetzungsorte, Schlüsselakteure) (Anhang 2.1).

Aus dem Vergleich der Merkmale ergeben sich **Paarungen von ähnlichen Fällen und fallspezifische Merkmale** (siehe Abschnitt 3.1, Tabelle 3), die anhand ihrer Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Entwicklungspfaden kontrastiert werden können. Beispielsweise weisen (seit längerer Zeit) abgeschlossene Fälle im Vergleich zu nicht-abgeschlossenen Fällen Entwicklungsmomente nach der ersten Installation auf. Abgebrochene Fälle können auf besondere Herausforderungen innerhalb der Entwicklungspfade hindeuten.

Vergleich der Entwicklungspfade: typische Entwicklungsmomente und Machbarkeitsdimensionen

Auf Basis der neun Entwicklungspfade werden typische Entwicklungsmomente von innovativen Infrastruktorkopplungen erarbeitet. Hierzu werden die Entwicklungsmomente innerhalb der Entwicklungspfade miteinander verglichen (Anhang 2.2): Welche Entwicklungsmomente fanden statt? In welcher Sequenz liefen sie typischerweise ab? Was waren Besonderheiten in einzelnen Entwicklungspfaden?

Hierdurch wurden wesentliche Umsetzungsschritte und ihre zeitliche Abfolge in der Entwicklung innovativer Infrastruktorkopplungen benannt (siehe Abschnitt 3.2). Die Veränderungen und Entwicklungen konnten als dynamischer Prozess beschrieben werden. Es konnte beispielsweise festgestellt werden, welche Umsetzungsschritte nacheinander oder parallel verlaufen, wie lange bestimmte Umsetzungsschritte dauern und wann welche Herausforderungen auftreten.

In dem Vergleich wurden einige Entwicklungsmomente, welche in einzelnen Fallstudien benannt wurden, als ein Teil eines übergeordneten Entwicklungsmomentes zugeordnet. Beispielsweise gab es bei dem Hybridkraftwerk in Prenzlau und der Serverabwärmenutzung in Hamm einen (marketingstrategisch wichtigen) Moment der Grundsteinlegung. In der fallübergreifenden Perspektive wird dieser als möglicher Teil der Installation und Inbetriebnahme betrachtet.

Durch den Vergleich der Herausforderungen in den Entwicklungspfaden konnten verschiedene Machbarkeitsdimensionen festgestellt werden. Diese stellen die Anforderungen an einen erfolgreich verlaufenden Entwicklungspfad dar (siehe Abschnitt 3.2). Beispielsweise mussten in allen Fällen passende und tragfähige technische Optionen gefunden oder entwickelt werden – es musste also die technische Machbarkeit gewährleistet werden. Das Herausarbeiten von Machbarkeitsdimensionen ermöglicht Aussagen darüber, was innerhalb von Entwicklungspfaden passieren muss und durch welche Anforderung Entwicklungspfade ins Stocken geraten können.

Vergleich der Einflussfaktoren und Wirkungen: Möglichkeiten und Hemmnisse

Die Einflussfaktoren wurden fallübergreifend verglichen hinsichtlich ihrer Art (zum Beispiel sozio-kulturelle Faktoren, institutionelle Faktoren, siehe Abschnitt 2.2.3) und Wirkung (unterstützend/hemmend). Die Wirkungen von gleichermaßen auftretenden Faktoren wurden miteinander verglichen, um festzustellen, ob und warum Einflussfaktoren gleich beziehungsweise anders gewirkt haben.

In einem weiteren Analyseschritt wurden die Einflussfaktoren zeitlich miteinander verglichen. Es wurden fallübergreifende Einflussfaktoren herausgearbeitet, welche zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb des Entwicklungspfades aufgetreten sind (zum Beispiel zu Beginn des Entwicklungspfades). Außerdem wurde darauf geachtet, über welchen Zeitraum die Faktoren gewirkt haben, um festzustellen, ob beispielsweise frühere Entwicklungen langfristige Auswirkungen entfalten. Aus den beiden Analyseschritten entstand eine Übersicht von Einflussfaktoren und ihren unterstützenden und hemmenden Wirkungen zu bestimmten Momenten und Zeiträumen im Entwicklungspfad (Anhang 2.3).

Für eine zusammenfassende Übersicht über die Einflussfaktoren, wurden deren Wirkungen in Bezug auf die Machbarkeitsdimensionen kategorisiert (siehe Abschnitt 3.3). So konnten die Einflussfaktoren anhand ihrer dynamischen, unterstützenden oder hemmenden Wirkungen auf die erfolgreiche Umsetzung von Entwicklungspfaden verstanden werden. Dies weist auf Möglichkeiten und Hemmnisse für die Erfüllung der Anforderungen in Entwicklungspfaden hin.

Handlungen und Akteure: Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten

Die Akteure wurden anhand ihres Hintergrundes und ihrer Rollen miteinander verglichen. Beispielsweise wurde danach gefragt, welche Akteure (zum Beispiel Akteure der lokalen öffentlichen Hand, marktwirtschaftliche Akteure, siehe Abschnitt 2.2.3) an welchen Rollen (zum Beispiel Impulsgebung, Planung, Finanzierung, Betrieb, Interessenvermittlung) beteiligt waren. So konnte einerseits festgestellt werden welche Akteure wichtige Rollen innerhalb der Entwicklungspfade spielen, und andererseits, welche Rollen benötigt sind (siehe Abschnitt 3.4.1).

Die Handlungen wurden hinsichtlich ihrer Art (Transformative Handlungen, Orchestrierungs-Handlungen, siehe Abschnitt 2.2.3) und ihres zeitlichen Auftretens im Entwicklungspfad verglichen (Anhang 2.4). Dies stellte Bezüge zwischen Handlungen und Einflussfaktoren her, beispielsweise: Wie wird mit gesetzlichen Rahmenbedingungen oder institutionellen Strukturen umgegangen, wie werden sie angepasst?

Dieser Vergleich stellte heraus, durch welche Handlungen mit Einflussfaktoren umgegangen und die Anforderungen von Entwicklungspfaden erfüllt werden können. Hieraus ergaben sich verschiedene Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten zu verschiedenen Zeitpunkten in Entwicklungspfaden (siehe Abschnitt 3.4.2). Diese Handlungsbereiche wurden für folgende Akteure und Rollen formuliert:

- ▶ Gesetzgebende Akteure der öffentlichen Hand auf Länder- und Bundesebene;
- ▶ Gesetzgebende Akteure der öffentlichen Hand auf Kommunalebene;
- ▶ Planer und Betreiber – sowohl öffentliche, zivilgesellschaftliche und marktwirtschaftliche Akteure.

Beitrag zu Nachhaltigkeitstransformation: Wie tragen Infrastrukturkopplungen zu Veränderungen für Nachhaltigkeit bei?

Der Vergleich der Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen ermöglicht eine kritische Reflektion über die Annahme, dass Infrastrukturkopplungen mit positivem Nachhaltigkeits- und Veränderungspotential einhergehen.

Hierzu wurden die erzielten Beiträge der Infrastrukturkopplungen innerhalb der Nachhaltigkeitskategorien miteinander verglichen (zum Beispiel Leistungsfähigkeit, Versorgungssicherheit, siehe Abschnitt 2.2.4). Das transformative Potential und die transformative Wirkung der Infrastrukturkopplungen wurde miteinander verglichen hinsichtlich der Regimeelemente, die in Frage gestellt, verändert oder ersetzt werden (können) (Anhang 2.5).

Darüber hinaus wurde untersucht, inwieweit Faktoren und Handlungen innerhalb der Entwicklungspfade die erzielten Beiträge beeinflusst haben und wodurch es zu Diskrepanzen zwischen potentiellen/erstrebten und erzielten Beiträgen gekommen ist. So konnte insgesamt erkannt werden, wie und unter welchen Umständen Infrastrukturkopplungen zu Nachhaltigkeit(stransformationen) beitragen (siehe Abschnitt 3.5).

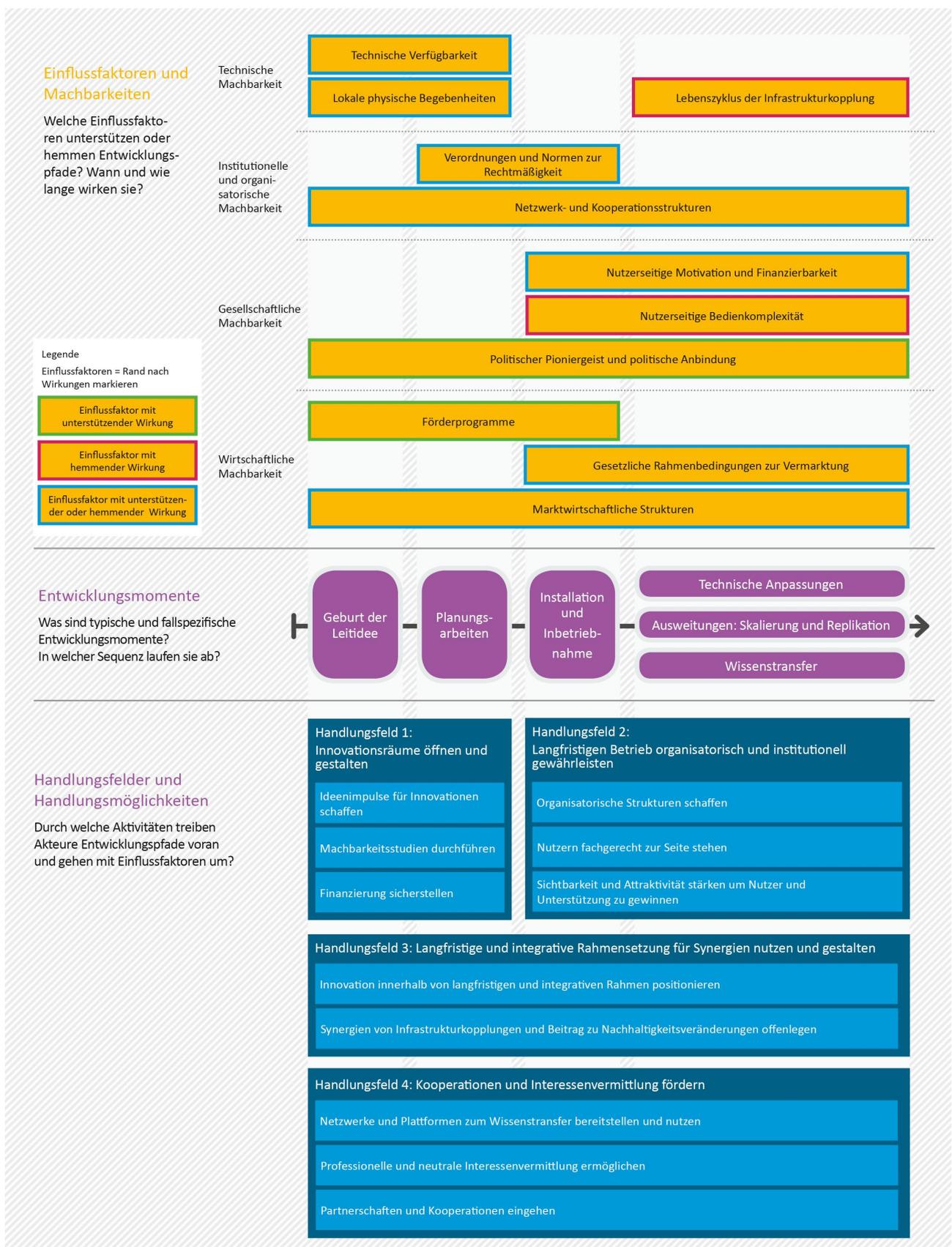
3 Entwicklungspfade innovativer Infrastruktorkopplungen

Die Entwicklung und Umsetzung von innovativen Infrastruktorkopplungen wird von komplexen Dynamiken zwischen einer Vielzahl von Einflussfaktoren und Handlungen durch Akteure beeinflusst. Durch die gewonnenen Erkenntnisse können Entwicklungspfade weitestgehend in ihrer Gesamtheit verstanden und es können Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten abgeleitet werden.

Abbildung 4 gibt eine Gesamtübersicht über einen typischen Entwicklungspfad. Die Abbildung stellt die typischen Entwicklungsmomente in Entwicklungspfaden innovativer Infrastruktorkopplungen dar. Sie zeigt außerdem, welche unterstützenden und hemmenden Einflussfaktoren auf diese Entwicklungsmomente und über den Entwicklungspfad wirken und durch welche Handlungen mit diesen umgegangen werden kann.

Abschnitt 3.1 gibt eine Übersicht über die untersuchten Infrastruktorkopplungen im Vergleich. Abschnitt 3.2 beschreibt die typischen Entwicklungsmomente, durch welche innovative Infrastruktorkopplungen entwickelt und umgesetzt werden. Für eine erfolgreiche Umsetzung innovativer Infrastruktorkopplungen müssen verschiedene Anforderungen erfüllt beziehungsweise Machbarkeitsdimensionen gewährleistet werden. Abschnitt 3.3 beschreibt die Einflussfaktoren auf die Entwicklungspfade und deren relevante Machbarkeitsdimensionen. Verschiedene Akteure gehen unterschiedlich mit den Einflussfaktoren um, um die Umsetzung voranzutreiben. Die Akteure sowie deren Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten werden in Abschnitt 3.4 vorgestellt. Zuletzt wird der Beitrag von innovativen Infrastruktorkopplungen zu Nachhaltigkeitstransformationen reflektiert, sowie unter welchen Umständen dieser Beitrag erzielt werden kann (Abschnitt 3.5).

Abbildung 4: Entwicklungspfad innovativer Infrastruktorkopplungen



Quelle: Eigene Darstellung, Konzept: DRIFT, Design: Ecologic Institut

3.1 Innovative Infrastrukturkopplungen im Vergleich

In dieser Studie wurden die Entwicklungspfade von neun innovativen Infrastrukturkopplungen betrachtet und miteinander verglichen. Die Fallstudien weisen verschiedene Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf hinsichtlich ihrer Leitideen, Arten von Nischeninnovation, Umsetzungszeiträume, Umsetzungsstände und Umsetzungsorte sowie der innerhalb der Entwicklungspfade involvierten Schlüsselakteure. Anhand dieser können Paarungen von ähnlichen Fällen und fallspezifische Merkmale herausgestellt und Unterschiede und Gemeinsamkeiten in den Entwicklungspfaden diskutiert werden.

Gemeinsamkeiten und Unterschiede der innovativen Infrastrukturkopplungen

Die Fallstudien weisen Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf hinsichtlich ihrer

- ▶ **Leitideen:** Mit Ausnahme der Carsharing-App Drivy haben alle Fälle einen Bezug zu Ressourceneffizienz und nachhaltiger Energieversorgung – teilweise in Verbindung mit anderen Sektoren wie Wasser, IKT und Verkehr. Der Fokus auf nachhaltige Energieversorgung ist jedoch sehr unterschiedlich ausgeprägt, wie beispielsweise auf die Erschließung von neuen (erneuerbaren) Energiequellen, die Optimierung der Versorgungssicherheit von Erneuerbaren Energien und dezentrale erneuerbare Energieversorgung. Die Leitidee der Carsharing-App Drivy war es, die Vermietung von Autos zwischen Privatpersonen zu ermöglichen, um die bestehende Privatautoflotte in Deutschland effizienter zu nutzen. Einige Fälle haben außerdem das implizite oder explizite Ziel, zu verbesserter sozialer Gerechtigkeit beizutragen – insbesondere durch die preisgünstige Bereitstellung Erneuerbarer Energie.
- ▶ **Art der Nischeninnovation:** Die Mehrzahl der betrachteten Infrastrukturkopplungen beinhalten weitestgehend technische Innovationen – Nutzerinnen und Nutzer müssen ihre Verhaltensweisen nicht beziehungsweise nur geringfügig verändern, um die Dienstleistungen zu nutzen. Die Carsharing-App Drivy ist hauptsächlich auf verändertes Nutzerverhalten (Vermietung/Anmietung von Privatautos) ausgerichtet. Die Fallbeispiele unterscheiden sich außerdem darin, ob sie (relativ) neue Infrastrukturlösungen entwickeln (experimentelle Nischen) oder auf bereits relativ gut entwickelte und getestete Infrastrukturlösungen zurückgreifen (Umsetzungsnischen). Vor allem die Fallbeispiele zu Energiespeicherung (zum Beispiel durch Wasserstoff im Hybridkraftwerk Prenzlau, durch Elektromobilität im Rosensteinviertel und im Solardorf in Norderstedt und durch das VPS im Allgäu) stellen experimentelle Nischen dar.
- ▶ **Umsetzungszeiträume:** Die meisten Fälle wurden nach 2010 umgesetzt – einzig die Abwasserwärmeanlage in Waiblingen wurde bereits in den frühen 1980er Jahren umgesetzt. Dies kann einen Einfluss auf die Vergleichbarkeit des Falles Waiblingen mit den anderen Fällen haben, allerdings liefert dieser Fall tiefgreifende Einsichten in die langfristigen Dynamiken innerhalb von Entwicklungspfaden.
- ▶ **Umsetzungsstände:** Die meisten Fälle sind weitestgehend abgeschlossen. Die Fallbeispiele zur Multi-Energie-Tankstelle H2BER und zum Solardorf in Norderstedt befinden sich unserer Einordnung zufolge noch in der Umsetzung, da der Bau noch nicht abgeschlossen ist (Norderstedt) beziehungsweise Wasserstoff noch nicht wie geplant als Treibstoff vermarktet werden kann (H2BER). Diese Unterscheidung ist sowohl subjektiv als auch fließend; insbesondere die Einordnung als abgeschlossener Fall soll nicht implizieren, dass keine weiteren Entwicklungen in dem Fall stattfanden (beziehungsweise immer noch stattfinden) – trotz der weit in der Vergangenheit liegenden Umsetzung der Abwasserwärmeanlage in Waiblingen erstreckt sich der Entwicklungspfad bis heute.
- ▶ **Umsetzungsorte und Nutzer:** Die Fälle umfassen Beispiele von Infrastrukturkopplungen, welche auf (1) lokaler Ebene mit weitgehend lokalen Wirkungen (das Rosensteinviertel in Stuttgart, Solardorf in Norderstedt, die Serverabwärmennutzungsanlage in Hamm, die Abwasserwärmeanlagen in Waiblingen und Köln), (2) auf lokaler Ebene mit (über)regionalen Wirkungen (H2BER, Hybridkraftwerk Prenzlau), (3) auf regionaler Ebene mit regionalen Wirkungen (VPS

Allgäu), oder (4) deutschlandweit (Drivy) umgesetzt wurden. Die Fälle unterscheiden sich außerdem hinsichtlich ihrer Nutzer – ob sie zivilgesellschaftliche Privatpersonen und Haushalte ansprechen (zum Beispiel Drivy und H2BER), Industriekunden (zum Beispiel Prenzlau) oder öffentliche Einrichtungen wie Schulen (zum Beispiel Waiblingen und Köln) (siehe auch Tabelle 6 in Abschnitt 3.4.1).

- **Schlüsselakteure:** In den meisten Fallbeispielen waren marktwirtschaftliche Akteure und/oder Akteure der öffentlichen Hand grundlegend an der Initiierung, Umsetzung und Finanzierung der Infrastruktorkopplungen beteiligt. Akteure der (lokalen) öffentlichen Hand oder öffentlich-private Partnerschaften spielten größere Rollen in lokalen Beispielen (zum Beispiel Waiblingen und Köln). Öffentliche Akteure auf EU-, Bundes- und Landesebenen leisteten insbesondere Beiträge an der Finanzierung der Infrastruktorkopplungen. Im Solardorf in Norderstedt sind auch die zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner als Bauherren in der Entwicklung der Leitidee und den Umsetzungsplänen involviert und tragen Teile der Finanzierung (siehe auch Tabelle 6 in Abschnitt 3.4.1).

Paarungen von ähnlichen Fällen und fallspezifische Merkmale

Anhand dieser Gemeinsamkeiten und Unterschiede können Paarungen von ähnlichen Fällen und fallspezifische Merkmale herausgestellt werden (Tabelle 3). Dies ermöglicht es in der weiteren vergleichenden Analyse, Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Entwicklungspfaden zu diskutieren und gegebenenfalls auf diese Paarungen und Merkmale zurückzuführen.

Tabelle 3: Paarungen von Fällen und fallspezifische Merkmale

Paarungsart	Fallbeispiele	Merkmale / Gemeinsamkeiten und Unterschiede
Umsetzungsort und Schlüsselakteure		
Lokal durch Akteure der lokalen öffentlichen Hand	Abwasserwärmeanlagen in Waiblingen und Köln	<ul style="list-style-type: none"> - Umsetzung durch Akteure der Stadtverwaltung und kommunalen Energieunternehmen; Nutzer: öffentliche Gebäude - Umsetzungsnischen - In Waiblingen Umsetzung bereits seit den frühen 1980er Jahren; in Köln seit 2012 - Köln: Umsetzung im Rahmen von EU-Forschungsprojekt
Lokal durch marktwirtschaftliche Akteure und ÖPP	Rosensteinviertel in Stuttgart; Solardorf in Norderstedt; Serverabwärmeanlage in Hamm	<ul style="list-style-type: none"> - Umsetzung durch Immobilienunternehmen in Wohnsiedlungen - In Norderstedt Einbindung von Akteuren der lokalen öffentlichen Hand und zivilgesellschaftlichen Akteuren; in Rosensteinviertel und in Hamm Unterstützung durch Landesregierungen - Rosenstein und Norderstedt experimentelle Nischen; Hamm Umsetzungsnische - Norderstedt und Rosenstein noch nicht abgeschlossen
(Über-)regional durch marktwirtschaftliche Akteure	Hybridkraftwerk Prenzlau; Multi-Energie-Tankstelle H2BER; VPS Allgäu	<ul style="list-style-type: none"> - Umsetzung durch Energieunternehmen mit (über-)regionalen Wirkungen - Experimentelle Nischen - VPS Allgäu: IKT-Kopplung; Umsetzung im Rahmen von EU-Forschungsprojekt
Leitidee und Art der Innovation		
Verhaltensänderung beim Nutzer	<ul style="list-style-type: none"> - Verändertes Verhalten in Nutzung einer Dienstleistung: nutzerseitiges Smart-Management von Energieverbrauch (VPS Allgäu); privates Carsharing (Drivy), E-Carsharing (Rosensteinviertel) - Veränderte Nachfrage: Wasserstoff-Treibstoff (H2BER); privates Carsharing (Drivy) - Geringe Nutzerveränderungen: weitestgehend technische Anpassungen (Abwasserwärmeanlagen Köln, Waiblingen; Serverabwärmeanlage Hamm; Prenzlau) 	
Experimentelle Nischen	Hybridkraftwerk Prenzlau; H2BER; Rosensteinviertel in Stuttgart; Solardorf Norderstedt; VPS Allgäu	- Entwicklung und Experimentieren mit relativ neuer Infrastrukturlösung (im Sinne von neuen Technologien, Nachfragen etc.)
Umsetzungsnischen	Abwasserwärmeanlagen Köln und Waiblingen; Serverabwärmeanlage in Hamm; Drivy	- Rückgriff auf relativ gut entwickelte und getestete Infrastrukturlösung, die allerdings noch nicht weitgehend umgesetzt ist
Besonderheiten		
Solardorf Norderstedt		- Einziges Beispiel mit zivilgesellschaftlicher Beteiligung in Leitideenentwicklung, Planung und Finanzierung (durch Bewohnerinnen und Bewohner als Bauherren)
Drivy		<ul style="list-style-type: none"> - Einziges Beispiel mit ausschließlich marktwirtschaftlichen Akteuren – ohne öffentliche Fördermittel - Einziges Beispiel mit deutschlandweiter Umsetzung - Einziges Beispiel ohne Bezug zu nachhaltiger Energieversorgung, sondern IKT und Verhaltensänderungen

3.2 Was muss in Entwicklungspfaden passieren? Typische Entwicklungsmomente und Machbarkeitsdimensionen

Ein Entwicklungsmoment stellt einen wesentlichen Schritt in der Umsetzung einer Infrastruktorkopplung dar. Aus dem Vergleich der Entwicklungspfade wurden sechs typische Entwicklungsmomente identifiziert (Abbildung 4, Tabelle 4). Diese Umsetzungsschritte ermöglichen die Planung, Installation und den langfristigen Betrieb einer Infrastruktorkopplung.

Die ersten drei Entwicklungsmomente (Geburt der Leitidee; Planungsarbeiten; Installation und Inbetriebnahme) finden in allen Entwicklungspfaden nacheinander statt. Die weiteren Entwicklungsmomente nach der Inbetriebnahme können zeitgleich stattfinden und sind nicht Bestandteil aller Entwicklungspfade. Nach der Inbetriebnahme wird beispielsweise der langfristige Betrieb verbessert, das Gelernte nach außen kommuniziert und die Infrastruktorkopplung woanders erneut umgesetzt. Die Entwicklungspfade werden nach der Inbetriebnahme somit diffuser und folgen keinem klaren Muster. Die Entwicklungsmomente nach der Inbetriebnahme können auch fortlaufend stattfinden – das heißt, sie stellen keine abgeschlossenen Momente dar, da sie grundsätzlich immer (wieder) aufgegriffen werden können. Die Entwicklungspfade können demnach nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Dies wird vor allem durch den Fall der Abwasserwärmeanlage in Waiblingen illustriert: Der Entwicklungspfad umfasst bereits über 30 Jahre und derzeit besteht erneuter Modernisierungsbedarf.

Tabelle 4: Typische Entwicklungsmomente in Entwicklungspfaden

Entwicklungsmoment	Beschreibung (Was passiert?)	Ergebnis (Wofür?)	Beispiele
Geburt der Leitidee	Definition explizierter und implizierter Ziele einer innovativen Infrastruktorkopplung	Idee über Ziele und Art der Innovation	In der Stadt Waiblingen wurde die Leitidee entwickelt, bisher ungenutzte Energiequellen für eine nachhaltigere Energieversorgung zu erschließen – dies resultierte in der Abwasserwärmeanlage.
Planungsarbeiten	Machbarkeitsstudien; Vernetzung mit relevanten Akteuren; Mobilisierung von Ressourcen; Navigierung von institutionellen Strukturen (z.B. Baugenehmigungen)	Umsetzungskonzept und -erlaubnis; Akteursnetzwerk für die Umsetzung; Finanzierungsbasis	Während der Planungen für das Rosensteinviertel in Stuttgart wurden umfassende Gutachten über rechtliche, technische, sozio-kulturelle und wirtschaftliche Potentiale des Wohnkonzeptes erstellt. Für die Entwicklung der Multi-Energie-Tankstelle H2BER wurden durch die Firma TOTAL Kooperationsvereinbarungen mit verschiedenen anderen Unternehmen geschlossen, welche sich an der Finanzierung, Entwicklung und Abnahme beteiligen.
Installation und Inbetriebnahme	Bau der physischen Strukturen (ggf. Grundsteinlegung); Anpassung organisatorischer und institutioneller Strukturen (z.B. tägliche Abläufe); Nutzergewinnung und -anschluss	Erbringung von Dienstleistungen bzw. Durchführung von Testläufen	Die Funktionsweise der Abwasserwärmeanlage in Waiblingen wurde in neue organisatorische Strukturen zwischen den Stadtwerken und der Stadtentwässerung übersetzt. Beispielsweise wird so die Abnahme und Rückführung des Abwassers durch die Stadtwerke an die Kläranlage geregelt. Um die Nutzung der Carsharing-App Drivy zu gewährleisten wurden umfassende, auf deutsche Städte bezogene Marketingstrategien durchgeführt.

Entwicklungs- moment	Beschreibung (Was passiert?)	Ergebnis (Wofür?)	Beispiele
			Für die Installation der Serverabwärmeanlage in Hamm hat Unity Media, ein großer deutscher Kabelnetzbetreiber und zuständig für Gebiet Hamm, das Glasfaserkabelnetz extra ausgebaut. Die lokalen Stadtwerke Hamm errichteten eine extra Trafostation um den Strom für die Server zu garantieren.
Technische Anpassungen	Installation neuer Technik bei Veralterung der Anlage oder zur Erweiterung der Angebotspalette	Technische Modernisierung; breitere Angebotspalette	Zwischen 2002 und 2004 – nach fast 20 Jahren Laufzeit – wurde die Abwasserwärmeanlage in Waiblingen umfassend modernisiert. Dies wurde aufgrund zunehmend hoher Instandhaltungskosten, Störanfälligkeit und Schwierigkeiten bei der Ersatzteilversorgung notwendig. Zudem wurde 2007 eine weitere technische Umrüstung in der Filtertechnik vorgenommen. Drivy baute seine Angebotspalette aus – z.B. durch die Drivy Open Technologie und mobilen Mietvertrag per App – um die Möglichkeiten für Mieterinnen und Mieter zu verbessern ein Auto über Drivy zu (ver-)mieten und um Drivy für einen größeren Nutzerkreis attraktiv zu machen.
Ausweitungen und Übertragung	Erweiterung im Kontext (z.B. neue Nutzer, Ausweitung); Umsetzung in anderen Kontexten (Übertragung)	Dienstleistung wird einer größeren Nutzerzahl zur Verfügung gestellt	Drivy hat das Unternehmen Autonetzer, eine bestehende Peer-to-Peer Carsharing Plattform in Deutschland und Drivy's größter Konkurrent auf dem deutschen Markt, aufgekauft, wodurch die verfügbare private Autoflotte und die Zahl der angemeldeten potentiellen Mieterinnen und Mieter stark angestiegen sind. Die Serverabwärmenutzungsanlage in Hamm wurde vom Projektentwickler in weiteren Wohnprojekten installiert.
Wissenstransfer	Aufbereitung des angeeigneten technischen, rechtlichen, etc. Wissens und Verbreitung von Gelerntem	Erhöhter Bekanntheitsgrad; Wissensaustausch	Der Feldversuch zum VPS Allgäu wurde ausgewertet hinsichtlich des Beitrags zu Energieeinsparung und Ausbalancierung der Stromverfügbarkeit. Das Wissen wird aufbereitet und kommuniziert. ENERTRAG engagiert sich auf der Strategieplattform Power-to-Gas und in der Initiative „performing energy“ um Wissen zu Windwasserstoff zu bündeln.

Unterschiede und Besonderheiten

Nicht alle der späteren Entwicklungsmomente treten in allen untersuchten Fällen auf. Außerdem können die Entwicklungsmomente zeitlich unterschiedlich ausgeprägt sein. Beispielsweise streckten sich die Planungsarbeiten des Solardorfes in Norderstedt über einen längeren Zeitraum hin, weil die erste Leitidee zunächst gescheitert ist und neu erarbeitet werden musste. Diese unterschiedliche Ausprägung kann auf spezifische Merkmale der Infrastrukturkopplungen (siehe Abschnitt 3.1, Tabelle 3) sowie auf auftretende Herausforderungen hinweisen:

- ▶ **Planungsarbeiten sowie Installation und Inbetriebnahme dauern länger bei experimentellen Nischen:** Bei experimentellen Nischen, welche relativ neue Infrastrukturlösungen entwickeln, dauern die Planungsarbeiten länger, da mehr Bedarf an der Sondierung von technischen, rechtlichen etc. Möglichkeiten besteht. Beispielsweise vergingen von der Identifikation von Wasserstoff als geeignetes Speichermedium Anfang 2000 viele Jahre bis die Planung und Entwicklung des Hybridkraftwerkes in Prenzlau im Jahr 2008 abgeschlossen war. In dieser Zeit wurden Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur technischen und ökonomischen Realisierung des Wasserstoff-Hybridkraftwerkes durchgeführt und Beratungen mit der Stadt Prenzlau abgehalten zum lokalen Wärmebedarf. Außerdem kommt es in diesen Fällen im Vergleich zu Umsetzungsnischen vermehrt zu Herausforderungen während der Installation und Inbetriebnahme aufgrund von der begrenzten Verfügbarkeit der Technologien und ungünstigen Rahmenbedingungen. Beispielsweise konnte beim Solardorf in Norderstedt keine passende Technik zur intelligenten Stromvernetzung gefunden werden. An der Multi-Energie-Tankstelle H2BER ist es bis heute nicht möglich, Wasserstoff als Treibstoff zu vermarkten.
- ▶ **Interessenkonflikte zwischen Akteuren können die Planungsarbeiten sowie die Installation und Inbetriebnahme verzögern:** Beim Solardorf in Norderstedt scheiterte bereits Anfang 2009 ein erstes Konzept aufgrund eines Konfliktes innerhalb des Projekt-Teams und fehlender Geschäfts- und Finanzierungsmodelle. Es wurde ein neues Konzept für das ‚goodnest Solardorf‘ entwickelt, aber auch hier kam es aufgrund von technischen und rechtlichen Ungewissheiten zu Interessenkonflikten zwischen Akteuren (Stadtverwaltung, Immobilienunternehmen, zivilgesellschaftliche Bauherren), wodurch sich die Umsetzung verzögerte. Bei der Abwasserwärmeanlage in Köln kam es zu Mehraufwand aufgrund von Bedenken wegen Raumbedarf und Geruchsbelästigung. In den Schulen musste Überzeugungsarbeit geleistet werden, damit die Demonstrationsanlagen eingerichtet werden konnten.
- ▶ **Während der Planungsarbeiten und der Installation und Inbetriebnahme muss gegebenenfalls mit Veränderungen von technischen Möglichkeiten und Geschäftspartnern umgegangen werden:** Die Multi-Energie-Tankstelle H2BER musste während der Installation flexibel mit der Verzögerung der Eröffnung des Flughafens BER umgehen sowie mit dem Scheitern des geplanten Großwindparks, welcher die elektrische Energie für die Elektroladesäulen sowie die Herstellung des Wasserstoffs liefern sollte. Außerdem sollte der Wasserstoff nicht nur von PKWs und Lastwagen, sondern auch von Bussen der Berliner Verkehrsbetriebe (Öffentlicher Nahverkehr) getankt werden, was bisher nicht realisiert werden konnte. Dies führte zu Verzögerungen und Umorientierungen. Beispielsweise bietet heute Lichtblick, als externer Stromlieferant die (regenerative) Energie an, die für die Wasserstoffproduktion an der Tankstelle nötig ist – allerdings erhöht dieser externe Strombezug die Produktionskosten.
- ▶ **Nutzergewinnung stellt einen fortlaufenden Prozess dar:** Vor allem bei Infrastruktorkopplungen, welche Dienstleistungen an Privatpersonen und Haushalte bereitstellen, werden fortlaufend Marketing- und Ausbaustrategien betrieben. Dies ist vor allem bei Drivy deutlich – in diesem Fall expandierte das Unternehmen, breitete sich auf weitere deutsche Städte aus und erweiterte sein Angebot. Auch bei der Abwasserwärme in Waiblingen wird darauf hingearbeitet, stetig neue Kunden an das Fernwärmenetz zu schließen – obwohl diese bestimmte Anforderungen (wie große und stabile Nachfrage an Wärmebedarf) erfüllen müssen.
- ▶ **Die Teilnahme an Forschungsprojekten fördert Wissenstransfer:** Die Abwasserwärmeanlage in Köln und das VPS Allgäu wurden im Rahmen von Forschungsprojekten der Europäischen Union (EU) umgesetzt, in denen die Auswertung und Verbreitung von Wissen explizite Bestandteile waren. Im Horizon 2020 CELSIUS-Projekt in Köln sollten Erfahrungen zwischen den Partnerstädten und anderen interessierten Städten ausgetauscht werden. Es ist ein Netzwerk mit ungefähr 70 Städten entstanden und es werden durch vielfältige Aktivitäten Informationen auch über Abwasserwärmenutzung verbreitet. Das VPS Allgäu wurde im Rahmen des europäischen INTERREG Forschungsprogrammes AlpEnergy umgesetzt, um virtuelle Strom-

versorgungssysteme zu entwickeln, modellieren und evaluieren. Der Feldversuch wurde gründlich ausgewertet hinsichtlich der Frage, ob die Ziele der Energieeinsparung und Ausbalancierung zur gleichzeitigen Stromverfügbarkeit erreicht wurden. Hierdurch konnte über die VPS-Technologie sowie über Kundenpräferenzen gelernt werden.

Machbarkeitsdimensionen

Über den Entwicklungspfad müssen verschiedene ‚Machbarkeitsdimensionen‘ von Infrastruktorkopplungen erfüllt sein. Zu den Machbarkeitsdimensionen gehören die übergreifenden technischen, institutionellen/organisatorischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Anforderungen, um den Entwicklungspfad erfolgreich umzusetzen. Diese Anforderungen spiegeln sich im gesamten Entwicklungspfad wider, bestimmte Anforderungen zu verschiedenen Machbarkeitsdimensionen können jedoch auch zu bestimmten Momenten auftreten (Tabelle 5, Abbildung 4). Wie und wodurch die Machbarkeitsdimensionen in den untersuchten Fällen beeinflusst werden, hängt eng mit den Einflussfaktoren und Handlungen im Entwicklungspfad zusammen und wird weiter in Abschnitt 3.3 diskutiert.

Beispielsweise müssen für die Umsetzung technisch möglicher Potentiale (Installation und Inbetriebnahme), technisch tragfähige Optionen bestehen (technische Machbarkeit). Außerdem müssen Nutzer bereit sein, die Dienstleistung anzunehmen (gesellschaftliche Machbarkeit). Technische Möglichkeiten sind auch für Ausweitung und Übertragung entscheidend. Beispielsweise kann die Firma Cloud&Heat erst weitere Serverabwärmanlagen installieren, wenn es weitere Rechenleistung und Speicherkapazität vermietet.

Aufgrund des Innovationsgrades der betrachteten Infrastruktorkopplungen passen diese eher selten zu bestehen institutionellen und organisatorischen Strukturen, was zu Reibungsverlusten führen kann – dies behindert die institutionelle und organisatorische Machbarkeit. Die Inbetriebnahme des Hybridkraftwerks in Prenzlau verzögerte sich von 2010 auf Oktober 2011, insbesondere aufgrund zeitaufwändiger Genehmigungsfragen. Auch der langfristige Betrieb einer Infrastruktorkopplung bedarf neuer beziehungsweise angepasster institutioneller und organisatorischer Strukturen, welche die täglichen Abläufe, Verwaltung und Instandhaltung sicherstellen. Die Kopplung von unterschiedlichen Sektoren ist besonders herausfordernd, da sie Akteure zusammenbringt, die bisher kein gemeinsames Arbeitsfeld hatten und oftmals unterschiedliche Ziele verfolgen – wie in den Beispielen der Abwasserwärmanlagen in Waiblingen und Köln die städtischen Betriebe zur Energieversorgung und Stadtentwässerung.

Finanzielle Möglichkeiten und Ressourcen, welche sich in der wirtschaftlichen Machbarkeit wieder spiegeln, sind nicht nur wichtig für die Installation und Inbetriebnahme, sondern auch für technische Anpassungen und Ausweitungen und für Wissenstransfer. Hinsichtlich Letzterem ist es bemerkenswert, dass die Rolle von Wissenstransfer in den Entwicklungspfaden nicht größer ist – insbesondere, da oft explizit innovative Infrastrukturlösungen für verbesserte Nachhaltigkeit entwickelt werden sollen und Infrastruktorkopplungen meist durch öffentliche Gelder gefördert werden. Allerdings sind die finanziellen Mittel für Wissenstransfer und Wissensaustausch sehr knapp bemessen. Außerdem scheinen marktwirtschaftliche Akteure, welche oftmals die Entwicklung und Umsetzung tragen, an wirtschaftlichen Wettbewerb gebunden zu sein und somit nur begrenzt willens, Betriebsgeheimnisse zu kommunizieren und öffentliche Berichte zu verfassen.

Tabelle 5: Machbarkeitsdimensionen und ihre Bezüge zu Entwicklungsmomenten

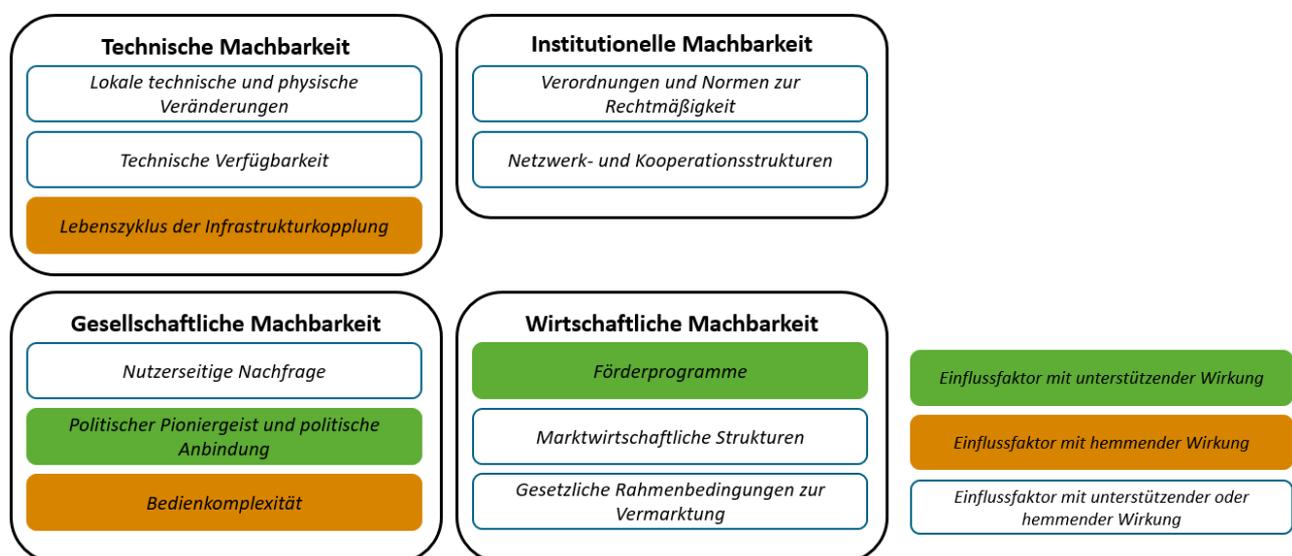
Machbarkeitsdimension	Beschreibung	Bezug zu Entwicklungsmomenten	Auftretende Herausforderungen in Fallbeispielen
Technische Machbarkeit	Die Verfügbarkeit von passenden und tragfähigen technischen Optionen, um eine Infrastruktorkopplung zu installieren und (langfristig) Dienstleistungen bereitzustellen	Installation und Inbetriebnahme Technische Anpassungen, Ausweitungen	In Waiblingen können nur Gebäude an das Fernwärmenetz der Abwasserwärmeanlage angeschlossen werden, welche technische Auflagen (wie großen und gleichbleibenden Wärmebedarf, Nähe zum Fernwärmenetz) erfüllen. In Norderstedt waren technische Komponenten (z.B. bi-direktionale Ladebox für mobile Speicherung in E-Fahrzeugen) nicht lieferbar, weshalb das Konzept nicht, wie ursprünglich geplant, umgesetzt werden konnte. Die Firma Cloud&Heat kann erst weitere Serverabwärmeanlagen installieren, wenn es weitere Rechenleistung und Speicherkapazität vermietet.
Institutionelle und organisatorische Machbarkeit	Organisatorische und rechtliche Strukturen für Kooperationen zwischen Akteuren und zur Gewährleistung der Rechtmäßigkeit und Funktionsweise der Infrastruktorkopplung und Dienstleistung	Geburt der Leitidee und Planungsarbeiten Installation und Inbetriebnahme; langfristiger Betrieb und Nutzen der Dienstleistung Wissenstransfer	Beim Solardorf in Norderstedt kam es aufgrund der technischen und rechtlichen Ungewissheiten auch zu Interessenkonflikten zwischen den unterschiedlichen Akteuren (Stadtverwaltung, Immobilienunternehmen, zivilgesellschaftliche Bauherren), was die Installation verzögerte. Für die Carsharing-App Drivy musste ein Versicherungspartner für private Autovermietung gefunden werden, die anstelle der Versicherung des Autobesitzers automatisch in Kraft tritt. Die Multi-Energie-Tankstelle H2BER kann bisher keinen Wasserstoff als Treibstoff zur Verfügung stellen, da hierfür die Zulassung fehlt. Trotz Teilnahme an einem Forschungsprojekt mit Fokus auf Wissenstransfer waren bei der Abwasserwärmeanlage in Köln die finanziellen Mittel hierfür sehr knapp bemessen.
Gesellschaftliche Machbarkeit	Gesellschaftliche Akzeptanz, Bereitschaft und (finanziellen, kognitiven) Fähigkeiten, die Infrastruktorkopplung zu nutzen	Akzeptanz und Nutzung der Infrastruktorkopplung nach der Inbetriebnahme	Das Errichten eines Netzwerks für die Verbreitung der Carsharing-App Drivy bedurfte groß angelegter Marketingstrategien. Insbesondere in ländlichen Räumen, ist es schwierig für Drivy Fuß zu fassen. Bei der Abwasserwärmeanlage in Köln kam es zu Mehraufwand (Überzeugungsarbeit, Aushandlungsprozesse) aufgrund von Bedenken wegen Raumbedarf und Geruchsbelästigung.
Wirtschaftliche Machbarkeit	Die Bezahlbarkeit der Infrastruktorkopplung aus Betreiberperspektive für eine profitable und wettbewerbsfähige Vermarktung	Installation und Inbetriebnahme Technische Anpassungen und Ausweitungen	Bei der Serverabwärmenutzungsanlage in einer Wohnanlage in Hamm entstehen Mehrkosten. Der Projektentwickler anstatt der Bewohnerinnen und Bewohner trägt diese. Die notwendigen Modernisierungsmaßnahmen in Waiblingen können derzeit nur schwierig finanziert werden.

3.3 Was sind Möglichkeiten und Hemmnisse? Einflussfaktoren auf Entwicklungspfade

Eine Vielzahl von Einflussfaktoren wirken auf die verschiedenen Machbarkeitsdimensionen der Entwicklungspfade, das heißt sie stellen Möglichkeiten oder Hemmnisse dar, um die Anforderungen zu erfüllen und Entwicklungspfade erfolgreich umzusetzen (Abbildung 5).

Die meisten Einflussfaktoren können sowohl unterstützende als auch hemmende Wirkungen entfalten. Beispielsweise können lokale technische und physische Begebenheiten sowohl Möglichkeiten für eine Innovation eröffnen – wie die Entwicklungen um Stuttgart 21 und die darauf folgenden Neuplanungen eines nachhaltigen Rosensteinviertels – als auch Hemmnisse darstellen – wie die Verzögerungen der Eröffnung des Flughafens BER und das Scheitern des Windparks, welche zu Verzögerungen bei der Multi-Energie-Tankstelle H2BER führten.

Abbildung 5: Einflussfaktoren je nach Machbarkeitsdimensionen



Quelle: Eigene Darstellung, DRIFT

Einflussfaktoren treten zu verschiedenen Momenten in Entwicklungspfaden auf (Abbildung 4). Beispielsweise muss nutzerseitige Nachfrage insbesondere nach der Installation und Inbetriebnahme – dann jedoch langfristig – bestehen. Förderprogramme können Entwicklungspfade zu Momenten unterstützen, in denen Finanzierungsaufwand besteht – wie bei der Installation und Inbetriebnahme, technischen Anpassungen, Ausweitungen (Ausweitung und Übertragung) sowie Wissenstransfer.

Gemeinsamkeiten und Unterschiede in sowohl den auftretenden Einflussfaktoren können auf die Paarungen und fallspezifischen Merkmale der Infrastruktorkopplungen zurückgeführt werden (siehe Abschnitt 3.1, Tabelle 3). Beispielsweise tritt der Einflussfaktor der nutzerseitigen Bedienkomplexität vor allem bei Infrastruktorkopplungen auf, welche weitgehendere Veränderungen des Nutzerverhaltens beinhalten. Im VPS Allgäu stellte die korrekte Bedingung der Smart-Home-Technik Herausforderungen für Kunden dar. Die hemmende Wirkung des Lebenszyklus der Infrastruktorkopplung zeigte sich nur in der Abwasserwärmeanlage in Waiblingen aufgrund der Langfristigkeit des Entwicklungspfades.

Ob und inwieweit Einflussfaktoren tatsächlich Möglichkeiten und Hindernisse darstellen, hängt eng damit zusammen, mit welchen Handlungen Akteure innerhalb von Entwicklungspfaden agieren. Die folgenden Abschnitte enthalten Textboxen, welche beispielhaft die Wirkungen von Einflussfaktoren und Handlungsmöglichkeiten illustrieren. Im Abschnitt 3.4 werden die Handlungsmöglichkeiten tiefergreifender dargestellt.

3.3.1 Einflussfaktoren auf technische Machbarkeit

Um eine Infrastrukturkopplung zu installieren und (langfristig) Dienstleistungen bereitzustellen, müssen passende und tragfähige technische Optionen gefunden oder entwickelt werden. Die technische Machbarkeit muss insbesondere von Akteuren, die an Planung, Installation und Betrieb einer Infrastrukturkopplung beteiligt sind, sichergestellt werden.

Einflussfaktoren und Wirkungen im Entwicklungspfad

Ob etwas technisch wirklich machbar ist, wird einerseits während der Planungsarbeiten und der Installation und Inbetriebnahme erkannt, wenn Umsetzungskonzepte entwickelt und technischen Strukturen installiert werden (siehe Textbox 1). Andererseits wird die technische Machbarkeit durch bestimmte Einflussfaktoren während der Instandhaltung beeinflusst, wenn deutlich wird, ob und inwieweit Modernisierungen und Ausweitung der Infrastrukturkopplung technisch möglich sind (Textbox 2).

Textbox 1: Ja, ich habe eine Idee für eine innovative Infrastrukturkopplung, aber ich habe Probleme, die passende technische Lösung zu finden und zu installieren.

Obwohl bereits viele innovative Technologien verfügbar sind, werden diese oftmals nicht weit verbreitet umgesetzt. Ein wesentliches Hindernis besteht darin, dass neue technische Möglichkeiten nicht nur gesucht und erkannt werden müssen, sie müssen auch auf die spezifischen lokalen Umstände und Bedarfe angepasst werden. Im Solardorf in Norderstedt konnte die intelligente Steuerung dezentraler Stromerzeuger nicht umgesetzt werden – trotz Baufortschritt bestanden Unsicherheiten bezüglich der konkreten Wahl technischer Komponenten sowohl im Hinblick auf deren Verfügbarkeiten sowie auf konkrete bautechnische Erfordernisse. Auch scheinen nicht alle Lösungen für jeden Kontext geeignet, beziehungsweise bedürfen umfassender Eingriffe in diesen Kontext. Beispielsweise ist die Möglichkeit für privates Carsharing in ländlichen Regionen durch die schlechte öffentliche Verkehrsinfrastruktur begrenzt. Eine solche Infrastruktur ist unter anderem für Mieterinnen und Mieter privater Fahrzeuge notwendig, um das Fahrzeug abzuholen. Außerdem unterstützt ein gutes öffentliches Verkehrsnetz auch die Entscheidung, kein eigenes Auto zu besitzen, und somit möglicherweise die Nachfrage an privatem Carsharing.

Um passende technische Lösungen zu finden und zu installieren, bedarf es umfassender Kenntnisse über technische Möglichkeiten sowie lokale Entwicklungen und Begebenheiten. Es bedarf auch der Zusammenarbeit verschiedener Akteure, welche die technischen Komponenten liefern können beziehungsweise für Teile von Infrastrukturen (beispielsweise dem lokalen Stromnetz) verantwortlich sind. Besonders illustrativ ist das Beispiel der Serverabwärmeanlage in Hamm. Der Projektentwickler, Wilczek Immobilien Management (WIM), wurde durch einen Zeitungsartikel auf die Möglichkeit der Serverabwärmenutzung aufmerksam, und konnte diese Idee an die bestehenden Planungen zu einer Wohnsiedlung anknüpfen. Gemeinsam mit der Firma Cloud&Heat, welche Serverkapazitäten zur Verfügung stellt und die Anlagen zur Serverabwärmenutzung herstellt, wurde ein gemeinsames Konzept entwickelt zur Beantwortung von unter anderem folgenden Fragen: Welche Geräte sind notwendig? Welche Wärmeleistung ist nötig für das Haus? Was ist der Platzbedarf, die Größe und Terminierung für die Technik und wie und wo kann sie angebracht werden? Daraufhin wurden einige Anpassungen in dem Wohnbauvorhaben vorgenommen, um die Voraussetzungen für die Integration der Serverabwärmeanlage zu schaffen. Beispielsweise mussten die Baupläne angepasst werden, um Raum für Lüftungen zu schaffen und so die überschüssige Wärme abführen zu können. Die Installation der Anlage basierte auf einer guten Kooperation unterschiedlicher Akteure. Beispielsweise hat Unity Media, ein großer deutscher Kabelnetzbetreiber und zuständig für Gebiet Hamm, das Glasfaserkabelnetz extra ausgebaut. Die lokalen Stadtwerke Hamm errichteten eine extra Trafostation, um den Strom für die Server zu garantieren – durch die Datenlast kann es Spitzen im Stromverbrauch gekommen.

Zusammenfassend wird die technische Machbarkeit von folgenden Einflussfaktoren beeinflusst:

- **Lokale technische und physische Begebenheiten** beziehen sich darauf, inwieweit lokale technische und physische Potentiale und Voraussetzungen für die Installation und für Anpassungen

sungen und Ausweitungen einer Infrastruktorkopplung gegeben sind. Sie können die Anbindung an lokale Entwicklungen und Potentiale ermöglichen – beispielsweise konnte die Serverabwärmanlage in Hamm an bestehende Planungen für eine Wohnanlage angebunden werden, das Rosensteinviertel in Stuttgart wurde im Rahmen der Umbaumaßnahmen zu Stuttgart 21 geplant. Dagegen mussten bei der Multi-Energie-Tankstelle aufgrund von sich verändernden Entwicklungen im Umfeld – wie dem Ausfall des Großwindparks – Anpassungen und Neuausrichtungen der Leitidee und Planungsarbeiten vorgenommen werden. Dieser Einflussfaktor kann allerdings auch bestimmte Umsetzungsmöglichkeiten ausschließen oder zu verminderter Leistungsfähigkeit führen. Beispielsweise bestehen technische Voraussetzungen für die Nutzung von Abwasserwärme (zum Beispiel Nähe zum Abwasserkanal, stabiler Wärmebedarf). Die Effizienz von Abwasserwärmennutzung kann auch durch den breiteren Kontext vermindert werden – beispielsweise durch energieeffiziente Gebäude, durch die viel Wärme verloren geht.

- ▶ Die **Verfügbarkeit von tragfähigen und passenden technischen Optionen** bezieht sich auf breitere Entwicklungen von innovativen Technologien. Wenn die Technik für eine bestimmte Kopplungsidee noch nicht ausgereift ist, können Umsetzungsmöglichkeiten ausgeschlossen werden. Hier treten Unterschiede zwischen Umsetzungsnischen und experimentellen Nischen auf (siehe Tabelle 3). Bei experimentellen Nischen stellten sich durch den hohen Innovationsgrad (im Vergleich zu Umsetzungsnischen) größere Herausforderungen bezüglich technischer Verfügbarkeiten, so dass in einigen Fällen das ursprüngliche Umsetzungskonzept nicht wie geplant umgesetzt werden konnte, beziehungsweise mehr Aufwand in der Forschung und Entwicklung erforderlich war. Beispielsweise konnte im Solardorf in Norderstedt die intelligente Steuerung dezentraler Stromerzeuger nicht umgesetzt werden, da einerseits Probleme bestanden um die technische Komponenten für die bautechnischen Erfordernisse zu finden und andererseits Firmenkonkurse und längere Lieferzeiten vorgekommen sind. Interessanterweise ist die Technologie zur Nutzung von Abwasserwärme bereits seit den 1980er Jahren erprobt, findet aber dennoch keine breitenwirksame Umsetzung. Dies deutet auf die Notwendigkeit hin, verfügbare technische Optionen in gesellschaftlichen Diskursen zu verbreiten und die Anwendung zu unterstützen.
- ▶ Der **Lebenszyklus der Infrastruktorkopplung** zeigt sich über den längeren Verlauf eines Entwicklungspfades. Über den Lebenszyklus beziehungsweise Zeitverlauf eines Entwicklungspfades treten beispielsweise neue technische Anforderungen und Möglichkeiten auf und aufgrund technischer Veralterung entsteht Modernisierungsbedarf. Aufgrund des langen Entwicklungspfades wird durch den Fall der Abwasserwärmanlage in Waiblingen deutlich, dass der ganze Lebenszyklus der Kopplung mitgedacht werden muss (siehe Textbox 2).

Textbox 2: Ja, ich habe eine innovative Infrastruktorkopplung installiert, aber ich muss ihre Leistungsfähigkeit langfristig sicherstellen.

Entwicklungspfade von innovativen Infrastruktorkopplungen müssen langfristig gedacht werden. Die Abwasserwärmanlage in Waiblingen wurde bereits im Jahr 1983 geplant und installiert. Zwischen 2002 und 2004 wurde aufgrund zunehmend hoher Instandhaltungskosten, Störanfälligkeit und Schwierigkeiten bei der Ersatzteilversorgung die Anlagentechnik ausgetauscht. Im Jahr 2007 bestand die Notwendigkeit die Filtertechnik zur Filtration des Abwassers, welches für die Wärmepumpe genutzt wird, umzurüsten.

Diese Erfahrungen mit der Abwasserwärmanlage in Waiblingen weisen darauf hin, dass verschiedene Arten von Lern- und Monitoringprozessen notwendig sind, um die Leistungsfähigkeit langfristig zu überprüfen und zu gewährleisten. Auch aus den durchgeführten Modernisierungsmaßnahmen und den diese zugrundeliegenden Entscheidungen muss gelernt werden. Beispielsweise hat sich der Rückbau des ursprünglich vorhandenen 80 Kubikmeter-Pufferspeichers im Laufe der Modernisierung aus heutiger Sicht als Nachteil erweisen, da der erforderliche Mindestvolumenstrom auf der Warmwasserseite der Wärmepumpe im Schwachlastbetrieb nicht immer vom Fernwärmenetzrücklauf gedeckt werden kann.

Die Notwendigkeit um Entwicklungspfade langfristig zu denken weist auch darauf hin, dass die Finanzierungsbasis und politische und gesellschaftliche Unterstützung langfristig sichergestellt werden muss. Auch momentan steht die Anlage vor einer ungewissen Zukunft: Sie ist veraltet – ihr Betrieb wird zwar noch aufrechterhalten, aber die Wärmepumpe läuft nicht mehr gut und die CO₂-Bilanz geht gegen null. Eine weitere Modernisierung der Anlage wäre sehr teuer. Es sind technische und wirtschaftliche Planungen notwendig, um die Wirtschaftlichkeit und Möglichkeiten einer Modernisierung festzustellen: Wo gibt es Ausbaupotential und wo kann das Angebot mit möglichst wenig Baumaßnahmen verbessert werden? Es besteht zwar politisches Interesse an dem Erhalt der Anlage im Rahmen der stadtpolitischen Umwelt- und Klimaziele, finanzielle Unterstützung ist allerdings nicht gesichert. Darüber hinaus erwartet die Stadt gemäß eines Ertragsabgabevertrages Gewinne in vorab bestimmter Höhe von den Stadtwerken, welche die Anlage betreiben. Eine kostenintensive Modernisierung würde den Gewinn drücken.

3.3.2 Einflussfaktoren auf institutionelle und organisatorische Machbarkeit

Die institutionelle und organisatorische Machbarkeit bezieht sich auf die organisatorischen und rechtlichen Strukturen, welche die Kooperationsmöglichkeiten von Akteuren in der Planung, Inbetriebnahme, Nutzung und Instandhaltung einer Infrastruktorkopplung sowie die Rechtmäßigkeit und Funktionsweise der Infrastruktorkopplung beeinflussen. Die institutionelle und organisatorische Machbarkeit wird maßgeblich von gesetzgebenden Akteuren auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene beeinflusst und muss von Planern und Betreibern ausreichend adressiert werden. Sie betrifft auch die organisatorischen Strukturen einer Infrastruktorkopplung selbst – beispielsweise müssen dafür organisatorische Abläufe angepasst werden.

Einflussfaktoren und Wirkungen im Entwicklungspfad

Einflussfaktoren der institutionellen und organisatorischen Machbarkeit wirken über den gesamten Entwicklungspfad. Einerseits stellen sie den rechtlichen Rahmen dar – beispielsweise ob und auf welche Art und Weise eine Dienstleistung zur Verfügung gestellt werden kann. Gerade durch den Innovationsgrad einer Infrastruktorkopplung können rechtliche Hürden für die Inbetriebnahme bestehen (Textbox 3). Andererseits beziehen sie sich auf die Zusammenarbeit verschiedener Akteure während der Planungsarbeiten sowie dem langfristigen Betrieb und der Verwaltung durch beispielsweise festgelegte Monitoringprozesse und organisatorischer Schnittstellen. Anders als bei anderen Infrastrukturprojekten müssen durch die Kopplung von verschiedenen sektoralen Funktionen Akteure miteinander in Kontakt treten und zusammenarbeiten (Textbox 4).

Textbox 3: Ja, ich habe eine passende und tragfähige technische Lösung gefunden, aber es bestehen rechtliche Hürden für ihre Umsetzung

Innovative Ideen werden oftmals entwickelt, landen aber wieder „in der Schublade“, weil rechtliche Hürden ihre Umsetzung erschweren oder verhindern. Um diese Hürden zu überwinden, bedarf es nicht nur umfangreicher Kenntnisse über Rechte und Pflichten der Dienstleistungsversorgung, sondern auch eines langen Atems und viel Geduld – das heißt, Planer innovativer Infrastruktorkopplungen sollten Erlaubnisse vorzeitig suchen und eine längere Umsetzungszeit einplanen.

Rechtlichen Hürden umfassen Verordnungen, Normen und Genehmigungsverfahren. Die Multi-Energie-Tankstelle H2BER in Schönefeld wurde bereits im Mai 2014 eingeweiht und stellt seitdem alle Kraftstoffe zur Verfügung – bis auf Wasserstoff, einem der zentralen Ziele der Tankstelle. Für den Verkauf von Wasserstoff als Treibstoff fehlt die Zulassung des Brandenburgischen Landesamtes für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit.

Im Fall der Carsharing-App Drivy musste ein Versicherungspartner gefunden werden, da bestehende Versicherungsmodelle nur den privaten Verleih an Verwandte oder Freunde absichern. Der Versicherungsschutz konnte bei einer entgeltlichen Vermietung verweigert werden. Zudem ist bei Unfällen mit Prämien erhöhungen der privaten Versicherung zu rechnen. Drivy konnte Allianz als Versicherungspartner gewinnen. Bei einer Anmietung über Drivy tritt nun automatisch deren umfassende Versicherung anstelle der Versicherung des Autobesitzers in Kraft.

Zusammenfassend wird die institutionelle und organisatorische Machbarkeit von folgenden Einflussfaktoren beeinflusst:

- ▶ **Verordnungen und Normen** stellen den rechtlichen Rahmen für die Inbetriebnahme und die Bereitstellung der Dienstleistung. Sie können vor allem dann hindernd wirken, wenn die Innovation nicht reibungslos in den bestehenden rechtlichen Rahmen hineinpasst. Einerseits können umfangreiche Genehmigungsfragen die Inbetriebnahme verzögern – wie im Beispiel des Hybridkraftwerks in Prenzlau. Sie stellen zumindest einen zusätzlichen Aufwand dar. Andererseits können sie die Inbetriebnahme oder die Bereitstellung bestimmter Dienstleistungen verhindern – so kann H2BER aufgrund fehlender Zulassungen bis heute keinen Wasserstoff als Treibstoff verkaufen (siehe Textbox 3). Verordnungen und Normen scheinen insbesondere bei experimentellen Nischen – wie beim Hybridkraftwerk in Prenzlau, H2BER und Drivy – aufzutreten aufgrund ihres hohen Innovationsgrads.
- ▶ **Bestehende Netzwerk- und Kooperationsstrukturen** umfassen organisatorische Kontakte und Schnittstellen zum Austausch von Wissen und Ressourcen sowie für Interessenvermittlung (siehe Textbox 4). In vielen Beispielen konnten Kooperationen und Partnerschaften gebildet werden, um die Infrastruktorkopplung zu entwickeln und umzusetzen. Unterschiede können bezüglich der Art der Akteure, die in der Planung, Installation und im Betrieb der Infrastruktorkopplungen beteiligt sind, auftreten. Bei den Abwasserwärmeanlagen in Waiblingen und Köln trug die Beteiligung von kommunalen (teil-öffentlichen) Betrieben (Stadtentwässerung und Energieversorgung) zu erhöhter organisatorischer Komplexität bei und bedurfte neuer Schnittstellen. Beim Solardorf in Norderstedt führte die Einbindung verschiedener Akteure (zivilgesellschaftliche Akteure als Bauherren und zukünftige Bewohnerinnen und Bewohner, ein Immobilienunternehmen als Projektentwickler und Akteure der lokalen öffentlichen Hand) zu Interessenkonflikten. Es kam vermehrt zu der Notwendigkeit zwischen den unterschiedlichen Beteiligten und ihren Interessen zu vermitteln.

Textbox 4: Ja, ich habe eine passende und tragfähige technische Lösung gefunden, aber ich brauche Netzwerke für die Umsetzung

An der Entwicklung von innovativen Infrastruktorkopplungen sind eine Vielzahl von Akteuren beteiligt – unter anderem die Planer und Betreiber, die Bereitsteller bestimmter technischer Komponenten und Abnehmer der Dienstleistungen. Netzwerke werden notwendig aufgrund der Vermehrung von Akteuren, die an der Entwicklung innovativer Infrastruktorkopplungen beteiligt sind. Die Energiewende mit ihrem Fokus auf dezentraler Energieversorgung verändert das Akteursbild – statt weniger zentraler Versorger gibt es viele Akteure mit vielen Abhängigkeiten untereinander. In diesem Zusammenhang ist auch der Aspekt der Kopplung von Infrastrukturen relevant: Das – sozusagen interdisziplinäre – Zusammenbringen unterschiedlicher Ressorts und Wissensbereiche erfordert neue Kommunikationsmaßnahmen zur Schaffung von mentaler Nähe und Vertrauen, auch um mit Partikularinteressen umzugehen.

Netzwerke sind auch gefordert, um den Austausch von Wissen – beispielsweise zwischen Wissenschaft und Praxis und zwischen Bund und Kommunen – zu ermöglichen und Interessen abzugleichen. Wissenseinbindung wird bisher als Selbstläufer betrachtet, was allerdings nicht der Fall ist. Es fehlen auch Vernetzungen zwischen lokalen und regionalen Energieagenturen und der Bundesebene und Bundesnetzagentur. Notwendige Netzwerke beziehen sich auch auf neue organisatorische Schnittstellen beispielsweise innerhalb von städtischen Verwaltungen. Wie die Fälle der Abwasserwärmeanlagen in Waiblingen und Köln zeigen, müssen hier die verschiedenen Bereiche zur Stadtentwässerung und Energieversorgung miteinander vernetzt werden. Auch wenn die Beteiligung viel Eigeninitiative und Zeitaufwand bedarf, gibt es bereits eine Vielzahl von Foren – wie beispielsweise in Gemeindeforen und Fachverbänden.

3.3.3 Einflussfaktoren auf gesellschaftliche Machbarkeit

Die gesellschaftliche Machbarkeit bezieht sich auf die breitere gesellschaftliche Akzeptanz einer Infrastruktorkopplung sowie die Bereitschaft und Kapazitäten der Nutzerinnen und Nutzer, die Dienstleistung zu nutzen. Handlungen zur Sicherstellung der gesellschaftlichen Machbarkeit werden vor allem von Planern und Betreibern einer Infrastruktorkopplung unternommen, können aber auch durch politische Akteure unterstützt werden.

Einflussfaktoren und Wirkungen im Entwicklungspfad

Die gesellschaftliche Machbarkeit bezieht sich einerseits auf die Bereitschaft und Kapazität von Nutzern, eine Infrastruktorkopplung zu nutzen und gegebenenfalls anfallende Mehrkosten zu tragen (siehe Textbox 5). Beispielsweise wurde für das Hybridkraftwerk Prenzlau ein Abnahmevertrag für Wasserstoff mit Greenpeace Energy geschlossen. Die Initiative kam vom Abnehmer Greenpeace; Greenpeace ist auf ENERTRAG zugegangen und ist auch bereit, einen höheren Preis für „grünes „Erdgas“ zu zahlen. Eine hohe Komplexität in der Bedienung kann bei der Nutzung von Infrastruktorkopplung zu Bedienfehlern und damit reduzierter Akzeptanz kommen. Andererseits bezieht sich die gesellschaftliche Machbarkeit auf die breitere gesellschaftliche Nachfrage, welche unter anderem gesellschaftlichen Trends und Diskursen unterliegt. Beispielsweise konnte die Carsharing-App Drivy auch aufgrund des wachsenden Interesses an privaten Carsharings erfolgreich umgesetzt werden. Hier kommen auch politischer Pioniergeist und die Anbindung an politische Strategien zum Tragen. Diese können sowohl Impulse für die Entwicklung einer Innovation geben, sowie die langfristige Instandhaltung relevanter und die Innovation selbst sichtbarer machen. In diesem Zusammenhang wurde auf dem Fachworkshop in Berlin im September 2017 die Gefahr einer ‚Skandalisierung‘ als ein zentrales Hemmnis für sowohl politische als auch gesellschaftliche Unterstützung von Innovationen diskutiert (siehe Textbox 6).

Textbox 5: Ja, ich kann Nutzerinnen und Nutzer für meine Dienstleistung interessieren, aber die Nutzung bedarf auch der Bereitstellung von Anreizen und Hilfestellungen

Nutzerinnen und Nutzer können sich aus verschiedenen Gründen dafür entscheiden, eine Dienstleistung wie Energie, Wasser oder Transport auf eine neue Art und Weise zu beziehen. Übergreifende gesellschaftliche Diskurse beeinflussen Nachfragetendenzen und treiben derzeit vor allem die Nachfrage an nachhaltigen Produkten und Dienstleistungen. Dennoch müssen auch nutzerseitige Anreize gesetzt werden können – vor allem wenn nicht darauf gebaut werden kann, dass Nutzerinnen und Nutzer mehr Geld ausgeben wollen oder können. Auch wenn Nutzerinnen und Nutzer ihre täglichen Routinen und Verhaltensweisen ändern müssen, besteht Bedarf an zusätzlichen Anreizen und Hilfestellungen – wie finanziellen Anreizen, Information und Gesetzen.

Die Auswertung des VPS Allgäu ergab, dass trotz des Interesses von Kunden an nachhaltiger Energieversorgung, Lastverschiebungspotentiale sich nur durch Preissignale, nicht durch Information alleine, ergeben. Daher wurde geschlussfolgert, dass nur Preissignale einen ausreichenden Anreiz für Kunden bieten, ihre Stromverbrauchsmuster zu verändern. Im Rahmen des Pilotversuches wurden 260 ausgewählten Referenzkunden (Privathaushalte, Gewerbe, Landwirtschaft) mit intelligenten Stromzählern ausgestattet und an das virtuelle Stromversorgungssystem, bestehend aus einem regionalen Verbund dezentraler Erzeuger (PV, Wind- und Wasserkraftanlagen) und dezentraler Verbraucher angeschlossen. Ziel war es, durch ein softwaregesteuertes Lastmanagement mit Smart-Home-Lösungen in Haushalten und Gewerbebetrieben eine Balance zwischen wetterabhängiger Stromerzeugung (Wind und Solar) und dem nicht deckungsgleichen Verbrauchsverhalten zu ermöglichen. Weiter wurde festgestellt, dass die Nutzerinnen und Nutzer Probleme hatten die neuen Technologien fachgerecht zu bedienen und zu verstehen. Ein Fazit war daher, dass Kunden fachgerecht zur Seite gestanden werden sollte, wenn ein solch neuartiges System auf den Markt gebracht wird.

Zusammenfassend wird die gesellschaftliche Machbarkeit von folgenden Einflussfaktoren beeinflusst:

- **Nutzerseitige Motivation und Finanzierbarkeit** bedingen das Interesse und die Bereitschaft von Nutzerinnen und Nutzern eine Dienstleistung zu nutzen. Es geht darum, dass einerseits die

Nachfrage und Nutzung sichergestellt werden muss, und andererseits fehlendes Wissen und bestehende Nutzerpraktiken und -erwartungen sowie erhöhte Nutzungskosten die Nutzung einschränken. Hier kann der breitere sozio-kulturelle Kontext entscheidend sein. Beispielsweise konnte die Carsharing-App Drivy im Kontext eines wachsenden gesellschaftlichen Interesses an privatem Carsharing umgesetzt werden. Erhöhte Kosten oder hoher Aufwand können die Nachfrage einschränken, so bedarf die Nutzung von Wasserstofftreibstoff einer kostenintensiven Umrüstung auf wasserstoffbetriebene Fahrzeuge. Unterschiede in den Fällen können mit der Art der Nutzer zusammenhängen. Fallbeispiele, die ihre Dienstleistungen Privatpersonen zur Verfügung stellen – wie die Carsharing App Drivy, die Multi-Energie-Tankstelle H2BER und das VPS Allgäu – sind stärker auf gesellschaftliche Nachfrage angewiesen.

- ▶ Die **nutzerseitige Bedienkomplexität** beeinflusst die Benutzerfreundlichkeit und die Kennnisanforderungen zur Nutzung der Dienstleistung. Hohe Bedienkomplexität kann zu Problemen mit der nutzerseitigen Akzeptanz führen und sich somit hemmend auf die gesellschaftliche Machbarkeit auswirken. Beim VPS Allgäu führten der Bedarf von nutzerseitigen Änderungen (zum Beispiel Installation von Smart Metern) und notwendige Kenntnisse (zum Beispiel Bedienung der Smart Home Produkte) zu geringerer Akzeptanz und zu Bedienfehlern.
- ▶ **Politischer Pioniergeist und politische Anbindung** können Innovationsimpulse geben und politische und gesellschaftliche Unterstützung für die Nutzung und Instandhaltung einer Infrastrukturkopplung fördern – gleichermaßen sind sie Ausdruck gesellschaftlicher Akzeptanz und Nachfrage. Beispielsweise hat der politische Pioniergeist des Gemeinderates der Stadt Waiblingen maßgeblich dazu beigetragen, die Leitidee für die Abwasserwärmeanlage in Waiblingen zu entwickeln. Es bestand das politische Interesse, neue Energiequellen für eine nachhaltige Energieversorgung in Waiblingen zu erschließen. Im Weiteren hat die Positionierung der Abwasserwärmeanlage in lokalen politischen Nachhaltigkeits- und Klimaschutzziele ihre Relevanz erhöht. Die Anlage dient als Vorzeigeprojekt für die Teilnahme an den European Energy Awards – somit besteht politisches Interesse an ihrer Instandhaltung. Politischer Pioniergeist, weniger politische Anbindung, findet sich auch auf höheren politischen Ebenen. So wurde das Konzept zur Integration von Wohnen und Elektromobilität basierend auf Erneuerbaren Energien im Rosensteinviertel maßgeblich auf die Initiative der Baden-Württembergischen Landesagentur für Innovation und Brennstoffzellentechnologie (e-mobil BW) ausgearbeitet. Die Initiative für die Zusammenarbeit ging von e-mobil BW im Rahmen des Bundesprogrammes „Schaufenster Elektromobilität“ aus. Politischer Pioniergeist zeigt sich auch an der medienwirksamen Teilnahme von Politikerinnen und Politikern an Schlüsselmomenten wie der Grundsteinlegung. Die Grundsteinlegung der Multi-Energie-Tankstelle H2BER wurde vom brandenburgischen Ministerpräsidenten Matthias Platzeck medienwirksam durchgeführt.

Textbox 6: Ja, ich kann mit innovativen Infrastrukturkopplungen experimentieren, aber Fehler kommen uns Anbietern teuer zu stehen.

Das Risiko einer Skandalisierung stellt ein wesentliches Hindernis für die Entwicklung innovativer Infrastrukturkopplungen dar: Aus – politischer oder gesellschaftlicher – Angst vor einem Unglück oder Dienstleistungsausfall wird nicht ausreichend in das Experimentieren mit Innovationen investiert. Vor allem im Zusammenhang mit der Energiewende wird die Debatte um die Versorgungssicherheit in der Energiewende stark politisch geführt. Zwar scheint diese in einem Land wie Deutschland eine Selbstverständlichkeit, doch durch den nahenden Atomausstieg – dem Abschalten aller Atomkraftwerke in 2022 – wird genau diese in Frage gestellt. Die Gefährdung der Versorgungssicherheit durch den Ausbau Erneuerbarer Energien wird in gesellschaftlichen und politischen Diskursen kontrovers diskutiert.

Um mit Risiken der Versorgungssicherheit und mit Möglichkeiten der Skandalisierung proaktiv umgehen zu können, sollte der Bund die geplante Energiewende nicht schönreden beziehungsweise die damit einhergehenden Herausforderungen und Risiken klar benennen. Es sollte beispielsweise von dem Gedanken der „Grundlastfähigkeit“ abgerückt werden und statt sich auf „gesicherte Leistung“ zu fokussieren, sollte

der Schwerpunkt auf Regelbarkeit und Stabilität durch „gesicherte Versorgung mit sinnvoller Nachfrage“ gelegt werden. So sollten neue Infrastrukturoptionen nicht mit der Leistungsfähigkeit von Infrastrukturen in der Vergangenheit gemessen werden, sondern vielmehr an zukünftigen Herausforderungen orientiert sein.

3.3.4 Einflussfaktoren auf wirtschaftliche Machbarkeit

Die wirtschaftliche Machbarkeit bezieht sich auf die Bezahlbarkeit der Infrastrukturoption aus der Betreiberperspektive. Es geht sowohl um eine (langfristige) Investitionsbasis als auch um eine wettbewerbsfähige Vermarktung. Die wirtschaftliche Machbarkeit wird unter anderem von staatlichen Akteuren auf Bundes-, Landes- und Kommunalebene beeinflusst – diese stellen finanzielle Förderungen bereit und setzen die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Vermarktung und Preisbildung.

Einflussfaktoren und Wirkungen im Entwicklungspfad

Wirtschaftliche Machbarkeit bezieht sich auf den Investitionsaufwand für die Planer und Betreiber sowie auf die Möglichkeit, profitable Geschäftsmodelle und wettbewerbsfähige Preise zu bilden. Sie kommt vor allem in Momenten, in denen Investitionen notwendig sind, zum Tragen – beispielsweise Installation, technische Anpassungen und Erweiterungen. Finanzielle Fördermittel von EU-, Bundes- und Landesebene tragen maßgeblich an der Investitionsbasis bei. Gesetze und Regulierungen können außerdem Investitionsanreize setzen und die Wirtschaftlichkeit erhöhen sowie profitable Preisbildung ermöglichen. Sie können allerdings auch gegenläufige Anreize setzen und Planungsunsicherheiten schaffen. In den Fällen unterscheidet sich, wer den erhöhten Investitionsaufwand letztendlich trägt. Im Beispiel der Serverabwärmelanlage in Hamm war der Projektentwickler bereit, höhere Investitionskosten und somit längere Amortisierungszeiten zugunsten der Bewohnerinnen und Bewohner zu tragen. Beim Hybridkraftwerk Prenzlau lag die Bereitschaft, höhere Kosten für Energie zu bezahlen beim Abnehmer Greenpeace – dies führt demnach auf die gesellschaftliche Machbarkeit zurück (siehe auch Abschnitt 3.3.3)

Zusammenfassend wird die wirtschaftliche Machbarkeit von folgenden Einflussfaktoren beeinflusst:

- ▶ **Förderprogramme** umfassen Investitionsförder- und Forschungsprogramme durch EU-, Bundes- und Landesebenen. Sie tragen durch Subventionen und Darlehen zur Finanzierung spezifischer Innovationsvorhaben bei, unterstützen Modernisierungsmaßnahmen und Ausweitungen sowie Wissenstransfer (siehe Textbox 7). Außer Drivy haben alle Fallstudien von Förderprogrammen profitiert.
- ▶ **Marktwirtschaftliche Strukturen** beziehen sich auf die Anreizstrukturen des Marktes, welche bestimmte Formen von Angebot und Nachfrage unterstützen und somit attraktive Innovationsanreize setzen können. Im Fall der Carsharing-App Drivy wurde auf das marktwirtschaftliche Potential reagiert, dass sich aus hohen Kosten für Autobesitz, einer attraktiven Marktstruktur (Vorhandensein vieler Privatautos) und günstigen Rahmenbedingungen für Start-Up Unternehmen ergeben hat. Die momentanen marktwirtschaftlichen Strukturen bevorzugen kurzfristige Kosten-Nutzen-Rechnungen und behindern somit den erhöhten Innovationsaufwand mit langfristigeren Amortisierungszeiten zu rechnen. Bei der Abwasserwärmelanlage in Waiblingen reduzieren die jährlichen Gewinnabgaben an die Stadt die Investitionsmöglichkeiten in die Modernisierung der Anlage, welche längerer Kosten-Nutzen-Rechnungen bedürfen.
- ▶ **Gesetzliche Rahmenbedingungen** können (Fehl-)Anreize für die Investition und für die Vermarktung von Innovationen setzen. Beispielsweise gibt es Gesetze auf Bundes- und Landesebene zur Förderung von Abwasserwärme, insbesondere das Erneuerbaren Wärmegesetz (EE-WärmeG), welches die Verbreitung von Abwasserwärmenutzung unterstützt. Abwasserwärme ist nach dem EE-WärmeG in Verbindung mit der Energie-Einspar-Verordnung (EnEV) eine der anerkannten erneuerbaren Energiequellen und der Nutzung von Energie aus Biomasse und Sonne gleichgestellt. In beiden Fällen wird das EE-WärmeG als Triebkraft genutzt. In Köln bietet die REAG ein breites Angebot nach EE-WärmeG anerkannter Wärmeversorgungsoptionen als Contracting-Lösungen an – auch um Akzeptanz der Technologie bei Kunden zu erhöhen. Die

meisten betrachteten Beispiele stehen in enger Verbindung mit dem Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG), welches sowohl unterstützend als auch hemmend wirkt (siehe Textbox 8).

Textbox 7: Ja, ich möchte eine nachhaltige Infrastrukturkopplung entwickeln, aber mir fehlt das Investitionskapital

Die Entwicklung und Installation von innovativen Infrastrukturkopplungen ist teuer. Anreize wie Förderprogramme für Innovationen, Subventionen und Forschungsprogramme von EU-, Bundes- oder Landesebenen unterstützen die Entwicklungspfade von Infrastrukturkopplungen, indem sie die Installation finanzierbar machen. Beispielsweise wurde das Hybridkraftwerk in Prenzlau durch das EU-Programm zur regionalen Entwicklung Brandenburgs unterstützt, H2BER durch Förderung aus dem Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur und die Serverabwärmearanlage in Hamm durch die Landesbank NRW. Auch technische Anpassungen und Ausweitungen können unterstützt werden – beispielsweise wurde die Modernisierung der Abwasserwärmearanlage in Waiblingen von 2002 bis 2004 durch das landesweite „Klimaschutz – Plus“ ermöglicht. Forschungsprogramme stellen eine besondere Art der Förderung dar. Die Abwasserwärmearanlage in Köln und das VPS Allgäu nahmen an Forschungsprogrammen der EU teil – Köln an dem von der EU-Kommission unter Horizon 2020 geförderte Forschungsprojektes „CELSIUS – Wärme aus Abwasser und das VPS Allgäu wurde im Rahmen des europäischen INTERREG Forschungsprogrammes AlpEnergy und des europäischen Förderprogrammes Alpine Spaces initialisiert und umgesetzt. Diese Forschungsprogramme ermöglichen – wenn auch bedingt – Raum und Ressourcen für Wissenstransfer.

Die Bereitstellung von (finanzieller) Unterstützung kann an bestimmte Bedingungen und Konditionen gebunden sein. Beispielsweise unterlag die Förderung der Serverabwärmearanlage in Hamm durch die Landesbank NRW der Bedingung, dass bezahlbarer Wohnraum für Familien mit Kindern geschaffen wird. Die Teilnahme an Förderprogrammen kann auch einen Einfluss auf die ursprüngliche Leitidee haben. Die Teilnahme am Bundesprogramm „Schaufenster Elektromobilität“ und die damit einhergehende Partnerschaft mit der Baden-Württembergischen Landesagentur für Innovation und Brennstoffzellentechnologie (e-mobil BW) verband die Idee für eine nachhaltige Wohnsiedlung mit Elektromobilität.

Die Teilnahme an Förderprogrammen erfordert die Erarbeitung umfassender Konzepte für die Umsetzung um für die Förderung in Frage zu kommen. Für die Umsetzung der Abwasserwärmearanlage in Köln beteiligten sich beispielsweise der städtische (teil-öffentliche) Betrieb zur Energieversorgung (REAG) an der Antragstellung für das von der EU-Kommission unter Horizon 2020 geförderte Forschungsprojektes „CELSIUS – Wärme aus Abwasser“. In einigen Fällen – wie im Rosensteinviertel – kann die Initiative auch von den Förderinstitutionen ausgehen.

Textbox 8: Ja, ich möchte mit innovativen Infrastrukturkopplungen zu Nachhaltigkeit beitragen, aber ich muss auch verdienen können

Die Finanzierung von Installation, Modernisierungen und Ausweitungen sowie die Möglichkeiten für wettbewerbsfähige Preisbildung und profitable Geschäftsmodelle stellen Herausforderungen für die Entwicklung innovativer Infrastrukturkopplungen dar. Der rechtliche Rahmen kann hierzu einen Beitrag leisten und Investitionsanreize setzen. Vor dem Hintergrund der angestrebten Energiewende können verschärfte Regulierungen und Anreize für den Ausbau erneuerbarer Energien sowie Speicherkapazitäten und intelligentere Vernetzung für Versorgungssicherheit die Gewinnchancen verbessern und Innovationen fördern. Derzeit gibt es jedoch auch gegenläufige Tendenzen; so fällt für Wasserstoffproduktion die EEG-Umlage an und wurden die Renditen für Eigenkapital in kommunalen Stromnetzen reduziert, wodurch sich deren Gewinnchancen verringern.

Das EEG forcierte einerseits den Ausbau von erneuerbaren Energieanlagen, insbesondere Windkraft, Photovoltaik, Bioenergie und KWKS, durch feste Vergütungen, garantierte Abnahme und vorrangige Ein-

speisung des Stroms. Andererseits stellt es auch eine Hürde für neue Entwicklungen dar: Erstens bestehen derzeit keine Anreize für neue Geschäftsmodelle zur intelligenten Steuerung und Nutzung von dezentralen erneuerbaren Energieanlagen. Die intelligente Steuerung und Nutzung von Erneuerbarer Energie bedarf neuer, flexibler Preis- und Geschäftsmodelle. Zum Beispiel fallen gegenüber dem Betrieb einzelner Anlagen beim Zusammenschluss zu einem virtuellen Kraftwerk Zusatzkosten für die Steuerung und Überwachung der Anlagen an, die in den Geschäftsmodellen berücksichtigt werden müssen. Außerdem müssen Geschäftsmodelle in der Lage sein, sowohl die bereitgestellte Flexibilität auf Erzeugungsseite, als auch auf Lastenseite entsprechend zu vergüten. Zweitens fördert das EEG nicht die Herstellung von Wasserstoff für Treibstoff und Elektrizität. Obwohl die EU Wasserstoff in einer Richtlinie als fortschrittlichen Bio-Treibstoff anerkennt, steht die Umsetzung im Bundesimmissionsschutzgesetz und damit Anerkennung im deutschen Recht noch aus. Hingegen muss auf die Elektrizität um Wasserstoff zu produzieren die EEG-Umlage gezahlt werden, was zu einem wettbewerblichen Nachteil führt. Drittens wird Energiespeicherung nicht gefördert. Das Energiewirtschaftsgesetz (EnGW) stuft Power-to-Gas Anlagen, welche auch der Energiespeicherung dienen, als Endverbraucher ein. Dies führt zu höheren Umlagen und Steuern führt und benachteiligt sie entsprechend. Wenn Power-to-Gas Anlagen wie das Hybridkraftwerk in Prenzlau Windenergie erzeugen, kann durch das EEG 2012 die erzeugte elektrische Energie ins öffentliche Netz eingespeist und vergütet werden. Viertens zeigte der Fall der Multi-Energie-Tankstelle H2BER auf, dass der geplante Windpark, welcher Energie an die Tankstelle liefern sollte, zum Teil aufgrund der sinkenden EEG-Einspeisevergütung nicht in der anvisierten Größe umgesetzt werden konnte – er stellte sich als nicht wirtschaftlich heraus.

3.4 Wie können Entwicklungspfade unterstützt werden? Akteure, Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten

Eine Vielzahl von Akteuren kann Entwicklungspfade durch unterschiedliche Handlungen vorantreiben oder behindern. Die Handlungen von Akteuren lassen einen Rückschluss auf unterschiedliche Rollen zu, die Akteure in Entwicklungspfaden einnehmen – ob sie beispielsweise an der Planung, Finanzierung und/oder dem Betrieb beteiligt sind, eine Infrastruktorkopplung nutzen oder den rechtlichen Rahmen setzen.

Es ergeben sich vier Handlungsbereiche mit verschiedenen Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten für unterschiedliche Akteure, um zu verschiedenen Zeitpunkten in Entwicklungspfade einzugreifen und mit den zusammenwirkenden Einflussfaktoren umzugehen (siehe Abbildungen 4 und 6).

Abbildung 6: Handlungskleeblatt zur Unterstützung und Gestaltung von Entwicklungspfaden (eigene Darstellung, DRIFT)



Quelle: Eigene Darstellung, DRIFT

3.4.1 Akteure und Netzwerke in Entwicklungspfaden

Die innovativen Infrastrukturlösungen wurden hauptsächlich von marktwirtschaftlichen Akteuren (zum Beispiel Energieunternehmen und Immobilienunternehmen) initiiert, umgesetzt und finanziert. Akteure der (lokalen) öffentlichen Hand oder öffentlich-privaten Partnerschaften (ÖPP) spielten größere Rollen in lokal umgesetzten Beispielen (zum Beispiel in den Abwasserwärmeanlagen in Waiblingen und Köln). Öffentliche Akteure auf EU-, Bundes- und Landesebenen leisteten insbesondere Beiträge zu der Finanzierung der Infrastrukturlösungen. Beim Solardorf in Norderstedt spielten auch zivilgesellschaftliche Akteure (die zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner) verschiedene Rollen,

unter anderem Entwicklung der Leitidee, Teile der Finanzierung. Tabelle 6 fasst die Rollen, welche von unterschiedlichen Akteuren in Entwicklungspfaden eingenommen werden, zusammen.

Tabelle 6: Rollen und Akteure in Entwicklungspfaden

Rollen	Akteure	Beispiele
Planung, Installation und Betrieb	Marktwirtschaftliche Akteure (z.B. Energieunternehmen, Immobilienunternehmen)	Die Serverabwärmearanlage in Hamm wurde vom Projektentwickler in Kooperation mit dem Bereitsteller der Serverschränke umgesetzt Das Hybridkraftwerk in Prenzlau wurde vom Energieunternehmen ENERTRAG AG initialisiert, umgesetzt und bis heute verwaltet. Die Carsharing-App Drivy wurde von dem eigens gegründeten französischen Unternehmen Drivy entwickelt und umgesetzt.
	Teil-öffentliche Betriebe der Stadt (z.B. Stadtwerke, Stadtentwässerung)	Die Abwasserwärmearanlagen in Waiblingen und Köln wurden durch die lokalen teil-öffentlichen Betriebe zur Energieversorgung (Stadtwerke und REAG) umgesetzt und werden von ihnen betrieben.
	Zivilgesellschaftliche Akteure	In Norderstedt waren neben dem Immobilienunternehmen zur Bauplanung und dem Baudezernenten auch zivilgesellschaftliche Akteure (die Bauherren und zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner) an Planung und Installation beteiligt.
(Mit-)Finanzierung	EU-, Bundes-, Landes und Kommunalregierungen und -behörden	Das VPS Allgäu wurde durch das europäische INTERREG Forschungsprogrammes AlpEnergy und das europäische Förderprogramme Alpine Spaces initialisiert und umgesetzt. H2BER wurde durch das Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) gefördert. Die Serverabwärmearanlage in Hamm wurde durch die Landesbank NRW gefördert.
	Marktwirtschaftliche Investoren	Die technischen Optimierungen der Carsharing-App Drivy wurden von Kapitalgebern unterstützt.
	Zivilgesellschaftliche Akteure	In Norderstedt waren auch zivilgesellschaftliche Akteure (die Bauherren und zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner) an der Finanzierung beteiligt.
Gesetzliche und institutionelle Rahmensezung	EU-, Bundes-, Landes und Kommunalregierungen und -behörden	Die Abwasserwärmearanlagen in Waiblingen und Köln können für die Vermarktung der Wärme aus den Abwasserwärmearanlagen in Waiblingen und Köln wird durch Gesetze auf Bundes- und Landesebene zur Förderung von Abwasserwärme – insbesondere dem Erneuerbare Wärmegesetz (EEWärmeG) zurückgreifen. Diese geben nutzerseitige Anreize, Systeme mit regenerativer Energie nachzufragen und verbessern die Vermarktungsmöglichkeiten der Abwasserwärme.
Forschungsunterstützung	Forschungsinstitute, externe Gutachter und Berater	Für ein Unterprojekt von H2BER zur Effizienzsteigerung und weiteren Erforschung von Managementoptionen, kam das Reiner-Lemoine-Institut dazu, welches auch durch das NIP gefördert wurde. In der Umsetzung des Rosensteinviertels beauftragte das Siedlungswerk externe Akteure (Rechtsanwaltskanzleien und Stadtbüros) mit der Erstellung von umfassenden Gutachten über rechtliche, technische, sozio-kulturelle und wirtschaftliche Potentiale und Hürden des Wohnkonzeptes.

Rollen	Akteure	Beispiele
Nutzer	Zivilgesellschaftliche Privatpersonen und Haushalte	Die Carsharing-App Drivy und der Multi-Energie-Tankstelle H2BER sprechen Individuen an. Bei der Serverabwärmanlage in Hamm und dem Rosensteinviertel in Stuttgart werden die Dienstleistungen an die Bewohnerinnen und Bewohner der Wohnanlagen zur Verfügung gestellt.
	Industriekunden	Die Energiekonzerne TOTAL Deutschland GmbH und Vattenfall Europe und das Verkehrsunternehmen Deutsche Bahn investieren in das Hybridkraftwerk in Prenzlau und waren als Juniorpartner an der Forschung und Erprobung der Technologie beteiligt. Sie kooperieren mit ENERTRAG für den Anschluss an das Stromnetz (Vattenfall) und die Abnahme des Treibstoffs (TOTAL). Greenpeace Energy eG ist Abnehmer des Windgases.
	Öffentliche Einrichtungen	Die Abwasserwärmanlagen in Waiblingen und Köln liefern Wärme an öffentliche Einrichtungen (zum Beispiel Hallenbad, Rathaus, Schulen).

Zentrale Akteure, ihre Rollen und ihre Interessen

Das Einnehmen von Rollen durch bestimmte Akteure beeinflusst, welche Interessen und Ressourcen leitend sind. Marktwirtschaftliche Akteure, welche bei den meisten Entwicklungspfaden maßgeblich beteiligt waren, haben ein Interesse an der Erprobung neuer und nachhaltiger Technologien und an der Erschließung neuer Marktpotentiale. Nur in den zwei lokal umgesetzten Fallbeispielen zu den Abwasserwärmanlagen in Waiblingen und Köln waren Akteure der lokalen öffentlichen Hand zentral in Planung, Installation und Betrieb. Die lokalen Stadtverwaltungen und kommunalen Betriebe zur Stromversorgung hatten das (stadtpolitische) Interesse, nachhaltige Stadtentwicklung zu unterstützen und Pilotprojekte in diesem Zusammenhang zu entwickeln. Beide Stadtwerke sind teil-öffentliche Betriebe und unterliegen damit auch marktwirtschaftlichen Strukturen und Spielregeln. Sie sind davon abhängig, dass die Anlagen Gewinne machen.

Auf dem Fachworkshop in Berlin im September 2017 wurden die Rollen von kommunalen Akteuren, insbesondere der Stadtwerke, sowie des Bundes diskutiert. Die Stadtwerke können durch ihren öffentlichen Auftrag, Dienstleistungen bereitzustellen, wesentliche Beiträge zu der Entwicklung innovativer Infrastruktorkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential leisten (siehe Textbox 9). Der Bund hat verschiedene Arten von ‚harten‘ und ‚weichen‘ Instrumenten zur Verfügung, um solche Innovationsvorhaben zu unterstützen (siehe Textbox 10).

Textbox 9: Die Rolle von kommunalen Akteuren, insbesondere der Stadtwerke

Kommunale Akteure aus dem Gemeinderat, der Stadtverwaltung und städtischen Betrieben wie den Stadtwerken können wesentliche Beiträge zu nachhaltiger Dienstleistungsversorgung leisten. Sie können dort ansetzen, wo Dienstleistungen direkt in Anspruch genommen werden und durch lokalen politischen Pioniergeist neue Wege aufzeigen und für diese mobilisieren.

Vor allem die Stadtwerke können einen großen Beitrag leisten – vor allem im Kontext einer Energiewende, die Energiedezentralität und Energiesubsidarität anstrebt. Die Stadtwerke sind in vielen Gemeinden Deutschlands verantwortlich für die Sicherung der Daseinsvorsorge (zum Beispiel Wasser und Strom). Derzeit sind Stadtwerke ein ‚schlafender Riese‘; sie könnten mehr tun, wie zum Beispiel Elektromobilität vorantreiben oder Gemeinden mit schnellem Internet versorgen. Dies fragt nach einer Neudefinition der Rolle der Stadtwerke in der Energiewende.

Um die Rolle von ‚Pionieren des Wandels‘ einzunehmen, ist ein verbesserter Austausch mit den Gemeinderäten, sowie vermehrtes Engagement zum Wissensaustausch notwendig. Wichtig ist das Denken im Vorsorgeprinzip: nicht nur im Heute erstarren, sondern das Morgen schon mitdenken. Eine Herausforderung stellt der gegenwärtige Rechtsrahmen dar: Dieser stellt ein Hemmnis für das Annehmen einer innovativen Rolle dar. Die Verantwortlichkeiten unterschiedlicher Akteure (vor allem auf kommunaler Ebene)

müssen neu definiert werden und auch der Bund muss expliziter in Kontakt und Austausch mit Kommunen treten.

Textbox 10: Die Rolle der Bundesebene – ‚weiche‘ und ‚harte‘ Instrumente

Der Bundesebene kann die Entwicklung innovativer Infrastruktorkopplungen mit positiven Umweltwirkungen in verschiedenen Rollen gestalten. Diese umfassen einerseits das Einsetzen von ‚weichen‘ Instrumenten, wie die Förderung und Vermittlung von Netzwerken oder die Sichtbarmachung von Innovationen, um Menschen breitenwirksam zu begeistern. Es umfasst auch die Verbreitung des Gedankengutes – Nachhaltigkeit langfristig, zukunftsorientiert und integrativ zu denken – um Akteure und Interessen miteinander abzustimmen und gemeinsam Veränderungen in Richtung Nachhaltigkeit und die Energiewende zu erreichen. Hierfür sind beispielsweise auch weitere Abstimmungen innerhalb von Ministerien auf Bundesebene sowie innerhalb von kommunaler Politik notwendig.

Andererseits ist der Bund auch in der Pflicht, ‚harte‘ Instrumente zu verwenden und verschärfte und integrativere politische Rahmenbedingungen zu formulieren, um Weichen zu stellen. Zum Beispiel sind die Kosten für CO₂-Emissionen und Ressourcen noch zu gering, um innovative und nachhaltige Infrastruktorkopplungen wirtschaftlich attraktiv zu installieren. Es kann beispielsweise an eine Kosteninternalisierung von CO₂-Emissionen und Ressourcen oder eine Verpflichtung zum Anschluss jedes BHKW an Regelenergie gedacht werden. Momentan gibt es oft vielmehr gegenläufige Tendenzen; so muss für Wasserstoffproduktion die EEG-Umlage bezahlt werden und die Renditen für Eigenkapital in kommunalen Stromnetzen wurden reduziert, wodurch sich auch Gewinnchancen verringern.

Die Rolle von Netzwerken

Im Laufe der Entwicklungspfade werden verschiedene Arten von Netzwerken gebildet, beziehungsweise wird auf verschiedene Netzwerke und Plattformen zurückgegriffen, um die Planungsarbeiten zu unterstützen, eine Finanzierungsbasis zu schaffen und Wissen auszutauschen (siehe Textbox 4 in Abschnitt 3.3.2). Viele der Netzwerke und Partnerschaften haben zu langfristigen Kooperationen geführt, um beispielsweise an weiteren Innovationen zu arbeiten.

- ▶ **Lokale öffentliche Netzwerke:** Während der Umsetzung der Abwasserwärmeanlagen in Waiblingen und Köln wurden Netzwerke mit den Stadtregierungen, den (teilstaatlichen) kommunalen Betrieben zur Energieversorgung und zur Städtentwässerung gebildet. Während die Betrieben zur Energieversorgung zentral für die Entwicklung und Umsetzung verantwortlich waren, dienten die Netzwerke der inter-sektoralen Vernetzung und dem Wissensaustausch, der Abstimmung von Interessen und der Identifikation von Umsetzungsmöglichkeiten (zum Beispiel Technik, Orte).
- ▶ **Öffentlich-private Partnerschaften (ÖPP):** Die drei Fallbeispiele zu lokalen Wohnsiedlungen (Hamm, Rosensteinviertel und Norderstedt) wurden zwar hauptsächlich von Immobilienunternehmen initiiert und umgesetzt, umfassten aber auch eine enge Zusammenarbeit mit lokalen und/oder regionalen Akteuren der öffentlichen Hand. Diese Partnerschaften ermöglichten finanzielle Förderung, in einigen Fällen hatten sie aber auch Einfluss auf die Leitidee und trugen zu Wissensaustausch bei. Einige der ÖPP haben zu langfristigen Kooperationen auch in späteren innovativen Vorhaben geführt.
- ▶ **Interessengemeinschaften zwischen Unternehmen oder Unternehmen und Bürgerinnen und Bürgern:** In den auf (über-)regionaler Ebene umgesetzten Fällen Prenzlau, H2BER, VPS Allgäu und Drivy haben einzelne Unternehmen eine Führungsrolle eingenommen, wobei Interessengemeinschaften mit weiteren Unternehmen zentral waren für die Finanzierung und Schaffung einer Abnehmerbasis. Diese Partnerschaften wurden oftmals erst nach der Erarbeitung der Leitidee gebildet. Viele der Interessengemeinschaften bestehen auch nach der Umsetzung der Infrastruktorkopplung, um darauf aufbauend an weiteren Innovationen zu arbeiten.

- ▶ **Forschungspartnerschaften:** Für die Ausarbeitung der Leitidee und die Erkundung der technischen, wirtschaftlichen, rechtlichen und sozio-kulturellen Potentiale und Hindernisse sowie späterem Wissenstransfer wurden in vielen Fällen Partnerschaften mit Forschungsinstituten gebildet.

3.4.2 Handlungsbereiche und Gestaltungsmöglichkeiten

Aus unserer Analyse ergaben sich vier Handlungsbereiche mit verschiedenen Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten für unterschiedliche Akteure, um zu verschiedenen Zeitpunkten in Entwicklungspfade einzugreifen und mit den Einflussfaktoren umzugehen (siehe Abbildung 6). Die Handlungsbereiche adressieren die auftretenden Herausforderungen und Möglichkeiten in den Entwicklungspfaden und dienen dazu, die Machbarkeiten zu gewährleisten. Abbildung 4 zeigt auf, dass sich alle Handlungsbereiche auf alle Machbarkeiten beziehen. Während die Handlungsbereiche 1 und 2 zu Beginn beziehungsweise nach der Installation und Inbetriebnahme umgesetzt werden, werden die Handlungsmöglichkeiten der Handlungsbereiche 3 und 4 fortlaufend durchgeführt.

Die Handlungsmöglichkeiten werden für unterschiedliche Akteure und Rollen differenziert:

- ▶ Akteure der öffentlichen Hand auf Länder- und Bundesebene für Gesetzgebung und (Mit-)Finanzierung;
- ▶ Akteure der öffentlichen Hand auf Kommunalebene für politischen Pioniergeist und lokalpolitische Anbindung;
- ▶ Planer und Betreiber – sowohl öffentliche, zivilgesellschaftliche und marktwirtschaftliche Akteure.

3.4.2.1 Handlungsbereich 1: Innovationsräume öffnen und gestalten

Ziel

Dieser Handlungsbereich zielt darauf ab, die Entwicklung, Installation und Inbetriebnahme einer innovativen Infrastruktorkopplung technisch, finanziell und institutionell zu ermöglichen.

Herausforderungen

Die Entwicklung und Umsetzung von innovativen Infrastruktorkopplungen benötigt Freiräume zur Ideenausarbeitung und zur technischen und institutionellen Umsetzung. Zunächst muss ein Innovationsimpuls vorhanden sein – das heißt, ein Wissen über bestehende Probleme und sich eröffnende Potentiale sowie ein Interesse an der Nutzbarmachung von Möglichkeiten (siehe Abschnitt 3.3.3). Um die Infrastruktorkopplung zu installieren, müssen passende und tragfähige technische Optionen gefunden oder entwickelt werden (siehe Abschnitt 3.3.1). Die Installation einer Infrastruktorkopplung ist kostenintensiv (wobei nicht zwangsläufig mehr als andere Infrastrukturinvestitionen) (siehe Abschnitt 3.3.4). Um die Dienstleistung der Infrastruktorkopplung bereitstellen zu können, muss ihre Rechtmäßigkeit sichergestellt werden – das heißt, es muss sichergestellt werden, dass die Art und Weise auf die eine Dienstleistung zur Verfügung gestellt wird, rechtlich erlaubt ist. Gerade durch den Innovationsgrad einer Infrastruktorkopplung können rechtliche Hürden für die Inbetriebnahme bestehen (siehe Abschnitt 3.3.2).

Handlungsmöglichkeiten

Es bestehen drei wesentliche Handlungsmöglichkeiten, um Innovationsräume zu öffnen und zu gestalten (siehe Abbildungen 4 und 6).

- ▶ **Ideenimpulse für Innovationen schaffen und verbreiten:** Hier geht es darum, dass innovative Ideen aufgegriffen und in gesellschaftlichen und politischen Diskursen verbreitet werden. Beispielsweise kann der Bund zielorientierte Plattformen und Initiativen fördern und ‚Best Practices‘ verbreiten. Planer und Betreiber können Ideenimpulse beobachten und aufgreifen.

- ▶ **Machbarkeitsstudien durchführen:** Um Potentiale und Hürden für bestimmte Innovationsideen zu erkennen, müssen umfassende technische, sozio-kulturelle, wirtschaftliche und rechtliche Machbarkeitsstudien durchgeführt werden. Die Machbarkeitsstudien sollten die Infrastrukturkopplungen und ihre Potentiale langfristig und zukunftsorientiert denken, das heißt, es sollte auch kritisch über die Kriterien für Machbarkeit reflektiert werden (siehe auch Textbox 6 in Abschnitt 3.3.3).
- ▶ **Finanzierung sicherstellen:** Die Entwicklung und Installation innovativer Infrastrukturkopplungen kostet Geld – wie bei anderen Infrastrukturen auch. Es muss also notwendiges Investitionskapital sichergestellt werden und Investitionsanreize geschaffen beziehungsweise genutzt werden.

Diese Handlungsmöglichkeiten können durch verschiedene Akteure auf verschiedene Art und Weise wahrgenommen werden (Tabelle 7; Textbox 11 stellt ein ‚Best Practice‘-Beispiel vor)

Tabelle 7: Handlungsbereich 1: Innovationsräume öffnen und gestalten

Handlungsmöglichkeiten	Beispiel
Akteure der öffentlichen Hand (Bundes- und Landesebene)	
<p>Ideenimpulse für Innovationen verbreiten: Bund und Länder können die Verbreitung von Innovationsideen durch Programme zum Wissenstransfer von ‚best practices‘ oder andere Formen von (zielgruppenorientierten) Plattformen und Initiativen fördern, die auf mögliche Innovationen aufmerksam machen und erste Starthilfen leisten.</p>	<p><u>Positives Beispiel:</u> Im Rahmen des Bundesprogrammes „Schaufenster Elektromobilität“ trug die Baden-Württembergische Landesagentur für Innovation und Brennstoffzellentechnologie (e-mobil BW) die Idee an die Siedlungswerk GmbH heran, Elektromobilität und Wohnen im Rosensteinviertel in Stuttgart zu kombinieren. Die Leitidee wurde in Kooperation ausgearbeitet.</p>
<p>Machbarkeitsstudien unterstützen: Bund und Länder können Studien über die technischen, rechtlichen, wirtschaftlichen und sozio-kulturellen Potentiale und Hindernisse unterstützen.</p>	<p><u>Positives Beispiel:</u> Im Rahmen des Baden-Württembergischen Initialisierungsprogramm zur Förderung von Abwasserwärme erhielten Gemeinden finanzielle Unterstützung für Machbarkeits- und Potentialstudien – diese wurden bis zu 50% mitfinanziert.</p>
<p>Finanzielle Unterstützung bereitstellen: Bund und Länder können durch Förderprogramme (z.B. Investitionsförderungen, Forschungsprogramme) für spezifische Innovationen die Umsetzung einer bestimmten innovativen Infrastrukturkopplung unterstützen (siehe Textbox 7).</p>	<p><u>Positives Beispiel:</u> Im Rahmen der Baden-Württembergischen Förderung von Abwasserwärme zahlt das Land für die Investitionen bis zu 50 Euro/t CO₂-Einsparungen bzw. bis zu 20% der Investitionssumme.</p>
<p>Rechtliche Flexibilität und wettbewerbsfähige Finanzierung gewährleisten: Der Bund und Länder können durch rechtliche Regulierungen und Subventionen beeinflussen, inwieweit eine Infrastrukturkopplung rechtmäßig und wettbewerbsfähig Dienstleistungen bereitstellen kann.</p>	<p><u>Positives Beispiel:</u> Die Vermarktung der Wärme aus den Abwasserwärmeanlagen in Waiblingen und Köln wird durch Gesetze auf Bundes- und Landesebene zur Förderung von Abwasserwärme – insbesondere dem Erneuerbare Wärmegezet (EEWärmeG) – unterstützt. Diese geben nutzerseitige Anreize, Systeme mit regenerativer Energie nachzufragen und verbessern die Vermarktungsmöglichkeiten der Abwasserwärme.</p>

Handlungsmöglichkeiten	Beispiel
	<p><i>Negatives Beispiel:</i> Der derzeitige Stand des EEG schafft viele Planungsunsicherheiten und fördert u.a. nicht Energiespeichersysteme und Wasserstoffproduktion (siehe Textbox 8).</p>
<p>Akteure der öffentlichen Hand (Kommunalebene)</p>	
<p>Innovationen durch politischen Pioniergeist unterstützen: Der Gemeinderat oder die Stadtverwaltungen können die lokale politische und gesellschaftliche Relevanz von Innovationsvorhaben unterstützen, indem sie Nachhaltigkeit und konkrete Lösungen in den stadtpolitischen Diskurs einbringen.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Durch Beratungen mit der Stadt Prenzlau zum lokalen Wärmebedarf konnte ein Prenzlauer Wohngebiet mit einkommensschwachen Haushalten identifiziert werden. Das Hybridkraftwerk in Prenzlau speist die produzierte Wärme in dieses Wohngebiet ein.</p>
<p>Planer und Betreiber</p>	
<p>Innovationspulse und -potentiale beobachten und identifizieren: Planer und Betreiber können sich durch die Verfolgung von und Anbindung an neue Entwicklungen inspirieren lassen und Möglichkeiten für Innovationen und neue Geschäftsfelder entdecken.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Die Idee zur Installation einer Serverabwärmanlage in der Wohnsiedlung in Hamm wurde dadurch geboren, dass Akteure des Immobilienunternehmens von der Technologie in der Zeitung gelesen haben.</p>
<p>Wissen über Hindernisse und Potentiale schaffen: Die Generierung von Wissen über technische, rechtliche, wirtschaftliche, organisatorische und sozio-kulturelle Umstände ermöglicht es Planern und Betreibern, Hindernisse frühzeitig zu erkennen und an lokale Möglichkeiten anzuknüpfen.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> In Vorbereitung für das Rosensteinviertel in Stuttgart wurden umfassende technische, rechtliche, wirtschaftliche und sozio-kulturelle Machbarkeitsstudien in Auftrag gegeben.</p> <p><i>Positives Beispiel:</i> Für die Planungen von Abwasserwärmenutzung in Köln wurde eine Abwasserpotentialkarte erstellt.</p> <p><i>Negatives Beispiel:</i> Das Solardorf in Norderstedt befand sich bereits im Bau, als Schwierigkeiten bezüglich passender technischer Komponenten und Lieferzeiten erkannt wurden.</p>

Textbox 11: Best Practice: Verbreitung und Unterstützung für Abwasserwärmenutzung in Baden-Württemberg

Das Initialisierungsprogramm des Landes Baden-Württemberg zur Förderung von Abwasserwärme konnte zu vielen Projektumsetzungen – aber noch keiner flächendeckenden Umsetzung – führen. Durch dieses Programm erhielten Gemeinden neutrale Gutachter für eine kostenlose Beratung sowie Förderbeiträge für Machbarkeits- und Potentialstudien (um diese bis zu 50% zu finanzieren). Die Gutachter gingen aktiv auf Schlüsselpersonen zu, um diese zu motivieren und informieren, zwischen den unterschiedlichen Interessen der involvierten Akteure (z.B. Baubürgermeister, Bauämter, Zuständige der Kläranlage) zu vermitteln und geeignete Standorte zu suchen. Das Land Baden-Württemberg investiert außerdem bis zu 50 Euro/t CO₂-Einsparungen beziehungsweise bis zu 20% der Investitionssumme für eine Anlage.

3.4.2.2 Handlungsbereich 2: Langfristigen Betrieb organisatorisch und institutionell gewährleisten

Ziel

Dieser Handlungsbereich zielt darauf ab, den Betrieb einer innovativen Infrastruktorkopplung organisatorisch und institutionell zu gewährleisten und gesellschaftliche Akzeptanz und Bereitschaft für die Nutzung der Infrastruktorkopplung zu erzeugen.

Herausforderung

Die organisatorischen Abläufe müssen (langfristig) sichergestellt werden, um die Dienstleistung bereitzustellen. Durch die Kopplung können beispielsweise bei lokalen öffentlichen Akteuren intrasektorale Vernetzungen zwischen Abteilungen notwendig werden (siehe Abschnitt 3.3.2). Der Lebenszyklus einer Infrastruktorkopplung und der Beitrag zu einer Nachhaltigkeitstransformation müssen überwacht und finanziell ermöglicht werden (siehe Abschnitt 3.3.1). Außerdem müssen Nutzer für die Nutzung der Infrastruktorkopplung gewonnen werden. Bei hoher technischer Komplexität und bei hohem (finanziellem) Aufwand in der technischen Umrüstung müssen Nutzer gegebenenfalls unterstützt werden (siehe Abschnitt 3.3.3).

Handlungsmöglichkeiten

Es bestehen drei wesentliche Handlungsmöglichkeiten, um den langfristigen Betrieb einer Infrastruktorkopplung zu gewährleisten (siehe Abbildungen 4 und 6):

- ▶ **Organisatorische Strukturen für langfristigen Betrieb schaffen:** Für die Umsetzung und den langfristigen Betrieb einer Infrastruktorkopplung müssen Strukturen und Vernetzungen geschaffen werden – wie beispielsweise zwischen verschiedenen städtischen Abteilungen oder durch die Festlegung von Monitoringprozessen, Wartungen und Gewinnabgaben.
- ▶ **Nutzern fachgerecht zur Seite stehen:** Vor allem bei hoher Bedienkomplexität müssen Nutzer von Infrastruktorkopplungen durch Information unterstützt werden.
- ▶ **Sichtbarkeit und Attraktivität stärken, um Nutzer und Unterstützung zu gewinnen:** Nutzer können durch unterschiedliche Maßnahmen gewonnen werden – einerseits durch die Verbreitung im gesellschaftlichen Diskurs, durch das Setzen von nutzerseitigen Anreizen oder durch Marketing- und Akquiseaktivitäten. Auch eine breitere gesellschaftliche Verankerung ist wünschenswert – die Infrastruktorkopplung sollte gesellschaftlich unterstützt und akzeptiert werden.

Diese Handlungsmöglichkeiten können durch verschiedene Akteure auf verschiedene Art und Weise wahrgenommen werden (Tabelle 8). Textbox 12 stellt die Ausbaustrategie von Drivy, um die Carsharing-App schrittweise auf dem deutschen Markt einzuführen und das Angebot stetig zu verbessern als ein ‚Best Practice‘-Beispiel vor.

Tabelle 8: Handlungsbereich 2: Handlungsmöglichkeiten, um institutionelle und gesellschaftliche Anbindungspunkte zu gestalten

Handlungsmöglichkeiten	Beispiel
Akteure der öffentlichen Hand (Bundes- und Landesebene)	
<p>Anreize für nutzerseitige Anpassungen bereitstellen: Bund und Länder können die Gewinnung von Nutzern unterstützen, indem sie Anreize für die Nutzung der Infrastruktorkopplung setzen.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Das vom Bundestag 2017 verabschiedete Carsharing-Gesetz macht gewerbliches Carsharing attraktiv durch beispielsweise reservierte Parkplätze und Befreiung von Parkgebühren. Private Carsharing-Fahrzeuge sind allerdings zunächst von der Regelung ausgeschlossen.</p>

Handlungsmöglichkeiten	Beispiel
<p>Die Innovation öffentlichkeitswirksam unterstützen: Bund und Länder können die breitere gesellschaftliche Akzeptanz und Nutzung erhöhen, indem sie sich öffentlichkeitswirksam für eine Innovation einsetzen.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Bei der Multi-Energie-Tankstelle H2BER und dem Hybridkraftwerk in Prenzlau kam es zu medienwirksamer Grundsteinlegung durch die Teilnahme von Bundes- beziehungsweise Landespolitikerinnen und -politikern. Medienpräsenz und die gezeigte politische Unterstützung ist wichtig für die Innovationen, um Sichtbarkeit und Relevanz zu erhöhen.</p>
Akteure der öffentlichen Hand (Kommunalebene)	
<p>Die Anpassung von organisatorischen Strukturen und Prozessen politisch unterstützen: Der Gemeinderat oder die Stadtverwaltungen können den langfristigen Betrieb unterstützen, indem sie bestehende Kosten-Nutzen-Rechnungen anpassen, dass Finanzierungsmodelle mit langfristigen Rentabilitätsrechnungen möglich sind.</p>	<p><i>Negatives Beispiel:</i> Jährliche Gewinnabgabestrukturen zwischen den Stadtwerken und der Stadt können langfristigen Kosten-Nutzen-Rechnungen erschweren.</p>
<p>Die Innovation öffentlichkeitswirksam unterstützen: Der Gemeinderat oder Stadtverwaltungen können die breitere gesellschaftliche Akzeptanz und Nutzung erhöhen, indem sie sich öffentlichkeitswirksam für eine Innovation einsetzen.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Lokalpolitische Akteure nahmen an der Grundsteinlegung der Serverabwärmanlage in Hamm teil, worüber auch in lokalen Zeitungen berichtet wurde.</p>
Planer und Betreiber	
<p>Infrastrukturoption in organisatorische Strukturen umsetzen: Planer und Betreiber können durch die Übersetzung der neuen Abläufe, Schnittstellen sowie Monitoring- und Lernprozesse in organisatorische Strukturen die tägliche und langfristige Bereitstellung der Dienstleistung einer Infrastrukturoption langfristig gewährleisten.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Die Wartung der Serverabwärmanlage in Hamm wird von dem Bereitsteller der Serverkapazität und Serverschränke unternommen. <i>Positives Beispiel:</i> Die Abwasserwärmanlagen in Waiblingen führte zu neuen organisatorischen Strukturen zwischen den Stadtwerken und der Stadtentwässerung. Durch diese wird beispielsweise die Abnahme und Rückführung des Abwassers durch die Stadtwerke an die Kläranlage geregelt.</p>
<p>Bei Bedienkomplexität Nutzern fachgerecht zur Seite stehen: Betreiber müssen Nutzer unterstützen, wenn die sachgerechte Bedienung einer Infrastrukturoption Herausforderungen darstellt.</p>	<p><i>Negatives Beispiel:</i> Beim VPS Allgäu führte der Bedarf von nutzerseitigen Änderungen (z.B. Installation von Smart Metern) einschließlich der notwendigen Bedienkenntnisse zu geringerer nutzerseitiger Akzeptanz und zu Fehlern in der Bedienung.</p>
<p>Sichtbarkeit der Infrastrukturoption, um Nutzer zu gewinnen: Planer und Betreiber können durch (zielgruppengerechte) Akquise- und Marketingstrategien Nutzer für die Dienstleistung gewinnen.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Drivy bediente sich umfassender Marketingstrategien, um die angebotene Option für privates Carsharing in Städten sichtbar zu machen und einen Netzwerkeffekt zu erzielen.</p>

Textbox 12: Best Practice: Marketing und Ausweitung ‚step-by-step‘ für den deutschlandweiten Ausbau der Carsharing-App Drivy

Drivy musste sich umfassender Marketingstrategien bedienen, um die App für privates Carsharing in Deutschland bekannt zu machen und Nutzer zu gewinnen. Hierzu war ein Netzwerkeffekt notwendig – es mussten möglichst schnell genügend Nutzerinnen und Nutzer der App (sowohl Vermieterinnen und Vermieter als auch Mieterinnen und Mieter) gewonnen werden, um den Vermittlungsdienst attraktiv zu machen. Für die Expansion innerhalb Deutschlands stand Drivy für jede einzelne Stadt beziehungsweise Region erneut vor der Herausforderung, ausreichend Angebot und Nachfrage zu generieren um den Vermittlungsdienst attraktiv zu machen.

Der Kernstrategie beruhte darauf, dass Drivy von Stadt zu Stadt vorgegangen ist, um die (begrenzten) Marketinggelder konzentriert einzusetzen. Wenn ausreichend Nutzerinnen und Nutzer in einer Stadt gewonnen wurden, wurde in einer anderen Stadt fortgesetzt. Aus strategischen Gründen wählte Drivy Berlin als den Standort für seinen Markteintritt in Deutschland (vor allem aufgrund der sozio-kulturellen Bedingungen und Nachfrage nach Carsharing). Die fehlende Bekanntheit des Carsharing-Konzepts in bestimmten Regionen stellte ein Hemmnis für die deutschlandweite Expansion dar, da der Markteinstieg dort mit einem höheren, kostenintensiveren Marketingaufwand verbunden war. Unterstützend für die Marketingaktivitäten waren die finanziellen Mittel aus den Finanzierungsrunden der Kapitalgeber.

Die Marketingaktivitäten umfassten vor allem die Nutzung der sozialen Medien. Drivy nutzte hierzu einen eigenen Blog sowie vor allem Facebook und Twitter. Die sozialen Medien wurden beispielsweise dazu verwendet, um zu Launch Parties (in Hamburg und München) einzuladen. Diese Aktivitäten wurden auch mit Instrumenten wie Werbepostern und Flyern und Gutscheinen kombiniert: Wer Plakate auf öffentlichen Plätzen abfotografierte und über Twitter, Instagram oder Facebook verbreitete, erhielt einen Gutschein über 25 Euro für den Vermittlungsdienst. Als Anreiz zur Kundengewinnung nach dem Launch in Berlin wurden Gutscheine über 15 Euro für die erste Fahrt mit Drivy verteilt. Ähnlich wurde auch die neue Drivy Open Technologie für die ersten 100 Autobesitzerinnen und -besitzer kostenlos für sechs Monate angeboten. Darüber hinaus gab es im Sommer 2016 eine deutschlandweite TV-Kampagne.

Um die Attraktivität von Drivy weiter zu verbessern und mehr Kundinnen und Kunden zu gewinnen, hat Drivy außerdem seine Technologie und sein Angebot weiterentwickelt. Drivy entwickelte die Drivy Open Technologie, welche es durch eine im Auto platzierter Telematik-Box ermöglicht das Auto per Smartphone zu öffnen. Außerdem führte Drivy den mobilen Mietvertrag per App ein; diese ermöglicht es den Nutzerinnen und Nutzern, den Mietvertrag über das Smartphone auszufüllen und zu unterschreiben. Der mobile Mietvertrag und Drivy Open vereinfachen den Anmietungsprozess der privaten Fahrzeuge: Fahrzeuge können über Drivy angemietet werden, ohne dass sich Mieter und Vermieter für die Übergabe treffen müssen. Es ergeben sich mehr Zeitfenster und Möglichkeiten, um ein Auto über Drivy zu mieten. Außerdem hat Drivy im Mai 2015 das Unternehmen Autonetzer, eine bestehende Peer-to-Peer Carsharing Plattform in Deutschland und Drivy's größter Konkurrent auf dem deutschen Markt, aufgekauft. Im Juni 2015 wurden die Profile der Autonetzer-Nutzer in das System von Drivy überführt, wodurch die bei Drivy verfügbare private Autoflotte und die Zahl der angemeldeten potentiellen Mieterinnen und Mieter stark angestiegen sind – und damit auch die Attraktivität der Plattform für Nutzerinnen und Nutzer und Zahl der Autovermietungen, da erheblich mehr Autos verfügbar sind.

3.4.2.3 Handlungsbereich 3: Langfristige und integrative Rahmensetzung für Synergieeffekte nutzen und gestalten

Ziel

Dieser Handlungsbereich zielt darauf ab, die Infrastrukturkopplung im gesellschaftspolitischen Kontext einer Nachhaltigkeitstransformation zu positionieren. Dies ermöglicht es den Beitrag der Infra-

strukturkopplung zu einer Nachhaltigkeitstransformation zu verorten, Synergien und Zielkonflikte offenzulegen und die Infrastruktorkopplung kritisch zu reflektieren. Außerdem ermöglicht es politischen Akteuren im Rahmen breiterer Veränderungsprozesse Investitionen und Gesetzgebund langfristig und integrativ zu gestalten.

Herausforderung

Der angestrebte und erzielte Beitrag von innovativen Infrastruktorkopplungen zu Nachhaltigkeitstransformationen bedarf kritischer Reflektion in der konkreten Umsetzung einer Kopplung sowie in der politischen Förderung. Der Beitrag einer innovativen Infrastruktorkopplung bezieht sich oftmals lediglich auf Teilbereiche bestehender Regimes – es können gleichzeitig Teile eines Regimes hinterfragt und andere Teile optimiert oder gestärkt werden (siehe auch Abschnitt 3.5). Zudem bedarf die Planung und Umsetzung von innovativen Infrastruktorkopplungen neue – insbesondere langfristige und integrative – Zielsetzungen. Beispielsweise ist die gegenwärtige Gesetzgebung um die Energiewende noch nicht ausreichend umfassend und integrativ, um die Energiewende mit allen nötigen Komponenten voranzutreiben und es scheinen Dissonanzen zwischen verschiedenen Leitbildern (zum Beispiel zentraler oder dezentraler Ausbau von Erneuerbaren Energien zu bestehen (siehe Abschnitt 3.3.2 und Textboxen 8 und 15). Zudem ist der Beitrag einer Infrastruktorkopplung zu einer Nachhaltigkeitstransformation durch den weiteren technischen und physischen Kontext begrenzt, wenn dieser nicht die notwendigen Potentiale bereitstellt oder sogar gegenläufig der Beiträge der Infrastruktorkopplung wirkt. Eine integrativere Zielsetzung ermöglicht es, verschiedene Entwicklungen im Zusammenhang zu betrachten und Investitionen entsprechend zu leiten.

Handlungsmöglichkeiten

Es bestehen zwei wesentliche Handlungsmöglichkeiten, um langfristige und integrative Rahmensetzung für Synergieeffekte zu nutzen und zu gestalten (siehe Abbildungen 4 und 6):

- ▶ **Innovation innerhalb von langfristigen und integrativen Rahmen positionieren:** Für die strategische Entwicklung innovativer Infrastruktorkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential bedarf es langfristiger Zielsetzungen – sowohl innerhalb von Unternehmen als auch auf politischen Ebenen – um Innovationen zu verorten und strategisch zu fördern.
- ▶ **Synergien von Infrastruktorkopplungen und Beitrag zu Nachhaltigkeitsveränderungen offenlegen:** Wenn bekannt ist, welche Synergieeffekte zwischen verschiedenen Infrastrukturen auftreten, können diese durch integrative und langfristige Planungen mobilisiert werden. Beispielsweise bestehen mögliche Synergien zwischen privatem Carsharing und öffentlichem Nahverkehr für intermodulare und nachhaltige Mobilität.

Diese Handlungsmöglichkeiten können durch verschiedene Akteure auf verschiedene Art und Weise wahrgenommen werden (Tabelle 9). Textbox 13 stellt ein ‚Best Practice‘-Beispiel vor: Das VPS Allgäu basierte auf der langfristigen Zielsetzung der Allgäuer Überlandwerk GmbH zu nachhaltiger Energieversorgung in der Region beizutragen. Hierdurch konnten innovative Strategien und Vorhaben entwickelt werden.

Tabelle 9: Handlungsbereich 3: Langfristige und integrative Rahmensetzung für Synergieeffekte nutzen und gestalten

Handlungsmöglichkeiten	Beispiel
Akteure der öffentlichen Hand (Bundes- und Landesebene)	
<p>Langfristige und integrative Nachhaltigkeitsziele und -strategien formulieren und Innovationen positionieren: Bund und Länder können langfristige und integrative Zielsetzungen und Rahmen formulieren, um Infrastruktorkopplungen innerhalb breiterer, erwünschter gesellschaftlicher Veränderungen zu positionieren und zu fördern.</p> <p>Synergien offenlegen und nutzbar machen und Zielkonflikte vermeiden: Bund und Länder können durch die Positionierung einer Infrastruktorkopplung im breiteren Kontext von Nachhaltigkeitsveränderungen Synergien und Zielkonflikte mit anderen Nachhaltigkeitszielen und Systemelementen offenlegen, nutzbar machen bzw. vermeiden.</p>	<p><i>Positives/negatives Beispiel:</i> Die Energiewende ist ein zentrales politisches Ziel, um den Ausbau von Erneuerbaren Energien zu fördern – auch wenn noch Abstimmung bezüglich unterschiedlicher Leitideen und konkreter Förderinstrumente besteht und mögliche Zukunftstechnologien wie Energiespeicher oder Wasserstoff noch nicht ausreichend gefördert werden (siehe Textbox 8).</p> <p><i>Positives Beispiel:</i> Der Vermittlungsdienst Drivy für privates Carsharing hat das Potential, auch alternative Antriebe sowie multimodales Mobilitätsverhalten zu fördern. Für Anbieterinnen und Anbieter könnte der Besitz eines Elektroautos durch dessen Vermietung über Drivy zum Teil mitfinanziert werden.</p> <p><i>Negatives Beispiel:</i> Bei der Abwasserwärmeanlage in Köln kann sich die Mietrechtsnovelle hemmend auf weitere Abwasserwärmenutzung auswirken. Durch die Novelle darf bei der Sanierung der Energieanlage der Energiepreis nach der Sanierung nicht höher sein als davor, sodass die höheren Kosten bei der Nutzung von Abwasserwärme nicht einfach auf die Mietkosten umgelegt werden können und dadurch Investitionen in Abwärmenutzung nicht ermutigt werden.</p>
Akteure der öffentlichen Hand (Kommunalebene)	
<p>Langfristige und integrative Nachhaltigkeitsziele und -strategien formulieren und Innovationen positionieren: Der Gemeinderat oder Stadtverwaltungen können langfristige und integrative Zielsetzungen und Strategien formulieren, um Infrastruktorkopplungen innerhalb breiterer, erwünschter gesellschaftlicher Veränderungen zu positionieren und zu fördern.</p> <p>Synergien offenlegen und nutzbar machen und Zielkonflikte vermeiden: Der Gemeinderat oder Stadtverwaltungen können durch die Positionierung einer Infrastruktorkopplung im breiteren Kontext von Nachhaltigkeitsveränderungen Synergien und Zielkonflikte mit anderen Nachhaltigkeitszielen und Systemelementen offenlegen, nutzbar machen bzw. vermeiden.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Die Positionierung der Abwasserwärmeanlage in Waiblingen innerhalb von lokalen politischen Nachhaltigkeitszielen erhöhte die Relevanz der Anlage in der Stadt und somit politischen Modernisierungswillen.</p> <p><i>Positives Beispiel:</i> Die Entwicklung eines nachhaltigen Rosensteinviertels in Stuttgart wurde politisch initiiert im Rahmen der Umbaumaßnahmen zu Stuttgart 21.</p> <p><i>Negatives Beispiel:</i> Um Abwasserwärme effizienter zu nutzen müssen auch energetische Sanierungen auf der Nutzerseite mitgedacht werden – beispielsweise geht noch viel Wärme durch veraltete Gebäude verloren.</p>

Handlungsmöglichkeiten	Beispiel
<p>Planer und Betreiber</p>	
<p>Langfristige und integrative Nachhaltigkeitsziele und -strategien formulieren und Innovationen positionieren: Planer und Betreiber können langfristige und integrative Zielsetzungen und Strategien formulieren um Infrastrukturkopplungen innerhalb breiterer, erwünschter gesellschaftlicher Veränderungen zu entwickeln.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Das AÜW, der größte Energieversorger im deutschen Alpenraum und zentral am VPS Allgäu beteiligt, hat sich bis 2020 das Ziel gesetzt, eine Vorreiterrolle innerhalb der Energiewirtschaft in seinem Wirkungsbereich als innovationskräftiger Energieversorger einzunehmen und die Generation erneuerbarer Energie systematisch auszubauen.</p>
<p>Synergien offenlegen und nutzbar machen und Zielkonflikte vermeiden: Planer und Betreiber können durch die Positionierung einer Infrastrukturkopplung im breiteren Kontext von Nachhaltigkeitsveränderungen Synergien und Zielkonflikte mit anderen Nachhaltigkeitszielen und Systemelementen offenlegen, nutzbar machen bzw. vermeiden.</p>	<p><i>Negatives Beispiel:</i> Privates Carsharing durch Drivy hat das Potential, sich mit ÖPV zu ergänzen. Das Unternehmen Drivy sucht allerdings keine Verbindungen zu politischen Akteuren oder Verwaltungsakteuren, wodurch dieses Potential verloren geht. Beispielsweise ist privates Carsharing im ländlichen Raum nicht verbreitet, was auch an den schlechten öffentlichen Verkehrsnetzen liegt.</p>

Textbox 13: Best Practice: Langfristige Unternehmenszielsetzung der Allgäuer Überlandwerk GmbH treibt Innovationsvorhaben

Die Allgäuer Überlandwerk GmbH (AÜW), der größte Energieversorger im Allgäu, hat sich bis 2020 das Ziel gesetzt, eine Vorreiterrolle innerhalb der Energiewirtschaft in seinem Wirkungsbereich als innovationskräftiger Energieversorger einzunehmen und die Generation erneuerbarer Energie systematisch auszubauen. Auch die Kundenorientierung des Unternehmens sollte durch ein ausgeweitetes Angebot und mehr Transparenz, zugeschnitten auf die (teilweise speziellen) Ansprüche der lokalen Bevölkerung, erweitert werden. Im Jahr 2007 setzte man sich daher das Ziel, neue Stromkonzepte zu erarbeiten und zu testen. Das europäische INTERREG Forschungsprojekt AlpEnergy, in dessen Rahmen das VPS Allgäu entwickelt wurde, war eines von mehreren Forschungsprojekten, an denen sich die AÜW in diesem Zusammenhang seit 2007 beteiligt hat. Im Rahmen seiner Zielsetzungen und anschließend an den Ergebnissen von AlpEnergy wurden weitere Forschungsvorhaben initialisiert, beispielsweise zur Integration von Erneuerbarer Energien und Elektromobilität und Smart Home.

3.4.2.4 Handlungsbereich 4: Kooperationen und Interessenvermittlung fördern

Ziel

Dieser Handlungsbereich zielt darauf ab, Kooperation und Koordination zwischen allen an Planung, Installation, Finanzierung, Betrieb und Nutzung einer Infrastrukturkopplung beteiligten Akteuren zu ermöglichen und zu stärken. Durch Netzwerke und Kooperationsstrukturen kann Wissen ausgetauscht, Ressourcen zusammengelegt und zwischen unterschiedlichen Interessen vermittelt werden. Außerdem wird durch unterschiedliche Netzwerke und Plattformen Wissen über bestimmte Infrastrukturkopplungen in den breiteren gesellschaftlichen Diskurs eingebracht.

Herausforderung

In den Entwicklungspfaden innovativer Infrastrukturkopplungen kommen unterschiedliche Akteure zusammen – mit unterschiedlichen Interessen, Ressourcen und Anliegen. Einerseits ermöglicht dies einen Austausch von Wissen und die Zusammenlegung von Ressourcen für die Planung und Finanzierung einer Infrastrukturkopplung. Andererseits bedarf dies einer Koordinierung und Vermittlung zwischen unterschiedlichen Ressorts und Akteuren, da verschiedene Interessen, Ressourcen und Anliegen

zu Konflikten führen können (siehe Textbox 4 in Abschnitt 3.3.2). Dies bedeutet einen erhöhten Koordinierungsaufwand. Dieser wird insbesondere bei Infrastruktorkopplungen notwendig, da oftmals verschiedene Fachbereiche (wie zum Beispiel Abwasseraufbereitung und Energieversorgung) zusammenkommen müssen.

Handlungsmöglichkeiten

Es bestehen drei Handlungsmöglichkeiten, um Kooperationen und Interessenvermittlung zu fördern (siehe Abbildungen 4 und 6):

- ▶ **Netzwerke und Plattformen zum Wissensaustausch und -transfer bereitstellen und nutzen:** Es bestehen bereits viel Wissen und viele Erfahrungen zu innovativen Infrastruktorkopplungen – allerdings ist der Austausch zwischen verschiedenen an, teilweise sehr ähnlichen, Innovationen arbeitenden Akteuren oftmals gering. Um Wissen und auch Leitideen miteinander auszutauschen, bedarf es der Förderung und Gestaltung von Netzwerken und Plattformen.
- ▶ **Professionelle und neutrale Interessenvermittlung ermöglichen:** Die Einbindung unterschiedlicher Akteure kann zu Interessenkonflikten führen – diese müssen ernstgenommen werden und es müssen Räume und Möglichkeiten für Interessenvermittlung gesucht beziehungsweise bereitgestellt werden.
- ▶ **Partnerschaften und Kooperationen eingehen:** Verschiedene Akteure sind an der Entwicklung von innovativen Infrastruktorkopplungen beteiligt. Verschiedene Formen von Kooperationen – wie ÖPPs oder Interessengemeinschaften (siehe Abschnitt 3.4.1) können dazu beitragen, dass eine ausreichende Finanzierungsbasis gefunden wird, auf unterschiedliches Wissen zurückgegriffen werden kann und dass Abnehmer gefunden werden können.

Diese Handlungsmöglichkeiten können durch verschiedene Akteure auf verschiedene Art und Weise wahrgenommen werden (Tabelle 10). Textbox 14 stellt die gemeinsame Entwicklung und Verbreitung des Konzeptes zu Wohnen und Elektromobilität des Rosensteinviertels als ‚Best Practice‘-Beispiel vor.

Tabelle 10: Handlungsbereich 4: Handlungsmöglichkeiten um Netzwerke zu bilden und Interessenvermittlung zu fördern.

Handlungsmöglichkeiten	Beispiel
Akteure der öffentlichen Hand (Bundes- und Landesebene)	
<p>Netzwerke fördern und Plattformen bereitstellen: Bund und Länder können Netzwerken und Plattformen, in denen Akteure (z.B. aus der Wissenschaft und Praxis, von Bund und Kommunen) zusammenkommen und Wissen austauschen können, bereitstellen und fördern, um Kooperationen zu fördern und Innovationsimpulse zu geben.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Die Strategieplattform Power-to-Gas der halbstaatlichen dena ermöglicht es, Wissen zu Windwasserstoff zu bündeln.</p>
<p>Aktivitäten zum Wissenstransfer unternehmen und unterstützen: Bund und Länder können Wissenstransfer von konkreten Pilotprojekten unterstützen. Diese Aktivitäten bedürfen oftmals viel Zeit- und Energieaufwand. Einerseits kann selbst aktiv Wissenstransfer betrieben werden, andererseits können Ressourcen für Wissenstransfer verfügbar gemacht werden.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Im EU CELSIUS-Projekt in Köln war der Transfer der Erfahrungen zwischen Städten Bestandteil des Projektes. Es besteht ein vielfältiges Angebot zum Wissenstransfer – beispielsweise ein Wiki. Es wurde gelernt, dass es beim Transfer auch darauf ankommt, die Erfolgsfaktoren bzw. Hindernisse einer Realisierung zu thematisieren und die jeweiligen Umsetzungskontexte zu berücksichtigen. Allerdings stehen für die Aktivitäten nur wenig Zeit</p>

Handlungsmöglichkeiten	Beispiel
<p>Interessenvermittlung unterstützen: Wenn es zu Konflikten zwischen unterschiedlichen Akteuren und Interessen kommt, können der Bund und Länder durch eine (relativ) neutrale sowie sachgemäße Mediation helfen.</p>	<p>und Ressourcen zur Verfügung und sie werden nach Projektende vermutlich beendet.</p> <p><i>Positives Beispiel:</i> Das Rosensteinviertel in Stuttgart soll als Vorbild dienen für weitere Projekte des Siedlungswerkes und anderen Wohnquartierkonzepten in ganz Deutschland. Die Erkenntnisse aus dem Rosensteinviertel werden weiter durch Vorträge des Siedlungswerkes und von e-mobil BW in verschiedensten Veranstaltungen für andere Unternehmen zugänglich gemacht.</p> <p><i>Positives Beispiel:</i> Beim Solardorf in Norderstedt hat auf Anfrage von den Bauherren/zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohnern das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume durch eine Prüfung der Rechtmäßigkeit der Projekteentwickler interveniert. Es wurde über die rechtliche Einstufung als privates Netz/Kundenanlage oder als öffentliches Verteilernetz auch unter Rücksprache mit der Bundesnetzagentur verhandelt.</p>
<p>Akteure der öffentlichen Hand (Kommunalebene)</p>	
<p>Kooperationen mit Planern und Betreibern eingehen: Der lokale Gemeinderat oder Stadtverwaltungen können auf Planer und Betreiber zugehen und Verbindungen zwischen Schlüsselakteuren herstellen, um gemeinsam Innovationsideen auszuarbeiten.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Die Abwasserwärmeanlage in Waiblingen wurde vom städtischen Gemeinderat initialisiert – dieser ist auf die Stadtwerke zugegangen und hat Verbindungen zwischen Stadtwerken und Stadtentwässerung hergestellt.</p>
<p>Planer und Betreiber</p>	
<p>Partnerschaftliche Kooperationen gründen: Planer und Betreiber sollten darauf achten, dass alle Akteure, welche an der Infrastruktorkopplung beteiligt bzw. von ihr betroffen sind oder zu der Umsetzung beitragen können, bekannt sind, sowie dass Kooperationen gebildet und Interessen berücksichtigt werden.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Das VPS Allgäu wurde zusammen von der Allgäuer Überlandwerk GmbH (AÜW) und der B.A.U.M. Consulting Group GmbH umgesetzt. Es wurde außerdem ein regionaler Beirat eingebunden bestehend aus regionalen Unternehmen (Energieexperten, Vertreterinnen und Vertreter aus Kommunen und der Tourismus-Branche). Der regionale Beirat sollte die anstehende technische Innovation und sämtliche Inhalte des Pilotversuchs branchenübergreifend regional und überregional in der Öffentlichkeit vorstellen und bewerben.</p> <p><i>Positives Beispiel:</i> Die ENERTRAG AG bildete im Laufe der Umsetzung des Hybridkraftwerks in Prenzlau neue Kooperationsbeziehungen, welche die Bildung von neuen Nischen im Bereich der Gas- und Treibstoffversorgung ermöglichten und den Windgas-Markt sichern.</p>

Handlungsmöglichkeiten	Beispiel
<p>Neutrale Interessenvermittlung sicherstellen: Planer und Betreiber müssen mit Interessenkonflikten konstruktiv umgehen und eine neutrale Interessenvermittlung sicherstellen.</p>	<p><i>Negatives Beispiel:</i> Beim Solardorf in Norderstedt traten Interessenkonflikte zwischen Akteuren aus der Wirtschaft, Politik/Verwaltung und Zivilgesellschaft (Bauherren) auf. Baudezernent und erster Stadtrat Bosse agierte zunächst als Vermittler zwischen der Stadt, Entwickler und den zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohnern. Im weiteren Verlauf verhandelte dieser jedoch zunehmend mit eigenen Partikularinteressen. Es gab verhärtete Fronten. Eine Ursache war das Fehlen von Machbarkeitsstudien.</p>
<p>An Plattformen zum Wissensaustausch teilnehmen und aktiven Wissenstransfer betreiben: Planer und Betreiber können sich aktiv in Plattformen zum Wissens- und Erfahrungsaustausch beteiligen, um gemeinsam zu lernen und Innovationen zu verbreiten. Sie können das aus ihren Projekten Gelernte in den gesellschaftlichen Diskurs einbringen – z.B. in Fachzeitschriften, Online-Plattformen oder auf Tagungen.</p>	<p><i>Positives Beispiel:</i> Die ENERTRAG AG engagiert sich auf der Strategieplattform Power-to-Gas (der halbstaatlichen dena) und in der Initiative „performing energy“, um Wissen zu Windwasserstoff zu bündeln.</p> <p><i>Positives Beispiel:</i> Während und nach Abschluss des Feldversuches zum VPS Allgäu wurde der Versuch ausgewertet. Die Auswertung zeigte, dass die Umsetzung des Pilotversuches von verschiedenen technischen Problemen begleitet wurde und es wurde über Kundenpräferenzen – wie eine Bevorzugung einfacher Systeme – gelernt. Die an dem VPS Allgäu involvierten Partner haben ausgehend von den Ergebnissen außerdem weitere Forschungsvorhaben angestoßen.</p>

Textbox 14: Best Practice: Kooperative Erarbeitung der Leitidee und Maßnahmen zum Wissenstransfer für das Rosensteinviertel in Stuttgart

Das Rosensteinviertel in Stuttgart wurde zwar hauptsächlich von der Siedlungswerk GmbH initialisiert, umgesetzt und verwaltet, allerdings wurde die Leitidee zur Integration von Elektromobilität und Wohnen zusammen mit der Baden-Württembergischen Landesagentur für Innovation und Brennstoffzellentechnologie (e-mobil BW) ausgearbeitet. Das Siedlungswerk ist eine Immobiliengesellschaft, welche in Städten in Baden-Württemberg Wohnbauvorhaben realisiert, verwaltet, und verkauft. Das Siedlungswerk war der zentrale organisatorische Akteur. Es übernahm die Bauherrschaft und (größtenteils) die Finanzierung für die Umsetzung der Infrastruktorkopplung. Im Rahmen des Bundesprogrammes „Schaufenster Elektromobilität“ trug e-mobil BW die Idee, Elektromobilität und Wohnen zu kombinieren, an die Siedlungswerk GmbH heran, welche bereits das Wohnbauvorhaben im Rosensteinviertel plante. Das Siedlungswerk war generell an neuartigen Nachhaltigkeitskonzepten interessiert und dementsprechend bereit, in Kollaboration mit e-mobil BW herauszufinden, inwieweit es praktikabel ist, Elektromobilität in Wohnquartiere zu integrieren. Die gewonnenen Erkenntnisse des Bauvorhabens sollten Vorbild für weitere Projekte des Siedlungswerks wie auch für andere Wohnbauprojekten in ganz Deutschland sein. Die Erkenntnisse aus dem Rosensteinviertel werden durch Vorträge des Siedlungswerkes und von e-mobil BW in verschiedensten Veranstaltungen für andere Unternehmen zugänglich gemacht.

Das Siedlungswerk kooperierte außerdem mit dem etablierten Carsharing Anbieter Stadtmobil, um sowohl Expertise als auch Kunden für das Carsharing-Angebot zu gewinnen. Seit April 2016 stellt der Carsharing Anbieter ‚Stadtmobil‘ zwei elektrisch betriebene Autos bereit. Die Autos wurden durch das Siedlungswerk (mit finanzieller Unterstützung durch LivingLab) finanziert und an Stadtmobil übergeben. Als Eigentümer der Autos ist Stadtmobil durch einen Sponsoringvertrag verpflichtet, die Autos

vier Jahre an dem Standort (das heißt die Wohnanlage) zu halten. Falls es Defekte gibt, muss Stadtmobil für Ersatz sorgen. Die Autos werden sowohl den Anwohnerinnen und Anwohnern der Wohnanlage, als auch Kunden von Stadtmobil zur Verfügung stehen, wobei die Wohnungseigentümerinnen und -eigentümer in dem Wohnbauquartier gewisse Privilegien durch Stadtmobil bekommen: So wird die Aufnahmegebühr bei Stadtmobil erlassen, keine Grundgebühr für sechs Monate erhoben und zehn Freistunden pro Wohneinheit zur Verfügung gestellt.

3.5 So what? Beitrag der Infrastruktorkopplungen zu Nachhaltigkeitstransformationen

Der Fokus der Studie liegt auf innovativen Infrastruktorkopplungen, denen das Potential zugeschrieben wurde zu grundlegenden Veränderungen in Richtung Nachhaltigkeit – das heißt einer Nachhaltigkeitstransformation – beizutragen. Wir reflektieren über die erzielten Beiträge der Infrastruktorkopplungen zu Nachhaltigkeitstransformationen, um sowohl diese Grundannahme kritisch zu hinterfragen als auch zu konkretisieren, um welche Beiträge es sich handelt. Die erzielten Beiträge wurden auch im Zusammenhang mit den Entwicklungspfaden betrachtet – das heißt, ob bestimmte Beiträge beispielsweise aufgrund von Umsetzungshürden nicht erzielt werden konnten.

Beiträge zu Nachhaltigkeit

Der Beitrag der Infrastruktorkopplungen zu Nachhaltigkeit spiegelt sich in deren Leistungsfähigkeit, sozialer und ökonomischer Verträglichkeit, im Ressourcenverbrauch und Umweltwirkungen sowie in der Versorgungssicherheit wider (siehe Abschnitt 2.2.4):

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Alle Infrastruktorkopplungen sind weitestgehend leistungsfähig, das heißt, sie können die geplanten Dienstleistungen bereitstellen. Beispielsweise können die Abwasserwärmeanlagen in Waiblingen und Köln und die Serverabwärmeanlage in Hamm die lokal vorhandene und nachhaltige Energie von Abwasserwärme beziehungsweise Serverwärme verfügbar machen. In einigen Fällen konnten (Teile der) Dienstleistungen (noch) nicht wie geplant verfügbar gemacht werden. Dies weist auf Herausforderungen im Entwicklungspfad. Beispielsweise konnten aufgrund von fehlenden technischen Verfügbarkeiten, Regulierungen oder Interessenkonflikten die Leitideen nicht wie geplant umgesetzt werden. Beispielsweise konnte im Solardorf in Norderstedt das geplante Smart Grid nicht umgesetzt werden. Die Multi-Energie-Tankstelle H2BER musste im Entwicklungspfad mit mehreren sich ändernden Umständen umgehen (z.B. Ausfall des Windparks, Nicht-Eröffnung des BER Flughafens), weshalb das Umsetzungskonzept mehrfach angepasst werden musste. Zum Beispiel kann die Tankstelle aufgrund von rechtlichen Hürden nicht Wasserstoff als Treibstoff zur Verfügung stellen.
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Die meisten Infrastruktorkopplungen können ihre Dienstleistung nutzerfreundlich sowie bezahlbar zugänglich machen. Bei einigen Infrastruktorkopplungen deutet sich ein finanzieller und technischer Mehraufwand für Nutzerinnen und Nutzer an. Beispielsweise liegen im Fall des Solardorfes in Norderstedt die Investitionen für die PV-Anlagen und Speicher auf der Seite der jeweiligen Grundstückseigentümer, was in einem erheblichen Mehraufwand und finanzieller Belastung für Kunden resultiert. Grundsätzlich stellt sich in diesem Fall die Frage, ob aufgrund der hohen Kosten (auch einschließlich der Grundstückskosten) das Solardorf nur für Bewohnerinnen und Bewohner mit überdurchschnittlichem Einkommen zugänglich ist. Die Multi-Energie-Tankstelle H2BER basiert auf einer Umrüstung auf wasserstoffbetriebene Fahrzeuge. Diese ist, als auch die Wasserstoffnutzung als Energiespeicher, kostenintensiv.
- ▶ **Ressourcenverbrauch und Umweltwirkungen:** Alle Infrastruktorkopplungen tragen zu Ressourceneffizienz und Klimaschutz bei. Die Vielzahl der Fälle ist ausgerichtet auf nachhaltige Energieversorgung und -verbrauch durch die Erschließung neuer Energiequellen (zum Beispiel Abwasserwärme, Serverwärme, Wasserstoff) und dezentraler Energieerzeugung sowie Energiespeicherung und intelligente Netze für verbesserte Regelfähigkeit von Erneuerbaren

Energien. Diese Beiträge konnten im Großteil der Fälle durch die Umsetzung erreicht werden. Die Wirkungen der Carsharing-App Drivy sind indirekter als bei den anderen Fallbeispielen und weniger erforscht. Positive Wirkungen auf Ressourceneffizienz entstehen durch die Nutzung von bestehenden Ressourcen (Privatautos). Positive Wirkungen auf Klimaschutz können sich unter anderem durch einen geringeren Autokauf und einer größeren Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln und dem Rad ergeben. Allerdings kann es auch zu mehr Fahrten insgesamt kommen, wenn Personen, die sonst keinen Zugang zu Autos haben, diese vermehrt verwenden.

- ▶ **Versorgungssicherheit:** Es sind nur wenige Informationen zu der Versorgungssicherheit bezüglich der Dienstleistungen vorhanden. Grundsätzlich scheinen bei keinem der Fallbeispiele größere Probleme mit einer sicheren und flexiblen Bereitstellung der Dienstleistungen aufzutreten. Beispielsweise treten im Fall der Serverabwärmeanlage in Hamm zwar vereinzelt Wartungsarbeiten auf, diese können aber ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden. Im Fall der Carsharing-App Drivy ist die Versorgungssicherheit insbesondere durch die Verfügbarkeit von Privatautos auf der Internetplattform gegeben. Allerdings ist die Versorgungssicherheit begrenzt in Gebieten, in denen privates Carsharing wenig verbreitet ist. Die Technik selbst weist eine geringe Störanfälligkeit auf, und im Falle von Server-Ausfällen kommen Backup-Systeme zum Einsatz. Darüber hinaus stärken viele der Infrastruktorkopplungen lokale Eigenenergieversorgung – beispielsweise durch die Nutzung lokal verfügbarer Energiequellen wie Abwasserwärme und Serverwärme oder eine Stärkung von lokaler und dezentraler Energieproduktion und -verteilung wie im VPS Allgäu. So wird eine größere Unabhängigkeit von Ressourcen erreicht.

Transformatives Potential und transformative Wirkung: Welche Veränderungen werden angestoßen?

Das transformative Potential und die transformative Wirkung einer Infrastruktorkopplung zeigen sich darin, welche Aspekte des bestehenden Regimes (zum Beispiel Nutzerverhalten, technische Elemente, organisatorische und Marktstrukturen) durch sie in Frage gestellt, verändert und ersetzt werden (können). In unserer Studie sind transformative Potential und Wirkung explizit mit dem Nachhaltigkeitsgedanken gekoppelt. Das heißt es wurde im Zusammenhang mit den Nachhaltigkeitsbeiträgen danach gefragt, inwieweit die Veränderungen im Regime (neue) nachhaltige Elemente unterstützen beziehungsweise nicht-nachhaltige Elemente im Regime hinterfragen, ersetzen oder auch bestätigen.

Die Infrastruktorkopplungen stellen bestehende Regimes auf verschiedene Weisen in Frage:

- ▶ **Alternative und nachhaltig(er)e Produktionswege und Nutzerverhalten erschließen:** Die meisten Infrastruktorkopplungen zielen auf veränderte Produktionswege, Nutzerverhalten und Organisationsformen ab, um Teile des bestehenden, insbesondere auf fossilen Energieträgern basierenden, Regimes zu ersetzen. Dies bezieht sich beispielsweise auf Kopplungen, die neue Energiequellen erschließen, um das bestehende fossile Energieregime zu ersetzen. Sie tragen so auch zu einer veränderten Nutzung von Ressourcen (zum Beispiel Abwasser, Serverwärme, Wasserstoff) bei. Fälle mit Bezug zu Mobilität stellen bestehende Antriebe in Frage und entwickeln Alternativen für eine CO₂-arme Mobilität (Wasserstoff-Treibstoff, Elektromobilität). Bei einigen Fällen wird Nutzerverhalten verändert – dies beinhaltet beispielsweise neue Nutzererwartungen und -präferenzen (zum Beispiel privates Carsharing, Wasserstoff-Treibstoff) und veränderte Nutzungspraktiken (zum Beispiel Nutzung von Strom zu Spitzenzeiten). Einige Infrastruktorkopplungen stellen die organisatorischen Strukturen von Energieproduktion und -verbrauch in Frage: Im Rosensteinviertel in Stuttgart und im Solar Dorf in Norderstedt ging es um die Förderung einer Dezentralisierung der Energieinfrastruktur und somit der Förderung von Energieautarkie und Prosumer-Strukturen auf lokaler Ebene.
- ▶ **Alternative und nachhaltig(er)e Produktionswege und Nutzerverhalten stärken:** Einige Infrastruktorkopplungen fokussieren darauf, bereits bestehende nachhaltige Alternativen zu

stärken. Dies umfasst vor allem Infrastrukturkopplungen, die auf eine Stärkung der Regelfähigkeit und Versorgungssicherheit von Erneuerbaren Energien (als bestehende Alternativen) durch intelligente Vernetzung von dezentralen Energieerzeugern und -verbrauchern (VPS Allgäu) beziehungsweise durch Energiespeichertechnologien (Wasserstoff) abzielen.

Durch die Infrastrukturkopplungen kam es zu verschiedenen Veränderungen in bestehenden Regimes. Durch diese Veränderungen wurden das transformative Potential und die potentiellen Nachhaltigkeitsbeiträge in transformative Wirkungen übersetzt.

- ▶ **Neue technische Strukturen:** In allen Fallbeispielen wurden neue technische Strukturen installiert, um die Infrastrukturkopplung umzusetzen und die Dienstleistung bereitzustellen. Die neuen oder angepassten technischen Strukturen ermöglichen beziehungsweise stärken die nachhaltig(e)re Bereitstellung von Dienstleistungen (im Sinne von alternativen und nachhaltigen Produktionswegen und Nutzerverhalten). Die Infrastrukturkopplungen unterscheiden sich im Grad der Veränderung der technischen Strukturen: Die Abwasserwärmeanlagen bauen im Wesentlichen an bestehenden technischen Strukturen (zum Beispiel Kläranlage) an, während das VPS Allgäu an neuen technischen Strukturen zur erneuerbaren und dezentralen Energieversorgung anschließt.
- ▶ **Neue organisatorische und institutionelle Strukturen:** Um die Bereitstellung der Dienstleistung und Funktionsweise der Infrastrukturkopplungen sicherzustellen, wurden organisatorische und institutionelle Strukturen angepasst oder neu geschaffen. Beispielsweise wurde im Fall der Carsharing-App Drivy ein neues Versicherungsmodell für privates Carsharing aufgesetzt.
- ▶ **Neue Marktstrukturen und Geschäftsfelder für die Bereitstellung nachhaltiger Dienstleistungen:** Durch die Bereitstellung der Dienstleistungen können neue Geschäftsfelder erschlossen werden – wie die Vermarktung einer neu erschlossenen Energiequelle. Die Carsharing-App Drivy eröffnet nicht nur eine neue Einkommensquelle für Unternehmen, sondern auch für Privatpersonen, die ihre Autos vermieten.
- ▶ **Neue Kollaborationen und Partnerschaften:** Eine Vielzahl von neuen oder verfestigten Kollaborationen und Partnerschaften resultieren oft in langfristigeren gemeinsamen Zielsetzungen und weiteren Forschungs- und Entwicklungsvorhaben.
- ▶ **Neues Wissen über Möglichkeiten für nachhaltige Infrastrukturen:** Die in der Umsetzung von innovativen Infrastrukturkopplungen gemachten Erfahrungen resultieren in eine Vielzahl von Lerneffekten über technische, institutionelle, sozio-kulturelle und wirtschaftliche Hindernisse und Potentiale bezüglich einer bestimmten Infrastrukturkopplung sowie für die Prozessgestaltung von innovativen Infrastrukturkopplungen.
- ▶ **Neues und nachhaltigeres Nutzerverhalten:** Verändertes Nutzerverhalten umfasst neue Nutzererwartungen und -präferenzen (zum Beispiel privates Carsharing, intermodulare Mobilität, Wasserstoff-Treibstoff) und veränderte Nutzungspraktiken (zum Beispiel Nutzung von Strom zu Spitzenzeiten). Hier zeigten sich Herausforderungen bezüglich sozio-kultureller Einflussfaktoren. So besteht derzeit eine geringe Nachfrage nach Wasserstoff als Treibstoff. Dies liegt unter anderem an der viel stärkeren Gewichtung von Elektromobilität in gesellschaftlichen und politischen Diskursen sowie der teuren Umrüstung von Autos. Beim VPS Allgäu hat sich gezeigt, dass Nutzerinnen und Nutzer eher auf Preissignale reagieren als auf Informationen zu Stromspitzen – das heißt, sie schalten stromintensive Geräte zu Spitzenzeiten eher ab, wenn sie informiert werden, dass dies günstiger ist.

Vor dem Hintergrund der Frage, inwieweit diese Veränderungen zu größerer Nachhaltigkeit beitragen, wird deutlich, dass die Infrastrukturkopplungen meist nur einzelne Teile eines bestehenden, nicht-nachhaltigen Regimes in Frage stellen, und andere bestärken oder optimieren. Beispielsweise ermöglichen einige Fallbeispiele zwar alternative Antriebe für nachhaltigere Mobilität (zum Beispiel Wasserstoff, Elektrizität), allerdings werden weder Autobesitz noch Autofahren als solches hinterfragt. Drivy

hinterfragt zwar den Besitz von privaten Fahrzeugen, stellt jedoch keinen Bezug zu nachhaltigeren Antrieben her. Dies macht deutlich, dass einzelne Infrastruktorkopplungen zwar Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen leisten können, diese jedoch hinsichtlich ihres tatsächlichen transformativen Potentials kritisch hinterfragt werden müssen. Beispielsweise kann Elektromobilität einen wichtigen Meilenstein in Richtung nachhaltiger Mobilität darstellen. Wenn Autofahren als solches reduziert werden soll, sind allerdings weitere Maßnahmen notwendig. Dies hängt auch mit bestehenden Leitbildern zusammen, die in politischen und gesellschaftlichen Diskursen vorherrschen. Diese sind nicht immer miteinander vereinbar, was zu Fehlanreizen und -investitionen führen kann (siehe Textbox 15).

Textbox 15: Die Rolle von innovativen Infrastruktorkopplungen in der Energiewende und in breiteren Nachhaltigkeitsveränderungen

Einzelne Infrastruktorkopplungen können Bausteine für breitere Nachhaltigkeitsveränderungen und insbesondere für die Energiewende darstellen. Beispielsweise können Wasserstoffkraftwerke zu einer klimaneutralen Energieversorgung beitragen und eine Speichermöglichkeiten für Erneuerbare Energien darstellen. Um innovative Infrastruktorkopplungen mit positiven Umweltwirkungen zu fördern, ist es notwendig, dass die Nachhaltigkeitsbeiträge kritisch reflektiert werden und die Leitbilder für einzelne Kopplungen mit anderen Leitbildern abgeglichen und übereingestimmt werden. Beispielsweise ist bisher unklar, ob die Energiewende durch eine eher zentrale oder eher dezentrale Umsetzung (oder durch eine Kombination davon) erreicht werden soll. Basierend auf langfristigen und integrativen Leitbildern müssen verschärfte und integrativere politische Rahmenbedingungen formuliert werden. Vor allem die Finanzierung, wettbewerbsfähige Preisbildung und profitable Geschäftsmodelle von Infrastruktorkopplungen stellen Herausforderungen dar. Leitbilder für Nachhaltigkeitstransformationen sollen Experimentierräume jedoch nicht einengen, sondern vielmehr breiteres und diverseres Experimentieren ermöglichen. Auch stehen sie nicht fest, sondern werden im Laufe einer Transformation immer wieder kritisch hinterfragt und angepasst.

Herausforderungen: Unter welchen Umständen werden die Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen (nicht) erzielt?

Verschiedene Faktoren und Dynamiken in den Entwicklungspfaden können die Beiträge der Infrastruktorkopplungen zu einer Nachhaltigkeitstransformation (in Bezug auf die ursprüngliche Leitidee) vermindern. Dies liegt oft daran, dass im Laufe der Entwicklungspfade Anpassungen in den Leitideen und entsprechenden Umsetzungskonzepten vorgenommen werden mussten, da die technische, institutionelle, gesellschaftliche und/oder wirtschaftliche Machbarkeit nicht gegeben war.

Herausforderungen traten insbesondere bei Infrastruktorkopplungen, welche als experimentelle Nischen umgesetzt wurden, sowie bei Infrastruktorkopplungen mit Bezug zu E-Mobilität auf. Dies liegt daran, dass institutionelle und rechtliche Bedingungen nicht ausreichend gegeben waren – wie im Fall von H2BER – oder dass Technologien noch nicht ausgereift waren. Vor allem das Solardorf in Norderstedt wurde abweichend von der ursprünglichen Leitidee umgesetzt, was an sowohl institutionellen als auch technischen Hürden lag. Dieses Beispiel wirft aufgrund seiner hohen Kosten für die zivilgesellschaftlichen Bauherren auch die Frage nach der sozialen Gerechtigkeit von innovativen Infrastruktorkopplungen auf (siehe Textbox 16).

Die folgenden Einflussfaktoren haben Anpassungen bewirkt beziehungsweise mindern die Beiträge von Infrastruktorkopplungen zu Nachhaltigkeitstransformationen – diese entsprechen auch den genannten Herausforderungen in den Handlungsbereichen und werden durch die Handlungsmöglichkeiten adressiert (siehe Abschnitt 3.4.2):

- **Technische Verfügbarkeit:** Die Verfügbarkeit der notwendigen technischen Komponenten und lokale technische Begebenheiten geben Einschränkungen bezüglich dessen vor, was umgesetzt werden kann. Beispielsweise konnte im Solardorf in Norderstedt die intelligente Steuerung dezentraler Stromerzeuger nicht umgesetzt werden und somit Primärenergie nicht wie geplant eingespart werden.

- ▶ **Regulierungen und marktwirtschaftliche Strukturen:** Regulierungen und marktwirtschaftliche Strukturen wirken sich auf die (langfristige) preisliche Wettbewerbsfähigkeit der Infrastrukturkopplungen aus und ob diese rechtmäßig Dienstleistungen bereitstellen kann. Beispielsweise setzen gegenwärtige rechtliche Rahmenbedingungen keine beziehungsweise gegenläufige Anreize und hinderliche Gesetze für die Power-to-Gas Technologie und den Ausbau der Windgasproduktion.
- ▶ **Lokale technische Bedingungen:** Die lokalen technischen Möglichkeiten können den Beitrag der Infrastrukturkopplung begrenzen. Beispielsweise ist der Beitrag der Carsharing-App Drivy zu intermodularer Mobilität auch abhängig von der Verfügbarkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln. Diese sind insbesondere im ländlichen Raum begrenzter.
- ▶ **Nutzerseitige Nachfrage:** Wenn eine Infrastrukturkopplung die Dienstleistung erbringt, diese allerdings nicht genutzt wird, ist ihr Beitrag zu einer Nachhaltigkeitstransformation beeinträchtigt. Beispielsweise hat die Carsharing-App Drivy Schwierigkeiten, sich auf den ländlichen Raum auszuweiten, wo privates Carsharing noch nicht ausreichend bekannt ist. Das Beispiel des VPS Allgäu macht deutlich, dass Passfähigkeit zu bestehenden Routinen und zu Nutzerwissen wichtig ist.
- ▶ **Lebenszyklus der Infrastrukturkopplung:** Im Fall der Abwasserwärmanlage in Waiblingen ist der Beitrag zu Ressourceneffizienz und insbesondere Klimaschutz durch den derzeitigen Modernisierungsbedarf begrenzt, welcher die CO₂-Bilanz und Effizienz der Anlage vermindert.

Diese Herausforderungen – sowohl hinsichtlich der Einflussfaktoren als auch die Gefahr nicht-nachhaltige Pfadabhängigkeiten zu verstärken – unterstreicht die Notwendigkeit für eine systemische und langfristige Perspektive auf gesellschaftliche Nachhaltigkeitstransformationen. Einzelne Infrastrukturkopplungen können zwar Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen leisten, diese müssen jedoch hinsichtlich ihres tatsächlichen transformativen Potentials kritisch hinterfragt werden (Textbox 15, siehe auch Abschnitt 3.4.2.3).

Textbox 16: Die soziale Gerechtigkeit von Infrastrukturkopplungen

Die Entwicklung innovativer Infrastrukturkopplungen muss sich auch mit Fragen nach der sozialen Gerechtigkeit befassen – das heißt, ob und inwieweit die Dienstleistung allen Bevölkerungsgruppen zugänglich ist. Im Fall des Solardorfes in Norderstedt liegen die Investitionen für die PV-Anlagen und Speicher auf der Seite der jeweiligen Bauherren. Das heißt, die zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohnern, welche auch die Nutzerinnen und Nutzer darstellen, stehen vor einem erheblichen Mehraufwand und finanzieller Belastung. Dies wirft die Frage auf, ob das Solardorf nur für Bewohnerinnen und Bewohner mit überdurchschnittlichem Einkommen zugänglich ist.

Innovative Infrastrukturkopplungen können soziale Gerechtigkeit mitdenken. Die Serverabwärmenutzungsanlage in der Wohnsiedlung in Hamm war mit dem Ziel verbunden, bezahlbaren Wohnraum für Familien zu schaffen. Dies war an die Förderung der Wohnanlage durch die NRW Landesbank gebunden. Das Hybridkraftwerk in Prenzlau hatte auch das Ziel die im Kraftwerk produzierte Wärme in ein Wohngebiet mit einkommensschwachen Haushalten einzuspeisen. Ohne ein explizites Ziel zu sein, hat die Carsharing-App Drivy das Potential, dass Autonutzung breiteren Gesellschaftsschichten zugänglich gemacht werden kann.

4 Fazit und Ausblick

Diese Studie trägt zu einem verbesserten Verständnis der Möglichkeiten und Hemmnisse in der Entwicklung von innovativen nachhaltigen Infrastrukturkopplungsprojekten bei. Auf Basis der Entwicklungspfade von neun innovativen Infrastrukturkopplungen aus den Bereichen Energie, Mobilität, Wasser und IKT wurde einerseits ein grundlegendes Verständnis über die Faktoren und Prozesse entwickelt, welche die Neugestaltung von Infrastrukturkopplungen beeinflussen und diese unterstützen oder behindern. Andererseits wurden Handlungsoptionen und Gestaltungsmöglichkeiten für Bund und Länder sowie kommunale und regionale Infrastrukturverantwortliche herausgearbeitet.

Entwicklungspfade systemisch verstehen und gestalten

Diese Studie wurde von einem Analyserahmen geleitet, welcher die Entwicklung von innovativen Infrastrukturkopplungen als systemischen und dynamischen Prozess auffasst, der aus Strukturen besteht – das heißt, Entwicklungspfade sollten in ihrer Gesamtheit von strukturellen Faktoren, Umständen, Dynamiken, Akteuren und Handlungen verstanden werden. Basierend auf dem Analyserahmen wurden die Entwicklungspfade von neun innovativen Infrastrukturkopplungen beschrieben und verglichen. Diese Herangehensweise ermöglicht:

- ▶ **Innovative Infrastrukturkopplungen systemisch verstehen:** Durch den Analyserahmen können innovative Infrastrukturkopplungen innerhalb eines bestimmten Systems und dessen Umstände verortet werden. In diesem Zusammenhang können wesentliche Einflussfaktoren offengelegt werden, die Hindernisse darstellen oder Möglichkeiten eröffnen. Es können außerdem relevante Akteure und deren Rollen und Interessen benannt werden. Dies ermöglicht auch eine Reflektion darüber, wer in den Gestaltungsprozessen involviert sein sollte.
- ▶ **Entwicklungspfade verorten und Machbarkeiten offenlegen:** Durch den fallübergreifenden Vergleich konnten wesentliche Umsetzungsschritte in der Entwicklung, Installation und dem (langfristigen) Betrieb von innovativen Infrastrukturkopplungen identifiziert werden. Hieraus ergaben sich verschiedene Anforderungen an einen erfolgreich verlaufenden Entwicklungspfad – nämlich technische, institutionelle und organisatorische, gesellschaftliche sowie wirtschaftliche Machbarkeitsdimensionen. Eine temporäre Positionierung der einzelnen Machbarkeitsdimensionen im Entwicklungspfad erlaubt zu erkennen, welche Umsetzungsschritte bereits stattfanden, wann und welche Anforderungen (Machbarkeiten) auftreten und was nächste Schritte sein könnten.
- ▶ **Herausforderungen und Möglichkeiten in den einzelnen Machbarkeitsdimensionen erkennen:** Basierend auf dem Analyserahmen können Einflussfaktoren auf die Umsetzungsschritte von innovativen Infrastrukturkopplungen im Zusammenhang mit ihren (zeitlichen) Wirkungen verstanden werden. Hierdurch können Herausforderungen und Möglichkeiten für die Gewährleistung der Machbarkeit sowie entstehende Handlungsmöglichkeiten und -bedarfe identifiziert werden. Es zeigte sich beispielsweise, dass technische Begebenheiten und Entwicklungen vor allem zu Beginn der Entwicklungspfade entscheidend sind und konkrete Umsetzungsmöglichkeiten beeinflussen. Dies bedarf der Schaffung von Wissen um an lokale Potentiale anzuknüpfen beziehungsweise Grenzen des Machbaren frühzeitig zu erkennen.
- ▶ **Einflussnehmende Akteure und Rollen identifizieren:** Die Studie benennt verschiedene Akteure, welche verschiedene Rollen innerhalb von Entwicklungspfaden innovativer Infrastrukturkopplungen einnehmen. Hierdurch wird verdeutlicht, welche Verantwortlichkeiten unterschiedliche Akteure tragen können, um Entwicklungspfade zu unterstützen. Wichtige Rollen beziehen sich auf Planung, Installation und Betrieb; Finanzierung; gesetzliche und institutionelle Rahmensetzung; Forschungsunterstützung; und Nutzung. Das Einnehmen von Rollen durch bestimmte Akteure beeinflusst, welche Interessen und Ressourcen leitend sind. Es ermöglicht außerdem die Identifizierung von Akteuren, welche noch nicht in den Entwicklungs-

pfaden involviert sind, aber involviert werden sollten oder könnten (zum Beispiel zivilgesellschaftliche Akteure). Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass vor allem marktwirtschaftliche Akteure, welche ein Interesse an der Erprobung neuer und nachhaltiger Technologien und an der Erschließung neuer Marktpotentiale haben, bei den meisten Entwicklungspfaden maßgeblich beteiligt waren. In der Zukunft sollten vor allem die Rollen von kommunalen Akteuren, insbesondere der Stadtwerke, sowie des Bundes weiter konkretisiert werden. Die Stadtwerke können durch ihren öffentlichen Auftrag, Dienstleistungen bereitzustellen, wesentliche Beiträge zu der Entwicklung innovativer Infrastruktorkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential leisten. Der Bund sollte seine verfügbaren ‚harten‘ und ‚weichen‘ Instrumente einsetzen, um solche Innovationsvorhaben zu unterstützen. Auch Netzwerke und Plattformen bedürfen größerer Aufmerksamkeit; sie unterstützen Planungsarbeiten, schaffen eine Finanzierungsbasis und tragen zu Wissensaustausch bei.

- ▶ **Handlungsoptionen aufzeigen:** Diese Studie benennt vier Handlungsbereiche mit verschiedenen Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten für Akteure der öffentlichen Hand auf kommunaler, Länder- und Bundesebene und für Planer und Betreiber von Infrastruktorkopplungen. Die Handlungsbereiche adressieren unterschiedliche Herausforderungen und Möglichkeiten in den Entwicklungspfaden und dienen dazu, die Anforderungen erfolgreich zu meistern, das heißt die Machbarkeit in allen Dimensionen zu gewährleisten. Sie zeigen zahlreiche Möglichkeiten für Akteure auf um in die Entwicklung, Installation und dem langfristigen Betrieb von Infrastruktorkopplungen einzugreifen und diese zu unterstützen.
- ▶ **Reflektion über einen Beitrag zu Nachhaltigkeitstransformationen:** Diese Studie hinterfragt, inwieweit die Leitidee einer Infrastruktorkopplung zu Transformationen in Richtung Nachhaltigkeit beiträgt, wie die Leitidee im breiteren gesellschaftspolitischen Kontext verortet ist und welche Synergieeffekte oder Zielkonflikte sich ergeben können. Sie zeigt außerdem auf, welche Faktoren und Entscheidungen diesen Beitrag beeinflussen können. Beispielsweise wurde erkannt, dass vor allem experimentelle Nischen größere Schwierigkeiten haben, ihre ursprünglichen Leitideen umzusetzen – sie bedürfen längerer Forschungs- und Entwicklungsprozesse um die Technologie zu erarbeiten und stehen in größeren Konflikten mit bestehenden institutionellen und organisatorischen Strukturen.

Ausblick: Was muss noch gelernt werden?

Aus den Ergebnissen dieser Studie sowie dem methodischen Vorgehen ergeben sich weitere Forschungsfragen zum Verständnis (und der Unterstützung) von innovativen Infrastruktorkopplungen und deren Rolle in Transformationsprozessen:

- ▶ **Was sind sektorspezifische Eigenschaften in Entwicklungspfaden von innovativen Infrastruktorkopplungen?** Die Breite der Fallstudien erlaubte Erkenntnisse über die Innovation von Infrastruktorkopplungen in verschiedenen Sektoren. Auch wenn beim Quervergleich auf Gemeinsamkeiten, Unterschiede und fallspezifische Merkmale geachtet wurde, haben diese aggregierten Ergebnisse den Nachteil, dass Eigenheiten von einzelnen Kopplungen (wie beispielsweise im Mobilitätssektor) verloren gehen. Im Allgemeinen ist die Generalisierbarkeit der Ergebnisse durch die Möglichkeiten der Datensammlung (durch zum Beispiel Interviews) eingeschränkt.
- ▶ **Welche Rolle spielt der Aspekt der Kopplung von Infrastrukturen?** Diese Studie hat sich auf die Kopplung von Infrastrukturen konzentriert. Es wurde allerdings nicht explizit herausgestellt, wie der Aspekt der Kopplung sich im Vergleich zu sektoralen Infrastrukturen auf unter anderem Machbarkeiten, Einflussfaktoren, Handlungen und Nachhaltigkeitsbeiträge auswirkt.
- ▶ **Wie können innovative Infrastruktorkopplungen weitere Verbreitung finden?** Die Entwicklungspfade beschreiben zum großen Teil die Entwicklung einzelner Infrastruktorkopplungen als Nischeninnovationen. Diese werden zwar auch im breiteren gesellschaftlichen Kontext

betrachtet – beispielsweise inwieweit es sich um eine experimentelle Nische oder um eine Umsetzungsnische handelt. Einige Entwicklungspfade weisen auch auf eine weitere Verbreitung der Nischeninnovation durch Ausweitung und Übertragung sowie Wissenstransfer. Die Fälle sind aber weitestgehend Nischen geblieben, wodurch die Frage aufgeworfen wird, wie leistungsfähige und erstrebenswerte Infrastrukturinnovationen weitere Verbreitung finden können.

- ▶ **Welche Rolle spielen gesellschaftliche Nachfrageveränderungen, nutzerseitige Verhaltensänderungen und Nutzereinbindung in der Entwicklung innovativer Infrastruktorkopplungen?** Die meisten betrachteten Infrastruktorkopplungen beziehen sich auf weitestgehend technische Innovationen. Dahingehend stellt sich einerseits die Frage, ob eine Nachhaltigkeitstransformation weitreichendere Infrastrukturinnovationen erforderlich sind, welche bestehende Nutzererwartungen und -routinen hinterfragen und verändern. Andererseits wurde erkannt, dass die Infrastruktorkopplungen, welche Nutzerrouinen hinterfragen und verändern, vermehrt auf breitere gesellschaftliche Nachfrageveränderungen und Kommunikation mit Nutzerinnen und Nutzern (durch zum Beispiel Marketing, Bereitstellung von Wissen) angewiesen sind. Gleichzeitig fand kaum Nutzereinbindung in den Entwicklungspfaden statt.

Quellenverzeichnis

- Adil, A.M. und Ko, Y. (2016): Socio-technical evolution of Decentralized Energy Systems: A critical review and implications for urban planning and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57: 1025-1037. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.079>.
- Avelino, F., Grin, J., Pel, B. und Jhagroe, S. (2016): The politics of sustainability transitions. *Journal of Environmental Policy and Planning*, 18(5): 557-567. <http://dx.doi.org/10.1080/1523908X.2016.1216782>
- Avelino, F. und Wittmayer, J.M. (2015): Shifting Power Relations in Sustainability Transitions: A Multi-actor Perspective. *J. Environ. Policy Plan.* 1–22. doi:10.1080/1523908X.2015.1112259.
- Bartel, R. (2012): Heizkraftwerk Kläranlage Waiblingen: Abwasserwärmenutzung mit Tradition. In: Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz beim Deutschen Institut für Urbanistik (Eds.): Klimaschutz & Abwasserbehandlung. Praxisbeispiele zum Klimaschutz, Köln: 52–62. edoc.difu.de/edoc.php?id=WLEO4SIY. Accessed: 10.11.2016.
- Berkhout, F., Verbong, G., Wieczorek, A.J., Raven, R., Lebel, L. und Bai, X. (2010): Sustainability Experiments in Asia: Innovations Shaping Alternative Development Pathways? *Environmental Science and Policy*. 13: 261-71. doi:10.1016/j.envsci.2010.03.010.
- Bauknecht, D., Brohmann, B. und Griebhammer, R. (2015): Transformationsstrategien und Models of Change für nachhaltigen gesellschaftlichen Wandel: Gesellschaftlicher Wandel als Mehrebenenansatz. Bericht des AP2, Dessau-Roßlau: Bundesumweltamt.
- Bos J.J. und Brown, R.R. (2012): Governance experimentation and factors of success in socio-technical transitions in the urban water sector. *Technological Forecasting and Social Change* 79(7):1340-1353.
- BPB, Bundeszentrale für politische Bildung (2009): Geschichte der deutschen Umweltpolitik. <http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/dossier-umwelt/61136/geschichte?p=all>. Accessed: 30.10.2016.
- Brand, U., Giese, B., von Gleich, A., Gößling-Reisemann, S., Petschow, U., Schnülle, C. und Thier P. (2016): Resystra - Zusammenfassung der Projektergebnisse für Abschluss-Workshop, 15./16.09.2016, Bremen. Bremen: Universität Bremen. www.resystra.de. Letzter Zugriff: 04.01.2017.
- Brown, H. (2014): Next Generation Infrastructures. Principles for Post-Industrial Public Works. Island Press, Washington, DC.
- Bulkeley, H., Castán Broto, V. und Maassen, A. (2014): Low-carbon Transitions and the Reconfiguration of Urban Infrastructure. *Urban Studies*, 51(7): 1471-1486.
- Castán Broto, V. und Dewberry, E. (2016): Economic crisis and social learning for the provision of public services in two Spanish municipalities. *Journal of Cleaner Production*, 112: 3018-3027.
- Collier, D. (1993): The Comparative Method. In: Finifter, A.W. (Hrsg.): *Political Science: The State of the Discipline II*. Washington, D.C.: American Political Science Association: 105-119.
- De Haan, J. und Rotmans, J. (2011): Patterns in transitions: Understanding complex chains of change. *Technol. Forecast. Soc. Change* 78, 90-102. doi:10.1016/j.techfore.2010.10.008.
- Della Porta, D. (2008): Comparative analysis: case-oriented versus variable-oriented research. In: della Porta, D. und Keating, M. (Hrsg.). *Approaches and methodologies in the social sciences. A pluralist perspective*. Cambridge: Cambridge University Press: 198-222.
- Deutscher Bundestag (2008): Gesetz zur Förderung Erneuerbare Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG). In: BGBl., S. 1658. https://www.gesetze-im-internet.de/eew_rmeg/BJNR165800008.html. Accessed: 10.11.2016.
- Diaz-Sarachaga, J.M., Jato-Espino, D., Alsulami, B. und Castro-Fresno, D. (2016): Evaluation of existing sustainable infrastructure rating systems for their application in developing countries. *Ecological Indicators*, 71: 491-502. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.033>
- Easterling, K. (2014): *Extrastatecraft: The Power of Infrastructure Space*. Verso: London.
- Eisenhardt, K.M. und Graebner, M.E. (2007): Theory building from cases: opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50(1): 25-32.
- Felipe, A., Pineda, V. und Jørgensen, U. (2016) Creating Copenhagen's Metro - On the role of protected spaces in arenas of development. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 18: 201-214. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2015.05.002>.

- Fernández-Sánchez, G. und Rodríguez-López, F. (2010): A methodology to identify sustainability indicators in construction project management—Application to infrastructure projects in Spain. *Ecological Indicators*, 10(6): 1193-1201. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.04.009>
- Findeisen W. und Quade, E.S. (1985): The Methodology of Systems Analysis: An Introduction and Overview. In: Miser H.J. und Quade E.S. (Hrsg.) *Handbook of Systems Analysis: Overview of Uses, Procedures, Applications, and Practice*. New York: Elsevier Science Ltd.: 117-149.
- Fischer, L.-B. und Newig, J. (2016) Importance of actors and agency in sustainability transitions: a systematic exploration of the literature. *Sustainability* 8, 476.
- Frantzeskaki, N. und de Haan, H. (2009): Transitions: Two steps from theory to policy. *Futures*, 41(9):593-606.
- Frantzeskaki, N. und Loorbach, D. (2010): Towards governing infrasystem transitions: Reinforcing lock-in or facilitating change? *Technol. Forecast. Soc. Change*, Issue includes a Special Section on "Infrastructures and Transitions" 77, 1292–1301. doi:10.1016/j.techfore.2010.05.004.
- Frantzeskaki, N., Loorbach, D. und Meadowcroft, J. (2012): Governing societal transitions to sustainability. *International Journal of Sustainable Development*, 15(1): 19-36.
- Geels, F.W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Res. Policy* 31, 1257–1274. doi:10.1016/S0048-7333(02)00062-8.
- Geels, F.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). *Technol. Anal. Strateg. Manag.* 17, 445–476. doi:10.1080/09537320500357319.
- Geels, F.W. und Schot, J. (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36: 399-417.
- Giddens, A. (1979): *Central Problems in Social Theory. Action, Structure, and Contradiction in Social Analysis*. Berkeley und Los Angeles. University of California Press.
- Goodrick, D. (2014): Comparative case studies. *Methodological Briefs: Impact Evaluation* 9, UNICEF Office of Research, Florence.
- Göpel, M. (2014): *Navigating a New Agenda. Questions and Answers on Paradigm Shifts and Transformational Change*. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energy GmbH.
- Grießhammer, R. und Brohmann, B. (2015): *Wie Transformationen und gesellschaftliche Innovationen gelingen können. UFOPLAN-Vorhaben Transformationsstrategien und Models of Change für nachhaltigen gesellschaftlichen Wandel*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/wie-transformationen-gesellschaftliche-innovationen>. Accessed: 01.03.2016.
- Grin, J., Rotmans, J. und Schot, J. (2010): *Transitions to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*. New York/Oxford: Routledge.
- Guy, S., Marvin, S., Medd, W. und Moss, T. (2012): *Shaping Urban Infrastructures: Intermediaries and the Governance of Socio-Technical Networks*. Routledge: London.
- Hermans, L. (2010) Actor Analysis, in: Enserink, B., Hermans, L., Kwakkel, J., Thissen, W., Koppenjan, J., Bots, P. (Eds.), *Policy Analysis of Multi-Actor Systems*, 79-108.
- Hernández-Palacio, F. (2017): A transition to a denser and more sustainable city: Factors and actors in Trondheim, Norway. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. 22: 50-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2016.06.002>.
- Hirschnitz-Garbers, M.; Hinzmann, M.; Langsdorf, S.; Walther, J.; Olfert, A.; Schiller, G.; Brunnow, B.; Hölscher, K. und Wittmayer, J.M. (2020): *Erfolgsbedingungen und Prozessbegleitung für eine nachhaltige Umgestaltung von Infrastrukturoptionen. Teilbericht des Vorhabens: „Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“*. Texte 03/2020. Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau.
- Hodson, M. und Marvin, S. (2010): Can Cities shape socio-technical transitions and how would we know if they were? *Research Policy*, 39: 477-485.
- Hodson, M., Marvin, S. und Bulkeley, H. (2013). *The Intermediary Organisation of Low Carbon Cities: A Comparative Analysis of Transitions in Greater London and Greater Manchester*. *Urban Studies*, 50(7): 1403-1422.

- Hölscher, K. und Wittmayer, J. (2018) (Hrsg.): Entwicklungspfade innovativer Infrastrukturkopplungen: Neun Fallstudien. Rotterdam: DRIFT. https://drift.eur.nl/wp-content/uploads/2019/01/TRAFIS_Fallstudien_innovative-Infrastrukturen.pdf
- Hölscher, K. und Wittmayer, J. (2017): Sail close to the wind: developing innovative infrastructure in Germany. <https://drift.eur.nl/developing-innovative-infrastructure-germany/>. Zugriff: 22.11.2017.
- Hölscher, K., Wittmayer, J.M., Maschmeyer, S. und Frantzeskaki, N. (2017): Transition Management als Meta-Governance-Rahmenwerk zur Gestaltung von Nachhaltigkeitstransitionen. Analyse von Governance- Kapazitäten durch Transition-Management- Interventionen in Gent und Montreuil. In: Kleinfeld, R., Hafkesbrink, J., Stuhldreier, J. (Hrsg.). *Innovatives Regionalmanagement im demografischen Wandel*. Springer.
- Hooghe, L. und Marks, G. (2003): *Unraveling the Central State, But How? Types of Multi-Level Governance*. Institute for Advanced Studies, Vienna, Wien.
- Jahn, D. (2013): Die Bedeutung der Fallstudie für die vergleichende Politikwissenschaft. In: Jahn, D.. *Einführung in die vergleichende Politikwissenschaft*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften: 323-339.
- Jonsson, D. (2000): Sustainable Infrasytem Synergies: A Conceptual Framework. *Journal of Urban Technology*, 7(3): 81-104. doi:10.1080/713684136.
- Karaca, F., Raven, P.G., Machell, J. und Camci, F. (2015): A Comparative Analysis Framework for Assessing the Sustainability of a Combined Water and Energy Infrastructure. *Technological Forecasting and Social Change*, 90: 456–68. doi:10.1016/j.techfore.2014.04.008.
- Kivimaa, P., Hilden, M., Huitema, D., Jordan, A. und Newig, J. (2017): Experiments in climate governance - A systematic review of research on energy and built environment transitions. *Journal of Cleaner Production*. In press: 1-13. doi:10.1016/j.jclepro.2017.01.027.
- Kölbl, A. (2014): Waiblingen: Aufbruch in die ökologische Zukunft. Zeitungsverlag Waiblingen, 12. November 2014. <http://www.zvw.de/inhalt.waiblingen-aufbruch-in-die-oekologische-zukunft.c47a8339-f5a0-462b-9734-15927ae3df64.html>. Accessed: 10.11.2016.
- Kristof, K. (2010): *Models of change - Einführung und Verbreitung sozialer Innovationen und gesellschaftlicher Veränderungen in transdisziplinärer Perspektive*. Zürich.
- Kroll, T. und Ehrhardt, H. (2012): *Energie in der modernen Gesellschaft. Zeithistorische Perspektiven*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Loorbach, D., Frantzeskaki, N. und Avelino, F. (2017): Sustainability Transitions Research: Transforming Science and Practice for Societal Change. *Annual Review of Environment and Resources*, 42 (1).
- Loorbach, D., Frantzeskaki, N. und Lijnis Huffenreuter, R. (2015): Transition Management: Taking Stock from Governance Experimentation. *J. Corp. Citizsh*: 48-66. doi:10.9774/GLEAF.4700.2015.ju.00008.
- Loorbach, D., Frantzeskaki, N. und Thissen, W. (2010): Introduction to the special section: Infrastructures and transitions. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 77: 1195–1202. doi:10.1016/j.techfore.2010.06.001.
- Malekpour, S., Brown, R.R. und de Haan, F.J. (2015): Strategic planning of urban infrastructure for environmental sustainability: Understanding the past to intervene for the future. *Cities*. 46: 67-75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.003>.
- Markard, J. (2011): Transformation of Infrastructures: Sector Characteristics and Implications for Fundamental Change. *Journal of Infrastructure Systems*, 17(3): 107-117.
- Markard, J., Raven, R. und Truffer, B. (2012): Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects, *Research Policy*, 41: 955-967.
- McFarlane, C. und Rutherford, J. (2008): Political infrastructures: Governing and experiencing the fabric of the city. *International Journal of Urban and Regional Research*. 32(2): 363-374.
- McPhearson, T., Haase, D., Kabisch, N. und Gren, A. (2016): Advancing understanding of the complex nature of urban systems. *Ecological Indicators*. 70: 566-573.
- Moss, T. (2014): Socio-technical Change and the Politics of Urban Infrastructure: Managing Energy in Berlin between Dictatorship and Democracy. *Urban Studies*, 51(7): 1432-1448.

- Müller, E.A. und Butz, J. (2010): Abwasserwärmenutzung in Deutschland. *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 5: 457–462. doi:10.3242/kae2010.05.002.
- Muno, W. (2009): Fallstudien und die vergleichende Methode. In: Pickel, S., Pickel, G., Lauth, H.-J. und Jahn, D. (Hrsg.). *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften: 113-131.
- Næss, P. und Vogel, N. (2012): Sustainable urban development and the multi-level transition perspective. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 4: 36-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2012.07.001>.
- Neuman, M. (2011): Infrastructure Planning for Sustainable Cities. *Geographica Helvetica*, 66(2): 100-107.
- Olfert, A., Brunnow, B., Schiller, G., Walther, J., Hirschnitz-Garbers, M., Langsdorf, S., Hinzmann, M., Hölscher, K., Wittmayer, J., 2020. Nachhaltigkeitspotenziale innovativer, gekoppelter Infrastrukturen. Teilbericht des Vorhabens: "Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen". Texte 01/2010. Umweltbundesamt, Berlin.
- Pel, B. und Bauler, T. (Hrsg.) (2015): WP5 empirical research guidelines – annex to deliverable D5.2 TRANSIT, TRANSIT: EU SSH.2013.3.2-1 Grant agreement no: 613169.
- Raven, R., van den Bosch, S. und Weterings, R. (2010): Transitions and strategic niche management: towards a competence kit for practitioners. *Int. J. Technology Management*, 51(1): 57-74.
- Raven, R., Schot, J. und Berkhout, F. (2012): Space and scale in socio-technical transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 4: 63–78. doi:10.1016/j.eist.2012.08.001
- Rip, A. und Kemp, R. (1998): Technological change. In: Rayner, S. und Malone, E.L. (Hrsg.). *Human Choice and Climate Change – Resources and Technology*. Columbus: Battelle Press: 327-399.
- Rotmans, J. und Loorbach, D. (2010): Towards a Better Understanding of Transitions and Their Governance: A Systemic and Reflexive Approach, in: Grin, J., Rotmans, J., Schot, J., Geels, F. (Hrsg.), *Transitions to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*, Routledge Studies in Sustainability Transitions. Routledge, New York, NY, pp. 105–220.
- Smith, A., Voß und J.-P., Grin, J. (2010): Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. *Res. Policy* 39, 435–448. doi:10.1016/j.respol.2010.01.023.
- Smith, A. und Raven, R. (2012): What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. *Research Policy*, 41(6): 1025-1036.
- Spiller, M. (2016): Adaptive capacity indicators to assess sustainability of urban water systems – Current application. *Science of The Total Environment*, 569–570: 751-761. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.088>
- Tongur, S. und Engwall, M. (2017): Exploring windows of opportunity dynamics in infrastructure transformation. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 25: 82-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eist.2016.12.003>
- Truffer, B., Störmer, E., Maurer, M. und Ruef, A. (2010): Local strategic planning processes and sustainability transitions in infrastructure sectors. *Environmental Policy and Governance*, 20(4): 258-269.
- Ugwu, O.O., Kumaraswamy, M.M., Wong, A., und Ng, S.T. (2006): Sustainability appraisal in infrastructure projects (SUSAIP). *Automation in Construction*, 15(2): 239-251. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.05.006>
- Van den Brugge, R. (2009): Transition dynamics in social-ecological systems: The case of dutch water management. PHD Dissertation. Erasmus Universiteit, Rotterdam.
- Van Raak, R. (2016): Transition policies. Connecting system dynamics, governance and instruments in an application to Dutch health care. PhD thesis, Erasmus University Rotterdam.
- Wittmayer, J.M., Avelino, F., Dorland, J. Pel, B. und Jørgensen, M.S. (2015): Methodological guidelines Batch 2. TRANSIT Deliverable 4.3. TRANSIT: EU SSH.2013.3.2-1 Grant agreement no: 613169.
- Wittmayer, J.M., Avelino, F., van Steenbergen, F. und Loorbach, D. (2017): Actor roles in transition: insights from sociological perspectives. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 24: 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.10.003>
- Wittmayer, J. und Hölscher, K. (2016): Transformation Research: Goals, Contents, Methods. Workshop Report. (No. Drift 216). DRIFT, Rotterdam.
- Wittmayer, J. und Hölscher, K., (2017): Transformationsforschung – Definitionen, Ansätze, Methoden. Bericht des AP1. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.

Wittmayer, J., van Steenbergen, F., Loorbach, D., Mock, M., Omann, I. und Kirner, B. (2014): Exploring the transformative potential of communities, in: Wittmayer, J., Roorda, C., van Steenbergen, F. (Eds.), *Governing Urban Sustainability Transitions—Inspiring Examples*. DRIFT, Rotterdam, 89–89.

Yin, R.K. (2003): *Case study research: design and methods*. Thousand Oaks, California, Sage Publications.

5 Anhang

Dieser Anhang beschreibt das methodische Vorgehen für die Einzelfallstudien, gibt eine Übersicht über die vergleichende Analyse der Fallbeispiele pro Schritt sowie eine kurze Übersicht über jedes Fallbeispiel. Die interessierten Lesenden werden auf weitere Textstellen und Literatur verwiesen, in denen das Vorgehen und die Analyse ausführlicher dargestellt werden.

- ▶ **Anhang 1:** Methodisches Vorgehen Einzelfallstudien, einschließlich Analyserahmen (Anhang 1.1), Interviewleitfaden (Anhang 1.2) und Interviewpartnerinnen und -partner (Anhang 1.3).
- ▶ **Anhang 2:** Überblick Analysetabellen für den fallübergreifenden Vergleich pro Kategorie des Analyserahmens – Kontextvergleich (Anhang 2.1), Entwicklungsmomente (Anhang 2.2), Einflussfaktoren (Anhang 2.3), Handlungen (Anhang 2.4), Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen (Anhang 2.5).
- ▶ **Anhang 3:** Steckbriefe der einzelnen betrachteten Infrastrukturprojekte.

Anhang 1: Methodisches Vorgehen Einzelfallstudien

Das methodische Vorgehen zu den Einzelfallstudien wird hier überblicksartig dargestellt. Der Analyserahmen für die Einzelfallstudien ist im Detail in Kapitel 2.2 dieses Berichtes beschrieben.

Anhang 1.1: Analyserahmen zur Beschreibung und Analyse von Entwicklungspfaden innovativer Infrastruktorkopplungen

Tabelle 11: Analyserahmen zur Beschreibung und Analyse von Entwicklungspfaden innovativer Infrastruktorkopplungen

Analyseschritt		Analysefragen
Systemanalyse	Systemeingrenzung	<ul style="list-style-type: none"> • Was ist die für die Nischeninnovation relevante geographische Einheit? • Welche Sektoren sind (durch die Kopplung) erfasst? Welche funktionalen Ausrichtungen (Zielsetzungen) sind inbegriffen? • Wann wurde die Idee für die Infrastruktorkopplung formuliert? • Wie verhält sich die Systemeingrenzung zu einer breiteren gesellschaftlichen Transformation?
	Beschreibung der Systembestandteile	<p>Nische</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was war/ist die (explizite und/oder implizite) Leitidee der Infrastruktorkopplung? Wie (und wo) wurde/wird diese konkret umgesetzt? • Was macht diese Infrastruktorkopplung zu einer Nischeninnovation? Worin besteht die Innovation der Infrastruktorkopplung in Hinblick auf das bestehende Regime? • Hat die Infrastruktorkopplung das Ziel oder die Absicht an einer Transformation beizutragen (implizit oder explizit)? • Aus welchem Kontext und von welchen Akteuren ging die Innovation hervor, wurde konkret umgesetzt oder unterstützt? • Was waren/sind weitere relevante Nischeninnovationen innerhalb des Systems, die Bezug zur Infrastruktorkopplung haben? <p>Regime</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was waren/sind relevante dominante physische Aspekte des Systems, z.B. angewandte Technologien, bestehende Infrastrukturen und andere materielle Gegebenheiten?

		<ul style="list-style-type: none"> • Was waren/sind relevante Strukturen der Industrie, des Marktes, der Politik und der Gesellschaft (z.B. Regulierungen, Institutionen, Organisationsformen)? • Was waren/sind relevante dominante sozial-kulturelle Merkmale des Systems, z.B. Wissensbasis, Normen, Werte, Diskurse und gesellschaftliche (Macht-)Verhältnisse? • Was waren/sind relevante Praktiken, z.B. Routinen, tägliche Handlungen? <p>Landschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was waren/sind die für die Nischeninnovation relevanten Akteure, Phänomene, Diskurse, Trends und Entwicklungen im weiteren Kontext außerhalb des betrachteten Systems? • Was waren/sind relevante Rahmenbedingungen auf Ebenen der politischen Entscheidungsfindung, die außerhalb des betrachteten Systems fallen? • Welche der Infrastrukturokopplung vergleichbaren Nischen gab/gibt es außerhalb des/in anderen Systemen?
<p>Beschreibung des Entwicklungspfad</p>	<p>Identifizierung der Entwicklungsmomente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Was waren konkrete Momente bzw. Schritte in der Entwicklung der Infrastrukturokopplung (z.B. Installation physischer Strukturen, Inbetriebnahme, Modernisierung)? • Was waren entscheidende Momente in der Entwicklung der Infrastrukturokopplung, die es in eine bestimmte Richtung beeinflusst haben? (z.B. eine bestimmte Entscheidung oder Ereignis)
<p>Analyse der Veränderungsdynamiken</p>	<p>Beschreibung der Entwicklungsmomente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definition: Aus was besteht dieser Entwicklungsmoment und wann (Datum oder Periode) fand er statt? Was macht ihn zu einem Entwicklungsmoment? Welche Veränderungen fanden statt? • Entstehung: Welche bestimmten Ereignisse, Akteure, Entwicklungen, Umstände, Konditionen, räumliche Gegebenheiten ermöglichten den Entwicklungsmoment? (akteursbezogene Handlungen und systemische Einflussfaktoren) • Herausforderungen: Inwiefern beinhaltete der Entwicklungsmoment Herausforderungen? Um welche Herausforderungen handelte es sich und welche Akteure/Organisationen waren involviert? Wie (wenn überhaupt) wurde die Herausforderung beigelegt?
	<p>Einflussfaktoren und Wirkungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Einflussfaktoren kamen im Laufe des Entwicklungsmomentes zum Tragen? • Was war die Wirkung der Einflussfaktoren (unterstützend und/oder hemmend)? Wodurch war diese Wirkung gekennzeichnet?
	<p>Akteure und Handlungen</p>	<p>Akteure</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wer sind/waren relevante Akteure? • Was sind/waren deren Rollen im Entwicklungspfad der Infrastrukturokopplung /wie beeinflussen sie den Entwicklungspfad und wie verhalten sich diese zueinander? <p>Transformative Handlungen</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Welche Handlungen dienen der Ermöglichung von Innovation und Nischenbildung? Welche Akteure sind an diesen Handlungen beteiligt? Welche Einflussfaktoren werden adressiert? Wo bestehen Herausforderungen? • Welche Handlungen dienen der Anbindung der Innovation an den Kontext? Welche Akteure sind an diesen Handlungen beteiligt? Welche Einflussfaktoren werden adressiert? Wo bestehen Herausforderungen? • Welche Handlungen dienen der Stärkung der Sichtbarkeit der Innovation? Welche Akteure sind an diesen Handlungen beteiligt? Welche Einflussfaktoren werden adressiert? Wo bestehen Herausforderungen? <p>Orchestrierungs-Handlungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welche Handlungen dienen der strategischen Richtungssetzung? Welche Akteure sind an diesen Handlungen beteiligt? Welche Einflussfaktoren werden adressiert? Wo bestehen Herausforderungen? • Welche Handlungen dienen der skalen- und ressortübergreifenden Mediation? Welche Akteure sind an diesen Handlungen beteiligt? Welche Einflussfaktoren werden adressiert? Wo bestehen Herausforderungen? • Welche Handlungen dienen dem Setzen von Rahmenbedingungen? Welche Akteure sind an diesen Handlungen beteiligt? Welche Einflussfaktoren werden adressiert? Wo bestehen Herausforderungen?
<p>Analyse des Beitrages zu einer Nachhaltigkeitstransformation</p>	<p>Nachhaltigkeitsbeitrag</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wie ist der erzielte Nachhaltigkeitsbeitrag der Infrastrukturkopplung hinsichtlich der Kriterien aus TRAFIS AP 1 entlang der vier Teile zu beurteilen: (1) Leistungsfähigkeit der Kopplung (auch in Bezug auf die expliziten und impliziten Zielsetzungen der Akteure), (2) soziale und ökonomische Verträglichkeit, (3) Ressourcenschonung und -effizienz, (4) Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen? • Durch welche Einflussfaktoren wurde der erzielte Nachhaltigkeitsbeitrag geprägt?
	<p>Transformatives Potential und/oder Transformative Wirkung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inwieweit und durch welche Objekte, Ideen oder Aktivitäten der Infrastrukturkopplung wird das Regime in Frage gestellt, d.h. die Legitimität oder Existenz dominanter Strukturen, Kulturen und Praktiken? • Inwieweit und durch welche Objekte, Ideen oder Aktivitäten der Infrastrukturkopplung kann bzw. wurde das Regime verändert, d.h. Teile der dominanten Strukturen, Kulturen und Praktiken? • Inwieweit und durch welche Objekte, Ideen oder Aktivitäten der Infrastrukturkopplung kann bzw. wurde das Regime ersetzt, d.h. (einen) Teil(e) dominanter Strukturen, Kulturen und Praktiken? • Inwieweit und wodurch ist das Transformative Potential und/oder die Transformative Wirkung der Infrastrukturkopplung begrenzt bzw. konnte ihr Potential (noch) nicht weiter umgesetzt werden?

Anhang 1.2: Interviewleitfaden

Ziel des Interviews und Auswahl der Interviewpartner

Pro Fallbeispiel werden zwei qualitative, leitfaden-basierte telefonische Interviews durchgeführt. Die Interviews dienen dazu tiefgreifende Einblicke in die Entwicklungspfade der Infrastruktorkopplung und deren Einfluss auf eine Transformation zu gewinnen. Ein wesentlicher Fokus liegt auf der Identifizierung und Beschreibung der Entwicklungsmomente einer Infrastruktorkopplung. Sie werden auf Basis einer vorhergehenden Literaturanalyse zum Fallbeispiel, einem Entwurf des Entwicklungspfad, der Analyse des Nachhaltigkeitsbeitrages und einer Identifizierung von Wissenslücken durchgeführt.

Interviewdesign

- ▶ Die Interviews sind auf 60-90 Minuten angesetzt.
- ▶ Ein semi-strukturierter Interviewleitfaden beinhaltet Fragestellungen um das Interview zu leiten. Der Interviewleitfaden verbindet die Verwendung offener Fragen zur Erhebung relevanter und kontextspezifischer Details mit einer eng am Analyserahmen orientierten Struktur. Letzteres gewährleistet die Vergleichbarkeit über die Fallstudien hinweg.
- ▶ Die Fragen des Interviewleitfadens werden angepasst an die jeweilige Infrastruktorkopplung. Sie werden während des Interviews paraphrasiert um dem natürlichen Gesprächsverlauf angepasst zu werden.
- ▶ Die Anpassung des Interviewleitfadens basiert auf der vorhergehenden Literaturanalyse, dem Entwurf des Entwicklungspfad, der Analyse des Nachhaltigkeitsbeitrages und weiterer identifizierten Wissenslücken.
- ▶ Das Interview wird unterstützt durch eine – basierend auf der Literaturanalyse – erstellten Tabelle zu den Entwicklungspfad. Diese wird der Interviewpartnerin/dem Interviewpartner während des Interviews zur Verfügung gestellt. Anhand dieser Tabelle kann diese/r auf die Entwicklungsmomente eingehen.
- ▶ Interviews werden nur nach Zustimmung aufgenommen und Interviewaufnahmen werden vertraulich behandelt.
- ▶ Die Interviews werden anschließend zusammengefasst unter Heraushebung von relevanten, direkten Zitaten. Sie werden anschließend durch die Interviewpartnerin/den Interviewpartner freigegeben.
- ▶ Vor dem Interview werden Wissenslücken und Beispiele von Entwicklungsmomenten identifiziert. Die Wissenslücken dienen dazu offene Fragen insbesondere zur Systemanalyse zu schließen. Die Bezeichnung wesentlicher Entwicklungsmomente dient dazu die Interviewpartnerin/den Interviewpartner ggf. zu unterstützen über Beispiele nachzudenken.

Leitfaden

Der Interviewleitfaden (Tabelle 12) orientiert sich an den im Analyserahmen genannten erwünschten Erkenntnisgewinnen. Der Fokus liegt auf Fragen zu den wesentlichen Entwicklungsmomenten, bedeutenden Einflussfaktoren, Entwicklungen und akteursbezogenen Prozessen sowie den Wirkungen der Infrastruktorkopplung.

Tabelle 12: Interviewleitfaden

Fragen	Erkenntnisinteresse
<p>Vorstellung</p> <p>Kurze Einleitung des Forschungsprojektes und des Interviewziels</p> <p>Überblick über die Struktur des Interviews</p> <p>Sicherstellung des Einverständnisses zur Aufnahme des Interviews und Erklärung zur Freigabe, Klärung wie auf das Interview in Veröffentlichungen verwiesen werden kann</p>	

(a) Fragen über die Infrastrukturkopplung

- a.1 Was waren/sind die Hauptziele der Infrastrukturkopplung?
- a.2 Inwieweit war/ist die Infrastrukturkopplung innovativ?
- a.3 Inwieweit war/ist die Infrastrukturkopplung innerhalb breiterer gesellschaftlicher Nachhaltigkeitsentwicklungen positioniert?
- a.4 Wann und wie ist es zu der Infrastrukturkopplung und ihrer Umsetzung gekommen? Welche Ereignisse, Akteure/Initiatoren, Entwicklungen, Umstände, Konditionen, räumliche Gegebenheiten haben daran beigetragen?
- a.5 Wie steht es um die Infrastrukturkopplung heute?
- a.6 Wie war/ist die Struktur der Infrastrukturkopplung (z.B. wie wurde es finanziert, wie wurden Entscheidungen getroffen und von wem)?

Allgemeine Erkenntnisse über die Infrastrukturkopplung, ihre Ziele, Entwicklung und Auswirkung aus Sicht der Interviewpartnerin/des Interviewpartners. Erkenntnisse zur Beschreibung der Nische, Transformatives Potential

(b) Fragen zum Entwicklungspfad und den wesentlichen Entwicklungsmomenten

Dem Interviewpartner den Entwicklungspfad vorlegen:

- b.1. Sind durch diesen Entwicklungspfad alle wesentlichen Entwicklungsmomente der Infrastrukturkopplung abgedeckt?
- b.2 Was waren entscheidende Momente in der Entwicklung der Infrastrukturkopplung, die es in eine bestimmte Richtung beeinflusst haben? (z.B. eine bestimmte Entscheidung oder Ereignis)
[möglichst zwei pro Interviewpartner abfragen]
- b.3 (Definition) Aus was bestand der Entwicklungsmoment und wann (Datum oder Periode) fand er statt? Was macht ihn zu einem Entwicklungsmoment?
- b.4 (Entstehung) Welche bestimmten Ereignisse, Akteure, Entwicklungen, Umstände, Konditionen, räumliche Gegebenheiten innerhalb der Nische, des Regimes oder der Landschaft ermöglichten den Entwicklungsmoment?
- b.5 (Kontroversen) Inwiefern beinhaltete der Entwicklungsmoment Kontroversen? Um welche Kontroversen handelte es sich und welche Akteure/Organisationen waren involviert? Wie (wenn überhaupt) wurde die Kontroverse beigelegt?

Erkenntnisse zur Beschreibung der wesentlichen Entwicklungsmomente der Infrastrukturkopplung einschließlich bedeutender Einflussfaktoren und Entwicklungen sowie aktorsbezogener Prozesse

(c) Fragen über die weiteren Wirkungen der Infrastrukturkopplung

- c.1 Wie verhält sich die Infrastrukturkopplung zum existierenden Regime (im Interview spezifizieren, z.B. auf das Wassermanagement in der Stadt)?
Inwieweit hat es Veränderungen hervorgerufen, und wenn welche?
Probing: Denken Sie an z.B. existierende Technologien, Infrastrukturen und Routinen, institutionelle Rahmenbedingungen, Akteure

Erkenntnisse über die transformative Wirkung der Infrastrukturkopplung und entstehende Transformationspfade

(d) Fragen über die Zukunft der Infrastrukturkopplung und der Innovation

- d.1 Wie sehen Sie die Zukunft der Infrastrukturkopplung bezüglich dessen Verankerung im Regime? Halten Sie weitere Entwicklungen für interessant oder notwendig?
- d.2 Denken Sie die Neuerung/Kopplung könnte so oder ähnlich auch in anderen Kontexten umgesetzt werden? Bzw. wurde dies bereits getan? Welche Möglichkeiten und Herausforderungen sehen Sie hierfür?

Erkenntnisse über den gegenwärtigen Stand der Infrastrukturkopplung und deren Rolle in einer Transformation

Anhang 1.3: Interviewpartnerinnen und -partner pro Fallstudie

Tabelle 13: Interviewpartnerinnen und -partner pro Fallstudie

Fallstudie	Name	Position	Datum	Art
Abwasserwärmenutzung in Waiblingen	Ernst A. Müller	Geschäftsführer InfraWatt Energie in Infrastrukturanlagen	30.11.2016	Telefonisch
	Rolf Bartel	Leiter des Bereichs Wärme- und Energieerzeugung der Stadtwerke, Stadtwerke Waiblingen	6.12.2016	Telefonisch
Abwasserwärmenutzung in Köln	Herr Tillmann	RheinEnergie AG, Projektleitung Smart Energy	17.2.2017	Telefonisch
Serverabwärmenutzung in Hamm	Antonius Mertin	Einkauf/Vertrieb Wilczek Immobilien Management	9.6.2017	telefonisch (Doppelinterview)
	Andreas Wilmer	Bauleitung Wilczek Immobilien Management	9.6.2017	telefonisch (Doppelinterview)
Wohnen & Elektromobilität im Rosensteinviertel Stuttgart	Christoph Welz	Siedlungswerk	15.03.2017	Telefonisch
	Wolfgang Fischer	e-mobil BW	20.04.2017	Telefonisch
Solardorf Müllerstraße in Norderstedt	Tobias Schilling	Entwickler „goodnest Solardorf“; Investor; Gebietsentwickler; Projektleitung	15.03.2017	Telefonisch
	Jonas Röntgen	Bauherr/Anwohner	17.03.2017	Telefonisch
	Martin Koops	Bauherr/Anwohner	17.03.2017 (zusammen mit Herrn Röntgen)	Telefonisch (zusammen mit Herrn Röntgen)
Multi-Energie-Tankstelle H2BER	Fabian Grüger	Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Mobilität mit Erneuerbaren Energien, Reiner Lemoine Institut gGmbH	10.05.17	Telefonisch
	Matthieu Brouté	V.I.E. Wasserstoff Tankstellen, TOTAL	06.06.17	Telefonisch (einige Fragen via Mai)
	Tristan Kretschmer	Vetriebsmanager, McPhy	08.06.17	Telefonisch
	Stefan Liesner	Head of Marketing, 2G	12.06.17	Telefonisch (einige Fragen via Mai)
	Markus Gehring	Projektleiter, 2G	29.06.17	Telefonisch (einige Fragen via Mai)

Fallstudie	Name	Position	Datum	Art
Hybridkraftwerk Prenzlau	Robert Döring	Leiter Energiepolitik & Pressesprecher	03.04.2017	Telefonisch
VPS Allgäu	Simone Herz	AÜW	09.05.2017	Telefonisch
	Patrick Ansbacher	B.A.U.M.	10.05.2017	Telefonisch
Drivy – privates Car Sharing via App	Andreas Nelskamp	Gründer und Managing Director von ViaMaxi Mobility Consulting & Execution Management	03.05.2017	Telefonisch
	Dr. Thomas Sauter-Servaes	Mobilitätsforscher und Leiter des Studiengangs Verkehrssysteme an der ZHAW School of Engineering in Zürich	12.06.2017	Telefonisch

Anhang 2: Analysetabellen für den fallübergreifenden Vergleich

Dieser Anhang legt die Analysetabellen für den fallübergreifenden Vergleich dar. Das methodische Vorgehen zu dem fallübergreifenden Vergleich ist im Detail in Kapitel 2.3 dieses Berichtes beschrieben.

Anhang 2.1: Die neun Infrastrukturkopplungen im Vergleich

Tabelle 11: Die Infrastrukturkopplungen im Vergleich

Fallbeispiel	Leitidee	Kopplungen	Umsetzungszeitraum	Umsetzungsort	Stand der Umsetzung	Wesentliche Akteure
Abwasserwärmenutzung in Waiblingen	Erschließung von Abwasserwärme als alternative Energiequelle	Abwasserbehandlung (+ Gaserzeugung) + Wärmeerzeugung/-verteilung	Projektkonzeption und Bau: 1983 (in Betrieb seit 1984) Modernisierung: 2004-2006	Stadt Waiblingen (Baden-Württemberg)	Seit 1984 in Betrieb, allerdings besteht derzeit Modernisierungsbedarf	Stadtwerke Waiblingen (öffentliche Hand/Markt); Stadt Waiblingen (öffentliche Hand); Stadtentwässerungsbetriebe (öffentliche Hand/Markt)
Abwasserwärmenutzung in Köln	Erschließung von Abwasserwärme als alternative Energiequelle	Abwasserbehandlung + Wärmeerzeugung/-verteilung	Projektkonzeption: 2012 Umsetzung Demonstrationsanlagen: 2013 Betrieb: seit 2013 EU-Projektförderung endet März 2017	Stadt Köln (Nordrhein-Westfalen)	Seit 2013 in Betrieb, derzeit bestehen a) technischer Weiterentwicklungsbedarf an einer Anlage und b) Bemühungen Abwasserwärmenutzung an weiteren Standorten in Köln zu lancieren	RheinEnergie AG (öffentliche Hand/Markt); Stadt Köln (öffentliche Hand); Stadtentwässerungsbetriebe Köln (öffentliche Hand/Markt)
Serverabwärmenutzung in Hamm	Erschließung von Serverabwärme als alternative Energiequelle für Wohnsiedlung mit bezahlbarem Wohnraum für Familien	Wärmeerzeugung + IKT	Integration der Leitidee in die Planungen zur Wohnsiedlung seit 2010 Bau der Wohnsiedlung 2012-2014	Stadt Hamm (Nordrhein-Westfalen)	Die Wohnungen sind vermietet und die Technologie läuft weitestgehend einwandfrei und wurde in anderen Bauvorhaben übernommen	Wilzcek Immobilien Management (Markt); Cloud&Heat (Markt)
Wohnen & Elektromobilität im Rosensteinviertel Stuttgart	Integration von Elektromobilität und Stromerzeugung/-speicherung in einer Wohnanlage	Stromerzeugung + Stromspeicherung + Transport	Projektkonzeption: 2012-2015 Umsetzung: seit 2015 (voraussichtlich bis Juni 2017)	Stadt Stuttgart (Baden-Württemberg)	Der erste Bauabschnitt wird wahrscheinlich im Juni 2017 bezugsfertig sein	Siedlungswerk GmbH (öffentliche Hand/ Markt); e-mobil BW (öffentliche Hand)

Fallbeispiel	Leitidee	Kopplungen	Umsetzungszeitraum	Umsetzungsort	Stand der Umsetzung	Wesentliche Akteure
Solardorf Mül- lerstraße in Norderstedt	Verknüpfung einer auf de- zentralisierte Selbstversor- gung ausgerichteten Stromversorgung mit Elektromobilität	Stromerzeugung + Strom- speicherung + Transport	Schrittweise Umsetzung seit 2012 Voraussichtlich unvollstän- dig umgesetzt im Septem- ber 2017	Stadt Norderstedt (Schles- wig-Holstein)	Bauphase abgeschlossen und alle Häuser sind bezo- gen; die Mehrzahl der Häu- ser verfügen über PV-An- lage und Speicher. Das ge- plante Smart-Grid wurde nicht umgesetzt; Strom- und Wärmenetze wurden als öffentliche Netze von Stadtwerken Norderstedt übernommen. Bisher wird ein Elektro- fahrzeug betrieben	Schilling Immobilien (Markt); Baudezernat Stadt Nor- derstedt (öffentliche Hand); Zusammenschluss der Bau- herren/Anwohner (Markt, Gemeinschaft)
Multi-Energie- Tankstelle H2BER am Flug- hafen Berlin- Brandenburg (BER)	Nutzbarmachen von Was- serstoff als Treibstoff an ei- ner Tankstelle, an der es auch Elektroladesäulen und konventionellen Kraft- stoff (Gas, Benzin, Diesel) gibt. Erzeugung des Was- serstoffs und Strom für die Elektroladesäulen über Windenergie.	Stromerzeugung + Trans- port	Umsetzung seit Januar 2012 gefördert als For- schungsprojekt Grundsteinlegung Dezem- ber 2012 Eröffnung der Tankstelle im Mai 2014	Gemeinde Schönefeld (Brandenburg)	Die Tankstelle läuft noch nicht im Vollbetrieb, auch aufgrund der bisherigen Nicht-Eröffnung des Flug- hafens BER. Der Wasser- stoff wird nicht wie ge- plant als Treibstoff zur Ver- fügung gestellt	TOTAL (Markt);
Hybridkraft- werk Prenzlau	Bedarfsgerechte Herstel- lung erneuerbarer Energie mit Hilfe von Wasserstoff und Aufzeigen von Mög- lichkeiten zur Speicherung von erneuerbaren Ener- gien	Energieerzeugung (Wind- energie, Biogas, Wasser- stoff (Treibstoff, Strom, Wärme, Windgas) + Ener- giespeicherung (über- schüssige Windenergie in Wasserstoff)	Planung: 2005-2008 Bau: 2009-2011 Inbetriebnahme zunächst als Testlauf: 2011-2013 (Start Lieferung von Was- serstoff-Treibstoff) Seit Ende 2014 Einspeisung von Wasserstoff als Wind- gas ins Erdgasnetz	Stadt Prenzlau (Branden- burg); Strom-, Wärme- und Wind- gas-Einspeisung am Stand- ort Prenzlau; Treibstoffver- sorgung in Berlin; überregi- onale Windgasspeicherung und -versorgung über Erd- gasnetz	Betrieb als Verbundkraft- werk: Verbindung von Er- zeugung-, Netz- und Spei- cherbetrieb; Kraftwerk arbeitet kosten- deckend	ENERTRAG AG (Markt); Vattenfall GmbH (Markt); Deutsche Bahn AG (Markt); TOTAL Deutsch- land GmbH (Markt); Land Brandenburg, Bund und EU (öffentliche Hand)
VPS Allgäu	Kopplung verschiedener regenerativer Stromerzeugungsanlagen mit Smart Home Lösungen für	Stromerzeugung + Strom- speicherung + IKT	Teilnahme an Forschungs- programm seit 2008 Durchführung des Pilotver- suchs „VPS Allgäu“ Herbst 2009 bis Ende 2011, da- nach Auswertung bis 2012	Kempton und Region All- gäu	Das VPS Allgäu wurde nach Beendigung des Feldtests Ende 2011 zum 01.01.2012 deaktiviert	Allgäuer Überlandwerk GmbH (Markt); B.A.U.M. Consulting Group GmbH (Markt); Allgäu GmbH (Markt)

Fallbeispiel	Leitidee	Kopplungen	Umsetzungszeitraum	Umsetzungsort	Stand der Umsetzung	Wesentliche Akteure
Drivy - Car Sharing mit privaten Fahrzeugen via App	Optimierte Nutzung bestehender Ressourcen (Privatautos)	IKT + Mobilität	Gründung in Frankreich: 2010 Seit 2014 in Berlin umgesetzt, ab 2015 Ausweitung auf ganz Deutschland 2016 Einführung der Technologie Drivy Open	Deutschland	Erfolgreich in vielen deutschen Städten umgesetzt (Drivy ist Marktführer); weitere Optimierungen der Technologie	Drivy (Markt)

Anhang 2.2: Die Entwicklungsmomente im Vergleich

Tabelle 12: Die typischen Entwicklungsmomente der Infrastrukturkopplungen im Vergleich

Fallbeispiel	Geburt der Leitidee	Planungsarbeiten und Entwicklung von Umsetzungskonzept	Installation und Inbetriebnahme	Technische Anpassungen	Ausweitungen und Übertragungen	Wissenstransfer
Abwasserwärmenutzung in Waiblingen	EM #1: Die Geburt der Idee zur Abwasserwärmenutzung (Beginn 1980er Jahre)	EM #2: Planung und Installation der Anlage (1983)	EM #3: Inbetriebnahme und Netzanschluss (1983-1984)	EM #4: Technische Modernisierung (2002-2004) EM #6: Umrüstung der Abwasser-Filtertechnik (2007) Heutiger Stand: erneuter Modernisierungsbedarf	EM #5: Neue Kunden werden an das Netz angeschlossen (2006 und fortlaufend)	[Kommunikation der Anlage als Modellprojekt in der Stadt und in anderen Kontexten]
Abwasserwärmenutzung in Köln	EM #1: Beteiligung der an der Antragstellung und Projekt-konzeption für den Untersuchungs-fokus Köln (2012)	EM #2: Identifikation der Standorte für die Demonstrations-anlagen (2012/2013) EM #3: Auswahl der Technologien für die Demonstrations-anlagen (2012/2013)	EM #4: Installation und Betrieb der Demonstrations-anlagen in Köln-Mülheim, Köln-Wahn und Köln-Nippes (seit 2013)	Heutiger Stand: technische Anpassungen bzw. weitere technische Planungen an der Direktverdampferanlage in Köln-Nippes	EM #5: Identifikation des Potentials zum Einsatz der Technologie in weiteren Objekten (2015 – 2017) Heutiger Stand: Weitere Transfer-bemühungen	EM #6: Umsetzung des Transfers der Erfahrungen in andere Städte (2015 – 2017)

Fallbeispiel	Geburt der Leitidee	Planungs-arbeiten und Entwicklung von Umsetzungs-konzept	Installation und Inbetrieb-nahme	Technische Anpassungen	Ausweitungen und Über-tragungen	Wissenstransfer
	<i>[Leitidee war in Form eines Klimaschutzkonzeptes und bestehender Aktivitäten zur nachhaltigen Energie- und Wärmeversorgung bereits vor der Idee zu einem konkreten Projektantrag mit spezifischem Technologiefokus vorhanden]</i>					
Serverabwärmenutzung in Hamm	EM #1: Geburt der Idee zur Nutzung von Serverabwärme in der Wohnsiedlung in Hamm (um 2010)	EM #2: Entwicklung eines Konzeptes und Anpassung der Baupläne (ungefähr 2010 bis 2011) EM #3: Bewilligung der Fördergelder für den Bau der Wohnsiedlung (ca. Frühjahr 2011)	EM #4: Start Bau der Wohnsiedlung (12. November 2012) EM #5: Einweihung der ersten vier Häuser (14. Februar 2014)		<i>[Heutiger Stand: Anlage wurde in anderen Wohnprojekten umgesetzt von WIM]</i>	
Wohnen & Elektromobilität im Rosensteinviertel Stuttgart	EM #1: Geburt der Idee eines nachhaltigen Rosensteinviertels (ca. 2003) EM #2: Programstart „LivingLab BWe mobil“ (April 2012)	EM #3: Planung des Vorhabens „Wohnen & Elektromobilität im Rosensteinviertel“ (Dezember 2012) EM #4: Identifizierung von Potential, Möglichkeiten und Hürden für die Umsetzung des Wohnquartiers (2013 – 2015)	EM #5: Grundsteinlegung (Juni 2015) EM #6: Inbetriebnahme des Carsharing Systems (April 2016) Heutiger Stand: Fertigstellung des Baus mit leichten Verspätungen			
Solardorf Mül-lerstraße in Norderstedt	EM #1: Geburt der Idee zur energieautarken Solarsiedlung: Das „Sonnendorf Ossenmoor“ (2006)	EM #2: Projektierung „Sonnendorf Ossenmoor“ (Anfang 2009) EM #3: Das Scheitern des „Sonnendorfes Ossenmoor“ in der Planungsphase (Ende 2009)	EM #5: Die Umsetzung beginnt (Anfang 2012) EM #6: Umsetzungsprobleme und Kompromissfindung (2013-heute)			

Fallbeispiel	Geburt der Leitidee	Planungs-arbeiten und Entwicklung von Umsetzungs-konzept	Installation und Inbetrieb-nahme	Technische Anpassungen	Ausweitungen und Über-tragungen	Wissenstransfer
		EM #4: Neues Konzept unter neuer Führung: Das „goodnest Solardorf“ (2010)	Heutiger Stand: Das „goodnest Solardorf“ wird teilweise umgesetzt			
Multi-Energie-Tankstelle H2BER am Flughafen Berlin-Brandenburg (BER)	EM #1: Formulierung der Leitidee (2012)	EM #2: Gewinnung von Förderung aus dem NIP und Planung der Tankstelle (Januar 2012) EM #3: Nichteröffnung des BER (Mai 2012) EM #4: Offizielle Kooperationsvereinbarung zur Umsetzung der Tankstelle (Juni 2012)	EM #5: Grundsteinlegung (Dezember 2012) EM #6: Scheitern des geplanten Großwindparks und neue Partner (2012) EM #7: Plan mehrerer BVG-Busse mit Wasserstoff zu betreiben entfällt (2014) EM #8: Eröffnung der Tankstelle H2BER (Mai 2014)		EM #9: Start eines weiteren NIP-geförderten Projektes (Anfang 2015)	
Hybridkraftwerk Prenzlau	EM #1: Die Idee eines Kraftwerkes Erneuerbarer Energien (1998)	EM #2: Wasserstoff als geeignetes Speichermedium (Anfang 2000) EM #3: Planung und Entwicklung eines Wasserstoff-Hybridkraftwerkes (2005 – 2008)	EM #4: Grundsteinlegung am Hybridkraftwerk durch Bundeskanzlerin (April 2009) EM #5: Kooperation mit etablierten Energie- und Mobilitätsunternehmen (2010) EM#6: Fertigstellung und Inbetriebnahme des Hybridkraftwerkes (2011-2013)		EM#7: Start der Lieferung von Wasserstoff-Treibstoff (2011) EM#8: Windgas-Einspeisung ins Erdgasnetz ermöglicht Rentabilität (Ende 2014)	
VPS Allgäu	EM #1: Geburt der Projektidee (ca. 2007) EM #2: Teilnahme am INTERREG IV-B Programm AlpEnergy (2008)	EM #3: Netzwerkbildung zur Planung eines VPS- Pilotprojektes im deutschen Alpenraum (2009)	EM #7: Durchführung des Pilotversuchs „VPS Allgäu“ (Herbst 2009 – Ende 2011)		Heutiger Stand: weitere Forschungsprojekte	EM #8: Auswertung des Pilotversuchs (2011 – 2012)

Fallbeispiel	Geburt der Leitidee	Planungs-arbeiten und Entwicklung von Umsetzungs-konzept	Installation und Inbetrieb-nahme	Technische Anpassungen	Ausweitungen und Über-tragungen	Wissenstransfer
		EM #4: Erstellung eines Masterplans (2009) EM #5: Detaillierte Planung des VPS Allgäu (2009) EM #6: Auswahl und Gewinnung der Referenzkunden (2009)				
Drivy - Car Sharing mit privaten Fahrzeugen via App	EM #1: Entstehung in Frankreich und Planung der Umsetzung in Deutschland (2010 - 2014)	[Planung der Umsetzung in Deutschland als Teil von EM #1]	EM #2: Start von Drivy in Berlin (November 2014 - März 2015)	EM #5: Einführung der Drivy Open Technologie (März 2016 -Dezember 2016)	EM #3: Ausweitung auf weitere deutsche Städte (Januar – April 2015) EM #4: Übernahme des Konkurrenten Autonetzer (Mai 2015)	

Anhang 2.3: Die Einflussfaktoren auf die Entwicklungspfade im Vergleich

Tabelle 13: Die Einflussfaktoren auf die Entwicklungspfade der Infrastrukturkopplungen im Vergleich

Fallbeispiel	Sozio-kulturelle Faktoren	Technische Entwicklungen (lokal)	Institutionelle Faktoren	Anreize und Regulierungen	Gesellschaftliche Metafaktoren
Abwasserwärmenutzung in Waiblingen	*Wachsendes Umweltengagement in Waiblingen (1. EM; unterstützend) *Pioniergeist in Waiblingen und Baden-Württemberg (1. EM; unterstützend) *Stabiles Interesse an der Nutzung von Abwasserwärme auf Verbraucherseite (5. EM; unterstützend)	*Notwendigkeiten zu Erweiterungsarbeiten in der Kläranlage Waiblingen (2. EM; unterstützend) *Vorhandensein von (öffentlichen) Gebäuden, die den Bedingungen für den Anschluss an das Fernwärmenetz entsprechen (3. EM; unterstützend) *Wachsender Modernisierungsbedarf der Anlage (4. EM; hemmend)	*Abwasseraufbereitung und Wärmeversorgung als organisatorisch und räumlich getrennte Infrastrukturangebote (2. EM; hemmend) *Bestehende Erwartungen über bestimmte Gewinnabgaben der Stadtwerke an die Stadt (heutiger Stand; hemmend)	*Förderung der Anlage als Modellprojekt durch EU-, Bundes- und Landesfördermittel (2. EM; unterstützend) *Finanzielle Förderung der Modernisierung durch das Baden-Württembergische Förderprogramm „Klimaschutz – Plus“ (4. EM; unterstützend) *Gesetze auf Bundes- und Landesebenen zur Förderung von Abwasserwärme (5. EM; unterstützend)	*Steigende Umweltproblematiken, Ölkrise, wachsende Diskurse zu Umweltschutz (1. EM; unterstützend) * Gut verfügbare Technologie zur Nutzung von Abwasserwärme durch breitere Nischenentwicklung (2. EM; unterstützend) * Gut verfügbare alternative Technologien für die Modernisierung (4. EM; unterstützend) *Niedriger Ölpreis (heutiger Stand; hemmend)

Fallbeispiel	Sozio-kulturelle Faktoren	Technische Entwicklungen (lokal)	Institutionelle Faktoren	Anreize und Regulierungen	Gesellschaftliche Metafaktoren
Abwasserwärmenutzung in Köln	<ul style="list-style-type: none"> *Begrenzt nutzenseitiges Wissen über die Vorteile von Abwasserwärme und Fernwärme (5. EM; hemmend) *Akzeptanz der Abwasserwärmenutzung aufgrund von Raumbedarf und Sorge vor Geruchsbelästigung (4. EM; hemmend) *Bereitschaft, für eine Amortisation der Investitionskosten benötigte höhere Wärmepreise zu zahlen (heutiger Stand; hemmend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Technische Veraltung vieler Gebäude (5. EM; hemmend) *Technische Veraltung der Anlage (heutiger Stand; hemmend) *Entfernung zum Kanal; Sanierungsbedarf der Heizungsanlage (2. EM; hemmend) *Platzbedarf und Investitionskosten für anvisierte technische Lösungen (3. EM; hemmend) *Technische Passung der Abwärmenutzungstechnologie mit dem Wärmebedarf für Abwasserklärung (4. EM; unterstützend) *Technische Probleme mit der Demonstrationsanlage in Köln-Nippes; Wirtschaftlichkeit der Anlagen zur Nutzung von Abwasserwärme z.T. fraglich (heutiger Stand; hemmend) *Besonderheit der Demonstrationsanlage in Köln-Nippes (heutiger Stand; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Bestehende Kontakte zu Projektpartnern in Köln (1. EM; unterstützend) *Einflussnahmemöglichkeit der Stadt auf Einbau der Technologie in öffentlichen Gebäuden (2. EM; unterstützend) *Erforderliche Abstimmungen zwischen Projektpartnern aufgrund neuer Prozesse (4. EM; hemmend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Fördergelder von EU-, Bundes- und Landesebene für Abwasserwärmenutzung und Erneuerbare-Energien-Projekte (heutiger Stand; unterstützend) *Chance auf Realisierung der Technologie durch EU-Förderung; Entscheidung des REAG-Vorstand die Rendite-Anforderungen für diese Technologienutzung im CELSIUS-Projekt zu reduzieren (1. EM; unterstützend) *Finanzielle Förderung durch die EU (4. EM; unterstützend) *EEWärmeG legt Abwasserwärmenutzung als eine anerkannte regenerative Energiequelle fest (heutiger Stand; unterstützend) *Mietrechtsnovelle regelt Energiepreis im Kontext von Sanierungen der Energieanlagen (heutiger Stand; hemmend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Vorhandenes Abwasserwärmepotential; ganzjährig ausgeglichener Niedertemperatur-Wärmebedarf in den Schulen (2. EM; unterstützend)
Serverabwärmenutzung in Hamm	<ul style="list-style-type: none"> *Marktwirtschaftlicher Pioniergeist der WIM (1. EM; unterstützend) *Marktwirtschaftlicher und wissenschaftlicher Pioniergeist der AoTerra/Cloud&Heat (1. EM; unterstützend) *Umweltpolitisches Engagement in Hamm (1. EM; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Bestehende beziehungsweise fast abgeschlossene Pläne zur Wohnbausiedlung in der Stefanstraße (1. EM; unterstützend) *Technische Anpassungsnotwendigkeiten in den Bauplänen der Siedlung (2. EM; hemmend) *Erhöhte Kosten für die Serverabwärmenutzung (3. EM; hemmend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Verfügbarkeit von neuen Investitionsmechanismen (Crowdfunding) für die Firmengründung von AoTerra (heute Cloud&Heat) (1. EM; unterstützend) *Baugenehmigungen für die Wohnsiedlung waren bereits erteilt (2. EM; unterstützend) *Hohe Vertrauensbasis zwischen Akteuren (4. EM, unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Energiepolitische Unterstützung auf Bundesebene (1. EM; unterstützend) *Förderung der Wohnsiedlung durch Landesmittel (NRW.Bank und Bezirksregierung Arnsberg) (3. EM; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Technische Entwicklungen um Servernutzung und Technik zur Serverabwärmenutzung (1. EM; unterstützend) *Medienpräsenz der Serverabwärmenutzung (1. EM; unterstützend)

Fallbeispiel	Sozio-kulturelle Faktoren	Technische Entwicklungen (lokal)	Institutionelle Faktoren	Anreize und Regulierungen	Gesellschaftliche Metafaktoren
	<ul style="list-style-type: none"> *Marktwirtschaftlicher Pioniergeist der WIM längere Amortisierung zu tragen (3. EM; unterstützend) *Lokal- und regionalpolitische Unterstützung (4. EM; unterstützend) *Lokal- und regionalpolitische Unterstützung (5. EM; unterstützend) *Nachfrage nach Serverkapazitäten (heutiger Stand; unterstützend/hemmend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Einfache Integration der Technik in Wohnungen möglich (4. EM; unterstützend) *Wenige technische Serverausfälle (heutiger Stand; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Datenschutz ist gewährleistet (heutiger Stand; unterstützend) 		
<p>Wohnen & Elektromobilität im Rosensteinviertel Stuttgart</p>	<ul style="list-style-type: none"> *(Technologischer) Pioniergeist in Stuttgart und Baden-Württemberg (1. EM; unterstützend) *Nachhaltigkeitsstrategie und Aktivitäten der Stadt (1. EM; unterstützend) *Umweltschutz als zivilgesellschaftliches Interesse und Tradition (1. EM; unterstützend) *Pioniergeist bezüglich neuer Quartierskonzepte zu Wohnen und Mobilität (3. EM; unterstützend) *Interesse der zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner an Elektromobilität (4. EM; unterstützend) *Steigendes Interesse an dem Konzept durch Kommunen (heutiger Stand; unterstützend) *Das Wohnbauvorhaben in Stuttgart gilt als Modellprojekt (heutiger Stand; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Restrukturierung der Stadt (durch die Stuttgart 21 Umbaumaßnahmen) (1. EM; unterstützend) *Gute physischen Gegebenheiten vor Ort (z.B. die Häuserdächer) bieten sich für die lokale Stromerzeugung an (4. EM; unterstützend) *Im Verhältnis zur Bruttofläche steht nur eine relativ geringe nutzbare Fläche für eine Photovoltaikanlage zur Verfügung (4. EM; hemmend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Finanzierung des Bauvorhabens durch das Siedlungswerk (5. EM; unterstützend) *Verzögerungen durch langwieriges Genehmigungsverfahren (5. EM; hemmend) *Bestehende Expertise zum Carsharing steht durch die Kooperation mit Stadtmobil zur Verfügung (6. EM; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Bundesprogramm zur Förderung von Elektromobilität (Schaufenster Elektromobilität) (2. EM; unterstützend) *Finanzielle Förderung durch Teilnahme an dem Projekt „LivingLab BWe mobil“ (3. EM; unterstützend) *Finanzielle Förderung der Gutachten durch Bundes- und Landesfördermittel (LivingLab BWe) (4. EM; unterstützend) *Förderliche rechtliche Rahmenbedingungen für Carsharing (4. EM; unterstützend) *Gesetzliche Rahmenbedingungen erschweren die private Nutzung des erzeugten Stroms (heutiger Stand; hemmend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Steigendes Interesse an einer Energiewende in Deutschland (1. EM; unterstützend) *Tragfähige Alternativen zu umweltunfreundlichen Technologien durch marktreife nachhaltige Technologie (1. EM; unterstützend) *Positive Einstellung gegenüber Elektromobilität auf Bundesebene (2. EM; unterstützend) *Fortgeschrittene technische Entwicklungen zu Elektromobilität (2. EM; unterstützend) *Marktreife und erprobte Technologien zur Produktion von erneuerbaren Energien (2. EM; unterstützend) *Batterien sind (noch) sehr ineffizient in der Stromspeicherung (4. EM; hemmend)

Fallbeispiel	Sozio-kulturelle Faktoren	Technische Entwicklungen (lokal)	Institutionelle Faktoren	Anreize und Regulierungen	Gesellschaftliche Metafaktoren
<p>Solardorf Mül- lerstraße in Norderstedt</p>	<p>*Politischer Pioniergeist in Norderstedt und Metropolregion Hamburg (1. EM; unterstützend)</p> <p>Unternehmerischer Pioniergeist in Norderstedt und Metropolregion Hamburg (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Sozio-ökonomische Dynamik in der Metropolregion Hamburg (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Unternehmerischer Pioniergeist in Norderstedt und Metropolregion Hamburg (2. EM; unterstützend)</p> <p>*Politischer Pioniergeist in Norderstedt und Metropolregion Hamburg (2. EM; unterstützend)</p> <p>*Sozio-ökonomische Dynamik Region in Metropolregion Hamburg (4. EM; unterstützend)</p> <p>*Politischer Pioniergeist in Norderstedt und Metropolregion Hamburg (5. EM; unterstützend)</p> <p>*Nutzerseitige Nachfrage für Konzept/ Solardorf (5. EM; unterstützend)</p>	<p>*Bauland steht zur Neuerschließung zur Verfügung (5. EM; unterstützend)</p>	<p>*Nachhaltigkeitsziele und -programme der Stadt Norderstedt als Rahmen- und Richtungsgebung für lokale Aktivitäten (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Fehlende Geschäfts- oder Finanzierungsmodelle (3. EM; hemmend)</p> <p>*Nachhaltigkeitsziele und -programme der Stadt Norderstedt als Rahmen- und Richtungsgebung für lokale Aktivitäten (4. EM; unterstützend)</p> <p>*Nachhaltigkeitsziele und -programme der Stadt Norderstedt als Rahmen- und Richtungsgebung für lokale Aktivitäten (5. EM; unterstützend)</p> <p>*Nachhaltigkeitsziele und -programme der Stadt Norderstedt als Rahmen- und Richtungsgebung für lokale Aktivitäten (6. EM; unterstützend)</p> <p>*Ökonomischer Anreiz zur Nicht-Umsetzung des Konzepts (6. EM; hemmend)</p> <p>*Unsicherheit über rechtliche Durchsetzbarkeit von Serviceerbringung im rechtlichen Neuland „dezentrale Infrastruktur“ (6. EM; hemmend)</p>	<p>*Nachhaltigkeitsziele und Rahmengesetzgebung des Bundes sowie des Landes Schleswig-Holstein als Rahmen- und Richtungsgebung für lokale Aktivitäten (insbesondere Energiewende) (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Förderung und Momentum durch Nachhaltigkeitswettbewerbe (vom Bund und Land Schleswig-Holstein) (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Planungsunsicherheit durch Komplexität und hohe Dynamik der Gesetzesänderungen im Bereich Erneuerbare-Energien (4. EM; hemmend)</p> <p>*Förderung und Momentum durch Nachhaltigkeitswettbewerbe (6. EM; unterstützend)</p> <p>*Unsicherheit über Rechtmäßigkeit technisch möglicher Leistungsfähigkeit im rechtlichen Neuland „dezentrale Infrastruktur“ (6. EM; hemmend)</p>	<p>*Tragfähige Alternativen vorhanden durch marktreife Technologie (1. EM; unterstützend)</p> <p>Wachsendes gesellschaftliches Umweltbewusstsein und -engagement auf lokaler bis globaler Ebene (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Steigende Umweltproblematiken (Ölkrise; Klimawandel) (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Tragfähige Alternativen durch marktreife Technologie (4. EM; unterstützend)</p> <p>*Regionale Nische für Elektromobilität (4. EM; unterstützend)</p> <p>*Fehlende Verfügbarkeit und Marktreife von Technologie (6. EM; hemmend)</p>

Fallbeispiel	Sozio-kulturelle Faktoren	Technische Entwicklungen (lokal)	Institutionelle Faktoren	Anreize und Regulierungen	Gesellschaftliche Metafaktoren
<p>Multi-Energie-Tankstelle H2BER am Flughafen Berlin-Brandenburg (BER)</p>	<p>*Die Nachfrage nach einer nachhaltigeren Mobilität wirkt sich kaum positiv auf die Verbreitung von Wasserstofftechnologie aus: Aufgrund der hohen Investitionskosten profitiert die Wasserstofftechnologie kaum von der Mobilitätswende (1. EM; hemmend)</p> <p>*Nachfrage nach Wasserstoffbetriebener Mobilität: Hypothetisch, aber naheliegend, v.a. begründet durch den BVG-Plan Wasserstoff-betriebene Busse einzustellen (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Geplanter Flughafen BER steigert zukünftige Mobilitätsnachfrage: Nach Fertigstellung des Flughafens wird eine erhöhte Nachfrage nach Logistik-Dienstleistungen vor Ort erwartet (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Gesellschaftliche Ablehnung des Windparks: Bürgerproteste gingen gegen den geplanten Windpark vor (5. EM; hemmend)</p> <p>*H2BER wird wichtiger, als die Aral-Wasserstoff-Tankstelle geschlossen wurde (6. EM; unterstützend)</p> <p>*Öffentliches Interesse an nachhaltiger Mobilität: Diverse Medien nahmen die Eröffnung als Anlass um über H2BER zu berichten – auch weil ein öffentliches Interesse angenommen wurde (7. EM; unterstützend)</p>	<p>*Reifegrad und Entwicklung der verwendeten Technologie: Elektrolyseur wurde noch nicht gebaut (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Verzögerung des BER: Der geplante Flughafen eröffnet voraussichtlich 2018 und damit schwer verzögert (4. EM; hemmend)</p> <p>*Unzureichende Rentabilität des Windparks: Der Kostenplan des Windparks erwies sich als zu optimistisch geplant (5. EM; hemmend)</p> <p>* Fehlende Marktreife der wasserstoffbetriebenen Busse: Die Wasserstoff-betriebenen Busse erwiesen sich als zu fehlerhaft für einen laufenden Betrieb (6. EM; hemmend)</p> <p>*Wissensgenerierung durch das Reiner-Lemoine-Institut (8. EM; unterstützend)</p>	<p>*Bestehende Kooperationen zwischen Industriepartnern: Die Industriepartner arbeiteten teilweise bereits im Rahmen voriger Projekte zusammen (1. EM; unterstützend)</p> <p>Vorhandenes Investitionskapital der Konsortiumspartner: Die Industriepartner setzen sich aus liquiden (Groß-)Unternehmen (3. EM; unterstützend)</p> <p>*Politische Unterstützung aus der Region: Der Ministerpräsident des Bundeslandes Brandenburg wohnte der Grundsteinlegung bei (4. EM; unterstützend)</p>	<p>*Bereitstellung von NIP-Fördermitteln von der NOW GmbH: Das Bundesprogramm NIP förderte H2BER (2. EM; unterstützend)</p> <p>*Keine Ausgleichszahlungen o.ä.: Es gab keinerlei Ausgleichszahlungen für Unternehmen die auf die pünktliche Fertigstellung des Flughafens bauten (4. EM; hemmend)</p> <p>*Keine Zulassung des Landesamtes für Arbeitsschutz, Verbraucherschutz und Gesundheit, um Wasserstoff an der Tankstelle abzugeben: Das Amt erteilte bis dato (Juli 2017) keine Zulassung (7. EM; hemmend)</p> <p>*Erfolgreicher Förderantrag durch das Reiner-Lemoine-Institut (8. EM; unterstützend)</p> <p>*Bereitstellung von NIP-Fördergeldern durch NOW GmbH: Das Reiner-Lemoine-Institut bekam die beantragten Forschungsgelder (8. EM; unterstützend)</p> <p>*Aussicht auf weitere Förderung: Von einer Neuauflage des NIP-Programms, könnte potentiell auch H2BER profitieren (heutiger Stand; unterstützend)</p> <p>*Fördernde und hemmende Politikmaßnahmen: Derzeit gibt es sowohl Politikmaßnahmen, welche die Etablierung der Wasserstofftechnologie fördern, als auch solche die diesen behindern (heutiger Stand; unterstützend und hemmend)</p>	<p>*Nachfrage nach Speichertechnologien in Öffentlichkeit und Politik (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Nachfrage nach nachhaltiger Mobilität: Die Mobilitätswende wird von verschiedensten Akteuren der Umwelt- und Verkehrspolitik, aber auch der Bevölkerung (Umweltbewusstsein) angestrebt (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Bekanntheit und Kosten von Elektromobilität verringern Aufmerksamkeit für Wasserstoff: Elektromobilität liegt generell eine größere Öffentlichkeit, Investitionsbereitschaft und demnach auch geringere Kosten für Nutzung von Elektromobilität vor (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Ausbaustrategie der Wasserstoffinfrastruktur: Der bundespolitische, politische Wille bis 2018 100 Wasserstofftankstellen zu errichten führte zu einer detaillieren Ausbaustrategie (3. EM; unterstützend)</p> <p>* Politisches Momentum: Die Staatssekretärin des BMVIs wohnte der Eröffnung bei (7. EM; unterstützend)</p>

Fallbeispiel	Sozio-kulturelle Faktoren	Technische Entwicklungen (lokal)	Institutionelle Faktoren	Anreize und Regulierungen	Gesellschaftliche Metafaktoren
	<p>*Kaum Anlässe für die Medien, um über das Projekt zu berichten: Der laufende Betrieb einer Multi-Energie-Tankstelle bietet keinen tagesaktuellen Anlass, um über diesen Betrieb zu berichten (heutiger Stand; hemmend)</p>			<p>* Das bundesdeutsche Förderprogramm NIP lief aus: Damit entfiel für die Industriepartner jegliche öffentliche Finanzierung für die Weiterentwicklung von H2BER (heutiger Stand; hemmend)</p>	<p>*Eingeschränkte Sichtbarkeit des Ausbaus des Wasserstofftankstellen: Obwohl die Ausbastrategie (100 Tankstellen bis 2018) nach Plan voran geht, ist die Sichtbarkeit dieses Tankstellennetzes gegenüber der Öffentlichkeit nicht voll ausgeschöpft (heutiger Stand; hemmend)</p> <p>*Kostenentwicklung von fossilen Alternativen zu Wasserstoff: In der Übergangsphase von fossiler zu postfossiler Mobilität spielt die Kostenentwicklung der fossilen Antriebssysteme für die Etablierung der Wasserstofftechnologie eine wichtige Rolle (heutiger Stand; hemmend)</p> <p>*Kostenentwicklung nichtfossiler Alternativen zu Wasserstoff: Da unter anderem ökonomische Gesichtspunkte eine wichtige Rolle bei der Wahl des postfossilen Antriebs spielen, ist die Kostenentwicklung nichtfossiler Alternativen zu Wasserstoff entscheidend (heutiger Stand; hemmend)</p> <p>*Internationale Investitionsentscheidungen, sowohl öffentliche als auch private beeinträchtigen die Zukunftsaussichten der Wasserstoffmobilität: Nationale Unterstützung einer Antriebstechnologie ist begrenzt wirksam und wird unter anderem durch die Investitionen anderer Staaten, aber auch von Unternehmen, konterkariert oder unterstützt (heutiger Stand; hemmend)</p>

Fallbeispiel	Sozio-kulturelle Faktoren	Technische Entwicklungen (lokal)	Institutionelle Faktoren	Anreize und Regulierungen	Gesellschaftliche Metafaktoren
					*Der Ölpreis bewirkte einem schwankenden Handlungsdruck postfossile Mobilität voran zu treiben: Der niedrige Ölpreis führt unter anderem zu einer marktwirtschaftlich starken Positionierung ölbasierter Mobilität (heutiger Stand; hemmend)
Hybridkraftwerk Prenzlau	<ul style="list-style-type: none"> *Unternehmerischer Pioniergeist (1. EM; unterstützend) *Skepsis der Energiebranche (2. EM; unterstützend und hemmend) *Förderliche EE-Einstellung am Standort Prenzlau (3. EM; unterstützend) *Wärme-Einspeisung in Wohngebiet mit einkommensschwachen Haushalten (3. EM; unterstützend) *Motivation in zukünftige Geschäftsfelder zu investieren (5. EM; unterstützend) *Endkundenexpertise und Pioniergeist bei TOTAL (7. EM; unterstützend) *Geringe Nachfrage nach Wasserstoff-Treibstoff (7. EM; unterstützend) *Nachfrage im Gas-Kundennetz von Greenpeace Energy (8. EM; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Standort mit Nähe zum ENERTRAG Hauptsitz und Windfeldern (3. EM; unterstützend) *ENERTRAG's regionales Einspeisernetz ermöglicht gebündelte Einspeisung (3. EM; unterstützend) *Effizienz durch digitale Kopplung (3. EM; unterstützend) *Know-how um einzigartige industrielle Wind-Wasserstoff-Anlage (5. EM; unterstützend) * Anfängliche Forschungsphase zur Grundlastfähigkeit (6. EM; unterstützend) *Planung mit Wasserstoff-Treibstoff seit der Ideenentwicklung zum Hybridkraftwerk (7. EM; unterstützend) *Produktmix des Hybridkraftwerkes (8. EM; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Bestehende Kontakte zu Universitäten (1. EM; unterstützend) *Studie zeigt Wirtschaftspotential Brandenburgs durch Windenergieexport und Hybridkraftwerk als Lösungsoption (3. EM; unterstützend) *Benötigte Investitionsspritze für das Pilotprojekt (5. EM; unterstützend) *Bestehende Kontakte zu Vattenfall (5. EM; unterstützend) *Kooperativer Erdgasnetzbetreiber (8. EM; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *EE-Förderung durch Stromeinspeisegesetz (1. EM; unterstützend) *EEG fördert EE zunehmend (3. EM; unterstützend) *Speicher rechtlich unbekannt (3. EM; hemmend) *Landespolitische Strategien zur Förderung von EE (3. EM; unterstützend) *Finanzielle Förderung des Pilotprojektes durch Land und Bund (3. EM, unterstützend) *Vergleichsweise geringe Investitionskosten für ENERTRAG (6. EM; unterstützend) *Verzögerte Inbetriebnahme durch Genehmigungsverfahren (6. EM (6. EM; unterstützend) *EEG vergütet (nur) Windenergie (6. EM; unterstützend und hemmend) *Unrentable Rückverstromung (7. EM; unterstützend) *Steigender Bedarf nach H2-Treibstoff durch Forschungsförderung (7. EM; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Technische Nischenentwicklung zu hybriden erneuerbare Energiesystemen (1. EM; unterstützend) *Energiewende (1. EM; unterstützend) *Technische Nischenentwicklung zum Energiespeicher Wasserstoff (2. EM; unterstützend) *Umfangreiches Erdgasnetz als potentieller Speicher (2. EM; unterstützend) *Technische Komplexität und hoher Innovationsgrad des Elektrolyseurs (3. EM; unterstützend und hemmend) *Zunehmend (inter)nationales Interesse an klimafreundlichen Alternativen (4. EM; unterstützend) *Erdgasnetz als Wasserstoffspeicher (8. EM; unterstützend)

Fallbeispiel	Sozio-kulturelle Faktoren	Technische Entwicklungen (lokal)	Institutionelle Faktoren	Anreize und Regulierungen	Gesellschaftliche Metafaktoren
				<p>*EU erkennt Wasserstoff als fortschrittlichen Biotreibstoff an (7. EM; unterstützend)</p> <p>*Beimischungsgrenzen durch nicht-H2-zertifizierte Erdgasautotanks (8. EM; hemmend)</p> <p>*EEG vernachlässigt EE-Speicher und Volllaststundenbetrachtung (heutiger Stand; hemmend)</p> <p>*Privilegierte Nutzung von Strom auf Experimentierräume beschränkt (heutiger Stand; hemmend)</p>	
VPS Allgäu	<p>*Erzeugung regenerativer Energie als Tradition im Allgäu (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Nachhaltigkeitsstrategien im Allgäu (4. EM; unterstützend)</p> <p>*Unbekanntheit von Smart Grids (6. EM; hemmend)</p> <p>*Große Medienpräsenz des AlpEnergy Vorhabens (6. EM; unterstützend)</p> <p>*Kunden reagieren eher auf Preissignale als Information (8. EM; hemmend)</p> <p>*Nutzer unterstützen Smart Home Technologien (8. EM; unterstützend)</p> <p>*Begrenzt nutzenseitiges Interesse und Wissen (8. EM; hemmend)</p>	<p>*Regionalisierung der Energiewirtschaft (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Bedarf neuer Stromsysteme aufgrund der lokalen topografischen Gegebenheiten im Allgäu (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Potentiale für die Umsetzung erneuerbarer Energie in der Region (4. EM; unterstützend)</p> <p>*Bedarf an nutzerseitigen technischen Anpassungen für den Betrieb eines VPS (5. EM; hemmend)</p> <p>*Bedarf an neuen technischen Entwicklungen um vorhandene Technologien miteinander zu kombinieren (5. EM; hemmend)</p> <p>*Fehlende Datenstandards und Kenntnisse über technische Anforderungen von Smart Meter-Technologien (7. EM; hemmend)</p>	<p>*Bestehende Kooperationen zwischen Partnern in der Region (3. EM; unterstützend)</p> <p>*Notwendigkeit für neue Markt- und Geschäftsmodelle (5. EM; hemmend)</p> <p>*Marktgröße und Kundennähe der AÜW (6. EM; unterstützend)</p> <p>*Viele organisatorischen und technischen Schnittstellen (7. EM; hemmend)</p> <p>*Kollision der organisatorischen Anforderungen eines VPS mit bestehenden preislichen Zusagen (7. EM; hemmend)</p> <p>*Nicht ausreichend datenschutzrechtliche Grundlagen um Sicherheit von Nutzerdaten zu garantieren (8. EM; hemmend)</p> <p>*Bestehende Kooperationen zwischen Partnern in der Region (heutiger Stand; unterstützend)</p>	<p>*EU-Fördergelder (2. EM; unterstützend)</p> <p>*Kein regulatorischer Rahmen und keine finanzielle Anreize für Energieversorger für einen Wandel zu einem nachhaltigen Energiesystem (8. EM; hemmend)</p> <p>*EU-Förderung von weiteren Forschungsk Kooperationen (heutiger Stand; unterstützend)</p>	<p>*Bestärkter Willen zum Klimaschutz auf globalen bis lokalen Ebenen (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Notwendigkeit zur Koordination von EE-Erzeugung und Bedarf (1. EM; unterstützend)</p> <p>*Technische Nischenentwicklung zu virtuellen Kraftwerken (2. EM; unterstützend)</p> <p>*Neuartige Technologie des VPS (3. EM; unterstützend)</p> <p>*Viele technische Alternativen an Smart Grids zu VPS (heutiger Stand; hemmend)</p>

Fallbeispiel	Sozio-kulturelle Faktoren	Technische Entwicklungen (lokal)	Institutionelle Faktoren	Anreize und Regulierungen	Gesellschaftliche Metafaktoren
		<ul style="list-style-type: none"> *Fehlen von (technischen) Datenstandards (8. EM; hemmend) *Abwesenheit von Elektroautos im Allgäu (8. EM; hemmend) *Potential der Lastverschiebung (heutiger Stand; unterstützend) 			
Drivy - Car Sharing mit privaten Fahrzeugen via App	<ul style="list-style-type: none"> *Gesellschaftliches Interesse an der „Sharing Economy“ (1. EM; unterstützend) *Verändertes Mobilitätsverhalten der Deutschen (1. EM, unterstützend) *Bekanntheit des Carsharing-Konzepts (2. EM; unterstützend) *Fehlende Bekanntheit des Carsharing-Konzepts in bestimmten Regionen (3. EM; hemmend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Trendwende in der urbanen Verkehrsplanung (1. EM; unterstützend) *Verbreitung alternativer Mobilitätskonzepte (1. EM; unterstützend) *Gute Verfügbarkeit öffentlicher Verkehrsmittel in den Städten (2. EM; unterstützend) *Verfügbarkeit von Technologie zum Öffnen des Autos per Smartphone (5. EM; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Hohe Kosten für Autobesitz (1. EM; unterstützend) *Attraktive Marktstruktur in Deutschland (1. EM, unterstützend) *Kfz-Versicherungen sind nicht für Carsharing geeignet (1. EM; hemmend) *Investitionen der Risikokapitalgeber (2., 4., 5. EM, unterstützend) *Günstige Rahmenbedingungen für Start-Up Unternehmen (2. EM; unterstützend) *Positive Netzwerkeffekte sind Anreiz für Zusammenschluss (4. EM; unterstützend) *Dynamische Marktentwicklung von Carsharing in Deutschland (heutiger Stand; unterstützend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Carsharinggesetz fördert ausschließlich gewerbliches Carsharing (heutiger Stand; hemmend) 	<ul style="list-style-type: none"> *Steigendes Bewusstsein für Umweltproblematiken und Ressourcenknappheit (1. EM; unterstützend) *Digitalisierung fast aller Lebensbereiche (1. EM; unterstützend)

Anhang 2.4: Die Handlungen innerhalb der Entwicklungspfade im Vergleich

Tabelle 14: Die Handlungen innerhalb der Entwicklungspfade der Infrastrukturoptionen im Vergleich

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrings-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
Abwasserwärmenutzung in Waiblingen	<p>*Der Gemeinderat entwickelt ein neues Leitbild zur Abwasserwärmenutzung (1. EM)</p> <p>*Bildung eines Netzwerkes mit den Stadtwerken als zentraler Akteur zur Ausarbeitung der Kopplungsidee (1. EM)</p> <p>*Die Stadtwerke erarbeiten mit externen Experten (EnBW) und den Betreibern des Klärwerkes ein integrales Energiekonzept zur umfassenden Bewertung und Planung (2. EM)</p>	<p>*Standardisierung von neuen Strukturen und Praktiken durch die Bildung neuer organisatorischer Schnittstellen zwischen Städtentwässerung und Stadtwerken (2. EM)</p> <p>*Integration in städtisches Lastmanagement und Aufbau von langfristigen Lieferbeziehungen (3. EM)</p> <p>*Die Stadtwerke standardisieren und passen Praktiken und Lernprozesse über technische Bedingungen (z.B. zur Wartung der Anlage) an (6. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Fortdauernde Modernisierung der Anlage ist nicht institutionell geregelt (heutiger Stand)</i></p>	<p>*Vermarktung der Innovation als Modellprojekt (3. EM)</p> <p>*Information durch die Stadtwerke über die (wirtschaftlichen) Vorteile der generierten Wärme/Gewinnung von Neukunden (5. EM)</p> <p>*Strategische Planungsarbeiten und Ausbaustrategien der Stadtwerke zum Ausbau der Abnehmer (5. EM)</p>	<p>*Der Gemeinderat positioniert die Abwasserwärmanlage als zentrales Modellprojekt innerhalb der städtischen Nachhaltigkeitsstrategie - umweltpolitischer Druck (4. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Konflikte zwischen wirtschaftlichen und politischen Interessen der Stadt und Stadtwerke (heutiger Stand)</i></p>	<p>*Anbindung der Abwasserwärmanlage an die Erweiterung der Kläranlage Waiblingen (2. EM)</p> <p>*Der Gemeinderat stellt Verbindungen zwischen Akteuren her (z.B. zwischen Stadtwerken und Städtentwässerung) (2. EM)</p> <p>*Identifizierung und Hinzugewinnen von Abnehmern der Abwasserwärme: große, öffentliche Gebäude (3. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Informelle Beziehungen zwischen den Stadtwerken und dem Gemeinderat zur Vermittlung von politischen Interessen, (finanzielle) Ressourcen für die Modernisierung werden nicht vermittelt (heutiger Stand)</i></p>	<p>*Gewinnung finanzieller Förderung von EU, Bund- und Landesebene (2. EM)</p> <p>*Wirtschaftliche Sensitivitätsanalyse zur Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit der Modernisierung der Anlage (4. EM)</p> <p>*Mobilisierung von Fördermitteln des Landes Baden-Württemberg für die Modernisierung (4. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Es bestehen keine Rahmenbedingungen für technische Umbaumaßnahmen auf Nutzerseite (5. EM)</i></p> <p>*Die Stadtwerke rechnen die generierte Wärme über Bundes- und Landesgesetze ab, welche die Wirtschaftlichkeit erhöhen (5. EM)</p>

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
Abwasserwärmenutzung in Köln	<p>*Stadt Köln und REAG gewinnen mit StEB und TH Köln wichtige (teilweise akademische) Partner für eine erfolgreiche Antragstellung (1. EM)</p> <p>*Machbarkeitsstudie zur Technik/Wirtschaftlichkeit (3. EM)</p> <p>*Eine Machbarkeitsstudie der Firma ECO.S zur Technik/Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Technologien an den Demonstrationsanlagen unterstützt Feinplanungen vor Ort für konkrete technische Ausgestaltung der Demonstrationsanlagen (3. EM)</p>	<p>*REAG, Stadt Köln und StEB nehmen Matching der öffentlichen Gebäudebestände und legen Fokus auf drei konkrete Schulen (mit Sporthallen) anhand Alter der Heizungsanlagen der Gebäude und Sanierungszyklen als Demonstrationsanlagen fest (2. EM)</p> <p>*REAG, StEB und Hausmeister der beteiligten Schulen führen Feinplanung der Anlagen vor Ort durch und legen Technologieeinsatz für Abwasserwärmenutzung fest (3. EM)</p> <p>*REAG setzt für weitere Projektrealisierungen zur Abwasserwärmenutzung tendenziell auf Rinnenwärmetauscher, da dadurch das Abwasser im Kanal verbleibt und man trotz geringerem Wirkungsgrad andere Probleme umgeht (heutiger Stand)</p>	<p>*Projekterfahrungen sollen in überregionalen, internationalen Erfahrungsaustausch eingebracht werden (1. EM)</p> <p>*REAG unterstützt Transferaktivitäten (6. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Transfer nur sehr begrenzt möglich, weil hierfür verfügbare Finanzmittel fast erschöpft (6. EM)</i></p>	<p>*Gemeinsame Initiative „SmartCity Cologne“, bildet Ausgangspunkt für Beteiligung an EU-Ausschreibung und ermöglicht, auf bestehenden Kontakten aufzubauen (1. EM)</p>	<p>*REAG und StEB konnten durch Gespräche mit Direktionen der beteiligten Schulen Bedenken wegen Platzproblemen und Geruchsbelästigungen ausräumen (4. EM)</p> <p>*Abstimmungen zwischen REAG und StEB machen technische Passung der Abwasserwärmenutzung mit Anforderungen der StEB an Kanalnetzbetrieb deutlich und unterstützen Umsetzung der Demonstrationsanlagen (4. EM)</p> <p>*Abstimmungen zwischen REAG und StEB machen technische Passung der Abwasserwärmenutzung mit Anforderungen an Kanalnetzbetrieb deutlich und unterstützen Umsetzung (4. EM)</p>	<p><i>*Herausforderung: Bisher werden von den Stadtwerken keine Möglichkeiten zur Gewinnung von finanzieller Unterstützung von (vorhandenen) EU-, Bundes- oder Landesfördermitteln gesehen (heutiger Stand)</i></p> <p><i>*Herausforderung: Vergleichsweise hohe Investitionskosten sind ein wichtiges Hemmnis für die Wirtschaftlichkeit der Abwasserwärmenutzung (heutiger Stand)</i></p>

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
		<p>*REAG unterstützt die Vermarktung der Innovation, in dem sie Contracting-Lösungen realisiert, um Akzeptanz der Technologie zu erhöhen; höhere Zahlungsbereitschaft bei Kunden z.T. vorhanden. (heutiger Stand)</p> <p>*Um das EEWärmeG als Triebkraft zu nutzen, bietet REAG ein breites Angebot nach EEWärmeG anerkannter Contracting-Lösungen: von effizienten Brennwertthermen über BHKH, Wärmepumpe bis zur Abwasserwärmepumpe, Solarthermie, Holzpelletkessel (heutiger Stand)</p>			<p>*REAG und StEB vereinbaren Nutzung von Abwasserwärme aus StEB-Kanalnetz durch REAG vertraglich (4. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: erforderliche Abstimmungen und Abschluss eines zusätzlichen Vertrags zur Abwärmenutzung führte zu mehrmonatigen zeitlichen Verzögerungen (4. EM)</i></p>	
Serverabwärmenutzung in Hamm	<p>*Anbindung der innovativen Idee zur Wärmegewinnung an das bestehende Wohnbauprojekt – trotz erhöhten Aufwandes und erhöhter Kosten (1. EM)</p> <p>*Schaffen eines bewussten Raumes zur Innovation und zur Erarbeitung neuen Wissens: Akteure der WIM informieren sich über neuartige Technologien und haben innerhalb des Unternehmens die Möglichkeit, diese umzusetzen (1. EM)</p>	<p>*WIM schafft neue Finanzierungsmöglichkeiten und ist bereit langfristige Amortisierung zu tragen (4. EM)</p> <p>*Wartung der Anlage durch Cloud&Heat (heutiger Stand)</p>	<p>*Vermarktung der neuen Technik zur Serverabwärmenutzung durch die Cloud&Heat (1. EM)</p> <p>*Medienstarke Einweihung und Positionierung als Lösung mit Beispielcharakter (5. EM)</p>	<p>*Anbindung an politische Interessen, z.B. der Bezirksregierung, Stadt/Bürgermeisterin, Land NRW (5. EM)</p>	<p>*Akteure der WIM setzen sich mit Cloud&Heat in Verbindung um die neue Technik zur Serverabwärmenutzung in das Wohnbauprojekt zu integrieren (1. EM)</p> <p>*Zusammenarbeit WIM und Cloud&Heat zur Erarbeitung des Konzeptes (2. EM)</p>	<p>*Vorlage Finanzierungskonzept an die NRW.Bank zur Bewilligung von Fördergeldern (3. EM)</p>

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
	<p>*Erarbeitung eines umfassenden Umsetzungskonzeptes und Anpassung des Bebauungsplans (2. EM)</p> <p>*Erarbeitung eines Finanzierungskonzeptes. WIM schafft neue Finanzierungsmöglichkeiten und ist bereit die langfristige Amortisierung zu tragen (3. EM)</p>	<p>*Aufnahme von Serverabwärmernutzung zur Wärmegewinnung in das Portfolio um Wohnsiedlungen zu planen und umzusetzen (heutiger Stand)</p>			<p>*Zusammenarbeit und Netzwerkbildung zwischen WIM und dem Wohnungsförderungsamt der Stadt Hamm zur Erstellung eines Finanzierungskonzeptes (3. EM)</p> <p>*Zusammenarbeit und Netzwerkbildung zwischen Akteuren für Anpassungen der Infrastrukturen (z.B. Unity Media und Stadtwerke) (4. EM)</p> <p>*Zusammenarbeit und Kooperation für weitere Projekte zwischen WIM und Cloud&Heat und zwischen WIM und Bezirksregierung und der Stadt (heutiger Stand)</p>	
<p>Wohnen & Elektromobilität im Rosensteinviertel Stuttgart</p>	<p>*Bildung eines Netzwerkes mit dem Stuttgarter Siedlungswerk durch das Living Lab BWe mobil zur Ausarbeitung der Idee zur Integration von Elektromobilität mit der Entwicklung eines nachhaltigen Stadtviertels (2. EM)</p>	<p>*Die ursprünglichen Baupläne aus dem Architekturwettbewerb wurden von den beteiligten Unternehmen geringfügig an die neue Infrastrukturoption angepasst (5. EM)</p>	<p>*Sichtbarmachung des Carsharing-Angebots an die zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner der Wohnanlage zur frühen Bindung von Kunden an den Standort (6. EM)</p> <p>*Netzwerkbildung und Kooperation vom Siedlungswerk mit einem etablierten Carsharing Anbieter (Stadtmobil) um sowohl Expertise als auch Kunden zu gewinnen (6. EM)</p>	<p>*Ausschreibung der Stadt Stuttgart für ein Nachhaltigkeitskonzept zur Entwicklung des Rosensteinviertels (1. EM)</p>	<p>*Zentralisierung der Koordination verschiedener Maßnahmen zur Förderung von Elektromobilität auf Landesebene durch Living Lab BWe-mobil (2. EM)</p> <p>*Anknüpfung des LivingLab BWe Programmes an die bestehenden Planungsarbeiten zu einem Wohnbauvorhaben des Siedlungswerkes im Rosensteinviertel (2. EM)</p>	<p>*Aufsetzen eines Sponsoringvertrages mit Stadtmobil (6. EM)</p>

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
	<p>*Erarbeitung eines Konzeptes zur Integration von Elektromobilität und Stromerzeugung in Wohnquartieren und Verbindung mit bestehendem Baukonzept (3. EM)</p> <p>*Netzwerkbildung und Wissensaustausch zur Ausarbeitung des Konzeptes durch das Siedlungswerk (3. EM)</p> <p>*Erstellung von umfassenden Gutachten zur Evaluation der Erfolgsaussichten des Vorhabens vor der Realisierung (4. EM)</p> <p>*Identifizierung von zukünftigen Kundengruppen durch ein sozialwissenschaftliches Gutachten (4. EM)</p>		<p>*Breitenwirksame Verbreitung der Erkenntnisse für weitere Unternehmen (heutiger Stand)</p> <p>*Das Wohnbauvorhaben in Stuttgart gilt als Modellprojekt und wird auch dementsprechend unter anderen Akteuren beworben (heutiger Stand)</p>		<p>*Netzwerkbildung und Kooperation vom Siedlungswerk mit einem etablierten Carsharing Anbieter (Stadtmobil) um sowohl Expertise als auch Kunden zu gewinnen (6. EM)</p>	
Solardorf Mül-lerstraße in Norderstedt	<p>*Bildung eines lokalen Netzwerkes aus Aktivisten, Lokalpolitikern, Experten und Unternehmer im Bereich nachhaltiges Bauen und regenerativer Energien aus Norderstedt und der Region (1. EM)</p>	<p>*Implementierung des Konzeptes ermöglicht durch städtebaulichen Vertrag/Bebauungsplan, da dieser das Konzept in städtebauliche Verpflichtung für den Entwickler gegenüber der Stadt übersetzt (5. EM)</p>	<p>*Weitere Projektierung sowie Werbung und Akquisetätigkeiten durch „Sonnendorf neue Lebensräume GmbH“; Baudezernent und Erster Stadtrat Bosse unterstützt in Werbung und Akquise (2. EM)</p> <p>*Öffentlichkeitswirksame Zusammenarbeit in Werbung sowie Mobilisierung neuer Partner (4. EM)</p>	<p>*Stadt Norderstedt setzt langfristige Nachhaltigkeitsziele sowie Anreize für Nachhaltigkeitsinnovation; Startpunkt für Suche nach Synergien zwischen Solardorf und Stadtentwicklung (1. EM)</p>	<p>*Dialog innerhalb des Netzwerkes über Solardorf als (potenzielles) Modellprojekt nachhaltiger Stadtentwicklung (1. EM)</p> <p>*Aktive Suche nach Synergien zwischen Projektentwicklung und Stadtentwicklung durch Schilling und Baudezernent und Ersten Stadtrat Bosse (4. EM)</p>	

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
	<p>*Konzept- beziehungsweise Produktentwicklung durch das lokale Netzwerk im Bereich nachhaltiges Bauen und regenerativer Energien (1. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Kein explizit experimenteller Raum, sondern Projektumsetzung als Wohngebietsentwicklung im Rahmen des Marktes (3. EM)</i></p> <p>*Einnehmen einer Führungsrolle im Experimentieren mit Innovation „dezentrale/gekoppelte Infrastruktur“ als Alleinstellungsmerkmal auf dem Immobilien(entwicklungs)markt durch Schilling (4. EM)</p>		<p>*Öffentlichkeitswirksame Zusammenarbeit in Werbung für und mit Solardorf (5. EM)</p> <p>*Positionierung des Solardorfes als Modellprojekt nachhaltiger Stadtentwicklung und Verständnis als Synergieprojekt schafft gemeinsames Verantwortungsgefühl und setzt Entwickler, Bauherren/Anwohner sowie insbesondere auch die Stadt unter Zugzwang einen Kompromiss zu finden (6. EM)</p>	<p>*Positionierung von Solardorf als Modellprojekt nachhaltiger Stadtentwicklung, das die unmittelbar die Nachhaltigkeitsziele der Stadt voranbringt (2. EM)</p> <p>*Navigieren und Verknüpfen von Ideen und Innovationen unterschiedlicher Nischen durch Schilling (4. EM)</p> <p>*Stadt Norderstedt setzt langfristige Nachhaltigkeitsziele sowie Anreize für Nachhaltigkeitsinnovation; Startpunkt für Suche nach Synergien zwischen Projektentwicklung und Stadtentwicklung in Planung durch Bosse (4. EM)</p>	<p>*Sektorenübergreifende Mediation durch Bosse, Stadt als Vermittler zwischen Entwickler und zukünftigen Kunden/Anwohnern zu positionieren (5. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Im Verlauf der Kompromissfindungen verhandeln zunehmend drei partikularinteressen geleitete Verhandlungspartner ohne neutrale Mediation; Mangelnde Koordination im Rahmen des Projektmanagements (6. EM)</i></p> <p>*Aktive Kompromissfindung mit dem Ziel eines Kompromisses im Rahmen des technisch und rechtlich möglichen (heutiger Stand)</p>	

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
<p>Multi-Energie-Tankstelle H2BER am Flughafen Berlin-Brandenburg (BER)</p>	<p>*Mobilisierung der NIP-Förderung im Januar 2012 durch die Industriepartner: Unter Leitung von TOTAL entwickelten die Industriepartner einen NIP-Förderantrag, welcher den Rahmenbedingungen einer Förderung entspricht (2. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Fehlkalkulierungen in der Entwicklung des Großwindparks durch Energtrag: Enertrag verkalkulierte sich und gab den Windpark auf. Da deren Elektrolyseur-Sparte von McPhy übernommen wurde, stieg Enertrag gänzlich aus H2BER aus (5. EM)</i></p>	<p><i>*Herausforderung: Fehlen von Handlungsstrategien, um mit den Bürgerprotesten umzugehen (5. EM)</i></p> <p>*Das Reiner-Lemoine-Institut generiert projektrelevantes Wissen im Rahmen einer Begutachtung für optimalen Betrieb der Wasserstofftankstelle (8. EM)</p>	<p><i>*Herausforderung: Fehlende Möglichkeit der Einflussnahme auf Verzögerung der Eröffnung und fehlende Strategien, die Nachfrage nach Nutzung der Tankstelle zu erhöhen: Das Konsortium unternehme weder massive Öffentlichkeitsarbeit noch andere Aktivitäten von um die Nachfrage nach Nutzung der Tankstelle zu stärken – die Nicht-Eröffnung des BER ist ein „zu großes/unverrückbares“ Ereignis, um in irgendeiner Weise beeinflusst zu werden (4. EM)</i></p> <p>*Breitenwirksame Kommunikation der Industriepartner (v.a. TOTAL) der Tankstelle im Rahmen der Grundsteinlegung: Die Industriepartner (v.a. TOTAL) veröffentlichen mehrere Pressemitteilungen. Mit dieser Öffentlichkeitsarbeit wurde politische Sichtbarkeit, und in eingeschränktem Maße, auch Sichtbarkeit bei der allgemeinen Bevölkerung erzielt (4. EM)</p>	<p>*TOTAL entwickelte Leitidee: TOTAL als Markttakteur mit einem intrinsischen Interesse, die künftige Mobilität mitzugestalten, entwickelte die Leitidee für die Multi-Energie-Tankstelle mit Industriepartnern und öffentlichen Institutionen, mit welchen teilweise bereits zuvor zusammengearbeitet wurde (1. EM)</p> <p>*Marktwirtschaftliches Interesse der Industriepartner an einer Kooperation: In dem Projekt H2BER spielt die Gewinnabsicht keine, beziehungsweise eine untergeordnete Rolle, jedoch soll mit dem Projekt perspektivisch ein Marktvorteil aufgebaut werden (1. EM)</p>	<p>*TOTAL bringt alte und neue Industrie- und Forschungspartner zusammen: TOTAL hat im Rahmen der Leitideeentwicklung verschiedene Akteure zusammengebracht und bestehende Netzwerke gestärkt sowie neue Netzwerke (etwa mit 2G) von Industrie- und Forschungspartnern gebildet (1. EM)</p> <p>*Festigung des Konsortiums: Mit dem Ausscheiden von Enertrag und der Aufnahme von McPhy wurde die Zusammensetzung der Industriepartner verändert – diese blieb über den Entwicklungspfad bestehen (zusätzliche wurde zu einem späteren Zeitpunkt ein Forschungsinstitut aufgenommen – als evaluierender Partner, nicht als Industriepartner) (3. EM)</p> <p>*Nach dem Scheitern des Windparks wurde von den Industriepartnern ein alternativer Stromlieferant identifiziert: Lichtblick liefert nun die ebenfalls mittels erneuerbarer Energien produzierte Energie für die Wasserstoffherstellung (5. EM)</p>	<p>*Bundespolitische Entscheidungsprozesse führte zu dem Ergebnis bis 2018 100 Wasserstofftankstellen zu errichten (3. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Fehlende Investitionen/Subventionen: Weder Institutionen der Länder Berlin oder Brandenburg, noch des Bundes fördern den Ausbau von Wasserstoffbetriebener Mobilität im öffentlichen Nahverkehr (6. EM)</i></p>

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
			<p>*Staatssekretärin im BMVI Katherina Reiche eröffnet die H2BER: Mit der Staatssekretärin des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur wird die bundesweite Bedeutung von H2BER als Leuchtturmprojekt betont (7. EM)</p> <p>*Der Wissenstransfer durch das Forschungsprojekt erhöht die Sichtbarkeit von Wasserstofftechnologie im Allgemeinen und für H2BER im Speziellen – so könne auch andere Projekte neben H2BER selber von den Forschungserkenntnissen profitieren (8. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Die Industriepartner betreiben keinen Mehraufwand bezüglich der Öffentlichkeitsarbeit: H2BER wird weitestgehend als „normale“ Tankstelle betrieben, in der Wasserstoff höchstens im Testbetrieb produziert und hergestellt wird. Es gibt daher keine nennenswerten Marketingaktivitäten um die Bekanntheit der Multi-Energie-Tankstelle zu steigern (heutiger Stand)</i></p>			

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
Hybridkraftwerk Prenzlau	<p>* Visionsentwicklung und Geschäfts-philosophie der ENERTRAG eines EE-Kraftwerkes (1. EM)</p> <p>*Aufbau des ENERTRAG-Einspeisenetz (Bau von Windkraftanlagen und deren Vernetzung) um zentral ins bestehende Stromnetz einzuspeisen (1. EM)</p> <p>*Kooperation mit Universitäten und Investition in Forschung zu Energiespeichern (2. EM)</p> <p>*ENERTRAG plant und erarbeitet mit Unterstützung von Universitäten einen Bauplan für den Elektrolyseur und das Hybridkraftwerk (3. EM)</p> <p>*Entwicklung unternehmenseigener Software (3. EM)</p> <p>*Netzwerkbildung mit etablierten Unternehmen, die die Entwicklung des Hybridkraftwerkes fördern ohne Einfluss auf die Bauarbeiten (die weiter von ENERTRAG geleitet werden) und die Forschung begleiten (5. EM)</p>	<p>*Aufbau von langfristigen Liefer- und Kooperationsbeziehungen (3. EM)</p> <p>*Integration des Kraftwerkes in unternehmerische Infrastruktur (3. EM)</p> <p>*Verankerung der Innovation durch das Testen, Gelingen und die Berichterstattung (6. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Aufwendiges Einarbeiten in rechtliches Neuland um die Genehmigung für den Betrieb der Anlage zu erreichen (6. EM)</i></p> <p><i>*Herausforderung: ENERTRAG schließt das Kraftwerk an das bestehende Einspeisenetz an und erreicht EEG-Förderung für Strom aus EE, jedoch keine Förderung für die EE-Speicherung (6. EM)</i></p> <p>*Neu-Vermarktung des Wasserstoffs als Windgas über</p> <p>Greenpeace Energiegenossenschaft (8. EM)</p> <p>*Strategische Planung zur Wirtschaftlichkeit und Anbindung ans bestehende Gasnetz (8. EM)</p>	<p>*Sichtbarkeit der Innovation als Modellprojekt, Lobbyarbeit durch ENERTRAG (3. EM)</p> <p>*Sichtbarkeit der Innovation als Modellprojekt, Lobby- und Vernetzungsarbeit (4. EM)</p> <p>*Aufklärungs- und Lobbyarbeit durch ENERTRAG, Sichtbarkeit für potentielle Kunden (heutiger Stand)</p>	<p>*ENERTRAG entscheidet sich dafür Wasserstoff als Energiespeicher zu nutzen (2. EM)</p> <p>*ENERTRAG berät sich mit der Stadt Prenzlau zum lokalen Wärmebedarf (3. EM)</p> <p>*Anbindung an bundes- und landespolitischen Repräsentanten, welche die (von der Energiebranche lange skeptisch gesehene) Pionierarbeit unterstützen (4. EM)</p>	<p>*ENERTRAG kooperiert mit TOTAL um den Wasserstoff-Treibstoff-Markt zu erschließen (7. EM)</p> <p>* Verkehrsministerium initiiert Partnerschaft zwischen Industrie und Politik zur Erprobung grüner Wasserstoff-Antriebe (7. EM)</p> <p>*Vernetzung mit Erdgasnetzbetreiber Ontras (8. EM)</p> <p>*ENERTRAG engagiert sich auf der Strategieplattform Power-to-Gas (der halbstaatlichen dena) und in der Initiative „performing energy“ um Wissen zu Windwasserstoff zu bündeln (heutiger Stand)</p>	<p>*ENERTRAG sichert sich finanzielle Förderung durch EE-Produktion (3. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Es bestehen keine förderlichen Rahmenbedingungen und konkrete rechtliche Einbindung von Erneuerbaren Energiespeichern (3. EM)</i></p> <p>*Gewinnung finanzieller Förderung von EU, Bund- und Landesebene (3. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Finanzierungsgrundlage für ähnliche Anlagen nicht gegeben (heutiger Stand)</i></p>

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
	<ul style="list-style-type: none"> *Alternativ-Vermarktung des Wasserstoffs als Treibstoff (7. EM) *Kooperation mit TOTAL und dadurch auch mit dem Wasserstoffmobilitätsnetzwerk (7. EM) *ENERTRAG kooperiert mit Greenpeace um den Windgas-Markt zu erschließen (8. EM) 	<ul style="list-style-type: none"> *Vernetzung mit Erdgasbetreibern (8. EM) *Ontras baut Infrastrukturerweiterung zum Anschluss des Hybridkraftwerkes ans Erdgasnetz (8. EM) 				
VPS Allgäu	<ul style="list-style-type: none"> *Auslotung der Möglichkeiten regenerativer Energiequellen im Allgäu durch Studien (z.B. PEESA) (1. EM) *Netzwerkbildung für die Planung und Umsetzung eines Pilotvorhabens im deutschen Alpenraum (3. EM) *Erstellung eines detaillierten Plans zur technischen Umsetzung des VPS Allgäu (5. EM) *Zusammenarbeit von AÜW und wissenschaftlichen Partnern der NTK für die Erarbeitung des Implementierungsplans für ein (modellhaftes) VPS Allgäu (5. EM) 	<ul style="list-style-type: none"> *Organisatorische Anpassungen in der Unternehmensstruktur des AÜW (3. EM) *Einbettung in die weitere Nachhaltigkeitsstrategie der Region Allgäu und Kempten (4. EM) *Umgehung von Kollisionen mit bestehendem Recht der Preisbildung durch Einführung eines Guthabensystems (7. EM) *Ausführliche Auswertung des Pilotversuchs und Erstellung von möglichen Richtlinien für Akteure, welche ein ähnliches System aufbauen möchten (8. EM) 	<ul style="list-style-type: none"> *Verbreitung des Pilotvorhabens und Masterplans unter Akteuren der Kommunalpolitik, örtlich ansässigen Firmen und Bildungseinrichtungen (4. EM) *Breit angelegte Öffentlichkeitsarbeit zur Bekanntmachung des Pilotvorhabens (6. EM) *Strategische Akquisetätigkeiten um Referenzkunden zu gewinnen (6. EM) *Positionierung des VPS-Vorhabens als Pilotprojekt erhöht Medienpräsenz (6. EM) *Bereitstellung einer ausführlichen Analyse des Pilotversuchs für die Öffentlichkeit (8. EM) 	<ul style="list-style-type: none"> *Neue Zielsetzung bei den AÜW: langfristige Nachhaltigkeits- und Innovationsziele bis 2020 (1. EM) *Erstellung eines Masterplans zur langfristigen Koordinierung verschiedener Maßnahmen der Projektpartner (4. EM) *Weitere Forschungsvorhaben knüpfen an die Forschungsergebnisse von AlpEnergy an (heutiger Stand) 	<ul style="list-style-type: none"> *Sektor-übergreifende Kooperation zwischen AÜW (Energieversorger), B.A.U.M. Consulting Group (ein bundesweit operierendes Beratungsunternehmen mit einem Fokus auf Nachhaltigkeit) und Allgäu GmbH (Gesellschaft für Standort und Tourismus in der Region) (1. EM) *Bildung einer internationalen Forschungskoordination zwischen verschiedenen Partnern im gesamten Alpenraum (2. EM) *Sektor-übergreifende Kooperation zwischen AÜW (Energieversorger) und Allgäu GmbH (Tourismus) zur Interessenmediation (3. EM) 	<ul style="list-style-type: none"> *Gewinnung von Fördergeldern für Forschungsvorhaben. Bewerbungen zur Teilnahme an nationalen und internationalen Forschungs- und Innovationsvorhaben im Bereich der Energiegewinnung durch die Kooperation (2. EM)

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
	*Anpassungen und Ausprobieren mit der Technologie (7. EM)	*Weiterführen der Forschung an neuartigen Energiesystemen: Die Unternehmen und Akteure im Alpenraum setzen die Forschung fort (heutiger Stand)			*Interessenmediation zur Vereinbarung und Koordination der unterschiedlichen Ziele der Projektpartner (4. EM) *Vermittlung, Verbindung und Überwachung von technischen und organisatorischen Schnittstellen (7. EM)	
Drivy - Car Sharing mit privaten Fahrzeugen via App	<p>*Paulin Dementhon entwickelt die Leitidee für eine onlinegestützte Plattform, welche die Vermietung von Fahrzeugen zwischen Privatpersonen ermöglichen soll (1. EM)</p> <p>*Dementhon entwickelt das Konzept für die APP und gewinnt ein französisches Versicherungsunternehmen als Partner (1. EM)</p> <p>*Softwareentwicklung, Marktanalyse und strategische Planung für die Einführung des Vermittlungsdienstes in Deutschland (1. EM)</p>	<p>*Dementhon gründet das Start-Up Unternehmen Vitorelib (später umbenannt in Drivy), um seine Leitidee umzusetzen (1. EM)</p> <p>*Weiterentwicklung des Versicherungskonzepts für den deutschen Markt und weitere europäische Länder (1. EM)</p> <p>*Drivy richtet eine deutsche Niederlassung mit Sitz in Berlin ein, um seinen Vermittlungsdienst in Deutschland zu starten (2. EM)</p> <p>* Drivy kauft den Vermittlungsdienst Autonetzer auf und wird dadurch zum größten Peer-to-Peer Carsharing-Anbieter auf dem deutschen Markt (4. EM)</p>	<p>*Drivy wirbt über verschiedene Kanäle für seine App (2. EM)</p> <p><i>*Herausforderung: Der Markteinstieg in Regionen mit geringer Vertrautheit mit Carsharing erfordert einen hohen Marketingaufwand (3. EM)</i></p> <p>*Drivy führt schrittweise fokussierte Marketingmaßnahmen in Großstädten durch und wählt dabei Städte, in denen Carsharing bereits etabliert und bekannt ist (3. EM)</p> <p>*Vermarktung der Innovation über TV-Kampagne, Plakatwerbung und soziale Medien (heutiger Stand)</p>	<p>*Mit Unterstützung von den Risikokapitalgebern entwickelt Drivy eine Internationalisierungsstrategie und entscheidet sich für die Expansion nach Deutschland (1. EM)</p> <p>*Entscheidung, Technologie zum Öffnen des Autos per Smartphone App einzusetzen für das private Carsharing (5. EM)</p> <p>*Drivy strebt weiteres Wachstum innerhalb Deutschlands an (heutiger Stand)</p>	<p>*Koordination von Aufgaben zwischen der Zentrale in Frankreich und der deutschen Niederlassung (2. EM)</p> <p>*Austausch von Wissen zwischen der Zentrale in Frankreich und der deutschen Niederlassung nach Erprobung der Technologie (5. EM)</p>	<p>*Drivy gewinnt Investoren und erhält zusätzlichen finanziellen Mittel für eine Expansion (1. EM)</p> <p>*Drivy erhält weitere finanzielle Mittel von den Investoren und kann diese für Marketingaktivitäten einsetzen (2. EM)</p> <p>*Drivy gewinnt weitere Investoren und erhält eine weitere Finanzierungsrunde (4. EM)</p> <p>*Drivy gewinnt weitere Investoren und erhält eine weitere Finanzierungsrunde (5. EM)</p>

Fallbeispiel	Transformative Handlungen			Orchestrierungs-Handlungen		
	Innovation und Nischenbildung	Anbindung an den Kontext	Sichtbarkeit stärken	Strategische Richtungssetzung	Mediation	Rahmenbedingungen setzen
	<p>*Bildung einer Partnerschaft mit dem Versicherungsunternehmen Allianz zur Bereitstellung eines Versicherungspakets für die Zeit der Anmietung privater Fahrzeuge über Drivy (1. EM)</p> <p>*Drivy entwickelt die Software für die Drivy Open Technologie und arbeitet für die Entwicklung der Hardware mit dem Marktführer zusammen. (5. EM)</p> <p>*Drivy bildet ein Netzwerk mit lokalen bzw. mobilen Werkstätten für die Installation der Drivy Open Hardware in Deutschland (5. EM)</p>					<p><i>*Herausforderung: Private Carsharing-Anbieter wie Drivy werden nicht im Rahmen des Carsharing-Gesetzes gefördert und es fehlt zudem Rechtssicherheit für die Frage, ab wie vielen Einnahmen eine Privatperson ihr Auto „gewerbsmäßig“ vermietet (heutiger Stand)</i></p>

Anhang 2.5: Die Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen im Vergleich

Tabelle 15: Die Beiträge zu Nachhaltigkeitstransformationen der zehn Infrastruktorkopplungen

Fallbeispiel	Nachhaltigkeitsbeitrag	Transformatives Potential und Transformative Wirkung
Abwasserwärmenutzung in Waiblingen	<p><i>*Leistungsfähigkeit:</i> Die lokal vorhandene und nachhaltige Energie von Abwasserwärme und Klärgas wird verfügbar gemacht ohne Ursprungsfunktionen zu beeinträchtigen. Gegenwärtig ist die Leistungsfähigkeit durch Modernisierungsbedarf beeinträchtigt.</p> <p><i>*Soziale und ökonomische Verträglichkeit:</i> Die Installation der Anlage ist ohne Schwierigkeiten umzusetzen; die Wärme aus Anlage kann Abnehmern (meist öffentlichen Gebäuden mit stabilem und großem Wärmebedarf) zu vergleichbaren Preisen von anderen Energieträgern wie Öl und Gas zur Verfügung gestellt werden.</p>	<p><i>*Transformatives Potential:</i> Kann zu einer veränderten Nutzung von Abwasser beitragen – Abwasser wird neuer Energieträger für Wärme und ersetzt konventionelle Energieträger wie Öl und Gas. Die Kopplung kann so zu einer nachhaltige(re)n Wärmeversorgung in Waiblingen beitragen.</p> <p><i>*Transformative Wirkung:</i> Veränderung technischer Strukturen (Kläranlage und Fernwärmenetz); institutionelle Verankerung (organisatorische Schnittstellen); neue Marktoptionen (für Stadtwerke).</p>

Fallbeispiel	Nachhaltigkeitsbeitrag	Transformatives Potential und Transformative Wirkung
	<p><i>*Ressourceneffizienz und -schonung:</i> Beitrag zu Ressourceneffizienz, da Abwasserwärme als Energiequelle sonst verloren geht; Beitrag zu Klimaschutz: CO₂-Emissionen für Raumheizung und Wassererwärmung werden reduziert – dies ist momentan allerdings vermindert durch den Modernisierungsbedarf der Anlage.</p> <p><i>*Versorgungssicherheit:</i> Die Versorgung mit Wärme aus der Kläranlage kann verhältnismäßig sicher und flexibel über das Fernwärmenetz gewährleistet werden; die Anlage trägt zu lokaler Energieunabhängigkeit bei.</p>	<p><i>*Herausforderungen:</i> Innovation bezieht sich nur auf die Angebotsseite des Abwasseraufbereitungs- und Wärmeversorgungssystems und allein auf technische Innovation; kurzfristige Kosten-Nutzen-Rechnungen und Gewinnabgabe-Beziehungen werden nicht in Frage gestellt und verhindern langfristige Investitionen in Modernisierung.</p>
<p>Abwasserwärmenutzung in Köln</p>	<p><i>*Leistungsfähigkeit:</i> Die lokal vorhandene und nachhaltige Energie von Abwasserwärme wird verfügbar gemacht ohne die Funktion der Kanalisation bzw. der Kläranlage zu beeinträchtigen.</p> <p><i>*Soziale und ökonomische Verträglichkeit:</i> Die Installation der Anlage ist ohne größere Schwierigkeiten umzusetzen (trotz Bedenken wegen Raumbedarf und Geruchsbelästigung); die Wärme aus Anlage kann Abnehmern (Schulen) zu vergleichbaren (leicht höheren) Preisen von anderen Energieträgern wie Öl und Gas zur Verfügung gestellt werden.</p> <p><i>*Ressourceneffizienz und -schonung:</i> Beitrag zu Ressourceneffizienz, da Abwasserwärme als Energiequelle sonst verloren geht; Beitrag zu Klimaschutz: CO₂-Emissionen für Raumheizung werden reduziert.</p> <p><i>*Versorgungssicherheit:</i> Die Versorgung mit Wärme aus der Kläranlage kann verhältnismäßig sicher und flexibel an den Demonstrationsstandorten gewährleistet werden; die Anlage trägt zu lokaler Energieunabhängigkeit bei.</p>	<p><i>*Transformatives Potential:</i> Kann zu einer veränderten Nutzung von Abwasser beitragen – Abwasser wird neuer Energieträger für Wärme und ersetzt konventionelle Energieträger wie Öl und Gas. Die Kopplung kann so zu einer nachhaltige(re)n Wärmeversorgung in Köln beitragen.</p> <p><i>*Transformative Wirkung:</i> Veränderung technischer Strukturen (an Schulen); institutionelle Verankerung (vertraglicher Vereinbarungen und Abstimmungen zwischen StEB und REAG); neue Marktoptionen (Angebotspalette).</p> <p><i>*Herausforderungen:</i> Innovation bezieht sich nur auf die Angebotsseite des Abwasseraufbereitungs- und Wärmeversorgungssystems und allein auf technische Innovation; hohe Investitionskosten und für Amortisation benötigte höhere Wärmepreise machen (Anschub)Finanzierung erforderlich.</p>
<p>Serverabwärmenutzung in Hamm</p>	<p><i>*Leistungsfähigkeit:</i> Ermöglicht die Bereitstellung von Wärme durch Serverabwärme. Serverschränke konnten mit verhältnismäßig wenig technischen Anpassungen umgesetzt werden (aber Bedarf zu Änderung von Bauplänen und Glasfaserkabel).</p> <p><i>*Soziale und ökonomische Verträglichkeit:</i> Wärme wird zu vergleichbaren Preisen zur Verfügung gestellt. Erhöhung der Investitionssumme – Finanzierung ermöglicht durch Förderung und durch Bereitschaft der WIM die längere Amortisierung zu tragen. Kopplung erfordert Datenschutzmaßnahmen durch Serverschränke in Wohnungen. Wohnungen waren speziell für einkommensschwache Familien.</p> <p><i>*Ressourceneffizienz und -schonung:</i> Beitrag zu Ressourceneffizienz, da Serverwärme als Energiequelle sonst verloren geht; Beitrag zu Klimaschutz: CO₂-Emissionen für Raumheizung und Wassererwärmung werden reduziert.</p> <p><i>*Versorgungssicherheit:</i> Die Versorgung kann verhältnismäßig sicher geleistet werden; Anlage bedarf ausreichend Nachfrage nach Serverkapazität; es ergaben sich bisher wenige Wartungsarbeiten; die Anlage trägt zu lokaler Energieunabhängigkeit bei.</p>	<p><i>*Transformatives Potential:</i> Kann zu veränderter Nutzung von Serverwärme beitragen – Serverwärme wird neuer Energieträger für Wärme und ersetzt konventionelle Energieträger wie Öl und Gas. Die Kopplung kann so zu einer nachhaltige(re)n Wärmeversorgung beitragen.</p> <p><i>*Transformative Wirkung:</i> Veränderung technischer Strukturen (z.B. Serverschränke, Glasfaserkabel); neue Marktoptionen (für Unternehmen mit Serverkapazitäten); neue Kooperationen (z.B. zwischen Unternehmen, zwischen WIM und Bezirksregierung).</p> <p><i>*Herausforderungen:</i> Innovation bezieht sich nur auf die Angebotsseite des Wärmeversorgungssystems und allein auf technische Innovation.</p>

Fallbeispiel	Nachhaltigkeitsbeitrag	Transformatives Potential und Transformative Wirkung
<p>Wohnen & Elektromobilität im Rosenstein-viertel Stuttgart</p>	<p><i>*Leistungsfähigkeit:</i> Da das Wohnbauvorhaben noch nicht fertig gestellt ist, lassen sich noch keine Angaben dazu machen, wie funktional die Infrastrukturkopplung in der Bereitstellung von integrierten Mobilitäts- und Energieerzeugungskonzepten (Car-Sharing, lokale Erzeugung und Speicherung regenerativer Energien) ist. Die Technologien gelten als erprobt, aber Stromspeicherung stellt derzeit noch technische Probleme dar. Die Nutzung des lokal erzeugten Stroms ist begrenzt, da dieser nicht an die Bewohner weiterverkauft werden darf.</p> <p><i>*Soziale und ökonomische Verträglichkeit:</i> Geringe nutzerseitige Anpassungsnotwendigkeit und hohe Nachfrage für Inanspruchnahme von Carsharing erwartet; die Wohnungen sind allerdings noch nicht verkauft.</p> <p><i>*Ressourceneffizienz und -schonung:</i> Beitrag zu Ressourceneffizienz durch Carsharing und Energiespeicherung in Elektrofahrzeugen; Beitrag zu Klimaschutz durch regenerative Energien, Energiespeicherung und Elektromobilität; verringerte Feinstaubbelastung durch Elektromobilität. Die Möglichkeit der Ausweitung der nachhaltigen Stromerzeugung durch die begrenzte Dachfläche limitiert.</p> <p><i>*Versorgungssicherheit:</i> Beitrag zu Versorgungssicherheit und lokaler Energieunabhängigkeit; allerdings begrenzte Unabhängigkeit des Wohnquartiers von der restlichen Stromversorgung der Stadt Stuttgart da der erzeugte Strom nicht in den Privathaushalten verwendet werden kann (nur zur Gebäudeunterhaltung und den Betrieb der Elektrofahrzeuge). Durch die Sponsoringverträge mit ImmoTherm und Stadtmobil ist eine ständige Versorgung mit Elektrizität als auch Mobilität gewährleistet: Bei Ausfällen bei den Elektroautos oder der Stromanlage müssen die Vertragspartner eine weitere Versorgung der Bewohner mit dem Service gewährleisten.</p>	<p><i>*Transformatives Potential:</i> Dezentralisierung der Energieinfrastruktur und Förderung des Ausbaus Erneuerbarer Energien; Beitrag zu Elektromobilität und Energiespeicherung; Carsharing und E-Bikes (verändertes Mobilitätsverhalten). Die Leitidee der Infrastrukturkopplung hatte somit das Potential, zu einem nachhaltigeren Energie- und Mobilitätssystem in Stuttgart beizutragen.</p> <p><i>*Transformative Wirkung:</i> Technische und institutionelle Umsetzungen (PV-Anlagen auf Dächern, Elektroautos und E-Bikes); Änderungen der Landesbauordnung. Begrenzte Wirkung da der Bau des Quartiers noch nicht vollständig abgeschlossen ist.</p> <p><i>*Herausforderungen:</i> Der regenerative Strom kann nicht den Bewohnerinnen und Bewohnern zur Verfügung gestellt werden; individuelle Elektro-Mobilität hinterfragt nicht Individualverkehr und Autonutzung (z.B. hinsichtlich autofreier Städte, Stadt der kurzen Wege).</p>

Fallbeispiel	Nachhaltigkeitsbeitrag	Transformatives Potential und Transformative Wirkung
<p>Solardorf Müllerstraße in Norderstedt</p>	<p><i>*Leistungsfähigkeit:</i> Die Leitidee konnte nicht wie geplant umgesetzt werden – statt dezentraler regenerativer Stromerzeugung erfolgt die Deckung der Energiebedarfe letztendlich aus öffentlichen Quellen, keine intelligente Steuerung durch Smart-Grid, keine Stromspeicherung durch Elektrofahrzeuge. Strom und Wärme werden im Blockheizkraftwerk effizient produziert, jedoch gibt es technische Probleme bei den objektseitigen Installationen sowie dem Fernwärmenetz.</p> <p><i>*Soziale und ökonomische Verträglichkeit:</i> Nutzerseitige Investitionen für PV-Anlage und Speicher – die objektseitigen Installationen durch die vom jeweiligen Grundstückseigentümer bestellten Bauträger (statt Betrieb durch Kooperative wie im Konzept) resultieren in einem erheblichen Mehraufwand und finanzieller Belastung für Kunden. Eine dauerhaft kostendeckende Energiebereitstellung ist fraglich, da die Bedarfsdeckung letztendlich durch öffentliche Netze erfolgt.</p> <p><i>*Ressourceneffizienz und -schonung:</i> Beitrag zu Klimaschutz durch Nutzung regenerativer Energie im Quartier – eine flächendeckende Nutzung von Elektrofahrzeuges hätte Emissionen gegenüber konventionellen Autos reduziert. Ohne intelligente Steuerung keine Einsparung von Primärenergie wie geplant.</p> <p><i>*Versorgungssicherheit:</i> Keine verminderte Abhängigkeit vom öffentlichen Netz, aber bei Ausfall der Stromproduktion durch die Stadtwerke kann Strom mit den PV-Anlagen der Haushalte erzeugt werden. Umgekehrt ist der Bezug von Strom durch den Anschluss an das städtische Stromnetz sogar bei Defekt der Photovoltaik-Anlage vor Ort gegeben. Der Energiespeicher (hier Hausbatterie) ist aufgrund der fehlenden Möglichkeit eines physischen Austausches im Stromverbund und der Speicherung in Elektrofahrzeugen relativ klein.</p>	<p><i>*Transformatives Potential:</i> Dezentralisierung und Demokratisierung der Energieinfrastruktur (Insel-Infrastruktur zur regenerativen Eigenversorgung von Haushalten beziehungsweise Wohnquartieren; das Quartier als neue organisatorische Einheit); Beitrag zu Elektromobilität und Energiespeicherung. Die Leitidee der Infrastrukturkopplung hatte somit das Potential, zu einem nachhaltigeren Energie- und Mobilitätssystem in Norderstedt beizutragen.</p> <p><i>*Transformative Wirkung:</i> Durch Abweichungen der Umsetzung von dem ursprünglichen Konzept verminderte Transformative Wirkung: Experimentieren und Lernen mit der Dezentralisierung von Energieinfrastruktur (z.B. Identifikation von notwendigen strukturellen Änderungen), aber keine Umsetzung des Smart-Grids, keine lokale Stromeigenversorgung (sondern durch öffentliche Netze), keine Elektrofahrzeuge und Ladestationen.</p> <p><i>*Herausforderungen:</i> Leitidee konnte aufgrund bestehender rechtlicher Rahmen und technischer Möglichkeiten nicht umgesetzt werden; Leitidee bezogen auf überdurchschnittliche Kaufkraft; die Kopplung von privater, objektbasierter Stromproduktion und individueller Elektro-Mobilität hinterfragt nicht Individualverkehr und Privatfahrzeuge (z.B. hinsichtlich autofreier Städte, Stadt der kurzen Wege, Sharing Economies).</p>

Fallbeispiel	Nachhaltigkeitsbeitrag	Transformatives Potential und Transformative Wirkung
<p>Multi-Energie-Tankstelle H2BER am Flughafen Berlin-Brandenburg (BER)</p>	<p><i>*Leistungsfähigkeit:</i> H2BER kann Strom, Wasserstoff und Wärme auf Basis regenerativer Energieerzeugung bereitstellen. Die ursprüngliche Leitidee wurde jedoch mehrfach angepasst – Wasserstoff kann nicht als Treibstoff zur Verfügung gestellt werden und es gibt keine Herstellung von Wasserstoff über Windpark und keine Vermarktung von Wasserstoff an Berliner wasserstoffbetriebene Busse.</p> <p><i>*Soziale und ökonomische Verträglichkeit:</i> Die ökonomische Perspektive von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen oder Wasserstoffnutzung als Energiespeicher ist kostenintensiv. Die Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff bedarf der Umrüstung auf Autos mit der Technologie; trotz dem Vorteil gegenüber Elektromobilität, dass größere Reichweiten möglich sind, ist die nutzerseitige Nachfrage gering.</p> <p><i>*Ressourceneffizienz und -schonung:</i> Beitrag zu Ressourceneffizienz (Nutzung von Produktionsspitzen von Windparks und Energiespeicherung); Beitrag zu Klimaschutz durch verbesserte Nutzung von Erneuerbaren Energien und Förderung von CO₂-armer Mobilität (Elektro- und Wasserstoffantriebe). Diese Beiträge sind allerdings sehr begrenzt durch die begrenzte Verfügbarmachung und Nutzung von Wasserstoff.</p> <p><i>*Versorgungssicherheit:</i> Beitrag zu Versorgungssicherheit von Erneuerbaren Energien durch Wasserstoff als neue Speichertechnologie. Da der Windpark gescheitert ist, ist der Aspekt Energie aus regenerativer Quelle zu speichern nicht gegeben.</p>	<p><i>*Transformatives Potential:</i> Veränderte Nutzung von Erneuerbaren Energien durch Energiespeichertechnologien; alternative und CO₂-arme Treibstoffe für nachhaltige(re) Mobilität.</p> <p><i>*Transformative Wirkung:</i> Wasserstoff konnte als funktionsfähige Speichertechnologie und als Treibstoff aufgezeigt werden. Die Wirkungen sind aber begrenzt, da die Leitidee nicht wie geplant umgesetzt werden konnte: Die Elektrizität von Stromproduktionsspitzen wird nicht verwertet und der produzierte Wasserstoff wird nicht als Treibstoff vermarktet. Indirekte Wirkungen umfassen neue Kooperationen verschiedener Industriepartner, die weiterhin Wasserstofftechnologien erproben und an die Öffentlichkeit tragen.</p> <p><i>*Herausforderungen:</i> Grundsätzliches Mobilitätsverhalten wird nicht in Frage gestellt (private Autonutzung); kein breites öffentliches und politisches Interesse an Wasserstofftechnologie (als Treibstoff).</p>

Fallbeispiel	Nachhaltigkeitsbeitrag	Transformatives Potential und Transformative Wirkung
<p>Hybridkraftwerk Prenzlau</p>	<p><i>*Leistungsfähigkeit:</i> Rückverstromung und damit Regelbarkeit und bedarfsgerechte Versorgung mit Erneuerbaren Energien konnte aufgezeigt werden. Es wird (lokale) Elektro- und Gas-Energieversorgung sowie (regionale) Wasserstoff-Treibstoff-Versorgung geleistet.</p> <p><i>*Soziale und ökonomische Verträglichkeit:</i> Ökonomische Effizienz stand zu Beginn nicht im Fokus, konnte aber nach Abschluss der Forschungsphase durch Infrastrukturerweiterungen im Erdgasnetz (neuer umfangreicher Speicher, neue Kopplung) und neuen Nischenmarkt (grüner Erdgasmarkt) sichergestellt werden.</p> <p><i>*Ressourceneffizienz und -schonung:</i> Speicherung und Nutzung überschüssiger Windenergie (Ressourceneffizienz), geringfügige CO₂-Emissionenreduktion durch Wärmenutzung. Negative Auswirkung durch deutlich erhöhte Flächeninanspruchnahme durch Biogas.</p> <p><i>*Versorgungssicherheit:</i> Bedarfsgerechte Versorgung mit Strom, Wärme, Treibstoff und Windgas und so Beitrag zu Versorgungssicherheit von Erneuerbaren Energien. Wetterbedingte Störungen wie Windflauten können durch sie ausgeglichen werden.</p>	<p><i>*Transformatives Potential:</i> Stärkung der Versorgungssicherheit/Regelfähigkeit von Erneuerbaren Energien durch Energiespeichertechnologien – dem dominanten Regime der Gasversorgung durch Erdgas und Treibstoffe werden funktionierende Alternativen mit Wasserstoff in industriellen Produktionsmengen entgegengesetzt; alternative und CO₂-arme Treibstoffe für nachhaltige(re) Mobilität.</p> <p><i>*Transformative Wirkung:</i> technische Umsetzung und institutionelle Verankerung des Potentials; neue Kooperationen und Netzwerke zwischen etablierten Nischenunternehmen.</p> <p><i>*Herausforderungen:</i> Klimafreundliches Windgas und Treibstoff (noch) technisch begrenzt und preislich nicht kompetitiv mit fossilen Energieträgern; rechtliche Rahmenbedingungen setzen keine bzw. gegenläufige Anreize und hinderliche Gesetze für die Power-to-Gas Technologie und den Ausbau der Windgasproduktion; begrenzter Einfluss der Anlage auf der Nachfrageseite und Vernachlässigung nicht-technologischer Systemkomponenten (wie z.B. Kultur, soziale Praktiken).</p>

Fallbeispiel	Nachhaltigkeitsbeitrag	Transformatives Potential und Transformative Wirkung
<p>VPS Allgäu</p>	<p><i>*Leistungsfähigkeit:</i> Der Pilotversuch konnte aufzeigen, dass das Potenzial der lokal vorhandenen Energiepotenziale im Alpenraum effizient verfügbar und nutzbar gemacht werden und das Stromnetz vor Netzüberlastungen geschützt werden kann. Es kam bei voller Stromeinspeisung von lokalen Energieerzeugern zu keinen Netzausfällen und durch Strompreissignale wurden Lastverschiebungen von bis zu 3% durch Strompreissignale erreicht. Allerdings bestanden technische Herausforderungen (z.B. mit Messungen, Preissignalen).</p> <p><i>*Soziale und ökonomische Verträglichkeit:</i> Bedarf von nutzerseitigen Änderungen (z.B. Installation von Smart Metern) und Kenntnissen (z.B. Bedienung der Smart Home Produkte) führte zu Problemen. Strom konnte Abnehmern während der Stromspitzen zu günstigeren Preisen als normal (Standardpreis der AÜW) angeboten werden, aber die Preisgarantie für Erneuerbare Energien (EEG) erschwerte die Umsetzung eines flexiblen Preismodells. Das System für Stromversorger unrentabel.</p> <p><i>*Ressourceneffizienz und -schonung:</i> Beitrag zu Ressourceneffizienz durch Verteilung von Erneuerbarer Energie und Nutzung von Stromspitzen während der Mittagsspitze. Beitrag zu Klimaschutz durch verbesserte Nutzung von Erneuerbarer Energie.</p> <p><i>*Versorgungssicherheit:</i> Produktions- und bedarfsgerechte Versorgung mit Erneuerbaren Energien und somit Beitrag zu Versorgungssicherheit von Erneuerbaren Energien und Verhinderung von Netzüberlastungen.</p>	<p><i>*Transformatives Potential:</i> Stärkung der Versorgungssicherheit/Regelfähigkeit von dezentralen Erneuerbaren Energien durch intelligente Vernetzung und Preissignale; verändertes Nutzerverhalten (Nutzung von Stromproduktionsspitzen).</p> <p><i>*Transformative Wirkung:</i> Technische Umsetzung auch auf Nutzerseite (z.B. Smart Meter); neue Geschäftsmodelle (z.B. variable Folgetarife); neue Kooperationen und Partnerschaften für Folgeprojekte zu Netzentlastung.</p> <p><i>*Herausforderungen:</i> Viele technische Komponenten (z.B. Smart Meter und Smart Power Outlets) sind noch nicht weit genug ausgereift; begrenztes Interesse von Nutzerinnen und Nutzern (und Lastverschiebung nur durch Preisanreize, nicht Informationen); Geschäftsmodell war nur durch finanzielle Förderung rentabel.</p>
<p>Drivy – Car Sharing mit privaten Fahrzeugen via App</p>	<p><i>*Leistungsfähigkeit:</i> Ermöglicht privates Carsharing und kann so die Auslastung privater Fahrzeuge deutlich erhöhen ohne viele technische oder andere Voraussetzungen.</p> <p><i>*Soziale und ökonomische Verträglichkeit:</i> Geringe Einstiegshürden für die Nutzung des Vermittlungsdienstes; kostengünstiges alternatives Mobilitätsangebot (auch für Personen, die sich kein eigenes Auto leisten können); für Autobesitzerinnen und -besitzer die Möglichkeit eines Zuverdienstes.</p> <p><i>*Ressourceneffizienz und -schonung:</i> Beitrag zu Ressourceneffizienz möglich durch weniger Anschaffungen von Privatautos; Potenzial für Ressourcenschonung und Klimaschutz wenn insgesamt weniger Autofahrten, dafür mehr Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln und Fahrrad zustande kommen und insgesamt weniger Autos benötigt werden – derzeit sind Effekte kaum spürbar, da noch zu wenige Nutzerinnen und Nutzer.</p>	<p><i>*Transformatives Potential:</i> Beitrag zu Änderungen im Mobilitätsverhalten: weniger Autobesitz bzw. Vermietung von Privatautos, verbreitete Nutzung intermodularer Mobilität (öffentliche Verkehrsmittel oder Rad). Die Infrastruktorkopplung kann so zu einem nachhaltige(re)m Verkehrssystem in Deutschland beitragen.</p> <p><i>*Transformative Wirkung:</i> Technische und institutionelle Verankerung (auch Ausweitungen der App; Versicherungsstrukturen); Etablierung von privatem Carsharing in vielen deutschen Städten – verändertes Mobilitätsverhalten; veränderte Marktstrukturen und neue Einkommensquellen für Unternehmen und Privatpersonen.</p>

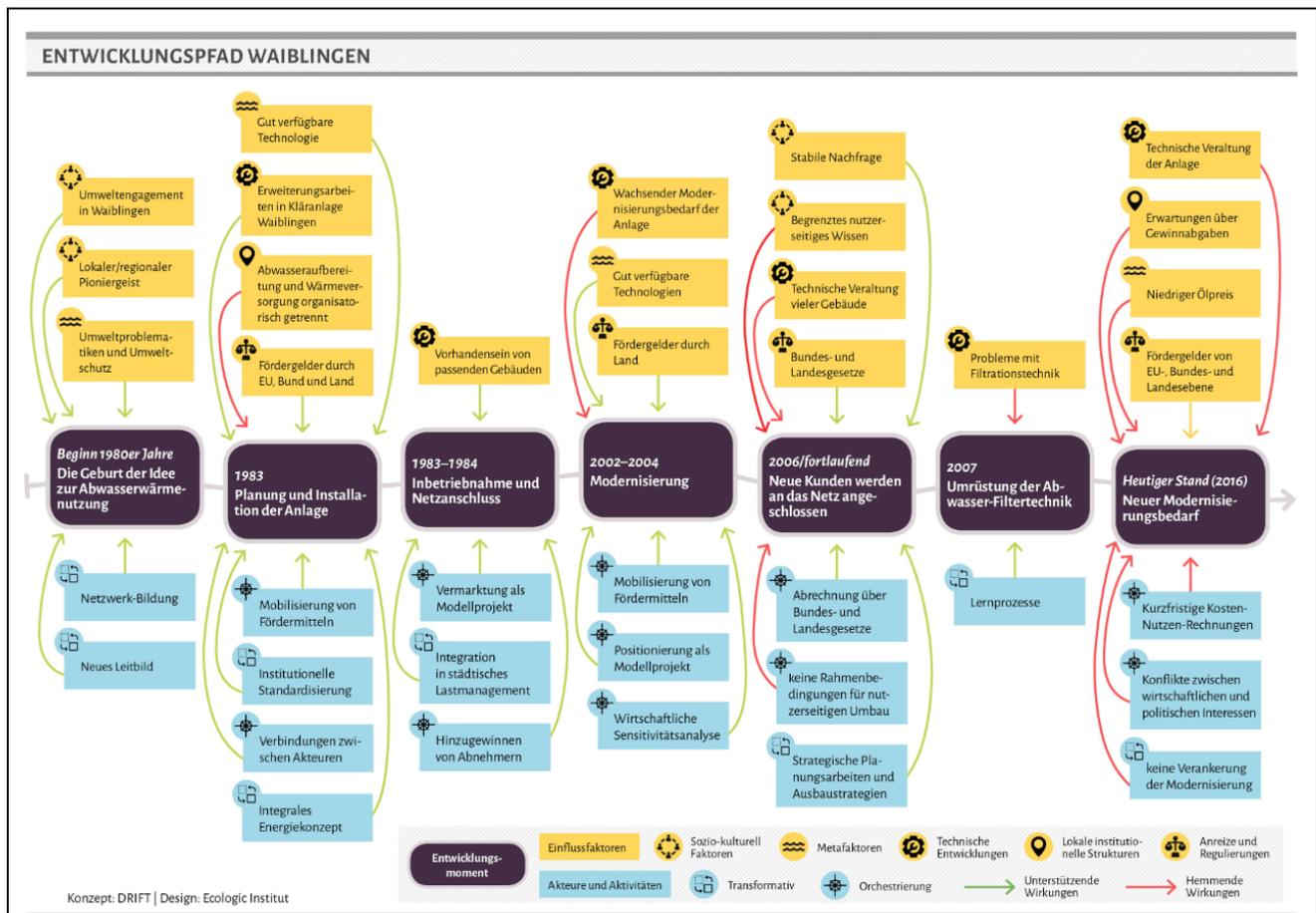
Fallbeispiel	Nachhaltigkeitsbeitrag	Transformatives Potential und Transformative Wirkung
	<p><i>*Versorgungssicherheit:</i> Geringe Störungsanfälligkeit, da Technik und Software ausgereift sind und im Falle von Server-Ausfällen Backup-Systeme zum Einsatz kommen. Versorgungssicherheit begrenzt in Gebieten, in denen privates Carsharing wenig verbreitet ist.</p>	<p><i>*Herausforderungen:</i> Der Ausbau der Infrastruktorkopplung in ländlichen Räume ist begrenzt durch fehlende Bekanntheit von privatem Carsharing und schlecht ausgebauter Verkehrsinfrastruktur (die andere Verkehrsoptionen ermöglicht). Antriebe der Autos werden nicht in Frage gestellt.</p>

Anhang 3: Steckbriefe Fallstudien innovativer Infrastrukturaufstellungsprojekten

Dieser Anhang stellt die einzelnen innovativen Infrastrukturaufstellungsprojekte steckbriefartig vor im Hinblick auf die Ergebnisse aus den Einzelfallstudien. Die umfassenden Einzelfallbeschreibungen und -analysen sind im Bericht von Hölscher und Wittmayer (2018) gesammelt.

Anhang 3.1: Abwasserwärmenutzung in Waiblingen

<h3>Abwasserwärmenutzung in Waiblingen</h3>	
<p>Kurzbeschreibung und Leitidee</p> <p>In der Kläranlage in der Stadt Waiblingen wurde im Jahr 1983 ein Heizkraftwerk errichtet, welches mit Abwasserwärme und Klärgase Wärme produziert. Die Wärme wird über ein Fernwärmenetz an öffentliche und private Gebäude der Stadt geliefert. 2002 bis 2004 wurde die Anlage modernisiert und produziert seitdem auch Energie für den Betrieb des Heizkraftwerkes. Die Anzahl der Abnehmer wird stetig erweitert; es beziehen mittlerweile über 70 Gebäude Wärme aus der Kläranlage.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Zeitraum und Stand der Umsetzung: Projektrealisierung 1983; Modernisierung: 2002 bis 2004; bis heute in Betrieb ▶ Umsetzungsort: Stadt Waiblingen (Baden-Württemberg) ▶ Schlüsselakteure: Stadtwerke Waiblingen 	
<p>Kopplungen</p> <p>Abwasserbehandlung (+Gaserzeugung) + Wärmeerzeugung + Wärmeverteilung</p>	<p>Nutzen</p> <p>Eigenverbrauch (Wärme Kläranlage)</p> <p>Externe Verbraucher (Wärmeversorgung meist öffentlicher Gebäude)</p>



Nachhaltigkeitsbeitrag

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Die lokal vorhandene und nachhaltige Energie von Abwasserwärme und Klärgas wird verfügbar gemacht ohne Ursprungsfunktionen zu beeinträchtigen. Gegenwärtig ist die Leistungsfähigkeit durch Modernisierungsbedarf beeinträchtigt.
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Die Anlage ist ohne Schwierigkeiten umzusetzen; die Wärme aus Anlage kann Abnehmern (meist öffentlichen Gebäuden mit stabilem und großem Wärmebedarf) zu vergleichbaren Preisen von anderen Energieträgern wie Öl und Gas zur Verfügung gestellt werden.
- ▶ **Ressourceneffizienz und -schonung:** Beitrag zu Ressourceneffizienz: Abwasserwärme geht als Energiequelle sonst verloren; Beitrag zu Klimaschutz: CO₂-Emissionen für Raumheizung und Wassererwärmung werden reduziert – dies ist momentan vermindert durch den Modernisierungsbedarf der Anlage.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Die Versorgung mit Wärme aus der Kläranlage kann verhältnismäßig sicher und flexibel über das Fernwärmenetz gewährleistet werden; die Anlage trägt zu lokaler Energieunabhängigkeit bei.

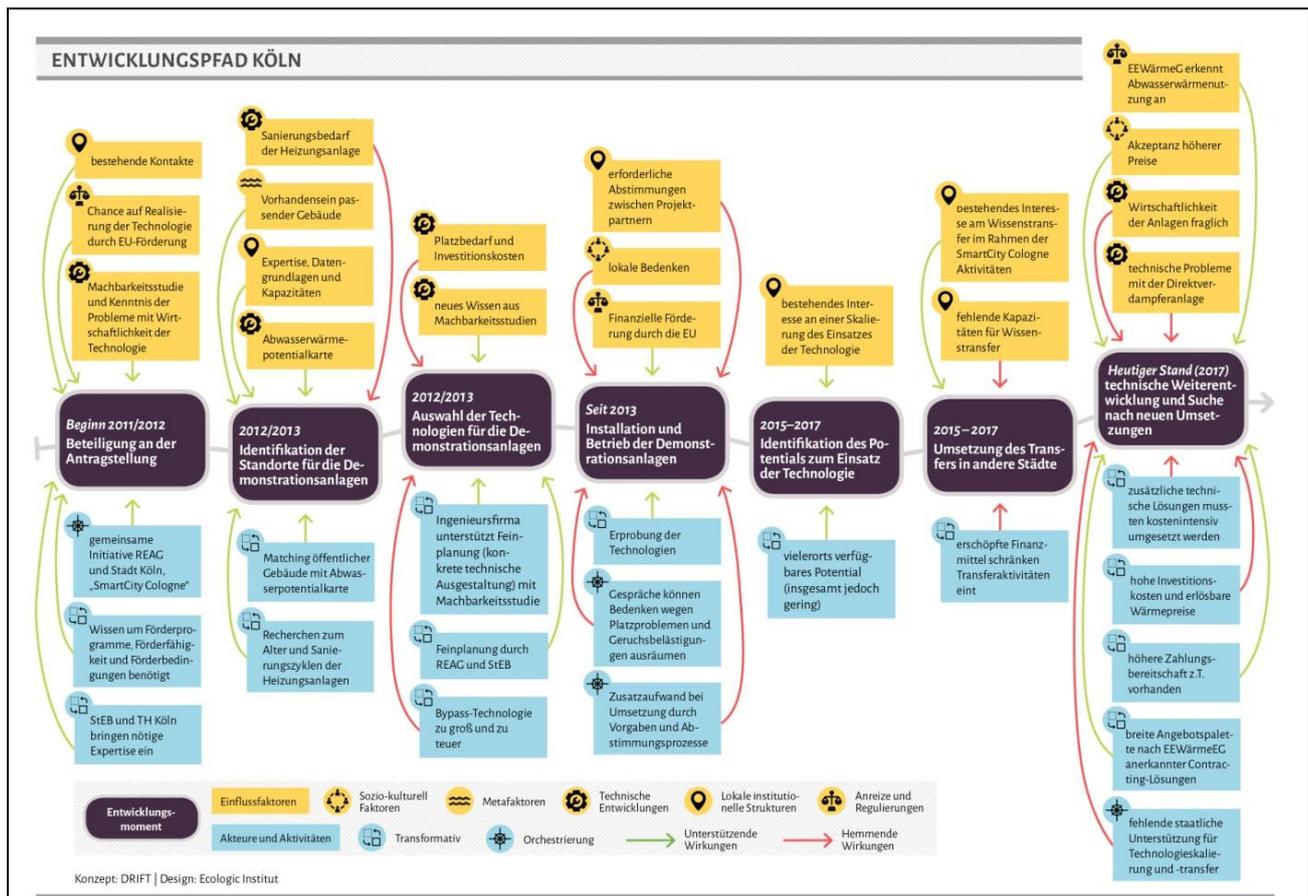
Beitrag zu Veränderungen (transformatives Potential und transformative Wirkung)

- ▶ **Transformatives Potential:** Trägt zu einer veränderten Nutzung von Abwasser bei – Abwasser wird neuer Energieträger für Wärme und ersetzt konventionelle Energieträger wie Öl und Gas. Die Kopplung kann so zu einer nachhaltige(re)n Wärmeversorgung in Waiblingen beitragen.

<ul style="list-style-type: none"> ▶ Transformative Wirkung: Veränderung technischer Strukturen (Kläranlage und Fernwärmenetz); institutionelle Verankerung (organisatorische Schnittstellen); neue Geschäftsfelder (für Stadtwerke).
<p>Fazit</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Einsichten in den langfristigen Verlauf eines Entwicklungspfad, einschließlich Modernisierungsbedarf und -maßnahmen. ▶ Die Abwasserwärmeanlage trägt zu einer veränderten Nutzung von Abwasserwärme bei, indem sie das bisher ungenutzte Potential von Abwasserwärme für Wärmegewinnung nutzbar macht. Hierdurch trägt sie durch erhöhte Ressourceneffizienz, verminderte Nutzung von fossilen Energieträgern, reduzierte CO₂-Emissionen und erhöhter lokaler Energieautarkie zu nachhaltiger(er) Energieversorgung und -nutzung bei. ▶ Das Potential der Anlage ist aufgrund von technischen Vorgaben (bislang) auf große und meist öffentliche Gebäude begrenzt. ▶ Die Innovation bezieht sich allerdings nur auf die Angebotsseite des Abwasseraufbereitungs- und Wärmeversorgungssystems und stellt eine rein technische Innovation dar. Sie stellt in erster Linie eine Optimierung des bestehenden Regimes zur Stadtentwässerung und Wärmeversorgung in Waiblingen dar. ▶ Kurzfristige Kosten-Nutzen-Rechnungen und Gewinnabgabe-Beziehungen werden nicht in Frage gestellt und verhindern langfristige Investitionen in Modernisierung.
<p>Autorinnen und Autoren: Katharina Hölscher (DRIFT), Moritz Müller (DRIFT), Julia M. Wittmayer (DRIFT)</p>

Anhang 3.2: Abwasserwärmenutzung in Köln

<h2 style="margin: 0;">Abwasserwärmenutzung in Köln</h2>	
<p>Kurzbeschreibung und Leitidee</p> <p>Mit geeigneter Technik, i.d.R. Wärmetauscher und Wärmepumpe, wird die Wärme, die in den Abwasserkanälen bisher ungenutzt abgeleitet wird, teilweise entnommen und der Gebäudebeheizung zugeführt. Damit wird die Nutzung konventioneller Energieträger (in den Gebäuden) reduziert bzw. ersetzt. Im Rahmen eines von der EU geförderten Forschungsprojektes („Celsius – Wärme aus Abwasser“) wurde untersucht</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ welche Technik (am besten) geeignet ist, ▶ welche Standortbedingungen gegeben sein müssen und ▶ für welche Verbraucher diese Art der Wärmeversorgung in Frage kommen kann. <p>Die Kopplung wurde an drei Kölner Schulen umgesetzt. Weitere aktuelle Ergebnisse der Forschungsarbeiten sind eine Abwasserpotentialkarte für das Kölner Stadtgebiet sowie eine Master-Arbeit der TH Köln, welche das grundsätzlich weit verbreitete Potential zur Nutzung von Abwasserwärme in Köln verdeutlichen.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Zeitraum und Stand der Umsetzung: 2013 – 2017, in Betrieb bis heute ▶ Umsetzungsort: Stadt Köln (Nordrhein-Westfalen) ▶ Schlüsselakteure: RheinEnergie AG 	
<p>Kopplungen Abwasserbehandlung (+Gaserzeugung) + Wärmeerzeugung + Wärmeverteilung</p>	<p>Nutzen Externe Verbraucher (Wärmeversorgung öffentlicher Gebäude (Schulen))</p>



Nachhaltigkeitsbeitrag

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Die lokal vorhandene und nachhaltige Energie von Abwasserwärme wird verfügbar gemacht ohne die Funktion der Kanalisation bzw. der Kläranlage zu beeinträchtigen.
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Die Installation der Anlage ist ohne größere Schwierigkeiten umzusetzen (trotz Bedenken wegen Raumbedarf und Geruchsbelästigung); die Wärme aus der Anlage kann Abnehmern (Schulen) zu vergleichbaren (leicht höheren) Preisen von anderen Energieträgern wie Öl und Gas zur Verfügung gestellt werden.
- ▶ **Ressourceneffizienz und -schonung:** Beitrag zu Ressourceneffizienz: Abwasserwärme geht als Energiequelle sonst verloren; Beitrag zu Klimaschutz: CO₂-Emissionen für Raumheizung und Wassererwärmung werden reduziert.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Die Versorgung mit Wärme aus der Kläranlage kann verhältnismäßig sicher und flexibel an den Demonstrationsstandorten gewährleistet werden; die Anlage trägt zu lokaler Energieunabhängigkeit bei.

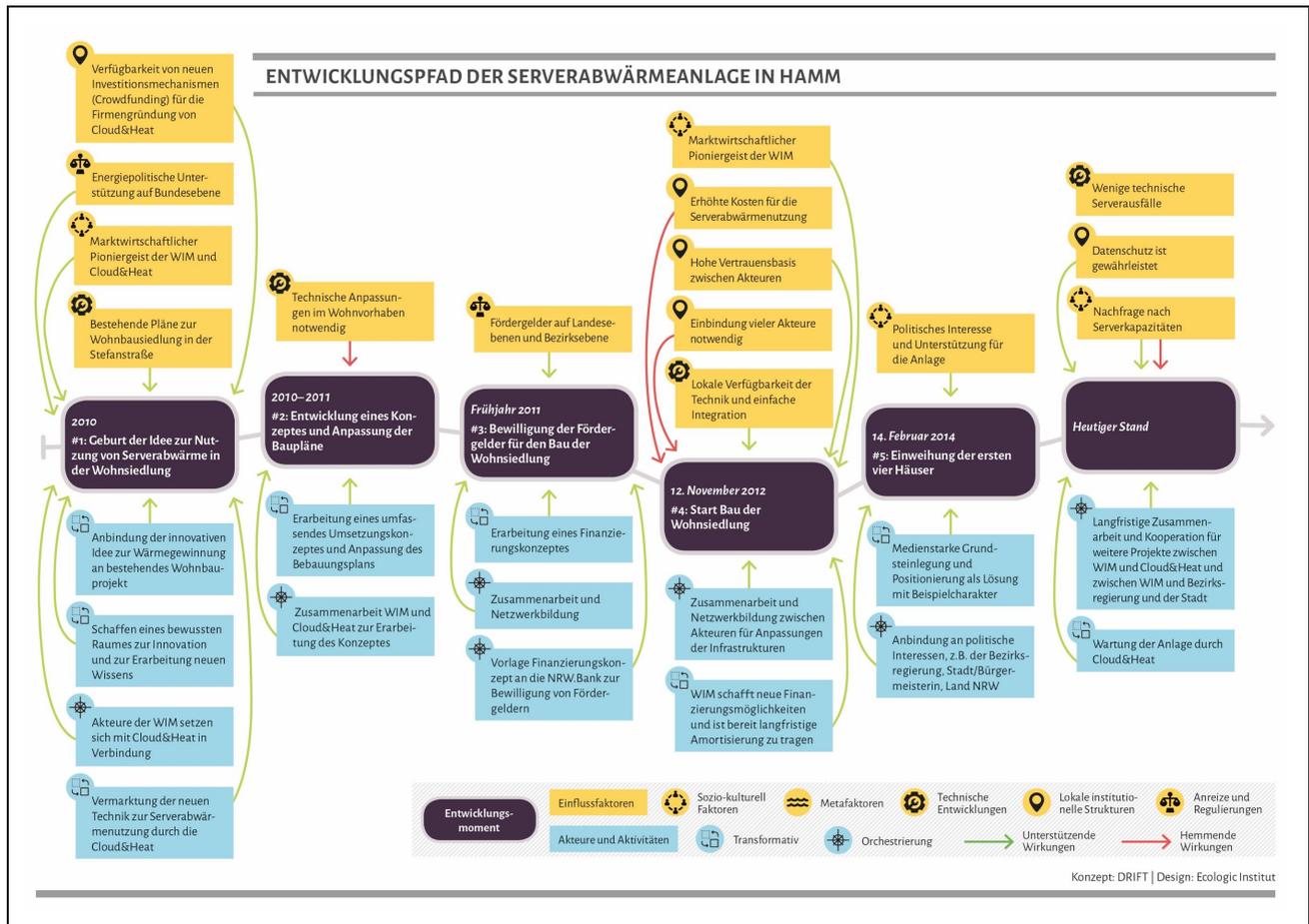
Beitrag zu Veränderungen (transformatives Potential und transformative Wirkung)

- ▶ **Transformatives Potential:** Trägt zu einer veränderten Nutzung von Abwasser bei – Abwasser wird neuer Energieträger für Wärme und ersetzt konventionelle Energieträger wie Öl und Gas. Die Kopplung kann so zu einer nachhaltige(re)n Wärmeversorgung in Köln beitragen.
- ▶ **Transformative Wirkung:** Veränderung technischer Strukturen (an Schulen); institutionelle Verankerung (organisatorische Schnittstellen); neue Marktoptionen (Angebotspalette).

<p>Fazit</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Demonstrationsanlagen zur Abwasserwärmenutzung ermöglichen den Test der technischen, organisatorischen und wirtschaftliche Machbarkeit der Technologie. ▶ Durch die Nutzung bisher ungenutzter Abwasserwärme für Wärmegewinnung resultieren erhöhte Ressourceneffizienz, verminderte Nutzung von fossilen Energieträgern, reduzierte CO₂-Emissionen und erhöhte lokale Energieautarkie. ▶ Das Potential einer Ausweitung dieser Abwärmenutzungstechnologie ist aufgrund von technischen Vorgaben (bislang) auf große und meist öffentliche Gebäude in eher geringer Entfernung von der Kanalisation begrenzt. ▶ Sanierungszyklen in der Kanalisation sowie von Heizanlagen in Gebäuden zu nutzen, kann das Einsatzpotential dieser Abwärmenutzung steigern, da Wärmetauscher und Heizungsanlagen i.d.R. nur bei Sanierungsbedarf eingebaut werden. ▶ Die Nutzung von Abwasserwärme erfordert organisatorische Innovation durch neue vertragliche und prozedurale Absprachen zwischen Wärmeanbieter und -nachfrager. ▶ Hohe Investitionskosten erfordern finanzielle Förderung oder höhere Wärmepreise, für die in bestimmten Kundensegmenten eine Zahlungsbereitschaft vorliegen kann. ▶ Rechtliche Vorgaben, wie zu Erneuerbaren Energien und Erneuerbarer Wärme können die Relevanz dieser Abwärmenutzungstechnologie fördern und höhere Wärmepreise erlösbar machen.
<p>Autorinnen und Autoren: Martin Hirschnitz-Garbers (Ecologic Institut) (unter Mitwirkung von Katharina Hölscher, DRIFT)</p>

Anhang 3.3: Serverabwärmenutzung in Hamm

<p>Serverabwärmenutzung in Hamm</p>	
<p>Kurzbeschreibung und Leitidee</p> <p>In der Stefanstraße in Hamm wird die Abwärme von dezentral aufgestellten Servern für die Beheizung und Trinkwassererwärmung in Einfamilienhäusern genutzt. Jedes Gebäude besitzt in einem Wirtschaftsraum einen Serverschrank, in dem 18 Rechner Wärme erzeugen. Die Leistung der Server-Abwärme-Nutzungsanlagen liegt bei 4 kW. Im Sommer wird überschüssige Wärme über einen Lüfter im Hausdach abgelassen. Spitzenwerte beim Warmwasserbedarf werden durch einen Heizstab im Pufferspeicher ausgeglichen.</p> <p>Die Kopplung erfolgt technisch über Server-Abwärmenutzungsanlagen; ein Wärmetauscher gibt die Wärme an eine Wärmepumpe ab, die mit einem Pufferspeicher kombiniert ist.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Zeitraum und Stand der Umsetzung: Projektrealisierung 2012, in Betrieb bis heute ▶ Umsetzungsort: Stadt Hamm (Nordrhein-Westfalen) ▶ Schlüsselakteure: Wilzcek Immobilien Management; Cloud&Heat 	
<p>Kopplungen</p> <p>IKT + Wärmeezeugung</p>	<p>Nutzen</p> <p>Externe Verbraucher (Wärmeversorgung Wohnsiedlung)</p>



Nachhaltigkeitsbeitrag

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Ermöglicht die Bereitstellung von Wärme durch Serverabwärme und verbessert die Kühlung von Servern. Serverschränke konnten mit verhältnismäßig wenig technischen Anpassungen umgesetzt werden (aber Bedarf zu Änderung von Bauplänen und Glasfaserkabel).
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Wärme wird zu vergleichbaren Preisen zur Verfügung gestellt. Erhöhung der Investitionssumme – Finanzierung ermöglicht durch Förderung und durch Bereitschaft der WIM die längere Amortisierung zu tragen. Kopplung erfordert Datenschutzmaßnahmen durch Serverschränke in Wohnungen. Wohnungen waren speziell für einkommensschwache Familien.
- ▶ **Ressourceneffizienz und -schonung:** Beitrag zu Ressourceneffizienz, da Serverwärme als Energiequelle sonst verloren geht; Beitrag zu Klimaschutz: CO₂-Emissionen für Raumheizung und Wassererwärmung werden reduziert.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Die Versorgung kann verhältnismäßig sicher geleistet werden; Anlage bedarf ausreichend Nachfrage nach Serverkapazität; es ergaben sich bisher wenige Wartungsarbeiten; die Anlage trägt zu lokaler Energieunabhängigkeit bei.

Beitrag zu Veränderungen (transformatives Potential und transformative Wirkung)

- ▶ **Transformatives Potential:** Trägt zu einer veränderten Nutzung von Serverwärme beitragen – Serverwärme wird neuer Energieträger für Wärme und ersetzt konventionelle Energieträger wie Öl und Gas. Die Kopplung kann so zu einer nachhaltige(re)n Wärmeversorgung beitragen.
- ▶ **Transformative Wirkung:** Veränderung technischer Strukturen (z.B. Serverschränke, Glasfaserkabel); neue Marktoptionen (für Unternehmen mit Serverkapazitäten); neue Kooperationen (z.B. zwischen Unternehmen, zwischen WIM und Bezirksregierung).

Fazit

- ▶ Die Fallstudie bietet Einsichten in einen Entwicklungspfad, bei dem die Idee zur Serverabwärmennutzung an bestehende Pläne für eine Wohnsiedlung angebunden werden konnte.
- ▶ Die Technik zur Serverabwärmennutzung war zum Zeitpunkt der Entwicklung der Anlage in der Wohnsiedlung in Hamm bereits als breitere Nischeninnovation entwickelt. Die Neuheit bei dieser Umsetzung in Hamm war die Realisierung dieser Anlagen in Einfamilienhäusern – davor gab es hierfür nur einen Prototyp.
- ▶ Der Entwicklungspfad wurde vor allem von dem marktwirtschaftlichen Pioniergeist der involvierten Akteure und guten Kooperationsbeziehungen geprägt.
- ▶ Die Serverabwärmeeanlage wurde auch in weiteren Wohnprojekten integriert. Die Möglichkeiten für einen weiteren Ausbau hängen aber von der Nachfrage nach Serverkapazitäten ab.
- ▶ Die Anlagen sind nicht „alltagstauglich für den Normalverbraucher“ – eine zentrale Anlage als Nahwärmezentrum oder in Mehrfamilienhäusern die geschicktere Anwendung da sich der technische Aufwand im Rahmen hält.
- ▶ Die Innovation bezieht sich nur auf die Angebotsseite des Wärmeversorgungssystems und allein auf technische Innovation.

Autorinnen und Autoren: Katharina Hölscher, Julia M. Wittmayer

Anhang 3.4: Wohnen und Elektromobilität im Rosensteinviertel in Stuttgart

Wohnen & Elektromobilität im Rosensteinviertel Stuttgart

Kurzbeschreibung und Leitidee

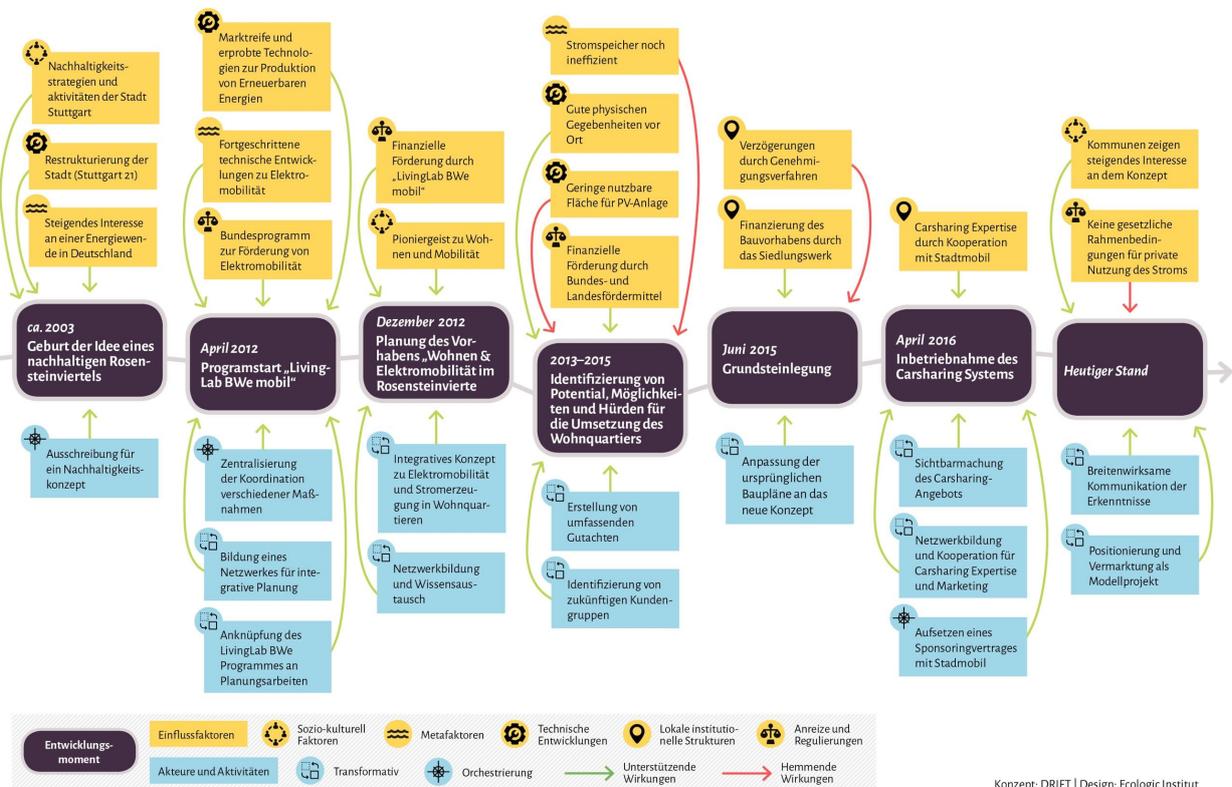
Im Rosensteinviertel wird zurzeit eine Wohnanlage mit 125 Wohneinheiten gebaut. Strom für die Grundversorgung der Gebäude und die Unterhaltung eines elektrischen Fuhrparks wird (ab der Fertigstellung ca. Sommer 2017) lokal durch eine Verbindung von Photovoltaikanlagen und einem Blockheizkraftwerk erzeugt. Weiter ist geplant, einen neuartigen unterirdischen Energiespeicher („Eisspeicher“) in der Anlage zu integrieren, um die Effizienz der Energienutzung zu erhöhen. Den zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohnern wird ein elektromobiler Fuhrpark zur Verfügung gestellt (zwei elektrisch betriebene Fahrzeuge und vier elektrische Fahrräder).

- ▶ **Zeitraum und Stand der Umsetzung:** Dezember 2012 bis heute
- ▶ **Umsetzungsort:** Rosensteinviertel in Stuttgart (Baden-Württemberg)
- ▶ **Schlüsselakteure:** Siedlungswerk GmbH, e-mobil BW

Kopplungen	Nutzen
Energieversorgung (Stromerzeugung) + Elektromobilität (Fahrzeuge)	Betrieb von E-Autos aus Solarstrom der Siedlung

Teilektor Stromerzeugung + Teilektor Stromspeicherung + Teilektor Stromerzeugung + Teilektor Wärmeversorgung
 Eigenstromerzeugung durch lokale Photovoltaikanlage und BHKW; Wärme aus BHKW; Stromspeicherung durch Strom-Zwischenspeicher

ENTWICKLUNGSPFAD DES ROSENSTEINVIERTELS IN STUTTGART



Konzept: DRIFT | Design: Ecologic Institut

Nachhaltigkeitsbeitrag

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Da das Wohnbauvorhaben noch nicht fertig gestellt war, lassen sich noch keine Angaben dazu machen, wie funktional die Infrastrukturoptionen in der Bereitstellung von integrierten Mobilitäts- und Energieerzeugungskonzepten (Car-Sharing, lokale Erzeugung und Speicherung regenerativer Energien) ist. Die Technologien gelten als erprobt, aber Stromspeicherung stellt derzeit noch technische Probleme dar. Die Nutzung des lokal erzeugten Stroms ist begrenzt, da dieser nicht an die Bewohner weiterverkauft werden darf.
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Geringe nutzerseitige Anpassungsnotwendigkeit und hohe Nachfrage für Inanspruchnahme von Carsharing erwartet; die Wohnungen sind allerdings noch nicht verkauft.
- ▶ **Ressourceneffizienz und -schonung:** Beitrag zu Ressourceneffizienz durch Carsharing und Energiespeicherung in Elektrofahrzeugen; Beitrag zu Klimaschutz durch regenerative Energien, Energiespeicherung und Elektromobilität; verringerte Feinstaubbelastung durch Elektromobilität. Die Möglichkeit der Ausweitung der nachhaltigen Stromerzeugung durch die begrenzte Dachfläche limitiert.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Beitrag zu Versorgungssicherheit und lokaler Energieunabhängigkeit; allerdings begrenzte Unabhängigkeit des Wohnquartiers von der restlichen Stromversorgung der Stadt Stuttgart da der erzeugte Strom nicht in den Privathaushalten verwendet werden kann (nur zur Gebäudeunterhaltung und den Betrieb der Elektrofahrzeuge). Durch die Sponsoringverträge mit ImmoTherm und Stadtmobil ist eine ständige Versorgung mit Elektrizität als auch Mobilität gewährleistet: Bei Ausfällen bei den Elektroautos oder der

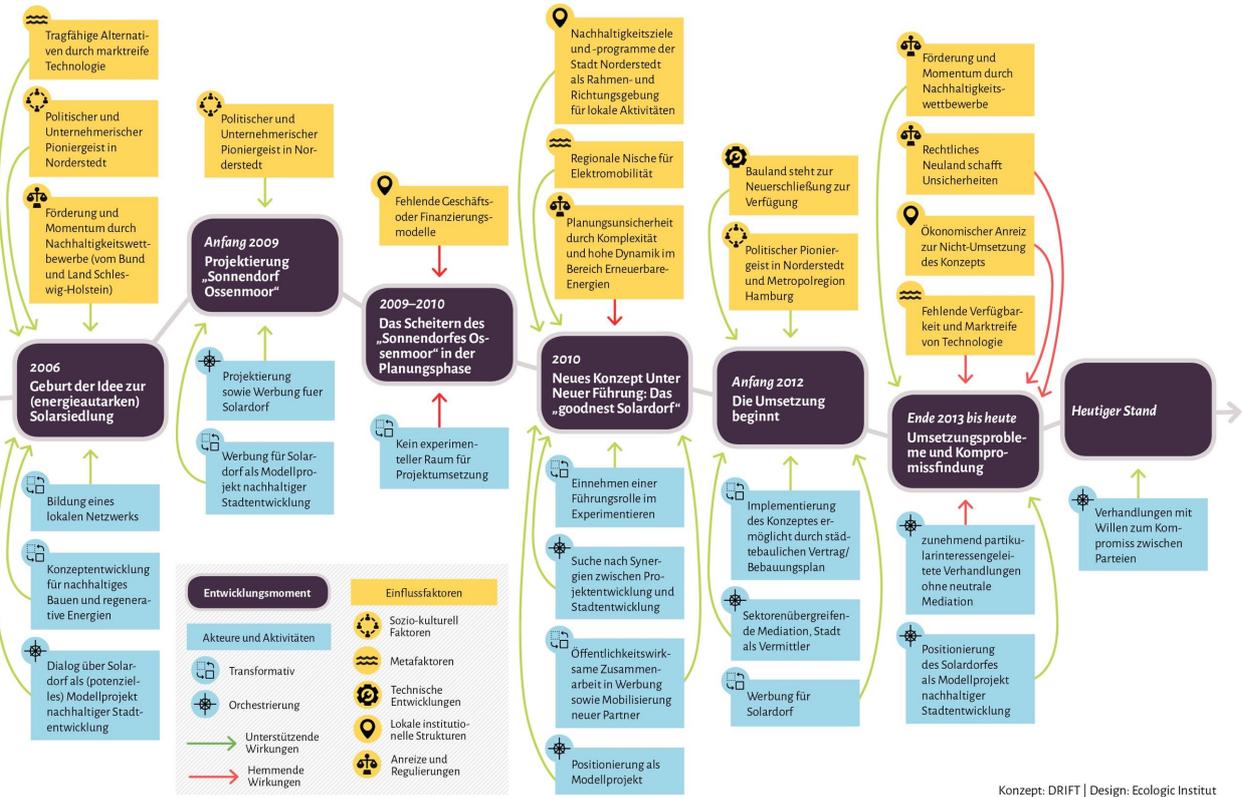
<p>Stromanlage müssen die Vertragspartner eine weitere Versorgung der Bewohner mit dem Service gewährleisten.</p>
<p>Beitrag zu Veränderungen (transformatives Potential und transformative Wirkung)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Transformatives Potential: Dezentralisierung der Energieinfrastruktur und Förderung des Ausbaus Erneuerbarer Energien; Beitrag zu Elektromobilität und Energiespeicherung; Car-sharing und E-Bikes (verändertes Mobilitätsverhalten). Die Leitidee der Infrastruktorkopplung hatte somit das Potential, zu einem nachhaltigeren Energie- und Mobilitätssystem in Stuttgart beizutragen. ▶ Transformative Wirkung: Technische und institutionelle Umsetzungen (PV-Anlagen auf Dächern, Elektroautos und E-Bikes); Änderungen der Landesbauordnung. Begrenzte Wirkung da der Bau des Quartiers noch nicht vollständig abgeschlossen ist.
<p>Fazit</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Der Entwicklungspfad basiert auf einer guten Kollaboration zwischen dem lokalen Siedlungswerk und der Landesagentur BW e-mobil – auf Initiative Letzterer wurde Elektromobilität in die Planungen für die Wohnsiedlung mitaufgenommen. ▶ Da das Bauvorhaben noch nicht abgeschlossen ist, lassen sich noch keine Aussagen über den Unterhalt und den Erfolg der Anlage sagen. Vor allem das Carsharing ist für viele Nutzer noch ungewohnt und erfordert daher eine nutzerseitige Gewöhnung an das Konzept. ▶ Die Erkenntnisse aus den Planungen werden für weitere Planungen des Siedlungswerkes, unter anderem in Tübingen, verwendet. ▶ Individuelle Elektro-Mobilität hinterfragt nicht Individualverkehr und Autonutzung (z.B. hinsichtlich autofreier Städte, Stadt der kurzen Wege).
<p>Autorinnen und Autoren: Moritz Müller (DRIFT), Katharina Hölscher (DRIFT)</p>

Anhang 3.5: Solardorf Müller Straße in Norderstedt

<p>Solardorf Müllerstraße in Norderstedt</p>	
<p>Kurzbeschreibung und Leitidee</p> <p>Das Konzept „goodnest“- Solardörfer in Norderstedt verfolgte die Leitidee eines energieautarken Quartiers mit dem Fokus auf die intelligente Verknüpfung von Energie und Mobilität auf lokaler Ebene durch verschiedene Kopplungen: (1) Zusammenschluss dezentraler regenerativer Energiequellen (Photovoltaik-Anlagen; Quartiers-Blockheizkraftwerk); (2) Speicheroptionen (Stromspeicher in Häusern sowie Akkumulatoren in Elektrofahrzeugen); (3) Verteilnetze in einem hybriden Netz, das mithilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (Smart-Grid und Smart-Home) durch Akteure auf Quartiers-Ebene zur Sicherung einer größtmöglichen Energieautarkie zentral gesteuert wird. Umgesetzt wurden Photovoltaikanlagen samt Hausbatterien (Hauskraftwerke zur Eigenstromversorgung). Nahwärme und die Kopplung mit Elektromobilität wurden nur eingeschränkt umgesetzt.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Zeitraum und Stand der Umsetzung: 2006 bis heute ▶ Umsetzungsort: Stadt Norderstedt (Schleswig-Holstein) ▶ Schlüsselakteure: Schilling Immobilien, Baudezernat Stadt Norderstedt, Zusammenschluss der Bauherren (zukünftige Bewohnerinnen und Bewohner) 	
<p>Kopplungen (Konzept und Umsetzung abweichend) Energieversorgung (Stromerzeugung) + Elektromobilität (Fahrzeuge) <u>(nicht umgesetzt)</u></p>	<p>Nutzen Betrieb von E-Autos aus Solarstrom der Siedlung</p>

Teilektor Stromerzeugung + Teilektor Stromspeicherung (<u>teilweise umgesetzt</u>)	Stromerzeugung über Photovoltaik und Stromspeicherung in Hausbatterien („Hauskraftwerke“); Elektrofahrzeuges als mobile Speicher des lokalen Smart-Grids über bi-direktional ladefähige Ladeboxen (<u>Umgesetzt</u> : Stromerzeugung (Photovoltaik-Anlage) und Stromspeicherung (Speicher/Hausbatterie) in Hauskraftwerken)
Teilektor Stromerzeugung + Teilektor Wärmeversorgung	Kraft-Wärme-Kopplung in Blockheizkraftwerk

ENTWICKLUNGSPFAD DES SOLARDORFES IN NORDERSTEDT



Nachhaltigkeitsbeitrag

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Die Leitidee konnte nicht wie geplant umgesetzt werden – statt dezentraler regenerativer Stromerzeugung erfolgt die Deckung der Energiebedarfe letztendlich aus öffentlichen Quellen, keine intelligente Steuerung durch Smart-Grid, keine Stromspeicherung durch Elektrofahrzeuge. Strom und Wärme werden im Blockheizkraftwerk effizient produziert, jedoch gibt es technische Probleme bei den objektseitigen Installationen sowie dem Fernwärmenetz.
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Nutzerseitige Investitionen für PV-Anlage und Speicher – die objektseitigen Installationen durch die vom jeweiligen Grundstückseigentümer bestellten Bauträger (statt Betrieb durch Kooperative wie im Konzept) resultieren in einem erheblichen Mehraufwand und finanzieller Belastung für Kunden. Eine dauerhaft kostendeckende Energiebereitstellung ist fraglich, da die Bedarfsdeckung letztendlich durch öffentliche Netze erfolgt.
- ▶ **Ressourceneffizienz und -schonung:** Beitrag zu Klimaschutz durch Nutzung regenerativer Energie im Quartier – eine flächendeckende Nutzung von Elektrofahrzeuges hätte Emissionen gegenüber konventionellen Autos reduziert. Ohne intelligente Steuerung keine Einsparung von Primärenergie wie geplant.

- ▶ **Versorgungssicherheit:** Keine verminderte Abhängigkeit vom öffentlichen Netz, aber bei Ausfall der Stromproduktion durch die Stadtwerke kann Strom mit den PV-Anlagen der Haushalte erzeugt werden. Umgekehrt ist der Bezug von Strom durch den Anschluss an das städtische Stromnetz sogar bei Defekt der Photovoltaik-Anlage vor Ort gegeben. Der Energiespeicher (hier Hausbatterie) ist aufgrund der fehlenden Möglichkeit eines physischen Austausches im Stromverbund und der Speicherung in Elektrofahrzeugen relativ klein.

Beitrag zu Veränderungen (transformatives Potential und transformative Wirkung)

- ▶ **Transformatives Potential:** Dezentralisierung und Demokratisierung der Energieinfrastruktur (Insel-Infrastruktur zur regenerativen Eigenversorgung von Haushalten beziehungsweise Wohnquartieren; das Quartier als neue organisatorische Einheit); Beitrag zu Elektromobilität und Energiespeicherung. Die Leitidee der Infrastruktorkopplung hatte somit das Potential, zu einem nachhaltigeren Energie- und Mobilitätssystem in Norderstedt beizutragen.
- ▶ **Transformative Wirkung:** Durch Abweichungen der Umsetzung von dem ursprünglichen Konzept verminderte Transformative Wirkung: Experimentieren und Lernen mit der Dezentralisierung von Energieinfrastruktur (z.B. Identifikation von notwendigen strukturellen Änderungen), aber keine Umsetzung des Smart-Grids, keine lokale Stromeigenversorgung (sondern durch öffentliche Netze), keine Elektrofahrzeuge und Ladestationen.

Fazit

- ▶ Eine Vielzahl von Akteuren war an der Entwicklung des Solardorfes involviert: unter anderem der Projektentwickler, Akteure der Stadt und die zivilgesellschaftlichen zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohner. Es traten mehrfach Interessenkonflikte auf, die eine neutrale Interessenvermittlung erforderten.
- ▶ Im Laufe des Entwicklungspfades musste das Leitbild mehrfach angepasst werden und wurde letztendlich in abgeänderter Form umgesetzt – unter anderem wegen fehlenden technischen Verfügbarkeiten und ungünstigen Rahmenbedingungen.

Autorinnen und Autoren: Steffen Maschmeyer (DRIFT), Katharina Hölscher (DRIFT)

Anhang 3.6: Multi-Energie-Tankstelle H2BER am Flughafen Berlin-Brandenburg

Multi-Energie-Tankstelle H2BER am Flughafen Berlin-Brandenburg (BER)

Kurzbeschreibung und Leitidee

Unter der Federführung von TOTAL entstand eine 500 kW Elektrolyseanlage zur Wasserstoffversorgung einer Multi-Energie-Tankstelle, an der es weiterhin Elektroladesäulen und konventionellen Kraftstoff (Gas, Benzin, Diesel) gibt.

Die Versorgung der Tankstelle mit regenerativem Strom zur Erzeugung des Wasserstoffs und für die Elektroladesäulen sollte über einen nahegelegenen Windpark erfolgen. Dieser Windpark scheiterte, heute wird die benötigte Elektrizität von einem regenerativen Stromlieferanten bereitgestellt.

Die Wasserstoffproduktion mittels Elektrolyse erfolgt in einem Druckelektrolyseur (45 bar). Gekoppelt sind damit Energiegewinnung und Mobilität über einen Zwischenspeicher.

- ▶ **Zeitraum und Stand der Umsetzung:** 2012 bis heute
- ▶ **Umsetzungsort:** Gemeinde Schönefeld (Brandenburg)

Nachhaltigkeitsbeitrag

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** H2BER kann Strom, Wasserstoff und Wärme auf Basis regenerativer Energieerzeugung bereitstellen. Die ursprüngliche Leitidee wurde jedoch mehrfach angepasst – Wasserstoff kann nicht als Treibstoff zur Verfügung gestellt werden und es gibt keine Herstellung von Wasserstoff über Windpark und keine Vermarktung von Wasserstoff an Berliner wasserstoffbetriebene Busse.
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Die ökonomische Perspektive von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen oder Wasserstoffnutzung als Energiespeicher ist kostenintensiv. Die Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff bedarf der Umrüstung auf Autos mit der Technologie; trotz dem Vorteil gegenüber Elektromobilität, dass größere Reichweiten möglich sind, ist die nutzerseitige Nachfrage gering.
- ▶ **Ressourceneffizienz und -schonung:** Beitrag zu Ressourceneffizienz (Nutzung von Produktionsspitzen von Windparks und Energiespeicherung); Beitrag zu Klimaschutz durch verbesserte Nutzung von Erneuerbaren Energien und Förderung von CO₂-armer Mobilität (Elektro- und Wasserstoffantriebe). Diese Beiträge sind allerdings sehr begrenzt durch die begrenzte Verfügbarmachung und Nutzung von Wasserstoff.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Beitrag zu Versorgungssicherheit von Erneuerbaren Energien durch Wasserstoff als neue Speichertechnologie. Da der Windpark gescheitert ist, ist der Aspekt Energie aus regenerativer Quelle zu speichern nicht gegeben.

Beitrag zu Veränderungen (transformatives Potential und transformative Wirkung)

- ▶ **Transformatives Potential:** Veränderte Nutzung von Erneuerbaren Energien durch Energiespeichertechnologien; alternative und CO₂-arme Treibstoffe für nachhaltige(re) Mobilität.
- ▶ **Transformative Wirkung:** Wasserstoff konnte als funktionsfähige Speichertechnologie und als Treibstoff aufgezeigt werden. Die Wirkungen sind aber begrenzt, da die Leitidee nicht wie geplant umgesetzt werden konnte: Die Elektrizität von Stromproduktionsspitzen wird nicht verwertet und der produzierte Wasserstoff wird nicht als Treibstoff vermarktet. Indirekte Wirkungen umfassen neue Kooperationen verschiedener Industriepartner, die weiterhin Wasserstofftechnologien erproben und an die Öffentlichkeit tragen.

Fazit

- ▶ H2BER konnte die Sektorenkopplung nur eingeschränkt umsetzen, da das Projekt nicht wie geplant umgesetzt werden konnte (Kopplung mit Windpark).
- ▶ Die Verkehrswende bedarf innovativer Mobilitätskonzepte – inwieweit Wasserstoff dabei eine Rolle spielt ist aktuell nur schwer abzuschätzen.
- ▶ Herausforderungen: Grundsätzliches Mobilitätsverhalten wird nicht in Frage gestellt (private Autonutzung); aktuell kein breites öffentliches und politisches Interesse an Wasserstofftechnologie (als Treibstoff).

Autorinnen und Autoren: Marius Hasenheit, Daniel Blobel (Ecologic Institut) (unter Mitwirkung von Katharina Hölscher (DRIFT))

Anhang 3.7: Hybridkraftwerk Prenzlau

Hybridkraftwerk in Prenzlau

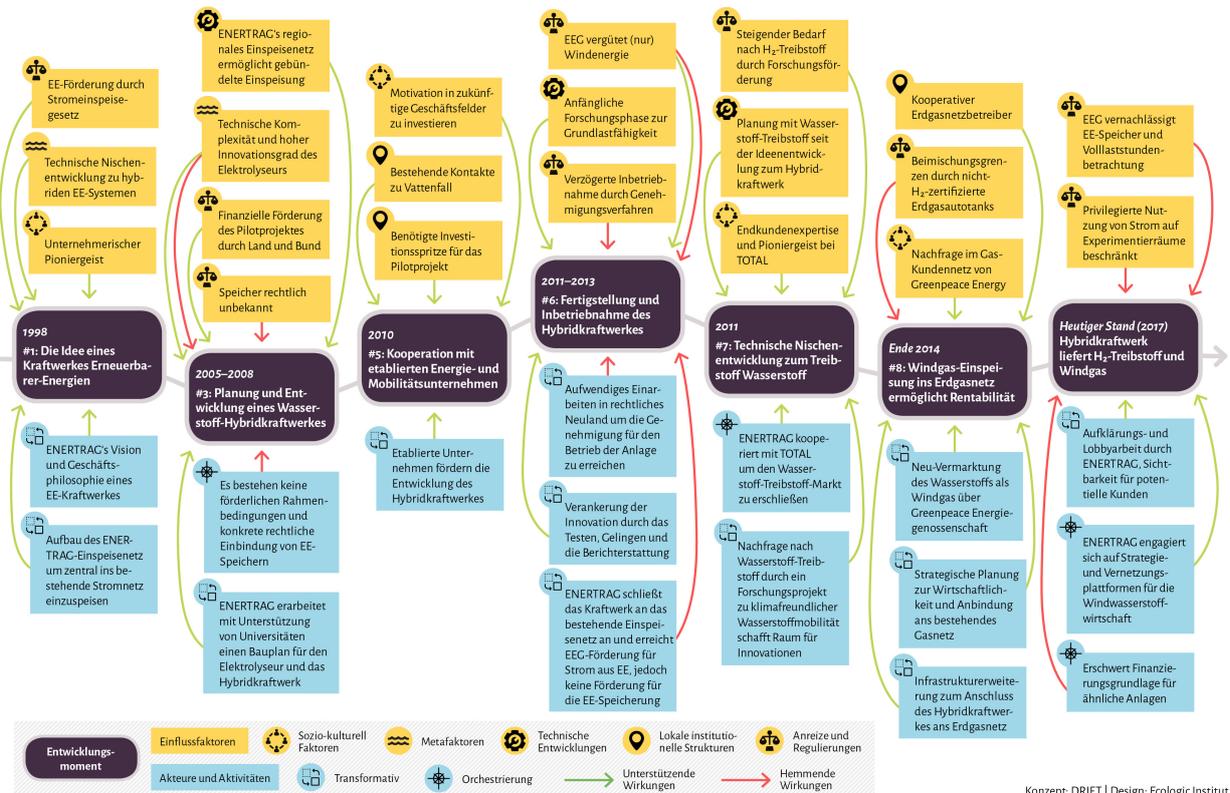
Kurzbeschreibung und Leitidee

Das Hybridkraftwerk Prenzlau erzeugt Wasserstoff klimaneutral mit Hilfe von Windenergie. Der gespeicherte Wasserstoff kann dann bedarfsgerecht für die Herstellung von Strom, Wärme und Treibstoff dienen. Das Pilotprojekt zeigte damit die Grundlastfähigkeit und Regelbarkeit Erneuerbarer Energien auf. Nach Abschluss der Forschungsphase 2013 wird der produzierte Wasserstoff zum großen Teil als Windgas ins Erdgasnetz eingespeist.

- ▶ **Zeitraum und Stand der Umsetzung:** Konkrete Projektplanung ab 2005; in Betrieb seit 2011 bis heute
- ▶ **Umsetzungsort:** Prenzlau (Brandenburg)
- ▶ **Schlüsselakteure:** ENERTRAG AG

Kopplungen	Nutzen
Energieerzeugung (Windenergie, Biogas, Wasserstoff) + Strom-/Wärmeversorgung + Windgas	Forschung (Wasserstoff und Biogas zur Rückverstromung in windarmen Zeiten)
Energieerzeugung + Wasserstoffmobilität	Bereitstellung von H2 für Wasserstofffahrzeuge
Energieerzeugung + Energiespeicherung (überschüssige Windenergie in Wasserstoff)	Externe Verbraucher (Wärmeversorgung in Prenzlau, Strom- und Windgas-Versorgung im nationalen Netz, Treibstoff für Tankstellen)

ENTWICKLUNGSPFAD PRENZLAU



Nachhaltigkeitsbeitrag

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Rückverstromung und damit Regelbarkeit und bedarfsgerechte Versorgung mit Erneuerbaren Energien konnte aufgezeigt werden. Es wird (lokale) Elektro- und Gas-Energieversorgung sowie (regionale) Wasserstoff-Treibstoff-Versorgung geleistet.

- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Ökonomische Effizienz stand zu Beginn nicht im Fokus, konnte aber nach Abschluss der Forschungsphase durch Infrastrukturerweiterungen im Erdgasnetz (neuer umfangreicher Speicher, neue Kopplung) und neuen Nischenmarkt (grüner Erdgasmarkt) sichergestellt werden.
- ▶ **Ressourceneffizienz und -schonung:** Speicherung und Nutzung überschüssiger Windenergie (Ressourceneffizienz), geringfügige CO₂-Emissionenreduktion durch Wärmenutzung. Negative Auswirkung durch deutlich erhöhte Flächeninanspruchnahme durch Biogas.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Bedarfsgerechte Versorgung mit Strom, Wärme, Treibstoff und Windgas und so Beitrag zu Versorgungssicherheit von Erneuerbaren Energien. Wetterbedingte Störungen wie Windflauten können durch sie ausgeglichen werden.

Beitrag zu Veränderungen (transformatives Potential und transformative Wirkung)

- ▶ **Transformatives Potential:** Stärkung der Versorgungssicherheit/Regelfähigkeit von Erneuerbaren Energien durch Energiespeichertechnologien – dem dominanten Regime der Gasversorgung durch Erdgas und Treibstoffe werden funktionierende Alternativen mit Wasserstoff in industriellen Produktionsmengen entgegengesetzt; alternative und CO₂-arme Treibstoffe für nachhaltige(re) Mobilität.
- ▶ **Transformative Wirkung:** Technische Umsetzung und institutionelle Verankerung des Potentials; neue Kooperationen und Netzwerke zwischen etablierten Nischenunternehmen.

Fazit

- ▶ Das Hybridkraftwerk zeigte 1) die Möglichkeit der Regelbarkeit Erneuerbarer Energien und 2) Möglichkeiten für die Nutzung von Wasserstoff in Verkehr-, Gas-, Strom- und Wärmesektoren auf.
- ▶ Die Regelbarkeit von EE durch Energiespeicherung zu erbringen, ist wirtschaftlich (noch immer nicht) rentabel. Ohne die finanziellen Anreize des EEG und die Förderung als Pilotprojekt aus öffentlichen Mitteln, wäre das Kraftwerk nicht möglich gewesen.
- ▶ Unterstützend durch Zusatzfinanzierung und Abnahme von Wasserstoff-Treibstoff wirkten etablierte Unternehmen aus dem Energie- und Mobilitätssektor. Ein Nischenakteur, die Energiegenossenschaft Greenpeace Energy, und die Bereitschaft ihrer Mitglieder Windgas zu subventionieren, waren wesentlich für den wirtschaftlichen Erfolg des Kraftwerkes.
- ▶ Die „Power-to-Gas“-Technologie ist mittlerweile im (Erneuerbaren) Energierecht (EEG, EnWG) verankert, wird jedoch nicht vereinheitlicht und gefördert. Es gibt keine einheitliche Begriffsdefinition und keine Anreize für grüne Energiespeicher(-technologien) und deren Stromeinspeisung. Die Produktion von Windgas ist damit wirtschaftlich nicht rentabel.

Autorinnen und Autoren: Stefanie Albrecht (Ecologic Institut)

Anhang 3.8: Neue Stromwelten in den Alpen – VPS Allgäu

Alpenstromwelten – VPS Allgäu

Kurzbeschreibung und Leitidee

Innerhalb des Forschungsprojektes AlpEnergy wurde im deutschen Alpenraum das Pilotprojekt „VPS Allgäu“ umgesetzt, welches ein virtuelles Stromversorgungssystem (auch virtuelle Kraftwerkssysteme, englisch: Virtual Power System, kurz: VPS) bestehend aus einem regionalen Verbund dezentraler Erzeuger (PV, Wind- und Wasserkraftanlagen) und dezentraler Verbraucher (Privathaushalte, Ge-

werke, Landwirtschaft), kombinierte. Es sollte eine Balance zwischen wetterabhängiger Stromerzeugung (Wind und Solar) und dem nicht deckungsgleichen Verbrauchsverhalten gefunden und gehalten werden.

Die zentrale Säule des Projektes war ein softwaregesteuertes Lastmanagement auf Basis der regional verfügbaren regenerativen Energien, in das Smart-Home-Lösungen in Haushalten und Gewerbebetrieben mit eingebunden wurden.

Neben Strom wurden auch Daten über Energieangebot und -nachfrage ausgetauscht, um Angebot und Nachfrage optimal aufeinander abzustimmen. Mit Hilfe von 260 ausgewählten Referenzkunden, die mit intelligenten Stromzählern ausgestattet wurden, wurden technische und verbraucherseitige Daten gewonnen. Nach dem Testlauf wurde das VPS abgeschaltet.

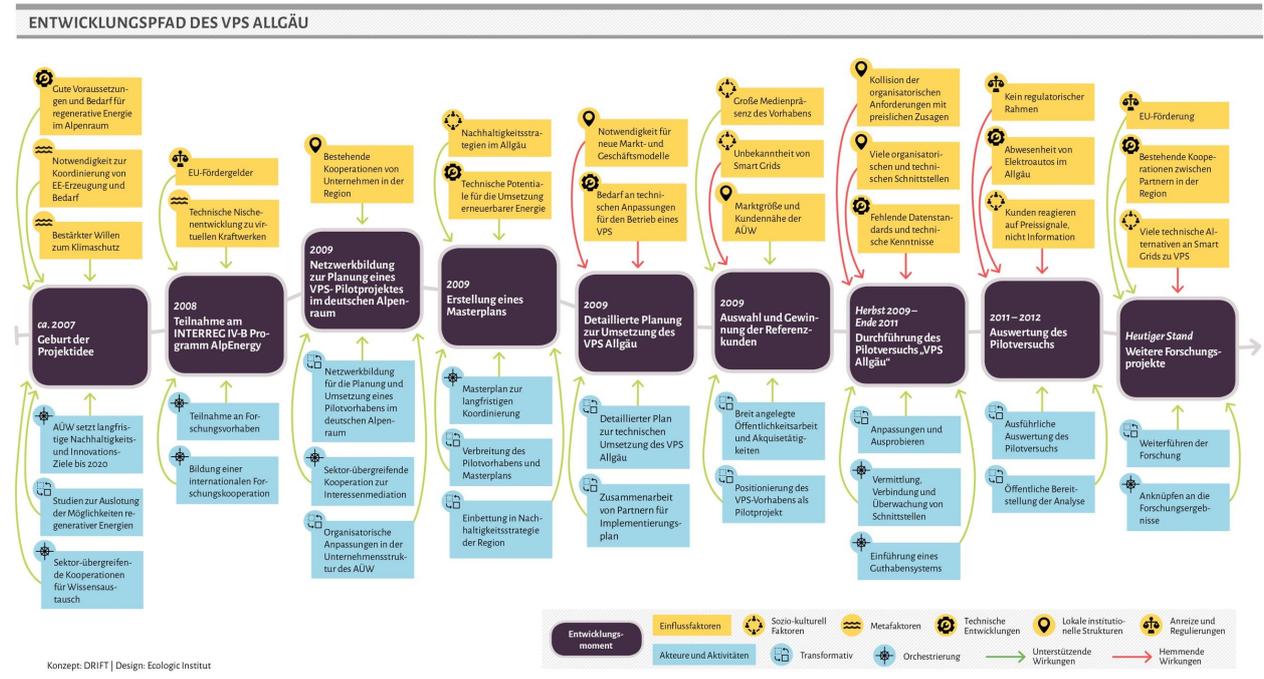
- ▶ **Zeitraum und Stand der Umsetzung:** Durchgeführt als Pilotprojekt 2008 bis 2011
- ▶ **Umsetzungsort:** Kempten und Region Allgäu
- ▶ **Schlüsselakteure:** Allgäuer Überlandwerk GmbH; B.A.U.M. Consulting Group GmbH; Allgäu GmbH

Kopplungen

Energieerzeugung + Energieverteilung (virtuelles Kraftwerk)

Nutzen

Forschung (intelligente Verteilung zur Versorgungssicherheit);
Externe Verbraucher



Nachhaltigkeitsbeitrag

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Der Pilotversuch konnte aufzeigen, dass das Potenzial der lokal vorhandenen Energiepotenziale im Alpenraum effizient verfügbar und nutzbar gemacht werden und das Stromnetz vor Netzüberlastungen geschützt werden kann. Es kam bei voller Stromspeisung von lokalen Energieerzeugern zu keinen Netzausfällen und durch Strompreissignale wurden Lastverschiebungen von bis zu 3% durch Strompreissignale erreicht. Allerdings bestanden technische Herausforderungen (z.B. mit Messungen, Preissignalen).
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Bedarf von nutzerseitigen Änderungen (z.B. Installation von Smart Metern) und Kenntnissen (z.B. Bedienung der Smart Home Produkte)

führte zu Problemen. Strom konnte Abnehmern während der Stromspitzen zu günstigeren Preisen als normal (Standardpreis der AÜW) angeboten werden, aber die Preisgarantie für erneuerbare Energien (EEG) erschwerte die Umsetzung eines flexiblen Preismodells. Das System für Stromversorger unrentabel.

- ▶ **Ressourceneffizienz und -schonung:** Beitrag zu Ressourceneffizienz durch Verteilung von Erneuerbarer Energie und Nutzung von Stromspitzen während der Mittagsspitze. Beitrag zu Klimaschutz durch verbesserte Nutzung von Erneuerbarer Energie.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Produktions- und bedarfsgerechte Versorgung mit Erneuerbaren Energien und somit Beitrag zu Versorgungssicherheit von Erneuerbaren Energien und Verhinderung von Netzüberlastungen.

Beitrag zu Veränderungen (transformatives Potential und transformative Wirkung)

- ▶ **Transformatives Potential:** Stärkung der Versorgungssicherheit/Regelfähigkeit von dezentralen Erneuerbaren Energien durch intelligente Vernetzung und Preissignale; verändertes Nutzerverhalten (Nutzung von Stromproduktionsspitzen).
- ▶ **Transformative Wirkung:** Technische Umsetzung auch auf Nutzerseite (z.B. Smart Meter); neue Geschäftsmodelle (z.B. variable Folgetarife); neue Kooperationen und Partnerschaften für Folgeprojekte zu Netzentlastung.

Fazit

- ▶ Das VPS Allgäu wurde nach dem Pilotversuch abgeschaltet. Zum einen waren der Unterhalt und die weitere Entwicklung des VPS Allgäus nicht finanziell rentabel für die Betreiber. Zum anderen sahen die Betreiber der Anlage zu viele neue technische Entwicklungen in dem Bereich der Smart Grids, um ein einzelnes (mittlerweile veraltetes) System zu diesem Zeitpunkt weiter zu unterhalten. Allerdings führten die technischen und organisatorischen Erkenntnisse, welche aus dem Pilotversuch gezogen werden konnten, zu weiteren Forschungsprojekten, welche teilweise bis heute andauern.
- ▶ Viele technische Komponenten (z.B. Smart Meter und Smart Power Outlets) sind noch nicht weit genug ausgereift.
- ▶ Vor allem der Einsatz von IKT Hardware (zum Beispiel Smart Meter) war zur Zeit der Versuchsdurchführung neu für Kunden und erforderte nutzerseitige Gewöhnung an das Konzept.
- ▶ Die Kopplung der Stromerzeugung an die Stromabnahme über Smart Home Hardware sollte dazu führen, dass Nutzer durch verschiedene Anreize dazu bewegt werden, mehr Strom während dieser Mittagsspitze zu verwenden, während in den anderen Stunden des Tages weniger Strom verwendet werden soll. Lastverschiebung ergab sich nur durch Preissignale, nicht durch Informationen alleine.

Autorinnen und Autoren: Moritz Müller (DRIFT), Katharina Hölscher (DRIFT)

Anhang 3.9: Drivy – privates Carsharing via App

Drivy – privates Carsharing mit der App

Kurzbeschreibung und Leitidee

Drivy ermöglicht es via Internetplattform und App private Fahrzeuge zu mieten. Jeder kann sein privates Auto auf der Plattform anbieten. Dadurch können zusätzliche Einnahmen generiert werden. Der Mieter hat den Vorteil, kostengünstig ein passendes Auto in seiner Nähe mieten zu können. Ein Versicherungsschutz für Mieter und Vermieter wird gewährleistet.

Besonders an dem Vermittlungsdienst ist die zusätzliche Möglichkeit, ein Auto zu vermieten, ohne persönlich anwesend zu sein. Dies wird ermöglicht durch die „Drivy Open“ Technologie, bei der die Türen via Smartphone geöffnet werden können. Dafür muss eine Telematik-Box im Auto installiert werden, die verschiedene IKT- Schnittstellen bereitstellt.

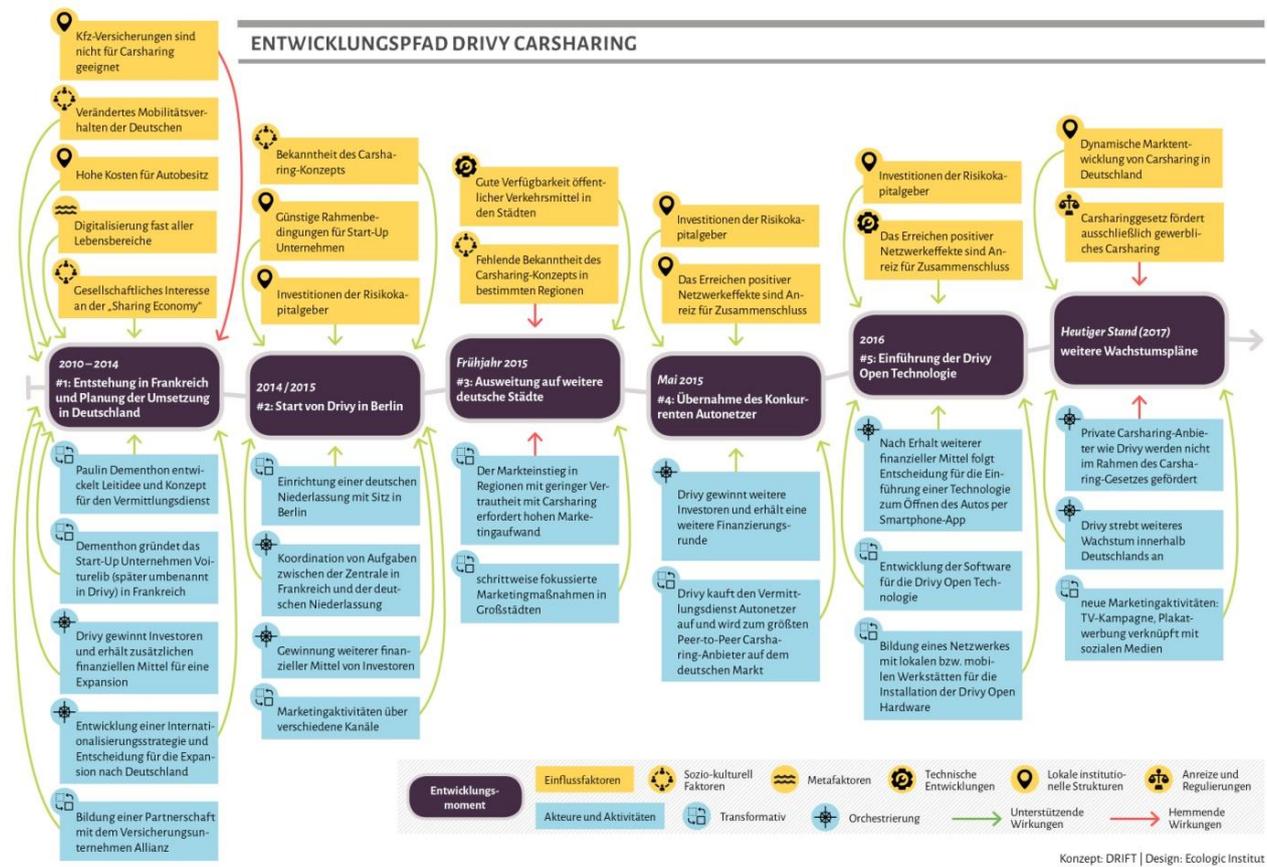
- ▶ **Zeitraum und Stand der Umsetzung:** Seit 2010 in Frankreich, 2014 erste Umsetzung in Berlin, mittlerweile deutschlandweit im Einsatz
- ▶ **Umsetzungsort:** Deutschland
- ▶ **Schlüsselakteure:** Drivy

Kopplungen

IKT (beim Nutzer und Anbieter) + Verkehr (privates Carsharing)

Nutzen

Private Autovermietung und -anmietung



Nachhaltigkeitsbeitrag

- ▶ **Leistungsfähigkeit:** Ermöglicht privates Carsharing und kann so die Auslastung privater Fahrzeuge deutlich erhöhen ohne viele technische oder andere Voraussetzungen.
- ▶ **Soziale und ökonomische Verträglichkeit:** Geringe Einstiegshürden für die Nutzung des Vermittlungsdienstes; kostengünstiges alternatives Mobilitätsangebot (auch für Personen, die sich kein eigenes Auto leisten können); für Autobesitzerinnen und -besitzer die Möglichkeit eines Zuverdienstes.
- ▶ **Ressourceneffizienz und -schonung:** Beitrag zu Ressourceneffizienz möglich durch weniger Anschaffungen von Privatautos; Potenzial für Ressourcenschonung und Klimaschutz wenn insgesamt weniger Autofahrten, dafür mehr Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln und Fahrrad zustande kommen und insgesamt weniger Autos benötigt werden – derzeit sind Effekte kaum spürbar, da noch zu wenige Nutzerinnen und Nutzer in Deutschland.
- ▶ **Versorgungssicherheit:** Geringe Störungsanfälligkeit, da Technik und Software ausgereift sind und im Falle von Server-Ausfällen Backup-Systeme zum Einsatz kommen. Versorgungssicherheit begrenzt wenn privates Carsharing wenig verbreitet ist.

Beitrag zu Veränderungen (transformatives Potential und transformative Wirkung)

- ▶ **Transformatives Potential:** Beitrag zu Änderungen im Mobilitätsverhalten: Anreiz zum Teilen von Privatautos statt Autobesitz bzw. alleinige Nutzung innerhalb eines Haushalts; unterstützt multimodales Mobilitätsverhalten (basierend auf öffentlichen Verkehrsmittel oder Rad, Autonutzung nur in seltenen Fällen). Die Infrastrukturkopplung kann so zu einem nachhaltigen Verkehrssystem in Deutschland beitragen.
- ▶ **Transformative Wirkung:** Technische und institutionelle Verankerung (auch Ausweitungen der App; Versicherungsstrukturen); Etablierung von privatem Carsharing in vielen deutschen Städten – verändertes Mobilitätsverhalten; veränderte Marktstrukturen und neue Einkommensquellen für Unternehmen und Privatpersonen.

Fazit

- ▶ Einsichten in den Entwicklungspfad einer innovativen Infrastrukturkopplung im Verkehrssektor, die ausschließlich von Marktakteuren vorangetrieben wurde.
- ▶ Drivy trägt zu einem veränderten Mobilitätsverhalten bei, hin zu einer stärker multimodal geprägten Fortbewegung, in dem privates Carsharing einen Baustein neben ÖPV, Fahrrad, gewerblichen Carsharing und anderen Alternativen darstellt.
- ▶ Die Infrastrukturkopplung stellt das vorherrschende Regime, bei dem das Privatauto als zentrales Fortbewegungsmittel genutzt wird, in Frage. Die Antriebstechnologie der Autos wird dabei allerdings nicht in Frage gestellt.
- ▶ Der Ausbau der Infrastrukturkopplung in ländlichen Räume ist begrenzt durch fehlende Bekanntheit von privatem Carsharing und schlecht ausgebaute Verkehrsinfrastruktur, die andere Verkehrsoptionen ermöglicht.
- ▶ Möglichkeiten einer politischen Unterstützung für diese Infrastrukturkopplung umfassen Kooperationsmodelle zwischen privaten und gewerblichen Carsharing und dem öffentlichen Nahverkehr (auf Städte- bzw. kommunaler Ebene); Anpassungen des Carsharing-Gesetzes sowie Marketingaktivitäten (z.B. Informationskampagnen zur Bekanntmachung des Carsharingkonzepts).

Autorinnen und Autoren: Mandy Hinzmann (Ecologic)