

TEXTE

101/2020

Erfolgsbedingungen und Prozessbegleitung für eine nachhaltige Umgestaltung von Infrastrukturkopplungen

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

TEXTE 101/2020

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3715 48 102 0
FB000231/3

Erfolgsbedingungen und Prozessbegleitung für eine nachhaltige Umgestaltung von Infrastrukturkopplungen

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

von

Martin Hirschnitz-Garbers, Mandy Hinzmann und Susanne Langsdorf
Ecologic Institut, Berlin

Jörg Walther
BTU Cottbus-Senftenberg, Cottbus

Alfred Olfert, Georg Schiller und Benjamin Brunnow
Leibnitz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden

Katharina Hölscher und Julia M. Wittmayer
Dutch Research Institute for Transition, Rotterdam

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:

Ecologic Institut
Pfalzburger Str. 43-44
10717 Berlin

Abschlussdatum:

Dezember 2019

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

Infrastrukturkopplungen zwischen verschiedenen Sektoren sowie zwischen Teilsektoren, wie z.B. Strom- und Gaserzeugung, bieten das Potential, die Daseinsvorsorge der Menschen auf kommunaler und regionaler Ebene langfristig nachhaltiger zu gestalten sowie das Klima und natürliche Ressourcen zu schonen. Als komplexe sozio-technische Systeme unterliegen Infrastruktursysteme einer Vielzahl von Einflüssen, die sich förderlich oder hinderlich darauf auswirken können, ob und wie sich Transformationen hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen realisieren lassen.

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.

Mittels transformativer Forschung wurde untersucht, welche Einflussfaktoren und Akteure die Transformationsprozesse wie unterstützen oder hemmen. Weiterhin wurden gemeinsam mit den Praktiker*innen konkrete ingenieurs- und sozialwissenschaftliche Unterstützungsleistungen konzipiert und umgesetzt, um die Fallbeispiele in ihren Kopplungsprozessen zu unterstützen. In der Zusammenschau der Einflüsse werden vielfältige technische, organisatorische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte sowie die Bedeutung politischer und regulatorischer Rahmenbedingungen deutlich. Dazu gehören z.B. gut verfügbare und anwendbare technische Potentiale, Unterstützungswille und gut ausgebildete Mitarbeiter*innen in den eigenen Institutionen, finanzielle Mittel für hohe Investitionskosten und fehlende Vergütung für Energiespeicherung, gesellschaftliche Akzeptanz von Technologien sowie rechtliche Urteile und politische Beschlüsse. Viele dieser Einflüsse wirken sich auch darauf aus, ob die Kopplungen über kommunale Kontexte hinausgedacht oder in andere Kommunen übertragen werden können. Hier erscheint politische Unterstützung auf Bundesebene nötig, nicht zuletzt um Investitionsanschubfinanzierungen für Pilotumsetzungen von Infrastrukturkopplungen bereitzustellen.

Abstract

Infrastructure coupling offers the potential to make public services more sustainable in the long term and to contribute to climate and resource protection. As complex socio-technical systems, infrastructure systems are subject to a multitude of influences which can have a beneficial or detrimental effect on whether and how transformations towards sustainable, coupled infrastructures can be realised.

Against this background, the project TRAFIS "Transformation towards sustainable, coupled infrastructures" examined current developments in the field of infrastructure, the associated transformation processes including possible supporting and hindering influencing factors as well as potential sustainability effects of these novel coupled infrastructure solutions. The focus was on innovative, i.e. not established, coupling (understood as niche innovations) in the sectors transport, energy, water, waste water, waste management as well as ICT.

By means of transformative research we examined influencing factors and actors that support or hinder the transformation processes. Influencing factors encompass technical, organisational, economic and social aspects as well as the political and regulatory framework conditions. These include, for example, readily available and usable technological potentials, willingness to support and well-trained employees, financial means to cover high investment costs and lack of remuneration for energy storage, social acceptance of technologies as well as legal judgements and political decisions. Many of these influences also have an effect on whether the linkages can be transferred to other municipalities. Political support at the federal level seems necessary here, not least to provide investment start-up financing for pilot implementation of infrastructure interconnections.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
Zusammenfassung.....	11
Summary.....	19
1 Hintergrund, Zielstellung und Vorgehen	27
1.1 Hintergrund.....	27
1.2 Zielstellung und Vorgehen der Analyse von Erfolgsbedingungen zur nachhaltigen Umgestaltung von Infrastrukturen im TRAFIS-Projekt	29
1.3 Vorgehen zur Analyse und Prozessbegleitung auf der Ebene laufender Fallbeispiele kommunaler und regionaler Infrastruktorkopplungen	32
1.3.1 Entwicklung eines fallübergreifenden Analyserahmens.....	32
1.3.2 Fallbeispielidentifikation und -auswahl	33
1.3.3 Identifikation und Ansprache relevanter Praxisakteure in den ausgewählten Fallbeispielen	35
1.3.4 Ermittlung von Unterstützungsbedarfen und gemeinsames Design von Begleitprozessen zwecks Aufbau einer Vertrauensbasis	36
1.3.5 Projektaktivitäten zur Deckung bestehender Unterstützungsbedarfe	37
1.3.6 Partizipative Systemanalyse durch persönliche Interviews, vor-Ort-Begehungen und Workshops.....	37
1.3.7 Fallbeispiel-übergreifende Workshops zwecks Ableitung gemeinsamer politischer Unterstützungsbedarfe.....	37
1.3.8 Kontinuierliche Reflektion der Erfahrungen	38
1.3.9 Auswertung der Informationen und Erkenntnisse.....	38
2 Theoretische Anbindung: Transformations- und Aktionsforschung	38
2.1 Transformationsforschung	38
2.2 Aktionsforschung	39
2.3 Gemeinsamkeiten von Transformations- und Aktionsforschung.....	40
3 Transformation hin zu nachhaltigen Infrastruktorkopplungen in kommunalen und regionalen Fallbeispielen – Nachhaltigkeitspotentiale, Einflussfaktoren und Akteure.....	41
3.1 Systemanalyse: Ziele, Gegenstand und Nachhaltigkeitspotentiale der Infrastruktorkopplungen in den vier begleiteten Fallbeispielen	41
3.1.1 Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“	43
3.1.1.1 Ziele der Kopplung	43
3.1.1.2 Bestandteile und Stand der Kopplung	45
3.1.1.3 Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks	46

3.1.2	Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“	49
3.1.2.1	Ziele der Kopplung	49
3.1.2.2	Bestandteile und Stand der Kopplung	50
3.1.2.3	Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks	51
3.1.3	Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“	54
3.1.3.1	Ziele der Kopplung	54
3.1.3.2	Bestandteile und Stand der Kopplung	54
3.1.3.3	Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks	57
3.1.4	Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“	59
3.1.4.1	Ziele der Kopplung	59
3.1.4.2	Bestandteile und Stand der Kopplung	59
3.1.4.3	Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks	60
3.1.5	Zusammenschau der Nachhaltigkeitspotentiale.....	62
3.2	Systemanalyse: Transformationsprozesse in den Fallbeispielen – wesentliche Einflussfaktoren und Akteure in den Nischeninnovationen	68
3.2.1	Einflussfaktoren in den Nischeninnovationen	69
3.2.1.1	Technische Einflussfaktoren	69
3.2.1.2	Lokale, organisatorisch-institutionelle Einflussfaktoren	71
3.2.1.3	Wirtschaftlich Einflussfaktoren	73
3.2.1.4	gesellschaftlich/sozio-kulturelle Einflussfaktoren	75
3.2.1.5	Politisch-regulatorische Einflussfaktoren	77
3.2.1.6	Zusammenschau der Einflussfaktoren	78
3.2.2	Fazit zur Praxisvalidierung relevanter Einflussfaktoren	85
3.2.3	Relevante Akteure in den Nischeninnovationen	90
4	Transformation hin zu nachhaltigen Infrastrukturkopplungen in kommunalen und regionalen Fallbeispielen –transformative Potentiale und Unterstützungsbedarfe der Nischeninnovation	97
4.1	Systemanalyse: transformative Potentiale – möglicher Einfluss auf das vorherrschende System und Weiterdenken der Kopplungen	97
4.1.1	Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“	97
4.1.2	Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“	99
4.1.3	Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“	100
4.1.4	Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“	103
4.1.5	Zusammenschau zu transformativem Potential und Weiterdenken der Nischeninnovationen in den Fallbeispielen.....	104

4.2	Systemanalyse: Politische Unterstützungsbedarfe aus Sicht der Infrastrukturverantwortlichen in den Fallbeispielen	107
4.2.1	Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“	107
4.2.2	Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“	108
4.2.3	Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“	108
4.2.4	Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“	109
4.2.5	Zusammenschau zu politischen Unterstützungsbedarfen in den Fallbeispielen	110
5	Reflektion zum Einsatz von Aktionsforschungs-orientierter transformativer Forschung zu Prozessbegleitung der Nischeninnovationen	114
5.1	In der Prozessbegleitung angewendete Konzepte und Methoden	114
5.1.1	Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“	115
5.1.2	Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“	116
5.1.3	Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“	117
5.1.4	Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“	119
5.2	Eignung des Forschungsansatzes sowie ausgewählter Konzepte und Methoden der Prozessbegleitung	122
5.2.1	Vertrauensbildung durch persönliche Treffen, telefonische Nachsorge und konkrete Unterstützungsleistungen	123
5.2.2	Systemanalyse durch Leitfaden-gestützte Expert*innen-Interviews	124
5.2.3	Partizipative Systemanalyse durch gemeinsame Nachhaltigkeitschecks und Nachzeichnen des Entwicklungspfad	124
5.2.4	Fallbeispiel-übergreifende Workshops	127
5.2.5	Zusammenschau der Erkenntnisse aus der Fallbeispiel-übergreifenden Reflexion	128
5.3	Potentielle Wirkungen der Prozessbegleitung auf die Transformationsprozesse in den Fallbeispielen	129
5.4	Herausforderungen der Verwendung von Transformations- und Aktionsforschung im Anwendungsfeld Infrastrukturkopplung	131
6	Fazit und Ausblick	134
7	Quellenverzeichnis	138

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fallbeispielansatz im TRAFIS-Projekt	30
Abbildung 2: Übersicht über die Lage der vier Fallbeispiele zur Prozessbegleitung in TRAFIS	42
Abbildung 3: Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks für Optionen des DSM in der Kläranlage Rödental	47
Abbildung 4: Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks für die geplante Mobilitätsapp der swaV	52
Abbildung 5: Technische Komponenten der Kopplung	55
Abbildung 6: Systemschema	56
Abbildung 7: Schema der Steinfurter Flexkraftwerke	60
Abbildung 8: Visualisierung der Steinfurter Flexkraftwerke im regionalen Kontext	76
Abbildung 9: Entwicklungspfad der Steinfurter Flexkraftwerke als Baustein der regionalen Energiewende im Kreis Steinfurt	121

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die im finalen Analyserahmen festgelegten forschungsleitenden Aspekte	33
Tabelle 2:	Kriterienliste für die Auswahl von Fallbeispielen laufender Infrastrukturkopplungsprojekte	34
Tabelle 3:	sektorale Zuordnung der Infrastrukturkopplungen in den Fallbeispielen	42
Tabelle 4:	Zusammenschau potentieller Nachhaltigkeitswirkungen der Infrastrukturkopplungen	63
Tabelle 5:	Zusammenschau relevanter Einflussfaktoren in den Nischeninnovationen	79
Tabelle 6:	Übersicht über Wirkungsbereiche und Einflussfaktoren aus der Analyse der neun abgeschlossenen Fallbeispiele	86
Tabelle 7:	Zusammenschau der Akteur*innen und ihrer Rollen in den Kopplungsprozessen	94
Tabelle 8:	Zusammenschau transformativer Potentiale und möglicher Weiterentwicklungen in den Nischeninnovationen	105
Tabelle 9:	Zusammenschau politischer Unterstützungsbedarfe in den Fallbeispielen	111
Tabelle 10:	Zusammenschau der in der Prozessbegleitung verwendeten Konzepte und Methoden	122

Abkürzungsverzeichnis

AKW	Atomkraftwerk
BHKW	Blockheizkraftwerk
DSM	Demand-Side-Management
EE	erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
GWh	Gigawattstunde
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
KA	Kläranlage
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
NA	Notstromaggregat
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P2G	Power-to-Gas
P2H	Power-to-Heat
P2X	Power-to-x (Gas, Liquid, Strom, ...)
PV	Photovoltaik
swaE	Stadtwerke Augsburg Energie GmbH
swaV	Stadtwerke Augsburg Verkehrs GmbH
SWR	Stadtwerke Rödental
THG	Treibhausgase
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
WBG	Wohnbaugruppe Augsburg

Zusammenfassung

Hintergrund

Infrastrukturen spielen eine zentrale Rolle in der Daseinsvorsorge für menschliche Gesellschaften. U.a. stellen sie die Abwasserentsorgung, die Energie- und Wasserversorgung sowie Mobilitätsoptionen und Telekommunikation für die Bevölkerung bereit. Diese Versorgungssicherheit zu gewährleisten, ist eines der zentralen Ziele der Infrastrukturbereitstellung. Hieraus resultieren unmittelbar Anforderungen an die Funktionsfähigkeit, Robustheit, Resilienz und Wirtschaftlichkeit von Infrastrukturen. Gegenwärtig bringen gesellschaftliche und politische Zielstellungen eine enorme Dynamik für Infrastruktursysteme mit sich: Erwartungen in Bezug auf Klimaschutz und Klimaanpassung, Energiewende, Atomausstieg, Kohleausstieg, Mobilitätswende, Dekarbonisierung, bei gleichzeitiger Urbanisierung sowie dem demographischen Wandel geben neue und z.T. sich gegenseitig beeinflussende Zielstellungen vor. Dies setzt Infrastruktursysteme zur Daseinsvorsorge unter einen ständigen Veränderungsdruck.

Infrastrukturen sind deutlich mehr als ihre physischen Komponenten und Funktionen, denn sie sind gleichermaßen gekennzeichnet durch und wirken auf das gesellschaftliche Verständnis, wie bestimmte Dienstleistungen erbracht werden (sollten). Sie beeinflussen, bedingen oder führen zu kollektiven Verhaltensmustern und werden zugleich in ihrer Entwicklung von diesen beeinflusst. Infrastruktursysteme werden daher als sozio-technische Systeme verstanden, sodass Veränderungen an Infrastruktursystemen komplexe sozio-technische Prozesse sind.

Eine Hoffnung, auf die sich verändernder Anforderungen an Infrastruktursysteme adäquate Antworten zu finden, liegt in der Transformation traditioneller sektoraler Infrastruktursysteme hin zu gekoppelten bisher unabhängig voneinander betriebenen Infrastrukturen. Dabei sind sowohl Kopplungen von Stoff-, Material- und Energieströmen (z.B. die Nutzung von Energie (Wärme) aus Abwasser) als auch Kopplungen von Informationsströmen (z.B. IKT und Energiewirtschaft zur Verbesserung von Lastausgleich/Speicherungssystemen) denkbar. Für eine Transformation bzw. tiefgreifende Systemveränderung notwendige Innovationen entstehen (meist) nicht aus dem Regime heraus, sondern in Nischen. Charakteristisch ist dabei der partizipative und explorative Prozess von Transformationsprozessen. In diesen Nischen können die Keime für eine Transformation hin zu einem klimaresilienten, nachhaltigen und ressourcenschonenden Infrastruktursystem entstehen.

Die Gestaltung von Infrastrukturen stellt dabei besondere Anforderungen an Transformationsprozesse. Die Verantwortung für die Bereitstellung von Infrastrukturen liegt meist bei Akteuren auf der Regimeebene und die bestehenden strukturellen und institutionellen Systeme schränken Experimentierräume stark ein. Veränderungen in Infrastruktursystemen, die sich z.B. aus aktuellen Entwicklungen und anstehenden Planungsaufgaben ergeben, werden von Regimeakteuren nicht selten als Störung wahrgenommen, die zu Widersprüchen und Ablehnung führen können. Umso wichtiger ist es, Transformationsprozesse so zu gestalten, dass ein tieferes Verständnis anderer Meinungen, gegenseitiges Lernen und dadurch längerfristiger Wandel ermöglicht wird.

Zielstellung und Vorgehen

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 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 vorgestellten Ergebnisse sind Teil einer Veröffentlichungsreihe, welche die Ergebnisse von TRAFIS umfassend dokumentiert:

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

Der vorliegende Band ist der Darstellung der **Ergebnisse der Analyse und Reflektion aus der Prozessbegleitung von vier laufenden Fallbeispiele** gewidmet.

Es wurden in TRAFIS u.a. vier laufenden Fallbeispielen im Hinblick darauf untersucht, welche Faktoren und Rahmenbedingungen und welche Akteure auf Ebene laufender kommunaler und regionaler Infrastrukturkopplungsbeispiele relevant sind. Gleichzeitig wurden diese Praxisfälle bezüglich ihres Nachhaltigkeitspotentials eingeschätzt sowie in ihren Transformationsprozessen begleitet und im Rahmen der Projektmöglichkeiten unterstützt.

Theoretische Einbindung

Die Forschungsaktivitäten zur Analyse und Prozessbegleitung von laufenden kommunaler und regionalen Fallbeispielen folgten einem Ansatz transformativer Aktionsforschung. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, dass sich die Forschungen sowohl Elementen der Aktionsforschung als auch der transformativen Forschung bedienen.

Ziel der Transformationsforschung ist es, Nachhaltigkeitstransformation(en) zu beschreiben, zu erklären und gestalten zu helfen bzw. durch Erarbeiten von Lösungsansätzen, die soziale und technische Innovationen umfassen können, in ihrer Entwicklung zu unterstützen. Sie untergliedert sich in zwei unterschiedliche Ansätze: einen beschreibend-analytischen Ansatz, der konzeptionelles Wissen über den Wandel von gesellschaftlichen Systemen als Systemwissen generiert und damit hilft, die Mechanismen und Dynamiken (besser) zu verstehen, die erfolgreichen und verhinderten Innovationen bzw. Transformationen zugrunde liegen. Demgegenüber erarbeitet der transformative Ansatz Wissen, das für Lern- und Diffusionsprozesse und damit für eine konkrete und teilhabende Gestaltung der Veränderungsprozesse in Richtung Nachhaltigkeit erforderlich ist. Da Träger*innen dieses Wissens insbesondere gesellschaftliche Akteure sind, müssen diese Akteure Teil der transformativen Transformationsforschung sein. Dazu werden sie in partizipativen und aktionsorientierten Forschungsprozessen kontinuierlich einbezogen.

Aktionsforschung dient als experimentelle sozialwissenschaftliche Forschung dazu, gemeinsam mit Beteiligten einer Gruppe, Gemeinschaft oder Organisation bestehende Problemsituation besser verstehen zu können und praktische Lösungen zu entwickeln, die die Situation der Beteiligten verbessert. Daher wird – wie in der transformativen Forschung – auch in der Aktionsforschung kollaborativ, in einem gemeinsamen Lernprozess, Wissen geschaffen und werden lokale Akteur*innen als gleichberechtigte Partner verstanden.

Transformative Aktionsforschung bringt beide Ansätze zusammen und erscheint daher gut geeignet, Experimentierräume und Partizipationsprozesse zu schaffen, die Transformationsprozesse so gestalten helfen, dass Widerstände, die solchen dialogischen Prozessen eigen sind, im strategischen Diskurs in geeigneter Weise aufgegriffen werden sowie ein tieferes Verständnis anderer Meinungen, gegenseitiges Lernen und dadurch längerfristig einen Wandel ermöglichen.

Ergebnisse und Erkenntnisse zu Nachhaltigkeitspotentialen und Einflussfaktoren

Drei der vier ausgewählten Fallbeispiele sind kommunal (eines in einer Gemeinde und zwei in einer Stadt), eines ist regional (Landkreis). Die Fallbeispiele umfassen verschiedene intra- und intersektorale Infrastrukturkopplungen:

1. Demand-Side-Management in der Kläranlage Rödental (Gemeinde Rödental): intersektorale Kopplung von Stromversorgung mit Sekundärprozessen der Abwasserreinigung, Nutzung dezentraler Stromverbrauchs- und angebotspotentialen zur Stromnetzstabilisierung über ein virtuelles Kraftwerk (IKT-Kopplung inkludiert)
2. IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg (Stadt Augsburg): intrasektorale (Bündelung von Mobilitätsangeboten) und intersektorale Kopplungen von Mobilitäts- und (Strom-)Versorgungsdienstleistungen über IKT
3. Dezentrale Power-to-Gas-/KWK-Anlage mit Gasspeicher für Wärme- und Stromversorgung sowie für Klimaschutz im Altbau (Stadt Augsburg): Intrasektorale (Energieversorgung) Kopplung über Nutzung von erneuerbaren Energien (Strom) zur Methan-Erzeugung für die Verwendung in einer KWK-Anlage zur Versorgung von Mieter*innen mit Wärme und Strom
4. Steinfurter Flexkraftwerke – Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende (Kreis Steinfurt): intrasektorale (Energieversorgung) und intersektoral (Wärme- und Mobilitätsversorgung) Kopplung über Nutzung erneuerbarer Energien zur Wasserstoff-Erzeugung, Speicherung und Verwertung für Wärme, Strom, Fahrzeugantrieb (Power-to-Gas, Power-to-Liquid)

Nachhaltigkeitspotentiale der Kopplungen

In der Zusammenschau der potentiellen Nachhaltigkeitswirkungen der Infrastrukturkopplungen in den vier Fallbeispielen wird deutlich, dass die Einschätzungen von den entsprechenden fallspezifischen technologischen und sozio-ökonomischen Kontextbedingungen abhängen.

Mit Blick auf Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur zeigt sich in allen Fallbeispielen, für die Einschätzungen zur Funktionalität gemacht werden konnten (alle bis auf das Fallbeispiel Steinfurt), eine deutlich positive Wahrnehmung der Leistungsfähigkeit. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die technische Komplexität durch die Kopplung z.T. deutlich zunimmt, aber im Zeitverlauf geringer bzw. durch Lerneffekte gut handhabbar wird. In ähnlicher Weise wird auch eine geringe Zunahme der organisatorischen Komplexität durch die Kopplung erwartet, die sich aber langfristig durch etablierte Kontakte und Prozesse verringern wird.

Hinsichtlich der sozialen und ökonomischen Verträglichkeit der Kopplung werden ausschließlich positive Effekte der Kopplung auf Qualität und Quantität der Dienstleistung gesehen. In zwei der vier Fallbeispiele wurden geringe Bedarfe an Folgeinvestitionen gesehen, die zu weiteren, mit der Kopplung verbundenen Kosten auf Seiten von Betreibenden und Nutzenden führen könnten. Ökonomische Konsequenzen für die Nutzenden wurden in allen vier Fallbeispielen aufgrund von Kostenersparnis und Gewinnbeteiligungsoptionen als geringfügig positiv gesehen. Ein sehr diverses Bild ergibt sich für die Wirtschaftlichkeit für die Betreibenden, die aufgrund hoher Investitionskosten in einem Fallbeispiel als negativ, in anderen Fallbeispielen durch Annahme wachsender Nutzendenkreise als positiv gesehen wird. Die Nachfrageentwicklung wird in einem weiteren Fallbeispiel als entscheidend dafür angesehen, ob Wirtschaftlichkeit für die Betreibenden zukünftig gegeben sein wird.

Bezüglich Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz werden in den vier Fallbeispielen ganz überwiegend positive Effekte gesehen, insbesondere mit Blick auf eine Senkung des Primärenergiebedarfs und der THG-Emissionen. Letztere werden im Fallbeispiel Rödental als durch die Kopplung nicht verändert betrachtet, während im Fallbeispiel Steinfurt trotz der vermutlich überwiegend THG-Emissionen senkenden Wirkung der Kopplung auch neue THG-Emissionen durch den regionalen Transport grünen Wasserstoffs mit LKWs möglich erscheinen.

Mögliche Effekte auf die Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen wurden insgesamt nur für drei der vier Fallbeispiele (nicht im Fallbeispiel P2G in Augsburg) eingeschätzt. Während für die Kopplungen in den Fallbeispielen Rödental und Steinfurt aufgrund stärker dezentralisierter Energieerzeugung bzw. -versorgung ein positiver Einfluss auf die Störungsanfälligkeit gesehen wird, gehen die Einschätzungen zum (Funktions-)Ausfall und möglichen Einschränkungen in der Bereitstellung auseinander. Aufgrund der zentralen Einbindung technischer Komponenten der KA in Rödental in ein virtuelles Kraftwerk werden hier Einschränkungen als möglich erachtet. Für Steinfurt wird angenommen, dass die dezentralen und damit mehrfachen, redundanten Erzeugungssysteme Einschränkungen in der Bereitstellung von Strom verringern können. Positive Effekte im Sinne einer größeren, lokal bestehenden Verfügbarkeit von Dienstleistungen werden für die Fallbeispiele Rödental und Mobilitätsapp in Augsburg gleichermaßen wahrgenommen. Für das Fallbeispiel Rödental kommt als möglicher positiver Effekt noch hinzu, dass im Gegensatz zu zentralisierter Energieversorgung mehr Handlungsfreiheit für die Eigenversorgung erwartet wird.

Wesentliche Einflussfaktoren in den Nischeninnovationen

Analog zu den potentiellen Nachhaltigkeitswirkungen der Nischeninnovationen sind auch die Einflussfaktoren fallspezifisch und von den entsprechenden Kontextbedingungen abhängig.

- ▶ Technische Einflussfaktoren: Gemeinsamkeiten bestehen bei förderlichen Einflussfaktoren darin, dass der bestehende bzw. geplante technische Anlagenaufbau der Kopplung sowohl Nachhaltigkeitspotentiale (z.B. Beitrag zur lokalen Energiewende) als auch Versorgungssicherheit (z.B. über redundante, dezentrale, nicht systemkritische Komponenten) und Weiternutzung bestehender Strukturen und Wartungsregelungen ohne (größere) Zusatzaufwände bietet. Mit Blick auf hinderliche Einflussfaktoren treten technische Komplexität und Limitierungen, die sich aus bestehenden technisch-physischen Strukturen des Anlagenaufbaus oder der dafür benötigten weiteren Infrastrukturen ergeben als Gemeinsamkeiten zu Tage.
- ▶ Organisatorische Einflussfaktoren: Gute Zusammenarbeit, geschultes und innovations- sowie Nachhaltigkeit-orientiertes Personal, Unterstützung und Innovationsbereitschaft in der Hierarchie sowie langjähriges Erfahrungswissen und eigenständige Organisationsbereiche stellen Gemeinsamkeiten (ausschließlich) in den (als förderlich) genannten Einflussfaktoren der unterschiedlichen Fallbeispiele dar.
- ▶ Wirtschaftliche Einflussfaktoren: Mehreren Fallbeispielen gemein ist die Möglichkeit, durch die Infrastrukturkopplung auf Seiten der Betreiber*innen oder der Nutzer*innen Kosten reduzieren oder zusätzliche Erlöse erzielen zu können. Hinsichtlich Gemeinsamkeiten bei hemmenden Einflussfaktoren sind insbesondere hohe Investitionskosten und unzureichende Erlösmöglichkeiten zu nennen, die eine (schnellere) Amortisation der Investitionskosten erschweren. Unzureichende Erlösmöglichkeiten resultieren dabei in verschiedenen Fallbeispielen aus fehlender Honorierung der Energiespeicherung durch das EEG.
- ▶ Gesellschaftliche Einflussfaktoren: Die Gemeinsamkeiten betreffen die Fragen von Akzeptanz und Relevanz der Infrastrukturkopplung bzw. von Bestandteilen der Kopplung in Politik, Wirtschaft und der lokalen Bevölkerung – das kann sowohl förderlichen als auch hemmenden Charakter haben.
- ▶ Politisch-regulatorische Einflussfaktoren: Hier kommen insbesondere bestehende politische oder rechtliche Vorgaben zum Tragen, welche die Kopplungen in verschiedenen Fallbeispielen hemmen, beispielsweise durch fehlende Förderung von Energiespeicherung durch das EEG.

Die Erkenntnisse aus der Analyse der vier laufenden Fallbeispiele wurden mit denen aus einer Analyse abgeschlossener Infrastrukturaufstellungen (siehe die nachfolgende tabellarische Auflistung) gegenübergestellt, um zu schauen, ob sich ähnliche oder unterschiedliche Einflussfaktoren ergeben haben.

Tabelle 6: Übersicht über Wirkungsbereiche und Einflussfaktoren aus der Analyse der neun abgeschlossenen Fallbeispiele

Einflussfaktoren		Kurzbeschreibung
Technisch	Lokale technische und physische Begebenheiten	Potentiale, Limitierungen und Voraussetzungen für Installation, Anpassungen und Ausweitungen einer Infrastrukturaufstellung
	Verfügbarkeit von tragfähigen und passenden technischen Optionen	breitere Entwicklungen innovativer Technologien sowie Reife- bzw. Umsetzungsgrad von technischen Optionen
	Lebenszyklus der Infrastrukturaufstellung	Auftreten neuer technischer Anforderungen und Möglichkeiten sowie ggf. Modernisierungsbedarf
Institutionell	Verordnungen und Normen zur Rechtmäßigkeit	rechtlicher Rahmen für Inbetriebnahme der Aufstellung und Bereitstellung der Dienstleistung, z.B. Genehmigungs- und Zulassungsfragen sowie förderliche/hemmende Verordnungen und Normen
	Bestehende Netzwerk- und Kooperationsstrukturen	organisatorische Kontakte und Schnittstellen zum Austausch von Wissen und Ressourcen; Interessenvermittlung und -konflikte; Kooperationen und Partnerschaften
Gesellschaftlich	Nutzerseitige Motivation und Finanzierbarkeit	Interesse und Bereitschaft von Nutzer*innen eine Aufstellung/Dienstleistung zu nutzen; Nachfrage und Nutzung sicherstellen; fehlendes Wissen, bestehende Nutzerpraktiken und -erwartungen; erhöhte Nutzungskosten und -aufwände
	Nutzerseitige Bedienkomplexität	Benutzerfreundlichkeit und Kenntnisanforderungen zur Nutzung der Aufstellung/Dienstleistung; Bedarf an nutzerseitigen Änderungen/Investitionen; Akzeptanzprobleme
	Politischer Pioniergeist und politische Anbindung	Innovationsimpulse und Unterstützung für die Nutzung und Instandhaltung einer Infrastrukturaufstellung; Ausdruck gesellschaftlicher Akzeptanz und Nachfrage; politisches Interesse; Einbettung in/Anbindung an politische Ziele
Wirtschaftlich	Förderprogramme	Investitionsförder- und Forschungsprogramme durch EU-, Bundes- und Landesebenen; Subventionen und Darlehen
	Marktwirtschaftliche Strukturen	Anreizstrukturen des Marktes; Marktpotenziale; Gewinnerwartungen und kurzfristige Kosten-Nutzen-Rechnungen / Amortisationszeiten
	Gesetzliche Rahmenbedingungen zur Vermarktung	(Fehl-)Anreize für Investition und Vermarktung von Innovationen durch Gesetze auf Bundes- und Landesebene

Im Vergleich der Einflussfaktoren aus beiden Fallbeispielanalysen ergibt sich, dass die Einflussfaktoren aus beiden Analysen weitgehend übereinstimmen. Relevante Unterschiede bestehen vor allem darin, dass

- ▶ manche Einflussfaktoren – wie beispielsweise Modernisierungsbedarfe, Nutzer*innen-seitigen Motivation oder auch Genehmigungs- und Zulassungsfragen – in den vier laufenden Fallbeispielen aufgrund der dortigen Kopplungsphase (Konzeption und Planung in drei und Pilotanlagen in einem der vier Fallbeispiele) noch nicht wirksam sein dürften
- ▶ in der Analyse der vier laufenden Fallbeispiele Anreize und Regulierungen in einem eigenen Wirkungsbereich (politisch-regulatorische Einflussfaktoren) und nicht unter wirtschaftliche Faktoren eingeordnet (wohl aber dort auch gespiegelt) wurden.

Ergebnisse und Erkenntnisse zu transformativem Potential und politischen Unterstützungsbedarfen

Transformatives Potential der Nischeninnovationen

In dieser Analyse wurden die Fragen untersucht:

1. Welche potentiell transformativen Wirkungen haben die geplanten bzw. als Pilotanlage umgesetzten Infrastrukturkopplungen in den jeweiligen Fallbeispielkontexten auf das Regime?
2. Wie könnte die Infrastrukturkopplungen verstetigt bzw. weitergedacht werden?

Die Analyseergebnisse zeigen Gemeinsamkeiten zwischen den Fallbeispielen mit Blick auf

- ▶ **Geschäftsmodelle;** durch Ausrichtung auf Contracting-Lösungen im Fallbeispiel dezentrale Power-to-Gas-Anlage in Augsburg, über attraktivere, besser intermodal zugängliche und Benutzer*innen-freundlicher konzipierte Mobilitätsangebote im Fallbeispiele Mobilitätsapp der Stadtwerke in Augsburg sowie durch Erprobung von Power-to-Gas-Geschäftsmodellen für aus der EEG-Förderungen herausfallende Windenergieanlagen im Fallbeispiel Steinfurter Flexkraftwerke;
- ▶ **Kapazitätsaufbau,** einerseits durch spezifisch auf die Infrastrukturkopplung ausgerichtete Qualifikation der Mitarbeitenden hinzu Mechatroniker*innen für Energieanlagen der Mitarbeitenden im Fallbeispiel dezentrale Power-to-Gas-Anlage in Augsburg, andererseits durch organisatorische und vertragliche Abstimmung zur institutionsinternen Abnahme von in der Kläranlage erzeugter Energie im Fallbeispiel Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental;
- ▶ **Verstetigung:** in allen Fallbeispielen über etablierte Netzwerke und Kontakte, gute, motivierte Mitarbeiter*innen, getätigte Investitionen, Unterstützung und Rückendeckung durch die Hierarchie;
- ▶ **Weiterdenken:** in allen Fallbeispielen über die Erweiterung von Akteurskreisen, Ausdehnung der Kopplung auf weitere Kommunen bzw. über Grenzen hinaus.

Politische Unterstützungsbedarfe

In den vier Fallbeispielen wurde betont, dass sich das transformative Potential nicht zuletzt dann entfalten und die Ideen für Weiterentwicklung realisiert werden könnten, wenn förderliche oder weniger hinderliche Rahmenbedingungen bestünden bzw. geschaffen werden können. Das umfasst in der Zusammenschau der vier Fallbeispiele den Wunsch danach:

- ▶ regulatorische Experimentierräume (rechtliche Reallabore) zu nutzen, um Anpassungen an rechtlichen Vorgaben in einem gewissen Maßstab ausprobieren zu können, die als förderlich für die Umsetzung der regionalen Energie- und Mobilitätswende angesehen werden. Hier sollten kommunalwirtschaftliche Tätigkeiten im Bereich Netzübernahme und Netzbetrieb sowie in der Mobilitätsberatung testweise zugelassen werden;
- ▶ politische Instrumente und Kommunikation anzupassen, um bestehende rechtliche Vorgaben so zu ändern, dass sie förderlich für die Umsetzung der regionalen Energiewende (insbesondere EEG-Vergütung für Energiespeicherung durch P2G-Technologien) und der Verkehrswende (Anpassung des Personenförderungsgesetzes für rechtliche Sicherheit beim Thema Ridesharing) sind.
- ▶ finanzielle Unterstützung für Pilotprojekte bereitzustellen und flexibler zu gestalten, beispielsweise über Investitionsanschub- und Projektförderungen für Investitions- und Betriebskosten.
- ▶ nachhaltige öffentliche Beschaffung zu stärken, um die Inanspruchnahme nachhaltigerer Produkte und Dienstleistungen (wie z.B. grüner Wasserstoff) in öffentlichen Einrichtungen zu steigern.

Reflektion zum Einsatz von gewählttem Forschungsansatz und Methoden für die Analyse und Begleitung der Nischeninnovationen

Die angewendeten Forschungsansätze und Methoden dienten in den Fallbeispielen dazu, gemeinsam mit den Praxisakteuren konkrete Frage- und Problemstellungen zu ermitteln und nach möglichen nachhaltigen Infrastruktorkopplungen durch Integration von wissenschaftlichem und Praxiswissen zu suchen, diese unterstützend zu begleiten und im Hinblick auf eine Umsetzbarkeit und ein Weiterdenken der Nachhaltigkeitslösungen gemeinsam zu lernen. Über die vorgenannten Methoden und Konzepte wurde nicht nur Systemwissen (partizipativ) generiert, sondern durch die gemeinsame Erarbeitung und Diskussion (z.B. in den gemeinsamen Bewertungen des Nachhaltigkeitspotentials und den Fallbeispiel-übergreifenden Workshops) sowie durch die konkreten Unterstützungsleistungen auch Ziel- und Transformationswissen bzw. Handlungswissen.

In der Zusammenschau der in der Prozessbegleitung verwendeten Methoden kommt dem Aufbau von Vertrauen große Bedeutung zu. Dazu dienten neben den persönlichen Treffen insbesondere die konkreten Unterstützungsleistungen, die in den Fallbeispielen, in denen sie Anwendung fanden (bis aus P2G in Augsburg in allen anderen Fallbeispielen) ingenieurs-technische und sozialwissenschaftliche Unterstützungsaktivitäten umfassten. Diese konkreten Unterstützungsleistungen hatten eine wichtige „Türöffnerfunktion“ und dienten der Vertrauensbildung. Insbesondere dadurch war es möglich, die Prozessbegleitung in den Fallbeispielen über einen längeren Zeitraum (Juli 2017 bis März 2019) durchzuführen und relevante Einschätzungen und Informationen erheben zu können. Denn erst im Verlaufe der Prozessbegleitung, wenn über die konkreten Unterstützungsleistungen Vertrauen aufgebaut und die Relevanz von TRAFIS-Unterstützung für das lokale Fallbeispiel sichtbar(er) wurde, fanden strukturiertere Befragungen/Interviews zur gezielten Systemanalyse (beispielsweise zu relevanten Rahmenbedingungen und Faktoren sowie zum Skalierungspotential der Infrastruktorkopplung) sowie auch gemeinsame Bewertungen des Nachhaltigkeitspotential statt.

Insgesamt ermöglichte es die Offenheit und Flexibilität des TRAFIS-Projektteams mit Blick auf Konzepte und Methoden, auf konkrete Unterstützungsbedarfe der Praxisakteure einzugehen und die Unterstützung zu leisten, die praxisrelevant und damit ein Türöffner für weitere Prozessbegleitungen unter Wahl weiterer Formate war. Dadurch konnte auch die Vertrauensbasis zwischen den Praxisakteuren und den Forschenden aufgebaut werden, welches tiefere Einblicke und Teilnahme an kritischen

Diskussionen erlaubte. Aus Sicht des TRAFIS-Projektteams verbleibt bei den Praxisakteuren aller vier Fallbeispiele ein positiver Eindruck der Prozessbegleitung und der Interaktion mit dem TRAFIS-Projekt. Dazu trugen einerseits die konkreten Unterstützungsleistungen, andererseits die gemeinsamen Diskussionen und Workshops bei.

Fazit und Ausblick

Die Prozessbegleitung der vier laufenden Fallbeispiele hat wissenschaftlich und Praxis-relevante Erkenntnisse mit Blick auf eine Nachhaltigkeitstransformation in Infrastruktursystemen hervorgebracht. So wurden beispielsweise vielfältige Einflussfaktoren deutlich, die in unterschiedlichen Kontexten förderlich oder hinderlich auf Vorhaben zur Infrastrukturauskopplung sowie auf deren Verstärkung und Weiterentwicklung einwirken können.

Diese Vielfalt macht deutlich, dass Infrastrukturen und deren Kopplungen soziotechnische Systeme und damit sowohl technischen als auch nicht-technischen Einflüssen ausgesetzt sind. So kann das Vorhandensein gut anwendbarer Technologien alleine nicht sicherstellen, dass Infrastrukturauskopplungen umgesetzt werden. Vielmehr müssen die technischen Systeme eingebettet sein in förderliche organisatorische Strukturen (z.B. Kooperation und Innovationsbereitschaft beteiligter Akteure), sich wirtschaftlich darstellen und umsetzen lassen (beispielsweise durch finanzielle Unterstützung, zusätzliche Erlösmöglichkeiten und neue Geschäftsmodelle), in einem passenden gesellschaftlichen Kontext funktionieren (beispielsweise Akzeptanz der Kopplungstechnologien in der Bevölkerung) sowie auf ein ermöglichenden politischen und rechtlichen Rahmen (z.B. gesetzliche Vorgaben, die Fehlanreize vermeiden und effektive Anreize für eine Inanspruchnahme der Kopplung setzen) treffen.

In diesen Zusammenhang kann auch der **Bedarf an politischer Unterstützung** (insbesondere auf Bundesebene) eingeordnet werden, der von den Praktiker*innen in den vier laufenden Fallbeispielen formuliert wurde. Denn hier finden sich Wünsche nach förderlicheren politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, wie z.B. die Aufnahme von Energiespeicherung als förderfähiges Element im EEG, und der Einrichtung von regulatorischen Experimentierräumen, um solche geänderten Rahmenbedingungen in der Praxis testen und Erfahrungen mit ihnen sammeln zu können. Darüber hinaus werden auch Änderungen an Innovationsförderprogrammen sowie in der Bepreisung von Dienstleistungen vorgeschlagen, beispielsweise indem Innovationsförderprogramme flexibler gemacht und die grüne öffentliche Beschaffung gestärkt werden.

Die Reflektion der Erkenntnisse aus der Prozessbegleitung macht wissenschaftlichen Wissenszuwachs und Praxisrelevanz deutlich – letztere insbesondere über die kontinuierliche Einbindung der Praxisakteure und über konkrete Beiträge aus TRAFIS, die für eine Weiterentwicklung der Infrastrukturauskopplungen Unterstützung geben konnte. Die transformative Aktionsforschung hat in den Fallbeispielen weitere Abstimmungen, Ideen und Möglichkeiten initiieren und Diskussionen anregen können

Allerdings bringt diese Art der Forschung Herausforderungen mit sich, die beispielsweise darin bestehen, die Forschung praxisrelevant sowie die Sprache für die überwiegend technisch oder ökonomisch ausgebildeten Praktiker*innen vor Ort anschlussfähig zu machen. Das erforderte ein interdisziplinär ausgestaltetes Forscher*innen-Team mit ingenieurstechnischer und mit sozialwissenschaftlicher Expertise. Nachhaltige Infrastrukturauskopplungen stellen jedoch ein Forschungsfeld dar, das vielfältige Akteure verschiedener (technischer) Disziplinen und Zugehörigkeit (Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft) zusammenbringt und Austausch- und Lernprozesse zwischen den Akteuren erfordert. Hier können Methoden der transformativen Aktionsforschung Brücken bauen und Transformationsprozesse gestalten helfen.

Um innovative Infrastrukturauskopplungen zu unterstützen, sollte **Innovations- und Forschungsförderung** einerseits (auch) transformative Forschung fördern und andererseits stärker und flexibler als bisher auch die Pilotumsetzung und deren Weiterentwicklung zur Marktreife fördert, um damit den Übergang von der Forschung in die Praxis sowie von der Nische in den Mainstream zu unterstützen.

Summary

Background

Infrastructures play a central role in the provision of basic services that are of general interest for human societies. Among other things, they provide sewage disposal, energy and water supply as well as mobility options and telecommunications for the population. Ensuring this security of supply is one of the central goals of infrastructure provision. This yields requirements for the functionality, robustness, resilience and cost-effectiveness of infrastructures. At present, social and political objectives bring with them an enormous dynamic for infrastructure systems: Expectations with regard to climate protection and adaptation to climate change, energy transition, nuclear phase-out, coal phase-out, mobility transition, decarbonisation, urbanisation and demographic change set new and partly mutually influencing objectives. This puts infrastructure systems under constant pressure to change.

Infrastructures are much more than their physical components and functions, because they are equally characterized by and affect society's understanding of how certain services are (and should be) provided. They influence, cause or lead to collective behaviour patterns and are at the same time influenced in their development by these. Infrastructure systems are therefore understood as socio-technical systems, so that changes to infrastructure systems are complex socio-technical processes.

One hope of finding adequate answers to changing demands on infrastructure systems lies in the transformation of traditional sectoral infrastructure systems towards coupled infrastructures. This encompasses couplings of material, material and energy flows (e.g. the use of energy (heat) from wastewater) and couplings of information flows (e.g. ICT and energy management to improve load balance/storage systems). Innovations that are necessary for a transformation or far-reaching system changes (usually) do not emerge from the regime, but in niches. Characteristic is the participative and explorative process of transformation processes. In these niches, the seeds for a transformation towards a climate-dependent, sustainable and resource-conserving infrastructure system can emerge.

The design of infrastructures places special demands on transformation processes. The responsibility for the provision of infrastructures usually lies with actors at the regime level and the existing structural and institutional systems severely restrict experimental spaces. Changes in infrastructure systems that result, for example, from current developments and upcoming planning tasks, are often perceived by regime actors as disruptions that can lead to contradictions and rejections. This makes it all the more important to design transformation processes in such a way that a deeper understanding of other opinions, mutual learning and thus longer-term change is made possible.

Objectives and procedure

Against this background, the project TRAFIS "Transformation towards sustainable, coupled infrastructures" examined current developments in the field of infrastructure, the associated transformation processes including possible supporting and hindering influencing factors as well as potential sustainability effects of these novel coupled infrastructure solutions. The focus was on innovative, i.e. not established, coupling (understood as niche innovations) in the sectors transport, energy, water, waste water, waste management as well as ICT. The objectives of the project are:

- ▶ Assessing the impacts of infrastructure coupling with regard to sustainability, in particular resource efficiency and climate resilience.
- ▶ Systematic elaboration of influencing factors for the success of local transformations towards coupled sustainable infrastructures.
- ▶ Testing the possibilities of supporting process monitoring, reflecting on starting points and options for action for political support of transformation processes.

Translated with www.DeepL.com/Translator

Against this background, the research project “Transformation to Climate Resilient and Resource-conserving Infrastructure” (TRAFIS) investigated transformation of infrastructures to coupled sustainable systems and examined the associated transformation processes as well as framework conditions and influencing factors of such processes. The goals of the project are to:

- ▶ describe couplings and cluster them according to selected criteria;
- ▶ describe the effects of linkages with regard to sustainability, in particular resource efficiency and climate resilience;
- ▶ systematically elaborate influencing factors on transformations towards coupled sustainable infrastructures as well as on their implementation or establishment;
- ▶ identify and reflect on starting points and needs for political support and orientation of transformation processes towards sustainability.

The presented results are part of a series of publications which comprehensively documents the results of TRAFIS:

1. Sustainability potential of innovative coupled infrastructures (Olfert et al. 2020).
2. Infrastructure coupling as contributions to sustainability transformation: influencing factors and options for action (Hölscher et al. 2020).
3. Success factors and process support for sustainability transformations in coupled infrastructures (present volume).

The present volume is dedicated to presenting the results of the analysis and reflection from the process support of four ongoing case studies.

TRAFIS examined, among other things, four case studies of ongoing infrastructure coupling processes at local and regional level with regard to which factors and framework conditions and which actors are relevant. At the same time, the ongoing practical cases were assessed with regard to their sustainability potential and supported in their transformation processes within the means of the project team.

Theoretical embedding

The research activities chosen followed an approach of transformative action research. The aim of transformation research is to describe, explain and help shape sustainability transformation(s) and to support their development by developing solutions that can include social and technical innovations. Transformation research is divided into two different approaches: a descriptive-analytical approach, which generates conceptual knowledge about the change of social systems as system knowledge and thus helps to (better) understand the mechanisms and dynamics on which successful and prevented innovations or transformations are based. In contrast, the transformative approach develops knowledge that is necessary for learning and diffusion processes and thus for a concrete and participatory design of change processes towards sustainability. Since social actors are main carriers of this knowledge, these actors must be part of transformative research. To this end, they are continuously involved in participatory and action-oriented research processes.

Action research, as experimental social science research, serves to better understand existing problem situations together with participants in a group, community or organisation and to develop practical solutions that improve the situation of the participants. Therefore - as in transformative research - in action research, too, knowledge is created collaboratively in a joint learning process and local actors* are understood as equal partners.

Transformative action research combines both approaches and thus seems well suited to creating experimental spaces and participatory processes that help to shape transformation processes in such a

way that resistance inherent in such dialogic processes is appropriately addressed in strategic discourse and a deeper understanding of other opinions, mutual learning and thus longer-term change is made possible.

Results and findings on sustainability potentials and influencing factors

Three of the four selected case studies are on the local level (one in a municipality and two in a city), one is regional (county). The case studies include intra- and intersectoral infrastructure linkages:

1. Demand-side management in the wastewater treatment plant in Rödental (municipality of Rödental): intersectoral coupling of electricity supply with secondary processes of wastewater treatment, use of decentralised electricity consumption and supply potentials for electricity grid stabilisation via a virtual power plant (ICT coupling included)
2. ICT (App)-supported networking of the mobility offers of the Augsburg public utility (city of Augsburg): intrasectoral (bundling of mobility offers) and intersectoral coupling of mobility and (electricity) supply services via ICT
3. Decentralised power-to-gas plant with gas storage for heat and electricity supply as well as for climate protection in the old building (city of Augsburg): Intrasectoral (energy supply) coupling via use of renewable energies (electricity) for methane generation for use in a power-to-gas plant to supply tenants with heat and electricity
4. Steinfurter Flexkraftwerke - Integration of hydrogen into regional energy and traffic turnaround (district of Steinfurt): intrasectoral (energy supply) and intersectoral (heat and mobility supply) coupling via use of renewable energies for hydrogen generation, storage and utilisation for heat, electricity, vehicle propulsion (power-to-gas, power-to-liquid)

Sustainability potential of the coupled infrastructure

A synopsis of the potential sustainability impacts of the infrastructure coupling in the four case studies clearly shows that the assessments depend on case-specific technological and socio-economic context conditions.

With regard to the functionality of the coupled infrastructure, all case studies for which assessments of functionality could be made (all except for Steinfurt) show a clearly positive perception of performance. Furthermore, it is assumed that the technical complexity increases significantly as a result of the coupling, but decreases over time or becomes manageable due to learning effects. Similarly, the coupling is expected to lead to a slight increase in organizational complexity, which will be reduced in the long term by established contacts and processes.

With regard to the social and economic compatibility of the coupling, only positive effects of the coupling on the quality and quantity of the service are seen. In two of the four case studies, low demand for follow-up investments was seen, which could lead to further costs associated with the coupling on the part of infrastructure operators and users. Economic consequences for the users were seen as slightly positive in all four case studies due to cost savings and profit sharing options. A very diverse picture emerges for the economic efficiency for the operators, which is seen as negative in one case study due to high investment costs, and positive in other case studies due to the assumption of growing user groups.

With regard to resource conservation and resource efficiency, the four case studies are predominantly seen to have positive effects, especially with regard to a reduction in primary energy demand and greenhouse gas emissions. In the case of Rödental, the latter are regarded as not changed by the coupling, while in the case of Steinfurt, new greenhouse gas emissions from the regional transport of green hydrogen with light or heavy duty vehicles appear possible despite the probable predominantly greenhouse gas emission-reducing effect of the coupling.

Possible effects on the security of supply in the context of weather-related disturbances were assessed for only three of the four case studies (not in the power-to-gas case study in Augsburg). While in the case studies Rödental and Steinfurt a positive influence on the susceptibility to failures is seen for the couplings due to more decentralised energy generation and supply, the assessments of the (functional) failure and possible limitations in the supply differ. Due to the central integration of technical components of the wastewater treatment plant in Rödental into a virtual power plant, restrictions are considered possible here. For Steinfurt, it is assumed that the decentralised and thus multiple, redundant generation systems can reduce restrictions in the provision of electricity. Positive effects in the sense of a greater, locally existing availability of services are perceived equally for the case studies Rödental and Mobility App in Augsburg. In the case of Rödental, a possible positive effect is that, in contrast to centralised energy supply, more freedom of action is expected for self-sufficiency.

Relevant factors influencing the transformation of the coupled infrastructures

Analogous to the potential sustainability effects of niche innovations, the influencing factors are also case-specific and dependent on the corresponding context conditions.

- ▶ **Technical influencing factors:** The common features of beneficial influencing factors are that the existing or planned technical system set-up of the coupling offers both sustainability potential (e.g. contribution to local energy system transformation) and supply security (e.g. via redundant, decentralised, non-system-critical components) and continued use of existing structures and maintenance regulations without (major) additional expenditure. With regard to hindering influencing factors, technical complexity and limitations resulting from existing technical-physical structures of the plant set-up or the further infra-structures required for it emerge as commonalities.
- ▶ **Organisational influencing factors:** Good cooperation, trained as well as innovation and sustainability oriented personnel, support and willingness to innovate in the hierarchy as well as many years of experience and independent organisational areas represent common conducive factors mentioned in the different case studies.
- ▶ **Economic influencing factors:** Several case studies have in common the possibility of reducing costs or generating additional revenues through infrastructure coupling on the part of infrastructure operators or users. With regard to common features in the case of hindering influencing factors, high investment costs and insufficient revenue opportunities are to be mentioned in particular, which complicate a (faster) amortisation of the investment costs. In various case studies, inadequate revenue opportunities result from the lack of remuneration for energy storage by the EEG.
- ▶ **Social influencing factors:** The commonalities in the social/socio-cultural influencing factors concern the questions of acceptance and relevance of the infrastructure coupling or of components of the coupling in politics, economy and the local population – this can have both beneficial and inhibitory character.
- ▶ **Political-regulatory influencing factors:** Here, existing political or legal requirements in particular come into play, which inhibit the niche innovations in various case studies, for example due to the lack of support for energy storage through the EEG.

The findings from the analysis of the four current case studies were compared with those from an analysis of completed infrastructure couplings (see the table below) to see whether similar or different influencing factors have arisen.

Table 6: Overview of influencing factors from analysis of nine completed case studies

Influencing factors		Brief description
Technical	Local technical and physical availability	Potentials, limitations and requirements for installation, adjustments and extensions of an infrastructure coupling

Influencing factors		Brief description
Institutional and organisational	Availability of viable and suitable technical options	Broader development of innovative technologies and maturity or implementation of technical options
	Life cycle of infrastructure coupling	Occurrence of new technical requirements and possibilities as well as the need for modernisation if necessary
	Regulations and legal standards	Legal framework for the commissioning of the coupling and provision of the service, e.g. approval and licensing issues as well as supportive/inhibiting ordinances and standards
	Existing network and cooperation structures	Organisational contacts and interfaces for the exchange of knowledge and resources; mediation and conflicts of interest; cooperation and partnerships
Social	User motivation and financial viability	Interest and willingness of users to use a coupling/service; ensure demand and use; lack of knowledge, existing user practices and expectations; increased costs and effort of use
	User-side operating complexity	User-friendliness and knowledge requirements for the use of the coupling/service; need for user-side changes/investments; problems of acceptance
	Political pioneering spirit and political connection	Innovation impulses and support for the use and maintenance of an infrastructure coupling; expression of social acceptance and demand; political interest; embedding in/connection with political objectives
Economic	Funding programmes	Investment promotion and research programmes by EU, federal and state levels; subsidies and loans
	Market economy structures	Incentive structures of the market; market potentials; profit expectations and short-term cost-benefit calculations / amortization periods
	Legal framework conditions for marketing	(misguided) incentives for investment and marketing of innovations through laws at federal and state level

A comparison of both case study analyses shows that the influencing factors largely coincide. The main relevant differences are that

- some influencing factors - such as modernisation requirements, user motivation on the part of the users or also licensing issues - may not yet be effective in the four current case studies due to the coupling phase there (conception and planning in three and a pilot plant in one of the four case studies).
- in the analysis of the four current case studies, incentives and regulations in a specific field of activity (political-regulatory influencing factors) and not classified under economic factors (but also reflected there).

Results and findings on transformative potential and political support needs

Transformative potential of the niche innovations

Two questions were examined in this analysis:

1. What potential transformative effects do the planned or pilot infrastructure couplings have on the regime in the respective case studies?
2. How could the infrastructure linkages be stabilised or further developed?

The analysis results show similarities between the case studies with regard to

- ▶ **business models**, by focusing on contracting solutions in the case of the decentralised power-to-gas plant in Augsburg, through more attractive, more intermodally accessible and more user-friendly mobility offers in the case of the Stadtwerke in Augsburg, by testing power-to-gas business models for wind energy plants that are not eligible for EEG subsidies in the case of the Steinfurter Flexkraftwerke;
- ▶ **Capacity building**, on the one hand by qualification of the employees in the case study decentralised power-to-gas plant in Augsburg, on the other hand by intra-institutional organisational and contractual coordination in the case study Demand-Side-Management in the wastewater treatment plant in Rödental;
- ▶ **Consistency**, in all case studies via established networks and contacts, good, motivated employees, investments made, support and backing from the hierarchy;
- ▶ **Thinking further**, in all case studies about the expansion of stakeholder groups, extension of the coupling to other municipalities or beyond borders.

Political support needs

In the four case studies, it was emphasised that transformative potential could unfold and ideas for further development could be realised not least if conducive or less obstructive framework conditions existed or could be created. This includes the desire in the four case studies to:

- ▶ Use regulatory experimental spaces (legal real laboratories) to try out adaptations to legal requirements on a certain scale, which are regarded as conducive to the implementation of the regional energy and mobility turnaround. Here, municipal economic activities in the area of network take-over and operation as well as in mobility consulting should be permitted on a test basis;
- ▶ Adapt political instruments and communication in order to change existing legal requirements in such a way that they are conducive to the implementation of the regional energy system transformation (in particular EEG remuneration for energy storage through power-to-gas technologies) and the transport system transformation (adaptation of the law on the promotion of persons for legal security in the field of ridesharing);
- ▶ Provide financial support for pilot projects and to make them more flexible, e.g. through investment start-up and project support for investment and operating costs;
- ▶ Strengthen sustainable public procurement in order to increase the use of more sustainable products and services (such as green hydrogen) in public institutions.

Reflecting on the use of research design and methods for analysing and supporting niche innovations

In the case studies, the research approaches and methods applied served to identify concrete questions and problems together with the practical actors and to search for possible sustainable infrastructure couplings by integrating scientific and practical knowledge, to support these and to learn together with regard to implementability and further development of the sustainability solutions. The above-mentioned methods and concepts not only generated system knowledge (participatory), but also target and transformation knowledge and knowledge of action through joint development and discussion (e.g. in the sustainability potential assessments the cross-case study workshops) as well as through concrete support services.

In the synopsis of the methods used in process support, the building of trust is of great importance. In addition to the personal meetings, the concrete support services, which included engineering and social science support activities in the case studies in which they were applied (up to P2G in Augsburg in all other case studies), served this purpose in particular. These concrete support services had an im-

portant "door-opener function" and served to build trust. In particular, this made it possible to conduct the process monitoring in the case studies over a longer period (July 2017 to March 2019) and to collect relevant assessments and information. Only in the course of the process monitoring, when trust was built up in the concrete support services and the relevance of TRAFIS support for the local case study became visible, did more structured surveys/interviews for targeted system analysis (for example on relevant framework conditions and factors as well as on the scaling potential of the infrastructure coupling) and joint assessments of the sustainability potential take place.

Overall, the openness and flexibility of the TRAFIS project team with regard to concepts and methods made it possible to respond to the concrete support needs of the practical actors and to provide the support that was relevant to practice and thus a door opener for further process support under the choice of further formats. This also built trust between the practice actors and the researchers, which allowed deeper insights and participation in critical discussions. From the point of view of the TRAFIS project team, the practical actors of all four case studies have a positive impression of the process support and the interaction with the TRAFIS project. The concrete support services on the one hand and the joint discussions and workshops on the other contributed to this.

Outlook

The process support of the four current case studies has produced scientific and practice-relevant findings on sustainability transformation in infrastructure systems. A variety of influencing factors became apparent which, in different contexts, can have a beneficial or detrimental effect on infrastructure coupling projects as well as on their sustainability and further development.

The diversity of factors makes it clear that infrastructures and their interconnections are socio-technical systems and are thus exposed to both technical and non-technical influences. Availability of easily applicable technologies alone cannot ensure that infrastructure couplings are implemented. Rather, the technical systems must be embedded in supportive organisational structures (e.g. cooperation and willingness to innovate on the part of the actors involved), be economically viable and implementable (e.g. through financial support, additional revenue opportunities and new business models), function in a suitable social context (e.g. acceptance of the coupling technologies by the population), and meet an enabling political and legal framework (e.g. legal requirements that provide effective incentives for using the coupling).

In this context, the practitioners in the four ongoing case studies voiced need for political support (especially at the federal level). These cover wishes for more favourable political and legal framework conditions, such as the inclusion of energy storage as an eligible element in the Renewable Energy Sources Act, and the establishment of regulatory experiment rooms, in order to be able to test such changed framework conditions in practice and gain experience with them. In addition, changes to research and innovation programmes and the pricing of services are proposed, for example by making such programmes more flexible and strengthening green public procurement.

The reflection of the findings from the process support indicate scientific knowledge generation as well as practical relevance – the latter in particular through the continuous involvement of practitioners and through concrete contributions from TRAFIS, which were able to provide support for the further development of the infrastructure links. In the case studies, transformative action research was able to initiate further coordination, ideas and possibilities and stimulate discussions.

However, this type of research brings with it challenges, such as making the research practice-relevant and the language accessible to the predominantly technically or economically trained practitioners on site. This required an interdisciplinary team of researchers with engineering and social science expertise. Sustainable infrastructure couplings, however, represent a research field that brings together di-

verse actors from various (technical) disciplines and affiliations (politics, administration, business, science and civil society) and requires exchange and learning processes between the actors. Here, transformative action research can build bridges and help shape transformation processes.

In order to support innovative infrastructure couplings, innovation and research funding should (also) promote transformative research on the one hand and on the other hand promote pilot implementation and its further development to market maturity more strongly and flexibly than hitherto in order to support the transition from research to practice and from niche to mainstream.

1 Hintergrund, Zielstellung und Vorgehen

1.1 Hintergrund

Infrastrukturen spielen eine zentrale Rolle in der Daseinsvorsorge für menschliche Gesellschaften. Sie stellen unter anderem die Abwasserentsorgung, die Energie- und Wasserversorgung sowie Mobilitätsoptionen und Telekommunikation für die Bevölkerung bereit. Um diese Funktionen langfristig kontinuierlich erfüllen zu können, sind z.T. großflächige physische Strukturen, flächendeckende Versorgungsnetze sowie zentrale und dezentrale Anlagen notwendig. Zwar binden Infrastrukturen damit langfristig Materialbestände und Energiebedarfe und schaffen Pfadabhängigkeiten, beispielsweise indem einmal etablierte Systeme aufgrund der investierten Kosten und Amortisationszeiten eher am Laufen gehalten als durch neue Systeme ersetzt werden, gleichzeitig ermöglichen sie auch (kleinräumige) Innovationen und bieten Skaleneffekte (Clausen et al. 2017, Schiller et al. 2015, Trapp et al. 2017, WBGU 2016).

Die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, ist eines der zentralen Ziele der Infrastrukturbereitstellung. Hieraus resultieren unmittelbar Anforderungen an die Funktionsfähigkeit, Robustheit, Resilienz und Wirtschaftlichkeit von Infrastrukturen. Diese gilt es mit den Zielen von Umwelt- und Klimaschutz, Klimaanpassung sowie Ressourceneffizienz in Einklang zu bringen, da physische Infrastrukturen Fläche, Energie und Rohstoffe beanspruchen, Emissionen verursachen und Umweltveränderungen auf die Versorgungssicherheit einwirken. So sehen die Europäische Anpassungsstrategie und die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) die Klimaresilienz von Infrastrukturen als einen wichtigen Fokus der Anpassung: denn die hohe Anfälligkeit von Infrastrukturen vor allem gegenüber Klima-Extremereignissen (z.B. Starkregenereignissen), ihre zentrale Versorgungsfunktionen für Wirtschaft und Gesellschaft sowie lange Planungs- und Nutzungszeiten machen es notwendig, langfristige Wandelprozesse bei der Planung zu berücksichtigen.

Gegenwärtig bringen gesellschaftliche und politische Zielstellungen eine enorme Dynamik für Infrastruktursysteme mit sich: Erwartungen in Bezug auf Klimaschutz und Klimaanpassung, wie Energiewende, Atomausstieg, Kohleausstieg, Mobilitätswende, Dekarbonisierung, bei gleichzeitiger Urbanisierung sowie dem demographischen Wandel geben neue und z.T. sich gegenseitig beeinflussende Zielstellungen vor. Dies setzt Infrastruktursysteme zur Daseinsvorsorge unter einen ständigen Veränderungsdruck. Zugleich eröffnen sich damit auch neue Optionen der Infrastrukturbereitstellung und Infrastrukturnutzung. So bieten Innovationen der Informations- und Kommunikationstechnologien zusammen mit zunehmenden Vertrautheit der Nutzer*innen in deren Anwendung neue Möglichkeiten der effizienten und nachhaltigkeitsorientierten Bereitstellung von Dienstleistungen der Daseinsvorsorge. Gleichzeitig können Veränderungen in Infrastruktursystemen aber auch zu unerwünschten Effekten im Sinne von Umweltverbrauch, Ressourceninanspruchnahme und Treibhausgasemissionen führen. Die tatsächlichen Effekte solcher Änderungen hängen wesentlich davon ab, wie und wie stark die (veränderten) Infrastrukturen genutzt und welche weniger ressourcenschonenden Aktivitäten durch die Infrastrukturen und deren Nutzung ggf. ersetzt werden. So konnten beispielsweise CarSharing-Systeme erst aufgrund der Kopplung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und Transportinfrastrukturen erfolgreich etabliert werden. Mögliche Ressourcenschonungspotentiale hängen entscheidend von der konkreten Ausgestaltung der Infrastrukturen und deren Nutzung ab (siehe z.B. Ludmann 2018): werden Privatfahrzeuge ersetzt und CarSharing mit öffentlichen Verkehrsmitteln oder z. B. dem Fahrrad ergänzt, tragen CarSharing-Systeme zu ressourcenleichterer Automobilität bei. Werden stattdessen zusätzliche Autofahrten unternommen, erhöht sich der Ressourcenverbrauch insgesamt (Effekte additiven anstelle substituierenden Konsums – Rebound-Effekte; Santarius 2015, Umweltbundesamt (Hrsg.) 2016). Daher müssen klimaresiliente und ressourcenschonende Infrastrukturen immer in ihrem sozio-ökonomischen Kontext gedacht werden.

Infrastruktursysteme fungieren daher auch als ein (im Sinne von Pfadabhängigkeiten mehr oder weniger aktuelles) Spiegelbild des gesellschaftlichen und technologischen Fortschritts. Denn die Entwicklung physischer Infrastrukturen erfolgt im Kontext von technischen, gesellschaftlichen und ökologischen Anforderungen und Entwicklungen. Infrastrukturen sind demnach deutlich mehr als ihre physischen Komponenten und Funktionen. Infrastrukturen sind gleichermaßen gekennzeichnet durch und wirken auf das gesellschaftliche Verständnis, wie bestimmte Dienstleistungen erbracht werden (sollten). Sie beeinflussen, bedingen oder führen zu kollektiven Verhaltensmustern und werden zugleich in ihrer Entwicklung von diesen beeinflusst. Infrastruktursysteme werden daher als sozio-technische Systeme verstanden, sodass Veränderungen an Infrastruktursystemen daher komplexe sozio-technische Prozesse sind (Bolton und Foxon 2015, Geels 2005, Libbe et al. 2010).

Eine Hoffnung, auf die vorgenannten Herausforderungen sich verändernder Anforderungen an Infrastruktursysteme adäquate Antworten zu finden, liegt in der Transformation traditioneller sektoraler Infrastruktursysteme hin zu gekoppelten bisher unabhängig voneinander betriebenen Infrastrukturen. Denn damit gehen oftmals bisher ungenutzter Synergien einher. Neuartige Infrastruktorkopplungen haben das Potenzial langfristig resiliente Lösungen anzubieten (Olfert et al. 2020), die durch Ergänzung traditioneller Systeme die Erfüllung der veränderten gesellschaftlichen Ziele und Normen auf einem höheren Nachhaltigkeits-Niveau ermöglichen könnten – wobei mögliche Rebound-Effekte mitgedacht werden müssen. Dabei sind unterschiedliche Arten der Kopplungen denkbar. Dies können beispielsweise Kopplungen von Stoff-, Material- und Energieströmen sein, z.B. die Nutzung von Energie (Wärme) aus Abwasser, aber auch Kopplungen von Informationsströmen (z.B. IKT und Energiewirtschaft zur Verbesserung von Lastausgleich/Speicherungssystemen). Dabei geht es keinesfalls nur um sektorenübergreifende Kopplungen (z.B. zwischen Energie und Wasser), sondern auch um Kopplungen zwischen Teilsektoren (z.B. Power to Gas). Die Kopplungen machen nicht an den öffentlichen, oftmals zentral organisierten Sektoren halt – sie verbinden private und öffentliche Strukturen genauso wie zentrale mit dezentralen Elementen (z.B. dezentrale Stromspeicherung in E-Mobilen in Kombination mit dem Umbau der Energieversorgungsstrukturen hin zu regenerativen Systemen).

Der Transformationsforschung folgend kann man Infrastrukturen als Teil eines sozio-technischen Regimes begreifen, welches für das in einem gesellschaftlichen Teilbereich vorherrschende bzw. dominante Modell der Problemlösung steht (Grießhammer und Brohmann 2015, Loorbach et al. 2010, Moss 2014). Das Regime umfasst neben Infrastrukturen u.a. das Geflecht von Regulierung, Marktstrukturen, Wertvorstellungen, Akteuren und ihre Handlungen, welches sich durch vielfältige Querverbindungen und Wechselbeziehungen in einer bestimmten Entwicklungsrichtung befindet und ggf. stabilisiert (ebenda). Für eine Transformation bzw. tiefgreifende Systemveränderung notwendige Innovationen entstehen daher (meist) nicht aus dem Regime heraus, sondern in Nischen (Frantzeskaki und Loorbach 2010). Charakteristisch ist dabei der partizipative und explorative Prozess von Transformationsprozessen. Zivilgesellschaftliche Transformationsinitiativen entstehen – angestoßen durch Vorreiter („Change Agents“) – meist auf lokaler Ebene und angepasst an die spezifischen Erfordernisse und Kontexte in den Nischen (Loorbach et al. 2015). Dort finden sie die notwendigen Räume und Bedingungen zum Erproben und Experimentieren mit alternativen Praktiken, z.B. alternative Wirtschaftsweisen.

In diesen Nischen können die Keime für eine Transformation hin zu einem klimaresilienten, nachhaltigen und ressourcenschonenden Infrastruktursystem entstehen. Besonderes Potential scheint die Nischenentwicklung hin zu gekoppelten Infrastrukturen zu haben, wobei Infrastrukturen sektorenübergreifend verknüpft werden. Infrastrukturenerneuerungen können im Rahmen eines „Gelegenheitsfenster“ den vielfach in kleineren und größeren gesellschaftlichen Nischen bereits stattfindenden Wandel hin zu nachhaltigeren Konsummustern und suffizienten Lebensstilen unterstützen oder überhaupt erst ermöglichen. Die Nischen zeichnen sich mithin bereits durch (schwache) Strukturen und Verbindungen aus – allerdings sind diese noch flexibel.

Die Gestaltung von Infrastrukturen stellt dabei besondere Anforderungen an Transformationsprozesse. Die Verantwortung für die Bereitstellung von Infrastrukturen liegt meist bei Akteuren auf der

Regimeebene und die bestehenden strukturellen und institutionellen Systeme schränken die Experimentierräume stark ein. Veränderungen in Infrastruktursystemen, die sich z.B. aus aktuellen Entwicklungen und anstehenden Planungsaufgaben ergeben, werden von Regimeakteuren nicht selten als Störung wahrgenommen, die zu Widersprüchen und Ablehnung führen können. Dies verschärft sich, wenn unterschiedliche Ziele verfolgt und in Einklang gebracht werden sollen – ressourcenschonend und klimaresilient können sich durchaus widersprechen.

Umso wichtiger ist es, Transformationsprozesse strategisch anzulegen und partizipativ zu gestalten, beispielsweise indem Experimentierräume und Partizipationsprozesse geschaffen werden. Dieser Transformationsprozess ist so zu gestalten, dass sie idealerweise ein tieferes Verständnis anderer Meinungen, gegenseitiges Lernen und dadurch längerfristigen Wandel ermöglichen.

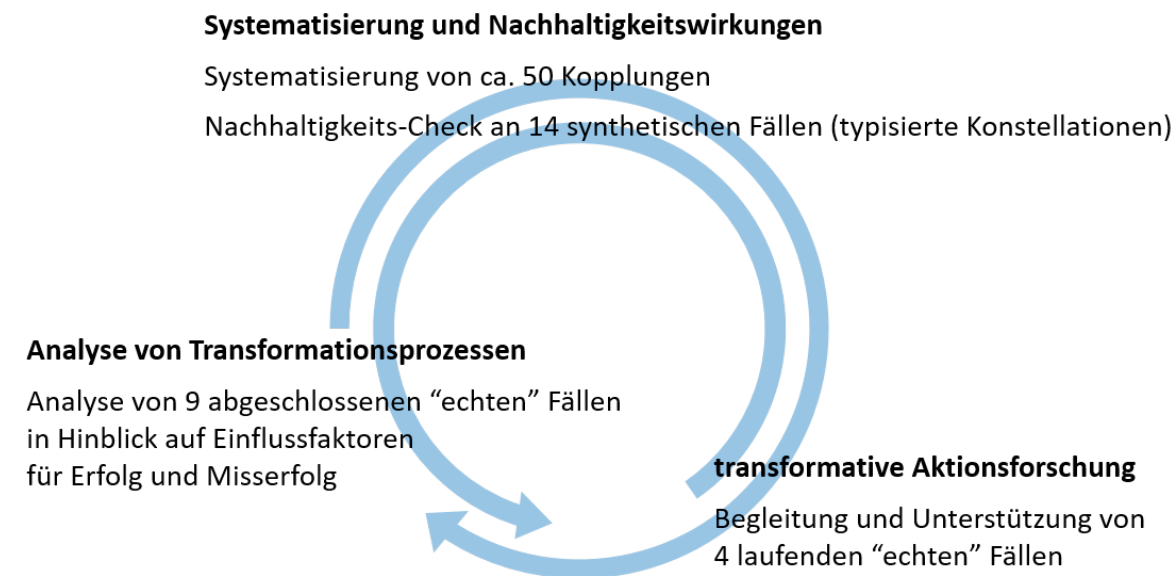
1.2 Zielstellung und Vorgehen der Analyse von Erfolgsbedingungen zur nachhaltigen Umgestaltung von Infrastrukturen im TRAFIS-Projekt

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 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.

Ausgangspunkt zu Zielerreichung war die Systematisierung und qualitative Analyse der Vielfalt bereits umgesetzter und möglicher innovativer Infrastrukturkopplungen mittels unterschiedlicher Fallbeispielansätze (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Fallbeispielansatz im TRAFIS-Projekt



Quelle: Olfert et al. (2020), S. 29; verändert

Bewertung von Nachhaltigkeitswirkungen

Entlang einer Struktur typischer Fallkonstellationen (*konstruierte Fallkonstellationen gekoppelter Infrastrukturen auf lokaler Ebene, die eine Kopplung von Teil-Systemen repräsentieren, ohne sich auf einen konkreten Umsetzungsfall zu beziehen*) hat TRAFIS zunächst nachhaltig gekoppelte Infrastruktursysteme definiert, systematisiert und geclustert, wodurch 50 relevante Kopplungen auf der Ebene von Teilsystemen erfasst und beschrieben werden konnten. Da Infrastrukturkopplungen in der Praxis bisher nicht bzw. nur wenig erprobt sind, liegen nur stark an einzelne Kontexte geknüpfte und schwer verallgemeinerbare Erfahrungen vor. Daher ist über das Potential von Infrastrukturkopplungen, zu einer Transformation hin zu mehr Nachhaltigkeit und Klimaresilienz beizutragen, wenig bekannt. Dennoch werden an Sektorkopplungen vielfach große Erwartungen geknüpft hinsichtlich des effizienten Ressourceneinsatzes, des Klimaschutzes, Kosteneinsparungen oder des Komforts für die Nutzer.

Um Potenziale und mögliche Einschränkungen innovativer Infrastrukturlösungen im Hinblick auf technische, wirtschaftliche, soziale und umweltbezogene Aspekte der Infrastrukturkopplungen einschätzen zu können, wurde in einem nächsten Schritt mittels einer Delphi-Umfrage breiter Sachverstand von über 100 Experten aus Praxis und Forschung (Kommunen, Stadtwerke, Verbände und wissenschaftliche Institutionen) einbezogen (der TRAFIS-Nachhaltigkeitscheck). Um die sehr unterschiedlichen Expert*innen anzusprechen, wurden typische Fallkonstellationen („synthetische Fälle“) beschrieben, die die zuvor mittels einer Literaturlauswertung ermittelte Breite von möglichen Kopplungen repräsentieren, und die Bewertungskriterien auf den jeweiligen Kontext der synthetischen Fälle bezogen operationalisiert. Die Ergebnisse des TRAFIS-Nachhaltigkeitschecks sind in einem eigenen Band publiziert (Olfert et al. 2020).

Analyse von Transformationsprozessen

In einem weiteren Ansatz einer Fallbeispielanalyse wurden neun Beispiele abgeschlossener Infrastrukturkopplungsprojekte (Nischeninnovationen) auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene in Deutschland daraufhin untersucht, welche Faktoren, Rahmenbedingungen und Akteure förderlich oder hinderlich Einfluss auf die Infrastrukturkopplungen bzw. eine Nachhaltigkeitstransformation genommen haben.

Dazu wurde anhand von Literaturanalyse und Expert*innen-Interviews die Entwicklung der gekoppelten Infrastruktur von der Idee bis zum heutigen Stand in einem Entwicklungspfad nachgezeichnet und illustriert. Anhand dieser Analysen wurden sowohl einzelfallspezifisch als auch über einen Quervergleich der neun Fallbeispiele fallübergreifende potentielle Handlungsoptionen und Gestaltungsmöglichkeiten für unterschiedliche Akteure identifiziert. Die Ergebnisse der Analyse von Transformationsprozessen in abgeschlossenen Fallbeispielen sind in einem eigenen Band publiziert (Hölscher et al. 2020).

Begleitung von Transformationsprozessen und Analyse von Unterstützungsmöglichkeiten

Zur Vertiefung und Gegenüberstellung mit den Erkenntnissen aus der Analyse der abgeschlossenen Fallbeispiele wurde eine Analyse und Prozessbegleitung von vier laufenden Fallbeispielen durchgeführt. Damit widmete sich TRAFIS einerseits der Frage, welche Faktoren und Rahmenbedingungen und welche Akteure auf Ebene laufender kommunaler und regionaler Infrastrukturkopplungsbeispiele relevant sind – dabei wird auch in den Blick genommen, ob sich Erkenntnisse aus der Analyse der abgeschlossenen Fallbeispiele (Hölscher et al. 2020) hier wiederfinden – und andererseits ob der TRAFIS-Nachhaltigkeitscheck anhand von Praxistests als praktikabel eingeschätzt werden kann.

Andererseits dienen die Aktivitäten in der Analyse der laufenden Fallbeispiele auch dazu, die laufenden Praxisfälle in ihren Transformationsprozessen zu begleiten und sie im Rahmen der Projektmöglichkeiten zu unterstützen. Dazu werden in vier Fallbeispielen konkrete Unterstützungsbedarfe mittels transformativer Forschung anhand moderierter Austauschprozesse vor Ort ermittelt und durch eine Begleitung laufender Prozesse eruiert. Dabei spielt auch die Frage eine Rolle, ob es aus kommunaler bzw. regionaler Sicht Bedarf an bundespolitischer Rahmungen für die lokale Ebene der Fallbeispiele geben könnte. Auf diese Weise sollen laufende Kopplungsprozesse besser verstanden werden, sowie Gestaltungsoptionen für die Weiterentwicklung und Verstetigung der Kopplungsprozesse durch die Prozessbegleitung aufgezeigt und unterstützt werden. Zusätzlich soll über eine Reflektion der Wissenschaftler*innen zu Methodik und Erfahrungen mit der Prozessbegleitung auch Hinweise dazu gegeben werden, ob Transformations- und Aktionsforschung allgemein und die angewendeten Methoden und Ansätze im Besonderen geeignet waren, um Wissensbestände aus der Praxis in den Forschungsprozess zu integrieren und aus Praxissicht bestehende Unterstützungsbedarfe angehen zu können.

Entsprechend verfolgt das Forschungsteam mit den Arbeiten sowohl wissenschaftliche (Anwendung von und Reflektion zur Transformations- und Aktionsforschung) als auch praktische Erkenntnisinteressen (Begleitung und Unterstützung lokaler Transformationsprozesse in Fallbeispielen).

Der vorliegende Band ist der Darstellung der Ergebnisse der Analyse und Reflektion dieser vier laufenden Fallbeispiele gewidmet. Im folgenden Kapitel wird dazu zunächst das Vorgehen zu den vorgenannten Untersuchungen und der Prozessbegleitung dargestellt.

Die vorgestellten Ergebnisse sind Teil einer Veröffentlichungsreihe, welche die Ergebnisse von TRAFIS umfassend dokumentiert:

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

1.3 Vorgehen zur Analyse und Prozessbegleitung auf der Ebene laufender Fallbeispiele kommunaler und regionaler Infrastrukturkopplungen

Für die Untersuchung, prozessbegleitende Unterstützung und Reflektion von Transformationsprozessen in den Fallbeispielen wurde unter Anwendung von Transformations- und Aktionsforschung (*siehe Kapitel 2 für eine theoretischen Einbettung*) ein mehrstufiges Verfahren entwickelt und angewendet:

1. Entwicklung eines fallübergreifenden Analyserahmens, der Forschungsfragen, Analyseschritte und Reflektionsfoki forschungsleitend niederlegt
2. Identifikation und Auswahl relevanter Fallbeispiele laufender Infrastrukturkopplungsprojekte auf kommunaler und/oder regionaler Ebene
3. Identifikation und Ansprache relevanter Praxisakteure in den ausgewählten Fallbeispielen
4. Erster telefonischer und/oder persönlicher Austausch mit relevanten Praxisakteuren zur Diskussion möglicher Unterstützungsbedarfe und partizipativem Design von Begleitprozessen
5. Konzeption und Abstimmung der Projektaktivitäten, um die Unterstützungsbedarfe abzudecken
6. Systemanalyse
 - a) Datenerhebung durch gemeinsame vor-Ort-Begehungen und Workshops mit relevanten Praxisakteuren zu Vision und Stand der Infrastrukturkopplungen sowie zu relevanten nächsten Schritten, Einflussfaktoren und Akteuren
 - b) Durchführung der Projektaktivitäten zur Deckung der Unterstützungsbedarfe und Vorstellung der Ergebnisse
 - c) Weitere Datenerhebung und Diskussion in gemeinsamen Workshops mit Praxisakteuren zu nächsten Schritten, möglichen Gelegenheitsfenstern und politischer Unterstützungsbedarfen im Hinblick auf eine Verstetigung und Weiterentwicklung der Infrastrukturkopplungen
7. Konzeption und Durchführung von Fallbeispiel-übergreifenden Praxisakteur-Workshops zur Diskussion übergreifender Fragestellungen und möglicher Querbeziehungen in den Unterstützungsbedarfen der einzelnen Fallbeispiele
8. Kontinuierlich: Reflektion der Erfahrungen mit den angewendeten Forschungsdesigns und Methoden der Transformation- und Aktionsforschung
9. Vergleichende Auswertung der in den Schritten 1-8 gesammelten und zusammengeführten Informationen und Erkenntnisse

Die vorgenannten, aufeinander aufbauenden Analyseschritte werden im Folgenden detaillierter beschrieben.

1.3.1 Entwicklung eines fallübergreifenden Analyserahmens

Um Systemanalyse und Prozessbegleitung in den unterschiedlichen Fallbeispielen möglichst einheitlich durchzuführen und sicherzustellen, dass alle relevanten Forschungsfragen, Analyseschritte und Reflektionsfoki Anwendung finden, wurde ein Analyserahmen als Orientierung für Analyse und Prozessbegleitung erarbeitet. Der Analyserahmen basiert auf dem von Hölscher et al. (2020) entwickelten Analyserahmen, der in den neun abgeschlossenen Fallbeispielen angewendet wurde (siehe Hölscher und Wittmayer (Hrsg.) 2018).

Gleichzeitig diente der Analyserahmen auch dazu, die Erkenntnisse aus der Analyse von Transformationsprozessen aus den neun abgeschlossenen Fallbeispielen (Hölscher et al. 2020) anhand der Befunde aus den laufenden Infrastrukturkopplungsprojekten zu validieren und ggf. zu ergänzen. Für die Anwendung in den laufenden Infrastrukturkopplungsprojekten wurde der Analyserahmen daher um die Aspekte ergänzt, die für die Prozessbegleitung, deren Reflektion und die Praxisvalidierung der Befunde aus Hölscher et al. (2020) relevant sind. Der Analyserahmen wurde im Laufe der Erfahrungs-

und Erkenntnisgewinnung in den laufenden Fallbeispielen angepasst und finalisiert. In seiner finalen Form sah der Analyserahmen die folgenden forschungsleitenden Aspekte vor:

Tabelle 1: Übersicht über die im finalen Analyserahmen festgelegten forschungsleitenden Aspekte

Forschungsleitende Aspekte	Kurzbeschreibung
Systembeschreibung und -eingrenzung	Beschreibung der Ziele und der Bestandteile der Infrastrukturkopplungen in den Fallbeispielen Was wird mit der Kopplung angestrebt? Was ist Gegenstand und technisches Set-up der Kopplung?
Systemanalyse Nachhaltigkeitspotentiale	Welche Nachhaltigkeitspotentiale könnten die anvisierten Kopplungen mit Blick auf Klimaresilienz und Ressourceneffizienz mit sich bringen?
Systemanalyse Transformationsprozesse	Welche wesentlichen Einflussfaktoren (technisch; organisatorisch-institutionell; politisch-regulatorisch; soziokulturell; wirtschaftlich) wirkten auf den bisherigen Entwicklungspfad der Nischeninnovationen? Welche Akteure waren bisher relevant für die Entwicklung der Nischeninnovationen? Über welche Einflussnahme(möglichkeit)e(n)?
Systemanalyse transformatives Potential	Welchen potentiell transformativen Einfluss hat die Nischeninnovation auf das in den Fallbeispielen vorherrschende System?
Systemanalyse Verstetigung	Welche Optionen zur Verstetigung und Weiterentwicklung werden von den Infrastrukturverantwortlichen gesehen?
Systemanalyse politische Unterstützungsbedarfe	Werden von den Infrastrukturverantwortlichen Bedarfe an politischer Unterstützung gesehen? Wenn ja, welche und auf welcher Ebene (kommunal, Land, Bund)?
Reflektion des Einsatzes von Transformations- und Aktionsforschung	Reflektion des Vorgehens in den Fallbeispielen: Ansatz, Potential und Herausforderungen Relevanz von Vertrauensbildung als Voraussetzung von Prozessbegleitung in den Fallbeispielen Bedeutung des Forschungstagebuchs für die Reflektion

1.3.2 Fallbeispielidentifikation und -auswahl

Im zweiten Schritt wurde anhand der Befunde und Erfahrungen aus der Bewertung von Nachhaltigkeitswirkungen (Olfert et al. 2020) sowie der Analyse von Transformationsprozessen (Hölscher et al. 2020) ermittelt, welche sektorinternen oder -übergreifenden Kopplungen bisher wenig beleuchtet wurden. Zusätzlich wurde ermittelt, bei welchen Kopplungen vielversprechendes Nachhaltigkeits- bzw. Transformationspotential vorliegt, das im Rahmen der Prozessbegleitung unterstützt und mit Blick auf politischen Unterstützungsbedarf näher untersucht werden sollte.

Entlang dieser Eingrenzung nach Sektorkopplungen wurde dann eine Desktop-Recherche potentiell weiterer passender Fallbeispiele durchgeführt. Die Recherche baute auf der These auf, dass Vorhaben zur Umsetzung infrastruktureller Kopplungen aufgrund ihrer Neuartigkeit mediales Interesse erzeugen bzw. bedienen. Anhand von Schlagworten aus dem Kontext gekoppelter Infrastrukturen wurden

verschiedene Medien und Portale auf Hinweise nach solchen Vorhaben durchsucht. Ansatzpunkte lieferten beispielsweise Pressemitteilungen bzw. -artikel, User-Beiträge in sozialen Netzwerken oder Einträgen in Forschungsdatenbanken. Potenziellen Hinweisen wurde vertiefend nachgegangen.

Aus dieser Recherche wurde eine Liste an möglichen Fallbeispielen erstellt und pro potentiell relevantem Fallbeispiel steckbriefartig auswahlrelevante Angaben zusammengetragen. Dazu gehören

- a) eine Kurzbeschreibung des Fallbeispiels
- b) eine sektorale Zuordnung der Infrastrukturkopplung
- c) Hinweise auf die Art der Kopplung und den Neuerungsgehalt
- d) die Angabe der geographischen Einordnung des Beispiels
- e) eine Listung relevanter Akteure und von Ansprechpartnern
- f) ein kurzer Ausblick zum Stand des Fallbeispiels.

Anhand kurzer telefonischer Interviews wurden ggf. fehlende, auswahlrelevante Angaben nacherhoben bzw. zusammengetragen. Aus den verfügbaren Informationen wurde entlang eines Kriterienrasters (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) eine Vorempfehlung von sechs Fallbeispielen vorgenommen, für die jeweils ein Kurzexposé erstellt wurde. Die Vorempfehlung wurde mit UBA und BMUB abgestimmt. Als Kriterien für die Vorempfehlung kamen die folgenden Aspekte zum Einsatz

Tabelle 2: Kriterienliste für die Auswahl von Fallbeispielen laufender Infrastrukturkopplungsprojekte

Kriterium	Bewertung
1. gekoppelte technische Infrastrukturen zur Erbringung von Daseinsvorsorge	Kopplung liegt dann vor, wenn das Fallbeispiel mindestens zwei der folgenden technischen Sektoren oder deren abgrenzbaren Teilsektoren durch physische und/oder organisatorische Kopplung zusammenbringt: Verkehr, Energie, Wasser, Abwasser, Abfallwirtschaft und IKT
2. Kopplung beinhaltet Neuerung/ Innovation in einer technischen Lösung oder Organisationsform	Neuerung ist gegeben, wenn diese Form der Kopplung bisher nicht oder nur als Demonstrationsvorhaben umgesetzt war
3. Kopplung hat Einfluss auf Ressourceneffizienz oder Klimaresilienz der Leistungserbringung durch die Infrastruktur(en)	Einfluss ist gegeben, wenn ein potenziell effizienterer Einsatz oder sparsamerer Umgang mit natürlichen Ressourcen wie Rohstoffe, Energie, Wasser, Boden, Fläche wahrscheinlich ist bzw. sich aufdrängt. Klimaresilienz Aspekte sind u.a. Verbesserung bzw. Gewährleistung von Redundanz, Modularität, lose Kopplung, geographische Verteilung, Puffer-/Speichervermögen.
4. Kopplung muss Bezug zu relevanten politischen Dimensionen aufweisen (vgl. Olfert et al. 2020)	Bezug zu relevanten politischen Dimensionen ist gegeben, wenn die Kopplung Potential aufweist, zu mindestens einem der folgenden politischen Ziele beizutragen: Dekarbonisierung/Defossilisierung; Klimaanpassung; Kreislaufführung von Ressourcen; Flächenschonung; Digitalisierung

Kriterium	Bewertung
5. Transformationsprozess befindet sich (relativ) am Anfang	Der Transformationsprozess bezieht sich auf die Ziele, die involvierten bzw. noch einzubindenden Akteure und die Schritte, die zur Kopplung als Änderung/Transformation unternommen werden sollen. Der Prozess steht (relativ) am Anfang, wenn noch keine ausführlichen Akteursnetzwerke, Zielvisionen und Prozess- bzw. Kommunikationspraktiken zur Kopplung bestehen.
6. Bereitschaft und Unterstützungsbedarf der Akteure an einer Begleitung des Vorhabens durch das Forschungskonsortium	Bereitschaft der Akteure ist gegeben, wenn sich pro Fallbeispiel mindestens ein infrastrukturverantwortlicher Akteur (z.B. Kommunalverwaltung, Versorgungsunternehmen) interessiert und bereit zeigt, für Interviews und mindestens 2 Workshops vor Ort zur Verfügung zu stehen. Unterstützungsbedarf ist gegeben, wenn mindestens ein Akteur im Rahmen der Gespräche und Interviews Bedarf äußert, durch die Aktionsforschung laufende bzw. beabsichtigte Prozesse unterstützen zu lassen. Dabei muss der Bedarf durch die Aktionsforschung jedoch auch gedeckt werden können – das Forschungskonsortium kann die Begleitung des Vorhabens dann je nach Bedarf über eine Moderation von Teilprozessen (nicht Mediation), selektive Bereitstellung benötigter Expertise (soweit möglich, bspw. Vermittlung von Wissensgrundlagen in Bezug auf Ressourcen- oder Resilienzimplikationen), Beiträge zu einer Prozessevaluierung und Einordnung des Vorhabens in einen breiteren gesellschaftspolitischen Transformationskontext unterstützen.
7. Erkenntnisgewinn im Zusammenhang mit Erfolgsfaktoren/Hemmnissen aus der Analyse von Transformationsprozessen (Hölscher et al. 2020)	Erkenntnisgewinn wird als wahrscheinlich angesehen, wenn anhand der Vorkenntnisse aus den kurzen telefonischen Interviews und der Quellenrecherche einzelne oder mehrere der wesentlichen Einflussfaktoren aus der Querauswertung auch im ausgewählten Fallbeispiel in AP3 aufscheinen.

Die Kurzexposés wurden dann einerseits von einem Beirat, bestehend aus externen Expert*innen aus Praxis und Wissenschaft mit Expertise in einzelnen Sektoren bzw. zu Kopplungen und zu Transformationsprozessen, sowie andererseits von UBA und BMU auf Relevanz und Passung eingeschätzt. Anhand des Feedbacks wurden dann vier zu begleitende Fallbeispiele ausgewählt und Nachrücker-Fälle benannt für den Fall, dass die Fallbeispiele letztlich keine Kapazitäten für bzw. Interesse an einer Prozessbegleitung haben sollten.

Die vier ausgewählten Fallbeispiele werden in Kapitel 3.1 vorgestellt.

1.3.3 Identifikation und Ansprache relevanter Praxisakteure in den ausgewählten Fallbeispielen

Die Identifikation potentiell relevanter Praxisakteure erfolgte zunächst über die Informationen, die zur Fallbeispielauswahl herangezogen wurden. In den allermeisten Fällen – und insbesondere für die

vier ausgewählten Fallbeispiele – wurden hier Akteure mitsamt der Kontaktdaten identifiziert, die für die erste Kontaktaufnahme und auch weitergehende Kommunikation wichtig waren.

Relevante Praxisakteure waren hier insbesondere solche, die für die Bereitstellung, die Organisation und den Betrieb der Infrastrukturen in den Kopplungsprojekten zuständig sind. Diese bezeichnen wir als sogenannten Infrastrukturverantwortliche. Das umfasst in der Regel kommunale Stadtwerke oder kommunale bzw. regionale Gebietskörperschaften (z.B. das Ämter für Nachhaltigkeit und/oder Klimaschutz auf Landkreisebene). Die Ansprache der Infrastrukturverantwortlichen erfolgte in allen Fällen telefonisch, um im direkten Austausch besser auf Fragen eingehen und damit Chancen für ein erstes persönliches Treffen generieren zu können, als das bei einer Kontaktaufnahme per Email der Fall gewesen wäre. Nach der telefonischen Ansprache wurden weitere Projektinformationen (Kurzbeschreibung mit Ziel und Vorgehen des Projektes in verständlicher, nicht wissenschaftlicher Sprache) und die eigenen Kontaktdaten nachgesendet. In allen vier Fallbeispielen fand danach ein weiterer telefonischer Austausch statt, in dem noch offene Fragen seitens der Infrastrukturverantwortlichen geklärt und in allen Fällen auch ein erster gemeinsamer vor-Ort-Termin geplant werden konnte.

Im Schneeballverfahren, über die Gespräche mit den Infrastrukturverantwortlichen bei der ersten Ansprache und der weiterführenden Kommunikation, wurde dann nach weiteren potentiell relevanten Akteuren gefragt. Dadurch traten als weitere relevante Praxisakteure noch solche hinzu, die in Partnerschaft mit den Infrastrukturverantwortlichen mit der Abwicklung der angebotenen Infrastrukturkopplung für die Nutzer*innen-Gruppe befasst sind, z.B. Wohnungsunternehmen.

1.3.4 Ermittlung von Unterstützungsbedarfen und gemeinsames Design von Begleitprozessen zwecks Aufbau einer Vertrauensbasis

Im Rahmen der ersten persönlich vor-Ort-Treffen mit den Infrastrukturverantwortlichen wurde zunächst eine kurze Vorstellungsrunde der Teilnehmenden durchgeführt, die in allen Fallbeispielen über die zunächst kontaktierte infrastrukturverantwortliche Person weitere Expert*innen umfassten. Nach einer anschließenden kurzen Darstellung der Projektziele und der Intentionen in der Analyse und Begleitung laufender Infrastrukturkopplungsprojekte wurde gemeinsam überlegt,

- ▶ welche Unterstützungsbedarfe aus Sicht der Infrastrukturverantwortlichen für die Weiterentwicklung der Nischeninnovationen zum gegenwärtigen Zeitpunkt bestehen und
- ▶ welche Rolle die Forschenden mit ihren Kapazitäten dabei spielen könnten.

Vor dem Hintergrund der erwarteten ingenieurstechnischen und sozialwissenschaftlichen Unterstützungsbedarfe nahmen an allen vor-Ort-Treffen mindestens eine Person von Ecologic Institut und eine der BTU Cottbus-Senftenberg teil.

Auf diese Weise wurde Projektaktivitäten zur Deckung bestehender Unterstützungsbedarfe (siehe nächstes Kapitel) für eine Prozessbegleitung durch TRAFIS identifiziert und im Ausblick des ersten vor-Ort-Treffens in Richtung nächster Schritte des Begleitprozesses abgestimmt. Das umfasste auch die Festlegung eines nächsten vor-Ort Treffens sowie der Inhalte des Treffens und was bis dahin durch die TRAFIS-Prozessbegleitung an Unterstützungsleistung vorgenommen werden konnte.

Im Nachgang wurden die ersten (sowie alle weiteren) vor-Ort-Treffen dokumentiert und den Infrastrukturverantwortlichen die Dokumentation zugesendet. Die Dokumentationen umfassten neben den konkreten Abstimmungen zu Unterstützungsbedarfen auch eine Auflistung der nächsten Schritte.

Dadurch wurde Transparenz hergestellt und auf die Praxisrelevanz der TRAFIS-Unterstützungsleistungen fokussiert, wodurch eine langfristige Vertrauensbasis aufgebaut werden sollte. Zwischen den ersten und dem zweiten vor-Ort-Treffen fand dann telefonische und Email-Kommunikation statt, um relevante Informationen und ggf. notwendige weitere Abstimmungen möglichst bedarfsgerecht und im Aufwand für die Infrastrukturverantwortlichen minimiert statt.

1.3.5 Projektaktivitäten zur Deckung bestehender Unterstützungsbedarfe

Die im ersten vor-Ort-Treffen gemeinsam festgelegten ingenieurstechnischen und sozialwissenschaftlichen Projektaktivitäten, die das TRAFIS-Projekt anbieten konnte, um bestehender (nicht politische) Unterstützungsbedarfe zu decken (siehe dazu Kapitel 5.1), wurden im Nachgang konzipiert und dann per Telefon und Email sowie z.T. in einem zweiten vor-Ort-Treffen abgestimmt und in die Umsetzung gebracht. Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den ingenieurstechnischen und sozialwissenschaftlichen Projektaktivitäten wurden ebenfalls in einem vor-Ort-Treffen vorgestellt und im Hinblick auf mögliche Lerneffekte sowie Konsequenzen bzw. weitere Schritte seitens der Infrastrukturverantwortlichen diskutiert.

1.3.6 Partizipative Systemanalyse durch persönliche Interviews, vor-Ort-Begehungen und Workshops

Das erste vor-Ort-Treffen wurde auch genutzt, um mittels persönlicher Interviews mit Einzelpersonen oder im Workshop-Setting eine partizipative Systemanalyse vorzubereiten. Um die Praxisrelevanz der TRAFIS-Forschungen aufrechtzuerhalten, wurde die partizipative Systemanalyse nicht als eigener Bestandteil des ersten Treffens angekündigt, sondern es wurden Frageleitfäden im Vorfeld vorbereitet und im Verlauf des Gesprächs an passender Stelle Fragen zu relevanten Einflussfaktoren und Akteuren eingestreut bzw. zu diesen Fragen passende Aspekte in den Gesprächsverläufen und Begehungen notiert.

Dieser Prozess wurde in den folgenden vor-Ort-Treffen wiederholt, um alle im Analyserahmen (siehe unter Kapitel 1.3.1) aufgeführten Forschungsaspekte aufgreifen zu können. Zeichnete sich ab, dass es nicht genügen würde, die Fragen an passenden Stellen einzustreuen, wurde in einem späteren vor-Ort-Treffen explizite Einzel- oder Gruppeninterviews durchgeführt, um die bis dahin noch offenen Aspekte zu diskutieren.

Darüber hinaus wurden – soweit in den vor-Ort-Prozessen passend einsetzbar – in einem gemeinsamen Workshop-Setting potentielle Nachhaltigkeitswirkungen der Infrastrukturkopplungen entlang des von Olfert et al. (2020) entwickelten TRAFIS-Nachhaltigkeitschecks diskutiert und bewertet. War ein gemeinsamer Workshop dazu nicht möglich, so nahm das Projektteam die Bewertung und Diskussion der potentiellen Nachhaltigkeitswirkungen entlang des Nachhaltigkeitschecks auf Grundlage der aus den vorangegangenen Schritten gewonnenen Erkenntnisse vor.

Auf diese Weise wurde in den Fallbeispielen vorliegendes relevantes Wissen der Praxisakteure zu Vision und Stand der Infrastrukturkopplungen sowie zu relevanten Einflussfaktoren, Akteuren, möglichen nächsten Umsetzungsschritten und politischen Unterstützungsbedarfen im Hinblick auf eine Verstetigung und Weiterentwicklung der Infrastrukturkopplungen erhoben.

1.3.7 Fallbeispiel-übergreifende Workshops zwecks Ableitung gemeinsamer politischer Unterstützungsbedarfe

Über die Laufzeit der Prozessbegleitungen hinweg wurden zwei eintägige Fallbeispiel-übergreifende Workshops geplant. Der erste fand im September 2017 in Berlin statt und diente dem fallübergreifenden Austausch von Praxiserfahrungen aus dem jeweils erreichten Stand der Infrastrukturkopplungsprojekte.

Der zweite Workshop fand im März 2019 in Augsburg statt und hatte zum Ziel, zum Ende der Laufzeit der Prozessbegleitung bis dahin aufgekommene politische Unterstützungsbedarfe aus Sicht der Infrastrukturverantwortlichen zu diskutieren und in Richtung der Bundesebene zu bündeln.

1.3.8 Kontinuierliche Reflektion der Erfahrungen

Zur kontinuierlichen Reflektion des Einsatzes von Transformations- und Aktionsforschung wurde ein Forschungstagebuch angelegt, welches die Forschenden mit Blick darauf führten, welche Konzepte und Methoden (z.B. persönliche Einzel- oder Gruppeninterviews, Workshop, vor-Ort-Begehungen, gemeinsame Nachhaltigkeitsbewertung) wie funktioniert haben, was ggf. Herausforderungen waren und welche nächsten Schritte bzw. mögliche Anpassungen sich daraus für den weiteren Verlauf der Forschungen in den Fallbeispielen ergeben.

Die Reflektionen wurden zwischen den an den vor-Ort-Treffen teilnehmenden Forschenden ausgetauscht und im Dialog ergänzt.

Ergaben sich abseits der vor-Ort-Treffen durch telefonischen oder Email-Austausch mit den Infrastrukturverantwortliche zusätzliche Reflektionsanlässe, so wurden auch diese im Forschungstagebuch festgehalten.

1.3.9 Auswertung der Informationen und Erkenntnisse

Abschließend wurden die Informationen und Erkenntnisse, die in den vorangegangenen Schritten zusammengetragen wurden, pro Fallbeispiel und – soweit zielführend – Fallbeispiel-übergreifend entlang der im Analyserahmen (siehe unter Kapitel 1.3.1) festgelegten Forschungsaspekte ausgewertet.

Diese Auswertung bildet das Fundament der Darstellungen im vorliegenden Bericht. Bevor diese ab Kapitel 3 detailliert beschrieben werden, zeigt das folgende 2. Kapitel die theoretische Anbindung zur Transformations- und Aktionsforschung auf, um die Reflektion in Kapitel 5 in den Kontext stellen zu können.

2 Theoretische Anbindung: Transformations- und Aktionsforschung

Die Forschungsaktivitäten zur Analyse und Prozessbegleitung von Infrastrukturaufkopplungen auf der Ebene laufender kommunaler und regionaler Fallbeispiele greifen auf Ansätze und Konzepte von Transformations- und Aktionsforschung zurück.

Transformationsforschung richtet den Blick auf Veränderungsprozesse in Richtung Nachhaltigkeit (Nachhaltigkeitstransformationen), welche sie als gesamtgesellschaftliche Lern- und Suchprozesse versteht, untersucht diese analytisch-deskriptiv und will diese durch partizipative Prozesse sozial robust gestalten und beschleunigen helfen (WBGU 2011, Wittmayer und Hölscher 2017).

Aktionsforschung dient als experimentelle sozialwissenschaftliche Forschung dazu, gemeinsam mit Beteiligten einer Gruppe, Gemeinschaft oder Organisation bestehende Problemsituation besser verstehen zu können und praktische Lösungen zu entwickeln, die die Situation der Beteiligten verbessert (Greenwood und Levin 2007, Parodi et al. 2016).

Beide Ansätze werden im Folgenden kurz näher beschrieben und Überschneidungen bzw. mögliche Zusammenhänge dargestellt (siehe Kapitel 2.3), da trennscharfe Abgrenzungen zwischen ihnen schwer zu begründen sind.

2.1 Transformationsforschung

Ziel der **Transformationsforschung** ist es, Nachhaltigkeitstransformation(en) zu beschreiben, zu erklären und gestalten zu helfen bzw. durch Erarbeiten von Lösungsansätzen, die soziale und technische Innovationen umfassen können, in ihrer Entwicklung zu unterstützen (WBGU 2011, Wittmayer und

Hölscher 2017). Transformationsforschung generell kann als beschreibend-analytischer oder transformativer Forschungsansatz angelegt sein.

Der Erkenntnisgewinn des **beschreibend-analytischen Ansatzes** ist hauptsächlich konzeptionelles Wissen über den Wandel von gesellschaftlichen Systemen. Als Strukturierungsrahmen dienen hierbei verschiedene theoretische Rahmenwerke (Hölscher et al. 2020), wie u.a. die Mehrebenen-Perspektive (multi-level perspective MLP). Aus dem Wechselspiel der drei Ebenen „Globale Lage“ (Originalliteratur: landscape)¹, „vorherrschendes System“ (Originalliteratur: regime) und Nische (engl. niche), lassen sich Beharrungskräfte und Dynamiken erklären.

Im beschreibend-analytischen Ansatz wird insbesondere Systemwissen als „ein methodisch abgesichertes Wissen über ein Verständnis von Systemen“ generiert (Singer-Brodowski 2016, S. 21). Systemwissen ist eine wichtige Voraussetzung, um beispielsweise die Mechanismen und Dynamiken zu verstehen, die erfolgreichen und verhinderten Innovationen bzw. Transformationen zugrunde liegen (John und Rückert-John 2016). Hingegen generiert der beschreibend-analytische Ansatz kaum Zielwissen² und Transformationswissen³ (bzw. Handlungswissen nach Wittmayer und Hölscher 2017). Dieses Wissen ist jedoch erforderlich für Lern- und Diffusionsprozesse und damit für eine konkrete und teilhabende Gestaltung der Veränderungsprozesse (Singer-Brodowski und Schneidewind 2014). Träger*innen von Ziel- und Transformationswissen sind insbesondere gesellschaftliche Akteure, die Teil oder Initiator*innen von konkreten Transformationsprozessen sind (Singer-Brodowski 2016). Ihr Wissen und ihre Erfahrungen sind daher essentiell für die Gestaltung von Nachhaltigkeitstransformationen. Entsprechend müssen diese Akteure Teil von Transformationsforschung sein – dazu dient insbesondere der Ansatz der transformativen Forschung (Wittmayer und Hölscher 2017).

Die **transformative Forschung** als zweiter Ansatz der Transformationsforschung generiert in partizipativen und aktionsorientierten Forschungsprozessen in erster Linie handlungsunterstützendes Ziel- und Transformationswissen (Handlungswissen) – und unterstützt damit „Transformationsprozesse konkret durch die Entwicklung von Lösungen sowie durch technische und soziale Innovationen“ (WBGU 2011, S. 342f). Der Strukturierungsrahmen der beschreibend-analytischen Transformationsforschung (Mehrebenen-Perspektive) steht hierbei als theoretischer Überbau hinter der transformativen Forschung. Praktisch befasst sich die transformative Forschung meist mit der Unterstützung von Akteuren in konkreten Veränderungsprozessen (Nischen).

Um transformativ sein zu können, muss Transformationsforschung daher idealerweise beide Forschungsansätze zusammenbringen. Entsprechend wurden in diesem Vorhaben der beschreibend-analytische und der transformative Forschungsansatz der Transformationsforschung kombiniert.

2.2 Aktionsforschung

Ausgangspunkt von Aktionsforschung stellt eine konkrete Problemsituation einer Gemeinschaft, Gruppe oder Organisation dar. Forschende und Beteiligte der vorgenannten Akteur*innen erarbeiten

¹ Meist werden in der deutschsprachigen Literatur die direkten Übersetzungen „Landschaft“, „Regime“ und „Nische“ verwendet. Grießhammer und Brohmann (2015) folgend werden hier die Begriffe „Globale Lage“ und „vorherrschendes System“ genutzt, da diese aussagekräftiger bzw. nicht anderweitig konnotiert sind.

² Zielwissen umfasst die Formulierung von und Verständigung zu wünschenswerten Zukünften und Werturteilen und meint damit ein „Wissen über Notwendigkeiten des Wandels, erwünschte Ziele und bessere Handlungsweisen“ (Singer-Brodowski und Schneidewind 2014, Wittmayer und Hölscher 2017, S. 41).

³ Transformationswissen meint Erfahrungs- und Wissensbestände über die Gelingensbedingungen von Veränderungsprozessen und umfasst „Wissen über technische, soziale, rechtliche, kulturelle und andere Mittel zur Veränderung von bestehenden Handlungsweisen in erwünschte Richtungen“ (Singer-Brodowski und Schneidewind 2014, Wittmayer und Hölscher 2017, S. 41). Dieses Wissen liegt meist in Form unausgesprochen bzw. nicht verschriftlichten Wissens bei außerwissenschaftlichen Akteuren vor (Singer-Brodowski und Schneidewind 2014).

in gemeinsamen Forschungs- und Handlungsprozessen anhand ihrer jeweiligen Wissensbestände ein vertieftes Problemverständnis und Wissen zu konkreten Handlungsansätzen, setzen Handlungen um und interpretieren die Ergebnisse der umgesetzten Handlungen mit dem Ziel, die Situation der beteiligten Akteur*innen zu verbessern (Greenwood und Levin 2007).

Daher wird – wie in der transformativen Forschung – auch in der Aktionsforschung kollaborativ, in einem gemeinsamen Lernprozess, Wissen geschaffen und werden lokale Akteur*innen als gleichberechtigte Partner verstanden – die Beziehungen zwischen Forschenden und lokalen außerwissenschaftlichen Akteur*innen wird „demokratisiert“ (Bartels und Wittmayer 2014, Greenwood und Levin 2007, Wittmayer und Hölscher 2017). Damit wird auch in der Aktionsforschung unterschiedliches Wissen benötigt und generiert: Wissen, das

1. es ermöglicht, Systeme und Prozesse im Kontext der konkreten Problemsituation aus verschiedenen Perspektiven (disziplinär, gesellschaftlich) zu beschreiben, zu erklären und zu verstehen (sogenanntes konzeptionelles Wissen);
2. Akteur*innen dazu in die Lage versetzt, in unterschiedlichen Kontexten der Problemsituation Handlungsansätze zu identifizieren, zu bewerten, Entscheidungen zu treffen und entsprechend in Handlungen umzusetzen (Wittmayer und Hölscher 2017).

2.3 Gemeinsamkeiten von Transformations- und Aktionsforschung

Aus der kurzen Darstellung der beiden unterschiedlichen Ansätze wird deutlich, dass es methodisch starke Überschneidungen zwischen transformativer Transformationsforschung und Aktionsforschung gibt. Beide verbinden die drei Aspekte Beteiligung, Forschung und Handlungsumsetzungen integrativ miteinander und verfolgen eine Veränderungsagenda (Verbesserung der Situation beteiligter Akteur*innen bzw. Unterstützung von Veränderungsprozessen). Daher bedürfen beide der inklusiven und kontinuierlichen Zusammenarbeit mit gesellschaftlichen Akteur*innen sowie der Integration verschiedener Wissensbestände aus Forschung und Praxis. Damit gehen hohe Anforderungen an Praxis- bzw. gesellschaftliche Relevanz gleichermaßen einher wie an wissenschaftliche Qualität und Robustheit – denn gerade weil die partizipativ erforschten und erprobten Ergebnisse Einfluss auf die Situation der Akteur*innen nehmen (sollen), müssen sie valide sein (Greenwood und Levin 2007, Wittmayer et al. 2013, Wittmayer und Hölscher 2017).

Gleichzeitig bedienen sich Aktions- und transformative Transformationsforschung daher auch vielfältiger methodischer Ansätze, um einerseits die Integration gesellschaftlicher Akteur*innen sicherstellen und zielgerichtet umsetzen zu können und andererseits auch die benötigten Wissensarten zu generieren. Dazu gehören u.a. Aktionslernen, Backcasting, Expert*innen-Interviews, Forschungstagebücher, Modellierung und Simulationen, qualitative Inhaltsanalyse, teilnehmende Beobachtung und transdisziplinäre Fallstudien (siehe Wittmayer und Hölscher 2017, S. 71 ff).

Weiterhin zeichnen sich Transformations- und Aktionsforschung beide dadurch aus, dass die Forschenden eine (selbst-) **“reflexive und kritische Haltung** gegenüber der eigenen Rolle in wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Prozessen und Entwicklungen“ einnehmen (Greenwood und Levin 2007, Wittmayer und Hölscher 2017, S. 41 und 82 f.). Das umfasst auch eine kritische Reflektion der eingesetzten Methoden und Konzepte. Ziele der kritischen Reflektion sind

- auf der einen Seite das Erkennen, beispielsweise
 - a) möglicher Gefahren, dass die Forschung bzw. die Forschenden in gesellschaftlichen Veränderungsprozessen von Akteuren „vor den eigenen Karren gespannt“, d.h. instrumentalisiert werden und dadurch in der Wahrnehmung anderer Akteure ggf. ihre Objektivität bzw. Neutralität verlieren,

- b) von Machtkonstellationen in den Veränderungsprozessen und den an der transformativen Forschung beteiligten außerwissenschaftlichen Akteuren, um ggf. auf daraus resultierende Machtgefüge hinweisen und u.U. gemeinsam Änderungen hieran vornehmen zu können
- c) welche Formate, Konzepte und Methoden im transformativen Kontext funktionieren bzw. nicht funktionieren, um hier ggf. gegensteuern zu können
- andererseits auch die wissenschaftliche Transparenz und Qualitätskontrolle zur Weiterentwicklung der Transformations- und Aktionsforschung in der wissenschaftlichen Gemeinschaft.

Beide Ansätze, Aktions- und transformative Transformationsforschung, erscheinen gut geeignet, um Experimentierräume und Partizipationsprozesse zu schaffen, die Transformationsprozesse so gestalten helfen, dass Widerstände, die solchen dialogischen Prozessen eigen sind, im strategischen Diskurs in geeigneter Weise aufgegriffen werden, sodass sie nicht zum Stillstand führen, sondern idealerweise ein tieferes Verständnis anderer Meinungen, gegenseitiges Lernen und dadurch längerfristig einen Wandel ermöglichen.

Auf mögliche Überschneidungen gehen Hölscher et al. (in Erarbeitung) in einem Papier zur Methodenreflektion ein (siehe hierzu auch Kapitel 5). Da sich beide Ansätze methodisch überlappen, haben wir eine transformative Aktionsforschung umgesetzt.

Alle in den folgenden Kapiteln dargestellten Erkenntnisse basieren damit auf den Wissensbeständen, die in der transformativen Aktionsforschung über das in Kapitel 1.3 dargestellte Vorgehen zur Systemanalyse und Prozessbegleitung erarbeitet wurden.

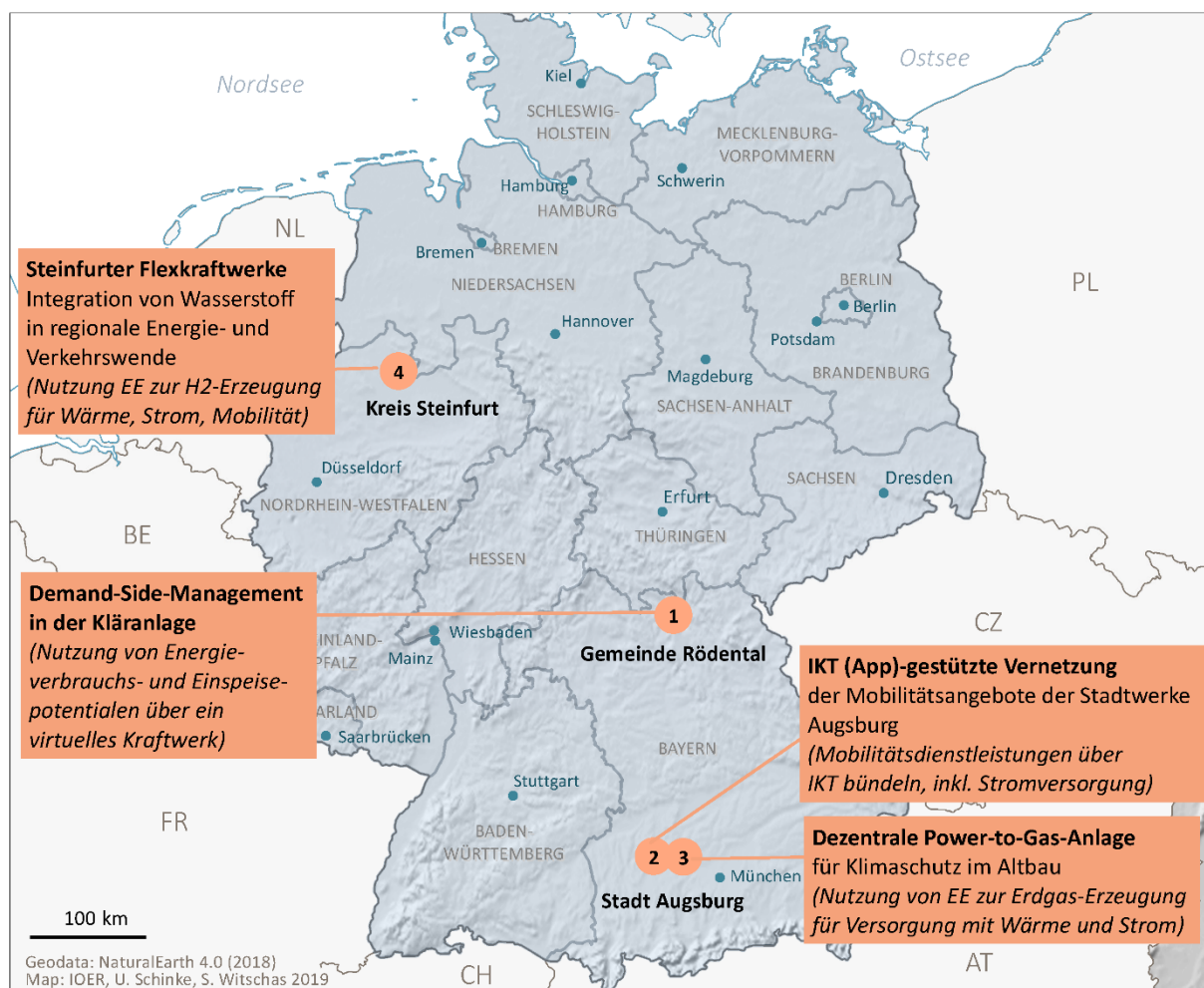
3 Transformation hin zu nachhaltigen Infrastrukturkopplungen in kommunalen und regionalen Fallbeispielen – Nachhaltigkeitspotentiale, Einflussfaktoren und Akteure

In diesem Kapitel geben wir zunächst eine Systemanalyse der Infrastrukturkopplungen in den vier prozessbegleiteten Fallbeispielen und stellen die Bewertung möglicher Nachhaltigkeitseffekte der Infrastrukturkopplungen dar (Kapitel 3.1). Im Anschluss zeigen wir relevante Einflussfaktoren und Akteure in den Fallbeispielen auf (Kapitel 0). Beide Kapitel enden jeweils mit einer Übersichtsdarstellung, welche die Zusammenschau und einen möglichen Vergleich der Fallbeispiel-spezifischen Befunde erleichtern soll.

3.1 Systemanalyse: Ziele, Gegenstand und Nachhaltigkeitspotentiale der Infrastrukturkopplungen in den vier begleiteten Fallbeispielen

Über das in Kapitel 1.3 dargestellte Vorgehen konnten vier Fallbeispiele für eine Prozessbegleitung ausgewählt und gewonnen werden. Drei der vier Fallbeispiele sind kommunal (eines in einer Gemeinde und zwei in einer Stadt), eines ist regional (Landkreis) (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Übersicht über die Lage der vier Fallbeispiele zur Prozessbegleitung in TRAFIS



Quelle: eigene Darstellung der Autor*innen; Quelle der Deutschlandkarte. de:Benutzer:Korny78; verfügbar unter GNU Free Documentation License, Version 1.2; [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deutschland_\(St%C3%A4dte\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deutschland_(St%C3%A4dte).png)

Die Fallbeispiele umfassen verschiedene intra- und intersektorale Infrastruktorkopplungen, d.h. Kopplungen von Infrastrukturen verschiedener Sektoren, beispielsweise Energie und Wasser, und Kopplungen von Teilsystemen eines Sektors, beispielsweise Elektrizitäts- und Wärmeinfrastrukturen (siehe Olfert et al. 2020):

Tabelle 3: sektorale Zuordnung der Infrastruktorkopplungen in den Fallbeispielen

Fallbeispiel	Kopplungsart
1) Demand-Side-Management in der Kläranlage (Gemeinde Rödental)	Intersektoral : Stromversorgung mit Sekundärprozessen der Abwasserreinigung, Nutzung dezentraler Stromverbrauchs- und angebotspotentialen zur Stromnetzstabilisierung über ein virtuelles Kraftwerk (IKT-Kopplung inkludiert)
2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg (Stadt Augsburg)	Intrasektoral (Bündelung von Mobilitätsangeboten) und intersektoral: Mobilitäts- und (Strom-)Versorgungsdienstleistungen über IKT

Fallbeispiel	Kopplungsart
3) Dezentrale Power-to-Gas-/KWK-Anlage mit Gasspeicher für Wärme- und Stromversorgung sowie für Klimaschutz im Altbau (Stadt Augsburg)	Intrasektoral (Energieversorgung): Nutzung von erneuerbaren Energien (Strom) zur Methan-Erzeugung für die Verwendung in einer KWK-Anlage zur Versorgung von Mieter*innen mit Wärme und Strom
4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende (Kreis Steinfurt)	Intrasektoral (Energieversorgung) und intersektoral (Wärme- und Mobilitätsversorgung): Nutzung von EE zur Wasserstoff (H ₂)-Erzeugung, Speicherung und Verwertung für Wärme, Strom, Fahrzeugantrieb (Power-to-Gas, Power-to-Liquid)

Im Folgenden werden für jedes der vier begleiteten Fallbeispiele zunächst Ziele und Gegenstand der Kopplungsprozesse beschrieben und dann Nachhaltigkeitspotentiale mit Blick auf Klimaresilienz und Ressourceneffizienz dargestellt.

Wie in Kapitel 1.3.6 dargestellt, wurden Nachhaltigkeitspotentiale, im Sinne potentielle Nachhaltigkeitswirkungen, der Infrastrukturkopplungen – soweit in den vor-Ort-Prozessen möglich – in einem gemeinsamen Workshop-Setting entlang der Kriterien des von Olfert et al. (2020) entwickelten TRAFIS-Nachhaltigkeitschecks diskutiert und anhand einer fünfstufigen Bewertungsskala bewertet. Dieses Vorgehen konnte in den Fallbeispielen „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“ und „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“ umgesetzt werden.

In den anderen beiden Fallbeispielen fand die Bewertung potentieller Nachhaltigkeitswirkungen durch das Projektteam anhand sämtlicher erhobener Daten und Informationen aus den vor-Ort-Treffen statt. Dabei wurden auch die von Olfert et al. (2020) entwickelten Kriterien des TRAFIS-Nachhaltigkeitschecks angewendet, aber nur zu denjenigen Kriterien Aussagen aufgenommen, zu denen das Daten- und Informationsmaterial Aussagen zuließen. Eine Bewertung anhand der fünfstufigen Bewertungsskala fand hierbei nicht statt.

Damit liegen für alle vier Fallbeispiele Einschätzungen vor zu Kriterien mit Hinblick auf

1. Funktionalität,
2. soziale und ökonomische Verträglichkeit,
3. Wirkungen auf Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz und
4. Versorgungssicherheit (im Kontext wetterbedingter Störungen).

der Infrastrukturkopplungen. Diese Einschätzungen werden für jedes Fallbeispiel dargestellt und im Anschluss in einer kurzen Zusammenschau erörtert.

3.1.1 Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

3.1.1.1 Ziele der Kopplung

Im Fallbeispiel Rödental streben die Stadtwerke Rödental (SWR) eine intersektorale Kopplung von Abwasserreinigung, Energieerzeugung und -speicherung sowie IKT an. Dazu sollen im Rahmen von Demand-Side Management (DSM) mögliche Energieerzeuger bzw. -verbraucher der Kläranlage zur Nutzung negativer und positiver Regelleistung über ein virtuelles Kraftwerk (Datenverknüpfung über Signalschaltung in die Regelenergievermarktung) herangezogen werden.

Die Energiewende wird derzeit durch jährliche Fortschreibungen des Energierechtes vom Gesetzgeber gestaltet und in der Transformation gehalten. Durch die Herausnahme großer, kontinuierlich liefernder Stromerzeugungskapazitäten (Grundlasten) aus AKWs und auch aus Kohlekraftwerken und den Ersatz durch fluktuierend einspeisende Energiequellen besteht erhöhter Regelbedarf im Stromnetz.

Um Netzstabilität weiterhin zu gewährleisten, muss die Stromnachfrage dem nun schwankenden Stromangebot angepasst werden bzw. Lücken im Angebot durch schnell regelfähige Erzeugungsanlagen geschlossen werden. Das Verhältnis von Stromangebot und -nachfrage muss dabei immer ausgeglichen sein, damit keine physikalisch bedingten Frequenz- oder Spannungsänderungen erfolgen, die bei Überschreitung von Toleranzwerten zu Anlagenabschaltungen führen. Diese Regelung kann im Großen (auf Kraftwerksebene), aber technisch sehr viel leichter in Verbrauchernähe umgesetzt werden. Die SWR sehen es als ihre Aufgabe als Energieversorger, dieses Thema mitzudenken. Deshalb sollen Erzeugungsanlagen wie Verbraucher (Anlagen) in diese Aufgabe eingebunden werden.

Dazu wollen die SWR verschiedene Optionen prüfen, mittels Einkopplung vorhandener Energieverbraucher und -einspeiser in die Regelennergievermarktung (virtuelles Kraftwerk) **Stromnetz-stabilisierend** zu wirken. Netzdestabilisierende Effekte der Energiewende (weniger Großkraftwerke und deutlich mehr dezentralen Kleinanlagen, die zu unterschiedlichen Zeiten einspeisen bzw. Energie verbrauchen) sollen dadurch abgepuffert werden, dass

- im Falle eines Stromüberangebotes im Netz Energieverbraucher in der Kläranlage angeschaltet werden, um Überkapazitäten abfahren zu helfen (sogenanntes negatives Leistungspotential),
- im Falle von Bedarfsspitzen im Netz Energieerzeuger in der Kläranlage angeschaltet werden oder der Stromverbrauch reduziert wird, um dezentrale Kapazitäten ins Netz einzuspeisen bzw. das Netz nachfrageseitig zu entlasten (sogenanntes positives Leistungspotential).

Die unter dem Begriff des DSM zusammengefasste Vorgehensweise leistet einen Beitrag zur Verbesserung der **Versorgungsqualität und -sicherheit in der Stromversorgung**. Vor dem Hintergrund eines Strommarkts bzw. technisch gesehen eines Stromnetzes, in dem durch die zunehmende fluktuierende Einspeisung aus erneuerbaren Energien (EE) das für die Versorgungsqualität wichtige Gleichgewicht zwischen Stromangebot und -nachfrage punktuell nicht sichergestellt werden kann erscheint es konsequent, die Stromnachfrage soweit möglich am **(lokalen) Stromangebot auszurichten**.

Die **Energiekosten** in zentralen Abwasserentsorgungsnetzen tragen zu einem hohen Anteil der Betriebskosten in den Netzen sowie in der Kläranlage bei. Der Energiebedarf entsteht durch den notwendigen Transport von Abwasser innerhalb des Systems. Systembedingt befinden sich die Pumpenanlagen i.d.R. nicht im Dauerbetrieb, sondern werden redundant auf den wechselseitigen Betrieb ausgelegt. Zusätzlich werden insbesondere in Pumpwerken Mengenpuffer vorgesehen. Diese führen dazu, dass immer nur dann Energiebedarf besteht, wenn ein bestimmter Füllstand in den Puffern überschritten wird. Diese Nachfrage nach Pumpleistung erfolgt rein abwassermengengesteuert und unabhängig von den Lastzuständen im Energiemarkt. Durch Nutzung von DSM-Optionen, so eine Hoffnung im Fallbeispiel, bestünde dann ggf. auch die Möglichkeit, die Energiekosten der Abwasserableitung und Behandlung zu **reduzieren**, weil bei einer angebotsorientierten Stromnachfrage günstigere Strompreise am Markt in Anspruch genommen werden können. Diese Kostensenkungspotenziale sind mit zusätzlichen Aufwendungen für die Steuerung der nachfrageerzeugenden Anlagen abzuwägen.

Weiterhin soll die Kopplung die **Krisenresilienz** (Sicherstellung der Versorgung mit kritischen Dienstleistungen wie Abwasserentsorgung, Energie- und Trinkwasserversorgung im Fall von Stromausfällen) der städtischen Infrastruktur in Rödental im Falle von Netzininstabilitäten und Blackout kosteneffizient erhöhen helfen. Die Einkopplung lokaler Stromerzeuger dienen mit Blick auf

- Trinkwasser der Aufrechterhaltung der benötigten Energieleistungen für die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung in Rödental, die im Blackoutfall auch über ein Notstromaggregat an der KA und einen Brunnen sichergestellt werden soll.

- Wärme für Beheizung von Räumen im Winter. Das Blockheizkraftwerk (BHKW) im Hallenbad könnte bei Stromausfall im Inselbetrieb eine energetisch sanierte Sporthalle als Strom- und Wärmeinsel beheizen und teilweise auch Rathaus, Polizei und Feuerwehr mit Wärme und Strom versorgen. Die Halle dient dann als Notunterkunft für die Bevölkerung.

Das stärkt die Krisenresilienz der Stadt, solange Brennstoff für die Stromerzeuger verfügbar ist. Die Nutzung eines neuen stationären Dieselnostromaggregats (angeschafft im Herbst 2017), welches regelmäßig angefahren wird, um im Notstrombedarfsfall essentielle Stromverbraucher der Kläranlage⁴ zu versorgen, ergeben sich sowohl Potentiale zur Nutzung für die Krisenresilienz der Stadt als auch zur Einbindung in den Regelenergiemarkt. Das Testfahren des Notstromaggregates (NA) kann dann in gewissem Maße mit dem Bedarf an Regelenergie über ein virtuelles Kraftwerk gesteuert werden. Durch die Erlöse aus der Regelenergievermarktung kann ggf. nicht nur der Betrieb des NA erwirtschaftet, sondern die Amortisationszeit des Aggregates insgesamt verringert werden.

3.1.1.2 Bestandteile und Stand der Kopplung

Aus einer Literatur- und Quellenanalyse sowie insbesondere aus mehreren telefonischen und persönlichen Interviews mit dem Geschäftsführer der Stadtwerke Rödental (SWR), Herrn Eckardt, ergaben sich verschiedene mögliche Ansatzpunkte für die Kläranlage in Rödental, DSM zu nutzen. Die Auswahl und der Test von Energieerzeugern bzw. -verbrauchern in der Kläranlage nimmt dabei in den Blick, dass die Funktion Abwasserreinigung oberste Priorität in der Kläranlage hat und die Nutzung von DSM-Optionen diese Funktion in keinsten Weise beeinträchtigt.

Größte Stromverbraucher bei Kläranlagen sind i.d.R. Abwasserhebwerke (Pumpen, die das Abwasser durch die Reinigungs-/Klärstrecke transportieren helfen) und Gebläse in der biologischen Stufe (für die Sauerstoffzufuhr/-durchsetzung des Klärbeckens) (FfE (Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH) 2016). Diese können für DSM genutzt werden, jedoch lediglich, um positives Leistungspotenzial anzubieten (d.h. Abschaltung der Verbraucher, um den Bezug aus dem Stromnetz zu reduzieren und so das Stromnetz stabilisieren zu helfen). Hier ist vorsorglich anzumerken, dass derartige Maßnahmen zu nachteiligen Wirkungen im Abwasserreinigungsprozess führen können, für deren gesamtbilanzielle Bewertung weitere Untersuchungen vorgenommen werden müssten.

Weiterhin erscheint es möglich, im Rahmen von DSM die Mikrogasturbinen, die der Erzeugung von Elektrizität aus dem Faulgas dienen, bei voller Einspeisung der Photovoltaik (PV) in die Netze zur Mittagszeit (effektivste PV-Zeit) abzuschalten (ebenfalls positives Leistungspotential), da das Faulgas aus dem Faulbehälter im Gasbehälter gesammelt und dann später zur Elektrizitätserzeugung verbrannt werden kann.

Weitere mögliche Ansatzpunkte könnten sein:

- Testfahren und Einbeziehung des Notstromaggregates der KA in die Regelenergievermarktung (virtuelles Kraftwerk), um bei fehlender Einspeisung aus EE-Anlagen eigene Kapazitäten zu nutzen
- Nutzung des BHKW im Hallenbad zur Einspeisung in das Stromnetz, wenn abends wenig Wind und keine Sonne regenerativ einspeisen und der Stromverbrauch durch die Haushalte in der Kommune jedoch hoch ist. Das BHKW hat früher die Netzspitzen des Stromnetzes nach Leistungspreis abgefahren. In Zukunft könnte auch hier Regelenergie produziert werden. Die genannte Leistungsrate (Eigenleistung/Fremdleistung) stiege auf 20%. Für das lokale Microgrid in Rödental wäre das gut.
- Abschaltung des BHKW und für Strom- und Wärmeerzeugung über DSM dann die erzeugte EE nutzen, um von negativen Strompreisen zu profitieren.

⁴ Dazu gehören u.a. Pump- und Hebewerke in Kanalnetzen und im Zulauf von Kläranlagen, der Rechenantrieb, Rührwerke (um Schlammablagerungen zu vermeiden) sowie Gebläse und Pumpen der biologischen Reinigungsstufe (FfE (Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH) 2016).

- ▶ Nutzung der Wärmekapazität des Faulturms (Beton) und des Faulturminhaltes der Kläranlage als Puffer für die Sicherstellung der thermischen Parameter der Faulturmbiologie
- ▶ Über den BHKW-Ersatz durch EE-Strom hinaus könnten auch Elektroheizer in den Fernwärmesystemen (Wasserspeicher) der Stadtwerke Rödental genutzt werden, um ein Überangebot an Strom, zumindest für Stunden im Jahr, abfahren zu können.

Das zeigt die Vielfalt an möglichen Ansatzpunkten zur dezentralen Energieerzeugung und -nutzung, die in Rödental bestehen.

Im Rahmen der Austauschprozesse haben die Infrastrukturverantwortlichen der Stadtwerke Rödental (SWR) eine Auswahl der DSM-Optionen getroffen, die für eine Nutzung von DSM aus Klärwerkssystem-Gründen in Frage kommen. Diese werden unter in Kapitel 3.1.1.3 aufgeführt.

Zum Zeitpunkt September 2019 ist die pilothafte Implementierung der DSM-Optionen im Anlagenbetrieb der Kläranlage Rödental weiterhin in der Planung, aber noch nicht erfolgt.

3.1.1.3 Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks

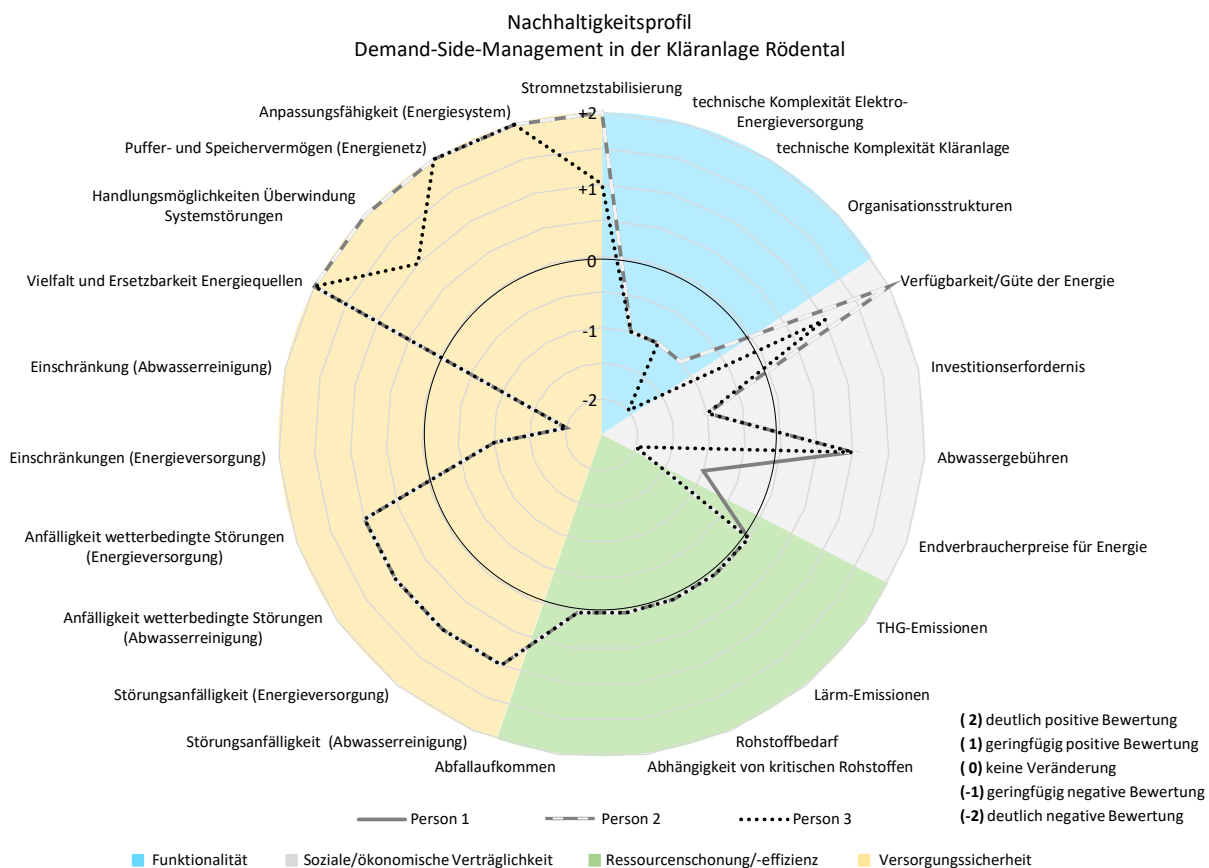
Die Geschäftsführung und zwei Klärwerksexperten bewerteten im November 2017 gemeinsam das Nachhaltigkeitspotential eines DSM-orientierten Betriebes in der Kläranlage Rödental anhand des von TRAFIS entwickelten Nachhaltigkeitschecks. Dazu wurden zunächst die Kriterien des Nachhaltigkeitschecks, wie er im TRAFIS-Projekt entwickelt wurde, auf die konkrete Fallbeispielrealität zugeschnitten und die Bewertungskategorien entsprechend in der Formulierung angepasst.

Als Gegenstand der Bewertung im Nachhaltigkeitscheck wurden die folgenden Untersuchungsfälle herangezogen:

1. Untersuchungsfall 1: negative Regelleistung über Abschaltung der Mikrogasturbinen, Anfahren der Wärmepumpe, ggf. Betrieb einer Power-to-Heat (P2H) Anlage als Wärmequelle
2. Untersuchungsfall 2: positive Regelleistung über Vorhaltung der Mikrogasturbinen für die Stromerzeugung
3. Untersuchungsfall 3: positive und negative Regelleistung über An- und Abfahren des NA. Für das NA besteht Einigkeit, dass dieses definitiv in die Regelenenergievermarktung einbezogen werden soll. Ziel ist es, z.B. Testfahren auch mit Regelleistung zu koppeln. Diese Kopplung beeinflusst den Betrieb der Kläranlage (KA) nicht – und selbst im vermutlich äußerst seltenen Fall, dass ein Notstromfall bei gleichzeitigem Regelbedarf auftritt, hat die Notstromversorgung des Klärwerks unmittelfarigen Vorrang.

Die Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks sind in Abbildung 1 und textlich darunter dargestellt.

Abbildung 3: Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks für Optionen des DSM in der Kläranlage Rödental



Quelle: eigene Darstellung der Autor*innen

Insgesamt wird deutlich, dass die Einschätzungen der drei beteiligten SWR-Experten nicht nur relativ nah beieinanderliegen, sondern auch in der Tendenz ob positive oder negative Bewertung für jedes Kriterium übereinstimmen. Unterschiede treten damit ausschließlich in der Einschätzung ob deutlich oder geringfügig positiv bzw. negativ auf.

Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur

Die Experten bewerteten die folgenden Fragen aus der Dimension „Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur“ als geringfügig negativ:

- „Verändert der Betrieb dezentraler Erzeuger in lokalen/regionalen virtuellen Kraftwerken die technische Komplexität der lokalen Elektro-Energieversorgung bzw. der KA?“
- „Erfordert die Einbindung Ihrer dezentralen Energieerzeuger in einem virtuellen Kraftwerk komplexere Organisationsstrukturen bzw. einen höheren Organisationsaufwand für die SWR?“ Hier wird zusätzlicher Aufwand gesehen, aber da dieser durch Glasfaserkabel-Verlegung für einen sicheren Internetanschluss konkret und gut umsetzbar ist (→ siehe aber den Punkt Investitionen unter der Bewertungsdimension „Soziale und ökonomische Verträglichkeit“ unten), wird der zusätzliche Aufwand als gering erachtet.

Die Frage, ob der Betrieb dezentraler Erzeuger in lokalen/regionalen virtuellen Kraftwerken geeignet, einen signifikanten Beitrag zur Stromnetzstabilisierung zu leisten, beantworteten sie deutlich positiv.

Soziale und ökonomische Verträglichkeit

In der Bewertungsdimension „Soziale und ökonomische Verträglichkeit“ bewerteten die Experten

- ▶ die Frage, ob die Organisation dezentraler Energieerzeuger in virtuellen Kraftwerken Konsequenzen für die lokale bzw. regionale Verfügbarkeit und Güte der Energie (z.B. Spannungsstabilität etc.) habe als deutlich positiv. Hier wurde angeführt, dass bei Etablierung eines vernetzten Systems zur Netzstabilisierung über ein virtuelles Kraftwerk systemstabilisierende Komponenten hinzukommen. Kleinteilig für die KA Rödental betrachtet, könnte eine Beteiligung an der Stromnetzstabilisierung über ein virtuelles Kraftwerk für die Stabilisierung der Stromerfordernisse negativ sein, wenn Komponenten der KA extern gesteuert werden – aber großräumig betrachtet werden stromnetzstabilisierende Effekte gesehen.
- ▶ die Frage, ob die Beteiligung der Erzeugungsanlagen der KA an einem virtuellen Kraftwerk zusätzliche, nicht durch den klassischen Anlagenaufbau der KA abgedeckte Investitionen der SWR erfordere, als geringfügig negativ. Hier wurde insbesondere der Bedarf an einem sicheren Internet-Anschluss gesehen, der Investitionen für ein eigenes Glasfasernetz erfordert.
- ▶ die Frage, ob die Energieversorgung in einem virtuellen Kraftwerk Auswirkungen auf die Abwassergebühr haben könnte als geringfügig positiv, da die Hoffnung besteht, durch geringe Einnahmen aus der Regelenergiebeteiligung die Abwassergebühren ggf. leicht gesenkt werden könnten.
- ▶ die Frage, ob die Energieversorgung in einem virtuellen Kraftwerk Auswirkungen auf die Endverbraucherpreise haben kann, als deutlich negativ, da die Energiewende insgesamt im Vergleich zu billigerer Kohleverstromung (die insbesondere aufgrund fehlender Einpreisung der negativen ökologischen externen Effekte der Kohleverstromung so günstig ist) zu höheren Endverbraucherpreisen für Energie führen wird. Daher wird im Zusammenhang mit mehr dezentraler Energieerzeugung, die im Rahmen der Energiewende nötig ist und die eben auch die Beteiligung an einer Regelenergievermarktung umfasst, eine Preiserhöhung für Energie erwartet.

Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz

Mit Blick auf die Bewertungsdimension „Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz“ sehen die Experten zu allen abgefragten Kriterien keine Veränderungen durch die Kopplung:

- ▶ keine Veränderungen bei der Menge der Emissionen von Treibhausgasen (THG) am Standort der KA, da
 - das aus dem Faulungsprozess produzierte Gas verstromt und nicht abgefackelt wird, sodass daher keine zusätzlichen THG-Emissionen resultieren.
 - das neue NA zwar über einen Heizölanschluss für die Testfahrten mit Energie versorgt, aber Testfahrten insgesamt weniger werden, sodass keine Veränderungen in den THG-Emissionen gesehen werden
- ▶ keine Veränderungen in der Emission von Lärm beim Betrieb der Infrastruktur
- ▶ keine Veränderungen im Bedarf an Rohstoffen für Bau und Erhalt der Infrastruktur in der KA
- ▶ keine Veränderung in der Abhängigkeit der Energieversorgung vor Ort von kritischen Rohstoffen (z.B. seltene Erden, große Importabhängigkeit)
- ▶ keine Veränderungen im Abfallaufkommen beim Betrieb der Infrastrukturen

Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen

Die Bewertungsdimension „Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen“ weist die größte Anzahl an Bewertungskriterien auf. Die Experten bewerteten diese Kriterien wie folgt:

- ▶ geringfügig positive Auswirkungen des Betriebs der lokalen Stromerzeugungsanlagen in virtuellen Kraftwerken auf die Störungsanfälligkeit
 - der Abwasserreinigung, da durch Beteiligung an virtuellem Kraftwerk auch Energie erzeugt wird und entsprechend das Energieversorgungsnetz für die KA stabiler wird. Daher wird ein positiver Einfluss im Sinne einer Reduktion der Störungsanfälligkeit der Abwasserreinigung gesehen.

- der Stromerzeugungsanlagen in virtuellen Kraftwerken Einfluss auf die Störungsanfälligkeit der lokalen bzw. regionalen Energieversorgung generell aus den vorgenannten Gründen
- geringfügig positive Auswirkungen der Organisation der Energieversorgung in virtuellen Kraftwerken, da Einfluss auf die Störungsanfälligkeit gesehen wurde mit Blick auf die
 - Abwasserreinigung bei wetterbedingten Störungen (wie Hitze, Starkregen, Hagel, Überflutung, Wind), da die die Regelungsbedürfnisse der KA bei wetterbedingten Störungen Vorrang vor Steuerung über den Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) haben (keine Abschaltungen virtuell gesteuert für solche Fälle), sodass sich die Störungsanfälligkeit verringern würde
 - Energieversorgung bei wetterbedingten Störungen (wie Hitze, Starkregen, Hagel, Überflutung, Wind) durch mehr dezentrale Energieerzeugung auch eine Risikostreuung der Anfälligkeit der Anlagen gegenüber wetterbedingten Störungen erfolgt.
- geringfügig negative Auswirkungen bei zentraler Steuerung eines virtuellen Kraftwerks auf die lokale bzw. regionale Energieversorgung, da ein (Funktions-)Ausfall der zentralen Steuerung zugleich zu Einschränkungen in der lokalen bzw. regionalen Energieversorgung führen könnte.
- deutlich negative Auswirkungen bei zentraler Steuerung eines virtuellen Kraftwerks auf die Abwasserreinigung in der KA, da ein (Funktions-)Ausfall der zentralen Steuerung u.U. zu einer Abschaltung relevanter Maschinen in der KA, die im Regelenenergiemarkt beteiligt sind, führen könnte.
- deutlich positive Auswirkungen der Energieversorgung in virtuellen Kraftwerken mit Blick auf eine größere Vielfalt und Ersetzbarkeit von Energiequellen, wodurch eine verbesserte Versorgungssicherheit vor Ort und damit erhöhte Sicherheit erreicht werden kann.
- deutlich positive Auswirkungen einer Beteiligung an virtuellen Kraftwerken, da diese die Handlungsmöglichkeiten erhöht, mögliche Systemstörungen bei den Anlagen zu überwinden. Hier wird im Gegensatz zur rein zentralisierten Energieversorgung mehr Handlungsfreiheit für Eigenversorgung erwartet.
- deutlich positive Auswirkungen der Energieversorgung durch virtuelle Kraftwerke auf das Puffer- und Speichervermögen in lokalen Energienetzen, welche durch mehrere dezentrale Beiträge verbessert wird und damit mögliche wetterbedingte Störungen (z.B. Unterbrechung überregionaler Energieversorgung) besser ausgleichen kann.
- deutlich positive Auswirkungen der Energieversorgung durch virtuelle Kraftwerke auf die grundsätzliche Anpassungsfähigkeit des lokalen bzw. regionalen Energiesystems an stärkere und/oder häufigere Wetterextreme.
- deutlich positive Auswirkungen der Energieversorgung in virtuellen Kraftwerken in Hinblick auf eine verkürzte Dauer möglicher Reparaturen bzw. Behebung von Funktionsstörungen nach Störungen des Kläranlagenbetriebs durch Wetterextreme, da durch die dezentralen Energieerzeuger potentiell schneller Energieversorgung für Reparaturen bereitstehen könnte.

3.1.2 Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

3.1.2.1 Ziele der Kopplung

Die Stadtwerke Augsburg Verkehrs GmbH (swaV) planen, die bestehenden und geplanten bzw. neu kommenden Produkte (ÖPNV, Carsharing, Bikeshaaring sowie geplantes Elektro-Carsharing und Ride-sharing) über eine **Mobilitätsapp** zu **bündeln**, damit die Bürger*innen alle Produkte über eine App buchen und damit die eigene Mobilität besser (und ggf. intermodal) planen können.

Das Ziel der Kopplung ist es daher, es den Bürger*innen zu erleichtern, andere Mobilitätsmittel als das eigene Auto zu nutzen, um das Aufkommen an motorisiertem Individualverkehr zu verringern, und entsprechend die Zahl der Nutzer*innen der Mobilitätsangebote der swaV zu steigern. Die zusätzlichen Mobilitätsangebote (Carsharing, Rad) sind für den bus- und bahngestützten ÖPNV in Augsburg weiterhin wichtig, weil der ÖPNV gegenüber Bequemlichkeit und Luxus des motorisierten Individualverkehrs im Nachteil ist und daher andere Vorteile bieten muss. Während der ÖPNV in Großstädten

mit viel Verkehrsaufkommen oft eine Zeitersparnis als Vorteil mit sich bringt, sind in Augsburg (noch) eher andere Gründe ausschlaggebend – dazu gehören u.a. WLAN und Klimatisierung.

3.1.2.2 Bestandteile und Stand der Kopplung

Die Bestandteile der Kopplung umfassen einerseits das o.g. **Mobilitätsangebot** der swaV (Bus, Tram, Carsharing und Ridesharing) und andererseits eine **IKT-Schnittstelle** (Mobilitätsapp) zur Buchung bzw. Nutzung der Mobilitätsangebote. Durch die Verknüpfung mit IKT erhalten Kunden einen neuartigen, gebündelten Zugang zu den Mobilitätsmöglichkeiten der swaV, der bisherige konventionelle Systeme der jeweiligen Angebotssparten funktionell ersetzt. Damit geht der Wechsel von Fahrzeugbasierten Angeboten zu intermodalen Mobilitätsangeboten einher, der durch die Anbindung an nutzergerechte IKT erschlossen wird.

Mobilitätsangebote der swaV umfassen: ÖPNV über Busse und Straßenbahnen, Carsharing, Bikeshaaring sowie in Planung befindlich auch Elektro-Carsharing und Ridesharing. Die SWA bieten über den Verkehrsverbund auch bereits im Umland in einigen Gemeinden Carsharing-Autos an – über einen Festzuschuss erhalten die Gemeinden/Kreise so eine Möglichkeit, Einwohnern ein Mobilitätsangebot jenseits des ÖPNV zu unterbreiten.

Während das „normale“ Carsharing (keine Elektro-Autos) standortbasiert ist, soll für das Elektro-Car-Sharing eine freie Rückgabe in der Stadt oder an (langfristig auch über die App buchbaren bzw. reservierbaren) Ladesäulen ermöglicht werden. Während das normale Car-Sharing insbesondere für längerfristig geplante Fahrten gebucht wird, soll das Elektro-Car-Sharing die Intermodalität im ad-hoc-Reisebereich abdecken, da die Elektro-Autos zwar Ladesäulen-gebunden, aber darüber hinaus nicht Stations-gebunden, sondern als free-floating auch ad-hoc einfacher nutzbar zur Verfügung stehen. Das lässt sich dann gut mit Rad und ÖPNV kombinieren. Allerdings zeigen Untersuchungen zur Intermodalität, dass die Attraktivität einer Mobilitäts-Lösung mit der Anzahl der Umstiege stark nachlässt.

Unter Ride-Sharing wird generell bedarfsorientierter Verkehr (Sammeltaxi, Bürgerbus) verstanden, bei dem sich Nutzer die Fahrtstrecke und damit die Kosten teilen. Das erfolgt durch die Bereitstellung eines größeren Autos (Kombi, 9-Sitzer) und der Koordination der Bedarfe über eine App. Die Bezahlung und Quittungserstellung sollen elektronisch erfolgen. Für das Ride-Sharing wird die swaV Fahrzeuge aus ihrem Carsharing-Pool (ca. 100 Fahrzeuge im Pool) nutzen und so deren Auslastung erhöhen. Dabei wird auch angedacht, Elektrofahrzeuge gezielt einzusetzen, um sie in die verstärkte Nutzung zu bekommen. Das Ride-Sharing soll schwache Liniennetzeile stärken und mittelfristig wenig genutzte bzw. unattraktive Buslinien geringer Taktzahl ersetzen.

IKT-Schnittstelle über die Mobilitätsapp: Im Jahr 2014 ist die FahrInfo-App der swaV gestartet, die sowohl Fahrplan-basierte Reiseauskünfte als auch einen Fahrplan-basierten Verkauf der Tickets (scanbar über die App) für passende Tarif-Lösungen ermöglicht. Gegenwärtig ist die Umstellung auf Echtzeit-Angaben zum Fahrplan der Busse und Straßenbahnen in Umsetzung, um die Benutzer*innen-Freundlichkeit und -relevanz zu stärken. Über die App ist die Standortangabe bzw. Übersicht der Carsharing-Fahrzeuge am Standort im Stadtplan sichtbar. Wünscht die Kund*in ein Carsharing-Fahrzeug zu buchen, gelangt sie über den Klick in der FahrInfo-App in die App des Carsharing-Anbieters. Dort muss die Kund*in jedoch alle Angaben (Datum, Uhrzeit, Fahrzeug) neu eingeben, was die Benutzerfreundlichkeit senkt. Ähnliches gilt für das Buchen eines Leihrades (Name des Angebotes: „swa Rad“, über die Firma nextbike als free floating-Lösung, also ohne feste Abholstationen, bereitgestellt). Auch wenn in der App der swaV bereits eine dynamische Schnittstelle eingerichtet ist, gelangt man darüber nur zu nextbike und muss auch hier die Eingaben wiederholen.

Kurz- bis Mittelfristig sollen diese Angebote auf einer gemeinsamen Plattform zusammengeführt werden und die FahrInfo-App die Vernetzung mit diesen Mobilitätsangeboten aufgreifen und anbieten können. Damit wird dem Bedürfnis Rechnung getragen, dass Kund*innen heute insbesondere wissen wollen, wie sie bestmöglich von A nach B gelangen. Weiterhin soll ein deep linking umgesetzt werden,

über den die Kundin oder der Kunde in der FahrInfo-App Daten eingibt, die dann bei Wechsel zur Sharing-App mitgenommen werden, sodass sie oder er auch über die FahrInfo-App Buchungen durchführen kann.

Aus der FahrInfo-App soll damit eine **Mobilitätsapp** entwickelt werden, worüber dann ÖPNV, Car- und Bikesharing kombiniert plan- und buchbar sein sollen. Als Vision schwebt der swaV vor, über die Mobilitätsapp ein gemeinsames Tarifmodel anzubieten, in dem sich Kund*innen nicht mehr entscheiden müssen, welchen Tarif sie wählen, sondern das abgerechnet bekommen, was sich auch tatsächlich in Anspruch genommen haben, inklusive ÖPNV und Sharing-Angebote. Die App soll auch die Fahrkarten-Abonnements in die App integrieren – damit die Abonnent*innen darüber ihr Abonnement auch buchen, verlängern, verwalten und nutzen können. Erste Gespräche mit Start-ups zur Umsetzung solcher Apps haben die SWA bereits geführt.

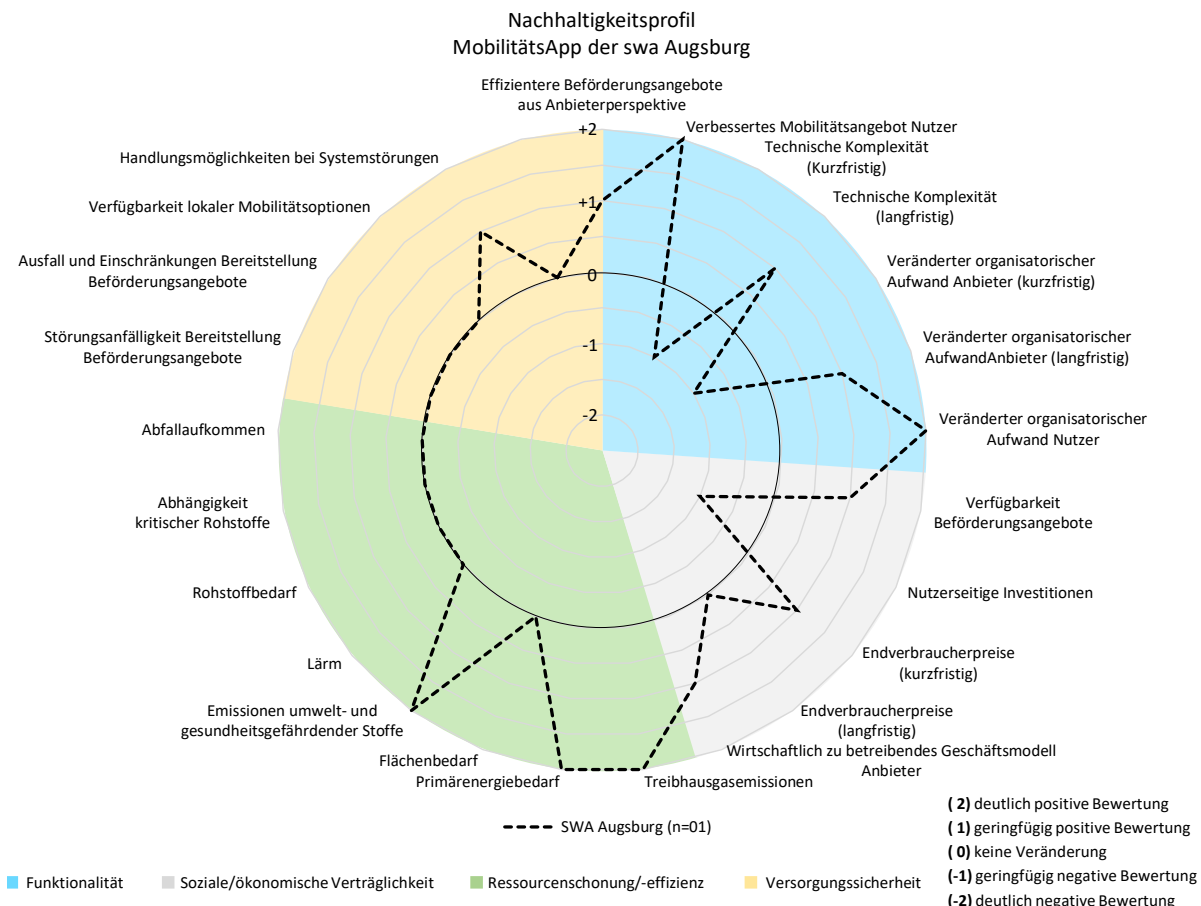
Zwischen Januar und Februar 2019 fand ein Pilot-Versuch über swaV-Mitarbeitende und gemeinsam mit einem Start-up aus München für ein sogenanntes „Check-in/Be-in“ in der Tram in Augsburg statt, um zu testen, ob ein Zugang zum ÖPNV über Smartphone irgendwo am Körper bzw. in Tragebehältnissen und Scannen (Bluetooth-basiert) bei Einstieg ohne separates Vorzeigen funktioniert und worauf man dabei achten muss. Im Sommer 2019 ist dann ein Testlauf mit ausgewählten Kund*innen geplant – siehe <https://www.augsburger-allgemeine.de/augsburg/Stempeln-ueberfluessig-Das-Smartphone-wird-zum-Nahverkehrs-Ticket-id53613216.html>. Sollte der Test erfolgreich verlaufen/funktionieren, soll das der Einstieg in das Thema „Check-in/Be-in“ sein und diese Funktion dann auch in die Mobilitätsapp integriert werden.

Die Mobilitäts-App soll nach Stand September 2019 in Mitte Dezember 2019 auf den Markt kommen.

3.1.2.3 Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks

Ein Mitarbeiter der swaV bewertete im Februar 2019 – unterstützt im Fragenverständnis und der Fragebedeutung durch das TRAFIS-Projektteam – das Nachhaltigkeitspotential der Mobilitätsapp. Dazu wurden zunächst die Kriterien des Nachhaltigkeitschecks, wie er im TRAFIS-Projekt entwickelt wurde, auf die konkrete Fallbeispielrealität zugeschnitten und die Bewertungskategorien entsprechend in der Formulierung angepasst. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 und textlich darunter dargestellt

Abbildung 4: Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks für die geplante Mobilitätsapp der swaV



Quelle: eigene Darstellung der Autor*innen

Insgesamt wird deutlich, dass die Mobilitätsapp ganz überwiegend geringfügig bis deutlich positive Bewertungen mit Blick auf die unterschiedlichen Kriterien erhält. Als Besonderheit kommt hinzu, dass der bewertende swaV-Mitarbeiter den Bedarf hatte, in der Bewertung dreier Kriterien zwischen kurz- und langfristigen Effekten zu unterscheiden (siehe die Kriterien *technische Komplexität*, *veränderter organisatorischer Aufwand* und *Endverbraucherpreise* in der obigen Abbildung 4), da sich daraus unterschiedliche Bewertungen ergeben. Darauf wird in den folgenden textlichen Ausführungen zur Beschreibung der Ergebnisse eingegangen.

Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur

Der Experte bewertete die Kriterien der Dimension „Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur“ als überwiegend geringfügig bis deutlich positiv. Dabei war es ihm wichtig, für die folgenden drei Kriterien in der Bewertung zwischen kurz- und langfristigen Effekten zu unterscheiden:

- technische Komplexität im swaV-Mobilitätsangebot durch die App: kurzfristig wird die technische Komplexität in der Wahrnehmung des Experten erhöht, aber langfristig durch die Umsetzung der App reduziert, sodass sich kurzfristig geringfügig negative und langfristig geringfügig positive Effekte ergeben dürften.
- organisatorischer Aufwand für den Anbieter: analog wird auch hier davon ausgegangen, dass der organisatorische Aufwand für die App-Etablierung und –Bereitstellung kurzfristig erhöht (geringfügig negative Bewertung) sein dürfte, langfristig aber aufgrund der dann bestehenden IKT-Verknüpfungen organisatorische Erleichterungen auf Anbieterseite (geringfügig positive Bewertung) eintreten dürften.

Die Beförderungsangebote könnten durch die Mobilitätsapp im Sinne einer Datengewinnung und eines trackings von Nutzer*innen-Verhalten für die swaV effizienter gestaltbar sein, was zu einer geringfügig positiven Bewertung durch den Experten führte. Deutlich positiv bewertete er die Verbesserung des Mobilitätsangebotes für die Nutzenden durch die Mobilitätsapp, da darüber multi- und intermodal die verschiedenen Mobilitätsangebote in Kombination angeboten und auch leichter genutzt werden können.

Ebenfalls deutlich positive Effekte sah der Experte mit Blick auf den organisatorischen Aufwand für die Nutzenden, insbesondere bei den in der Testphase befindlichen be-in/be-out Systeme, bei denen Nutzende kein Ticket mehr kaufen, sondern dieses online auf ihren mobilen Endgeräten haben und es bei Betreten/Verlassen des Mobilitätsangebots automatisch erfasst wird – ohne ein Ticket vorzuzeigen. Ob die Nutzenden das auch als Vorteil sehen, wurde zum Zeitpunkt des Abschlusses der Prozessbegleitung erst noch erfasst, sodass hierzu keine Aussagen in diesem Bericht mehr möglich waren.

Soziale und ökonomische Verträglichkeit

In der Bewertungsdimension „Soziale und ökonomische Verträglichkeit“ bewertete der Experte

- ▶ mögliche Konsequenzen der Mobilitätsapp für die Verfügbarkeit von Beförderungsangeboten geringfügig positiv, da die Beförderungsangebote in ihrer Verfügbarkeit besser sichtbar und über eine automatisierte Best-Price Buchung auch ökonomisch attraktiver in ihrer Verfügbarkeit wären.
- ▶ die Frage danach, ob die Nutzung der Mobilitätsapp und der darin vermittelten Beförderungsangebote nutzerseitige Investitionen erfordert, geringfügig negativ, da nach Rückmeldungen an die swa ältere Menschen für Vergünstigung des Angebots der Streifenkarte bei online-Nutzung im Vergleich zu analoger Nutzung schon Smartphones gekauft haben, also Investitionen getätigt haben. Da dafür jedoch keine High-end Geräte erforderlich sind, erscheint der Effekt geringfügig negativ.
- ▶ mögliche Auswirkungen der Einführung und des Betriebs der Mobilitätsapp auf die Endverbraucherpreise als kurzfristig geringfügig positiv mit Blick auf Rabatte bei der online-Nutzung der Streifenkarte durch App-Nutzung, während er langfristig keine Änderungen durch die Mobilitätsapp sah.
- ▶ das Potenzial der Mobilitätsapp ein wirtschaftlich zu betreibendes Mobilitäts-Geschäftsmodell für die swa zu etablieren als geringfügig positiv vor dem Hintergrund, dass die demographische Entwicklung in Augsburg, z.B. durch Zuzug aus München, da dort das Wohnen zu teuer wird, positiv ist. Dadurch steht potentiell mehr Kundschaft zur Verfügung, die gerade durch eine gesteigerte Attraktivität und vereinfachte Nutzbarkeit der swaV-Mobilitätsangebote dank der/über die App gewonnen werden sollen und darüber ein wirtschaftlich zu betreibendes Geschäftsmodell ermöglichen helfen dürfte.

Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz

Mit Blick auf die Bewertungsdimension „Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz“ sah der Experte aufgrund der angestrebten und erwarteten Effekts, dass durch die Mobilitätsapp mehr Leute vom Auto auf ÖPNV (der sowohl elektrisch – Trams – als auch mit Erdgas – Busse – betrieben wird), Elektro-Carsharing und Fahrräder umsteigen, deutlich positive Effekte auf

- ▶ den Primärenergiebedarf der durch die Nutzer realisierten Mobilität
- ▶ die Menge der mobilitätsbedingten Emissionen von THG
- ▶ die Emission umwelt- und gesundheitsgefährdender Stoffe (z.B. Feinstäube, ...)

sowie keine Veränderungen im Hinblick auf

- ▶ den Flächenbedarf
- ▶ die Emission von Lärm
- ▶ den Bedarf an Rohstoffen

- ▶ die Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen (z.B. seltene Erden, große Importabhängigkeit)?
- ▶ das Abfallaufkommen

in Verbindung mit Bereitstellung und Betrieb der Beförderungsangebote.

Das Thema Elektromobilität war zwar ein potentiell Thema im Hinblick auf die Abhängigkeit von und Bedarf an auch kritischen Rohstoffen sowie im Hinblick auf etwas reduzierte Lärmemissionen im Vergleich zu Verbrennungsmotoren, aber die Mobilitätsapp wurde nicht als signifikant für dessen Weiterentwicklung und damit nicht als Faktor in der Veränderung der vorgenannten Kriterien gesehen.

Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen

Die Kriterien der Bewertungsdimension „Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen“ wurden vom Experten als überwiegend keine Veränderungen aufweisend bewertet. Einzig im Hinblick auf die Verfügbarkeit von lokalen Mobilitätsoptionen für den Nutzer sah er einen geringfügig positiven Effekt aufgrund der Korrelation zwischen der Anzahl der Nutzenden, die durch die Mobilitätsapp steigen soll und dürfte, und dem Angebot, was bei mehr Nutzenden entsprechend ausgebaut werden müsste (Taktung, Strecken, ...).

3.1.3 Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

3.1.3.1 Ziele der Kopplung

Die Stadtwerke Augsburg Energie GmbH (swaE) haben gemeinsam mit der Wohnbaugruppe Augsburg (WBG) als Gebäudeeigentümerin für einen Wohngebäudekomplex in der Marconistr. 15-19 in Augsburg (Baujahr 1974) ein energetisches Versorgungskonzept entwickelt. Dazu gehörten neben einer umfangreichen energetischen Sanierung des Gebäudes (Gebäudehülle durch die WBG) auch die Errichtung und Inbetriebnahme einer **systemisch gekoppelten dezentralen Energieerzeugungs- und -speicheranlage auf Basis einer Power to Gas-Technologie** (siehe unten unter 3.1.3.2 Bestandteile und Stand der Kopplung), mit der eine Strom- und Wärmeversorgung des Gebäudes auf Basis von erneuerbaren Energien erfolgen kann.

Die Grundidee der Kopplung besteht darin, Optionen zur technischen Umsetzung von Energieeffizienz, Energieerzeugung und -speicherung im Gebäudebestand zu ermitteln und in einem **Pilotprojekt** umzusetzen, um daraus Erfahrungen für mögliche weitere Umsetzungen im Gebäudebestand in Augsburg sammeln zu können. Nach einer Auswertung sollen dann ggf. weitere Gebäude mit dieser Technik ausgestattet werden (Viets 2018⁵). Ein besonderer Fokus der Kopplung liegt darauf, die Möglichkeit zu erproben und als Pilotprojekt umzusetzen, überschüssigen Strom zu speichern, egal ob dieser Strom aus dem Netz oder aus erneuerbaren Energie (EE) Anlagen kommt.

Im Verlauf der Pilotprojektumsetzungen wurde das technische Set-up erweitert durch Einbindung der EXYTRON-Technologie in Richtung **Emissionsfreiheit**, sowohl mit Blick auf Treibhausgase als auch bezüglich Feinstäuben und Stickoxiden NO_x, da bei der Verbrennung von regenerativ erzeugtem („synthetischen“) Methan keine NO_x und keine Feinstäube entstehen. Damit traten neben den Klimaschutz als weitere umweltbezogene Ziele der Kopplung die Aspekte Luftreinhaltung und Gesundheitsschutz.

3.1.3.2 Bestandteile und Stand der Kopplung

Das innovative Energieversorgungskonzept basiert auf dem **integrativen Zusammenspiel** von:

⁵ Viets, K.-H. 2018. Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau. In: DVGW energie / wasser-praxis, URL <https://www.energie-wasser-praxis.de/praxis/artikel/dezentrale-power-to-gas-anlage-fuer-klimaschutz-im-altbau/>, eingesehen am 7.3.2019.

1. Strom vor Ort erzeugen durch eine 150 kWp Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage) auf der Dachfläche des Bestandsgebäudes und in einer Hochleistungs-Lithium-Ionen Batterie als Regelleistung für den Eigenbedarf der Mieter*innen an Strom bereitzustellen;
2. insbesondere zur Mittagszeit überschüssig verfügbaren Strom aus der PV-Anlage (Stromverbrauch durch Mieter*innen ist tagsüber aufgrund der Abwesenheiten gering) – sowie günstigen Ökostrom aus dem Stromnetz – durch Elektrolyse in Wasserstoff und Methanisierung in einer dezentralen Power-to-Gas (P2G) Anlage weiter in synthetisiertes Erdgas (Methan, CH₄) umwandeln und zwischenspeichern;
3. Rückwandlung des Erdgases in Wärme und Strom über ein Blockheizkraftwerk (BHKW) und zwei Gasthermen;
4. Nutzung der Abwärme aus der Elektrolyse(zelle), der Katalyse (Methanisierung) und dem BHKW für die Wärmeversorgung (Heizung und Warmwasser) der Mieter*innen.

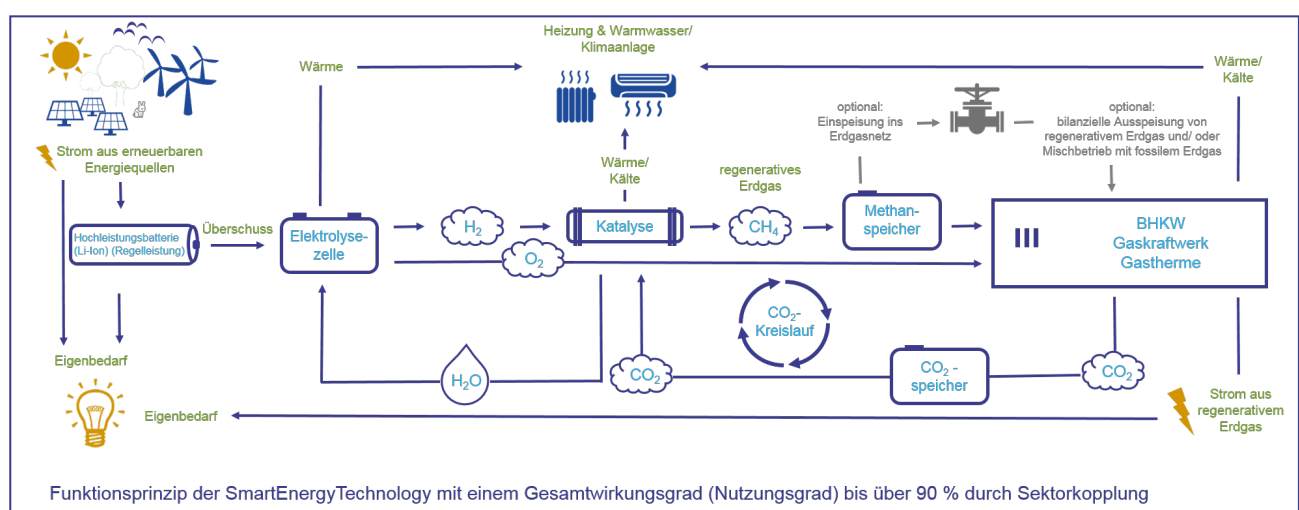
Die Kopplung deckt den Strom- und Wärmebedarf anteilig (bilanziell), weitere Energie wird im Bedarfsfall aus netzgebundenem Erdgas über die BHKW-/Kesselkomponenten gewonnen.

Mit dieser Kopplung wurde die Wärmeversorgung durch Heizöl (mit einem jährlichen Verbrauch von etwa 74.000 Litern Heizöl) komplett abgelöst.

Ursprünglich war geplant, mit den swaE eine klassische BHKW-Lösung anzugehen, für welches die swaE nach Modernisierung des Gebäudebestandes der WBG Energie über ein **Contracting** anbieten würde. Die swaE hat dann bei einem Gespräch mit der WBG die Technologie der Firma EXYTRON vorgestellt. Die WBG war sehr interessiert daran, ein solch innovatives Projekt als Pilot umzusetzen und dadurch einen Beitrag zur nachhaltigen Energie- und Wärmeversorgung (CO₂-neutral, emissionsgemindert) zu leisten. Dazu waren im technischen Set-up weitere Elemente nötig: die Katalyse-Einheit für die Methanisierung sowie Speicher für Kohlendioxid (CO₂) aus dem BHKW, Methan aus der Katalyse und Sauerstoff aus der Elektrolyse(zelle).

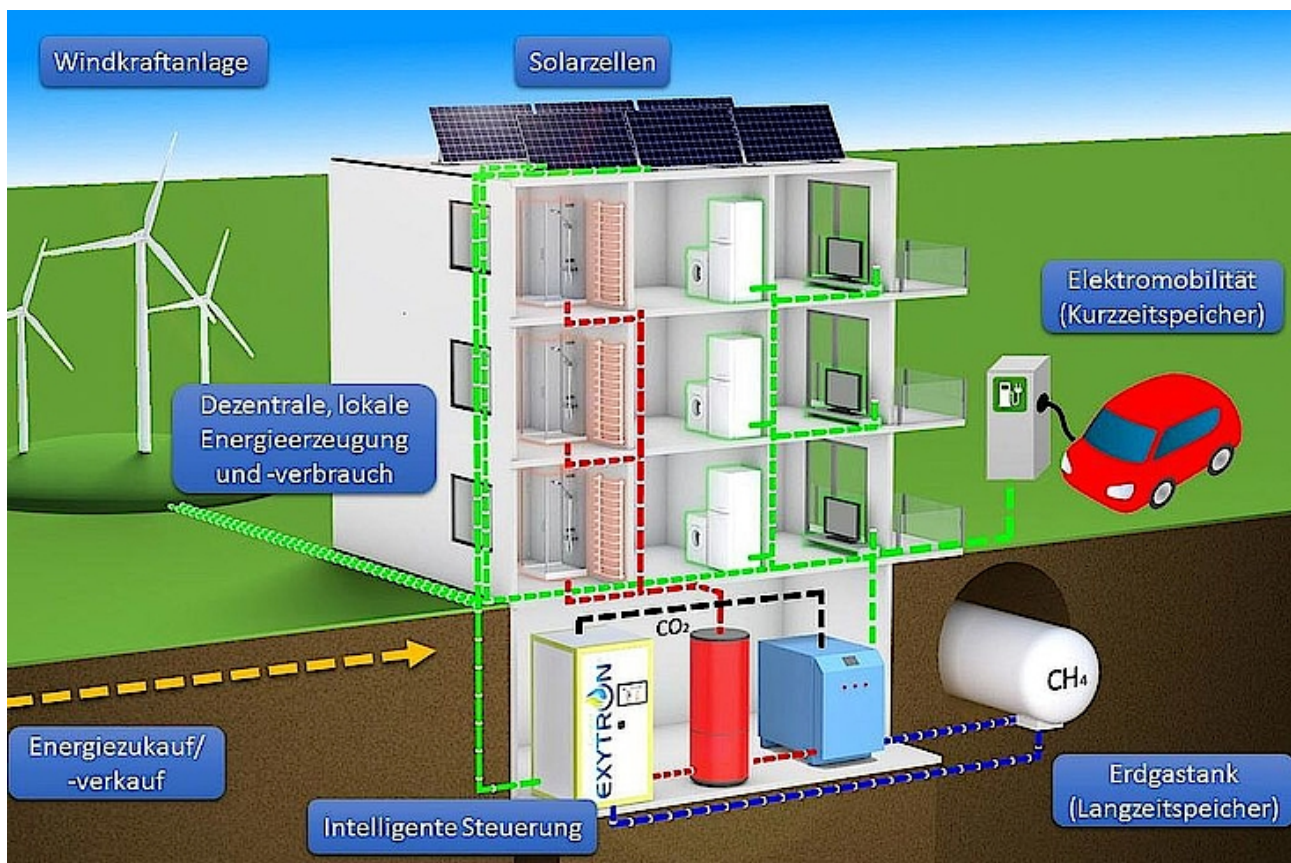
Die folgenden beiden Abbildungen zeigen eine Darstellung der technischen Komponenten und ihres Zusammenspiels (Abbildung 5) sowie eine schematische Darstellung der Anordnung der technischen Komponenten im Bestandsgebäude (Abbildung 6).

Abbildung 5: Technische Komponenten der Kopplung



Quelle: WBG/swaE-Vortrag TRAFIS-Workshop 1.3.2019

Abbildung 6: Systemschema



Mithilfe der Power-to-Gas-Anlage lassen sich der Strom aus der Photovoltaikanlage und überschüssiger Strom aus dem Stromnetz kurzfristig und saisonal speichern. Grafik: swa / vmm Wirtschaftsverlag.

Quelle: DVGW Energie-Wasser-Praxis (https://www.energie-wasser-praxis.de/fileadmin/_processed_/2/e/csm_swa_schema_3a0479560f.jpg)

Das technische Set-up der Kopplung, insbesondere die Nutzung der Abwärme aus den Prozessen, steigert den **Gesamtwirkungsgrad** der P2G-Anlage auf **über 90%** (WBG/swaE 2019⁶). Weiterhin können durch die Speicherung des im BHKW entstehenden CO₂ und dessen Nutzung im Kreislauf als Wertstoff zur weiteren Produktion von regenerativem Erdgas die Emissionen von CO₂, NO_x und Feinstaub um bis zu 100% verringert werden. Dadurch können für 2030 bzw. 2050 anvisierte Klimaschutzstandards bereits in 2019 erreicht werden. Die Pilotanlage ist seit Herbst 2018 in Betrieb. Sie ist (noch) nicht wirtschaftlich, da die Investitionskosten hoch waren und nur aufgrund gemeinsamer Entscheidungen von swaE, WBG und EXYTRON, die ökonomischen Risiken gemeinsam zu tragen, getätigt wurden.

Die mit dem Pilotprojekt verbundenen Erwartungen waren und sind weiterhin entsprechend hoch: es soll technisch störungsfrei funktionieren, die Mieter*innen sicher mit Strom und Wärme versorgen und dabei gleichzeitig CO₂-neutral sein und Emissionen an NO_x und Feinstaub minimieren. Die Testphase des Pilotprojektes läuft seit Dezember 2018 für ein bis zwei Jahre – in dieser Zeit muss die Technologie zeigen, dass sie störungsfrei funktioniert und die an sie gerichteten Erwartungen erfüllen kann. Um Aussagen über die Effizienz der Anlage treffen zu können, bedarf es mindestens eines gan-

⁶ WBG/SWA 2019. KWA – Ein innovatives Energiekonzept. Ko-Vortrag von Herr Pohl (WBG) und Herr Viets (swaE) im Rahmen des TRAFIS-Workshop am 1.3.2019 in Augsburg.

zen Jahresverlaufs, um wegen Witterung (insbesondere Sonnenintensität) und auch Nutzungsverhalten (z.B. sind die Gastanks groß genug bzw. ausreichend für den Nutzungsbedarf?) die Anlageneffizienz einschätzen und die Anlagensteuerung entsprechend feinjustieren zu können.

Im Hinblick auf eine zuverlässige und sichere Versorgung der Mieter*innen mit Strom und Wärme arbeiten swaE und WBG mit **redundanten Systemen**, in dem sie Strom neben der PV-Anlage auch über Ökostrom aus dem Stromnetz und für Wärmeerzeugung durch das BHKW im Bedarfsfall auch Erdgas aus dem Gasnetz beziehen. Damit ist die Anlage robust gegenüber Ausfällen der P2G-Anlage.

Zum Zeitpunkt September 2019 war die Pilotanlage im Testbetrieb und lagen keine abschließenden Erkenntnisse zu ökonomischen oder ökologischen Potentialen vor.

3.1.3.3 Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks

Für das Fallbeispiel konnte im Rahmen der Prozessbegleitung bis März 2019 kein gemeinsamer Nachhaltigkeitscheck mit Mitarbeiter*innen von swaE und WBG durchgeführt werden. Daher basieren die nachfolgend dargestellten möglichen Nachhaltigkeitspotentiale der Kopplung auf Angaben und Äußerungen der swaE und WBG während der bisherigen Austauschprozesse, des Interviews vom November 2018, des Workshops vom März 2019 und weiterer Quellen. Soweit möglich, werden diese im Folgenden auf die unterschiedlichen Dimensionen des Nachhaltigkeitschecks bezogen.

Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur

Hierunter fallen die Aspekte Leistungsfähigkeit der Anlage sowie Fragen der technischen und organisatorischen Komplexität der Kopplung.

Mit einem Wirkungsgrad des Gesamtsystems (Elektrolyse, Katalyse, Kraft-Wärme-Kopplung KWK) von über 90% erreicht die Kopplung in der systemischen Verschaltung des Pilotprojektes eine sehr hohe Leistungsfähigkeit. Gleichzeitig bringt diese systemische Verschaltung eine hohe technische Komplexität mit sich, die in der Einschätzung der swaE gegenwärtig nicht ohne Weiteres in viele Kontexte übertragbar scheint – einzelne Komponenten daraus, wie etwa die Nutzung eines BHKW und von Contracting-Lösungen für Energie- und Wärmeversorgung hingegen schon. Auch unterstützt die Nutzung handelsüblicher Komponenten sowie die Einweisung des swaE-Personals durch EXYTRON in Wartung und Betrieb langfristig geringere technische Komplexität bzw. geringeren Aufwand in der technischen Anlagensteuerung für die swaE.

Organisatorisch ist die Kopplung über die contracting-Lösung mit der swaE gut und für die Mieter*innen versorgungssicher ohne hohe organisatorische Komplexität aufgestellt, da sämtliche Wartung und Störungsbehebung über ein Leitsignal direkt an die swaE gehen. Dadurch ist die WBG kaum organisatorisch involviert und bekommen Mieter*innen i.d.R. gar nicht mit, wenn etwas ausfällt. Aus Sicht der swaE bringt die technische Umsetzung der Kopplung zusätzliche Aufwände in der Betreuung der Anlage mit sich, für die die bisherige Ausbildung nicht optimal vorbereitet, aber die mit Anpassung der Ausbildung auf diese technischen Forderungen gut reagiert und damit die Funktionalität innerhalb des organisatorischen Gefüges gut dargestellt werden kann (siehe dazu auch Kapitel 4.1.3). Daher kann die organisatorische Komplexität über diese Lösung als gering angesehen werden.

Soziale und ökonomische Verträglichkeit

Dieses Kriterium betrachtet die Aspekte Qualität und Quantität der Dienstleistung, Folgeinvestitionen und ökonomische Konsequenzen für die Nutzenden sowie Wirtschaftlichkeit für die Betreibenden.

Qualität und Quantität der Dienstleistungen sind über redundante Systeme (Bezug von Ökostrom aus dem Stromnetz für Stromversorgung und aus dem Gasnetz für Wärmeversorgung und BHKW) und in gleichbleibender Weise sichergestellt.

Folgeinvestitionen und ökonomische Konsequenzen für die Mieter*innen (als Nutzer) ergeben sich nicht, da die Umsetzung des technischen Anlagen-Set-up im Kontext einer umfangreichen energetischen Sanierung der Gebäudehülle nicht zu Erhöhungen der Energiekosten führen durfte (Mietrechtsnovelle) und auch nicht geführt hat. D.h., dass die Energiepreise trotz umweltfreundlicher Versorgung stabil bleiben und sich langfristig bei erwarteten steigenden Energiekosten u.U. lokale Energieautarkie-Effekte über die Kopplung ergeben können, die Preiseffekte abpuffern könnten. Die Energieeinsparungen durch die Anlage und die energetische Sanierung (die nicht Teil der Kopplung war, aber zu Mieterhöhungen geführt hat) gehen im Sinne der Nebenkostenabrechnungen direkt an die Mieter*innen und sorgen so für leicht positive Wirkungen.

Die Wirtschaftlichkeit des technischen Anlagen-Set-up ist bisher aufgrund der hohen Investitionskosten, fehlender Umlagemöglichkeit der Kosten auf die Mieter*innen, nicht vorgesehener EEG-Vergütung für Energiespeicherung sowie aufgrund der EEG-Umlage und fehlender Projektförderung nicht gegeben – ohne die Bereitschaft der drei Partner EXYTRON, swaE und WBG Mehrkosten zu tragen, wäre das Pilotprojekt nicht realisierbar gewesen.

Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz

Diese Dimension betrachtet mögliche Wirkungen der Kopplung auf Primärenergiebedarf, Endenergiebedarf, Flächenbedarf, Ausmaß der schädlichen Bodenveränderungen, Emissionen Treibhausgase, Emissionen sonstiger umwelt- und gesundheitsgefährdender Stoffe, Lärmemissionen, Rohstoffbedarf, Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen, Abfallaufkommen, Wasserbedarf.

Durch die umfangreiche bauliche Sanierung, die das ganze Bestandgebäude energetisch auf Neubaustandard (KfW EH100) gehoben hat und die nicht Teil der Kopplung war, hat die WBG den CO₂-Ausstoß um 70% reduzieren und den Jahreswärmebedarf mehr als halbieren können. Weiterhin konnte durch die Umstellung der Wärmeversorgung von Heizöl auf Gas über das BHKW und zwei Gasthermen 74.000 Liter Heizöl eingespart werden, die vor der Systemumstellung jährlich für die Wärmeversorgung der Mieter*innen benötigt wurden.

Das technische Anlagen-Set-up trägt mit der o.g. Sanierung dazu bei, dass der Primärenergiebedarf nun vergleichbar mit KfW EH 40 ist. Für die Verbrennung wird der bei der Elektrolyse entstehende reine Sauerstoff anstelle normaler Luft verwendet, sodass bei der Verbrennung im BHKW und den Gasthermen nur CO₂ und Wasser entstehen. Das CO₂ aus der Verbrennung dient dann als Wertstoff zur synthetischen Gaserzeugung in der Methanisierung. Dadurch ist das technische System im Betrieb weitgehend CO₂-neutral und hilft sowohl den CO₂-Fußabdruck des modernisierten Bestandsgebäudes auf das Niveau eines Passivhaus-Plus-Standards abzusenken als auch erst für das Jahr 2050 vorgesehene Klimaschutzstandards in Bestandsgebäude und bereits heute einzuhalten (*siehe Fußnote 5 auf S. 54*). Darüber hinaus führt die Speicherung und zirkuläre Verwendung der Zwischenprodukte dazu, dass das System weder Stickoxide noch Feinstaub produziert.

Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen

Das Thema Versorgungssicherheit (z.B. Störungsanfälligkeit des Betriebs gegenüber äußeren klimabeeinflussten Einwirkungen) kam zur Sprache, aber nicht im Kontext wetterbedingter Störungen, sondern im Zusammenhang mit einem möglichen Ausfall der P2G-Anlage. Hier wurde hervorgehoben, dass die redundanten Systeme (Bezug von Ökostrom aus dem Stromnetz für Stromversorgung und aus dem Gasnetz für Wärmeversorgung und BHKW) auch bei einem Ausfall der P2G-Anlage die Strom- und Wärmeversorgung der Mieter*innen sicherstellen würden.

3.1.4 Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

3.1.4.1 Ziele der Kopplung

Im Fallbeispiel Steinfurt streben die Akteure des Kreises Steinfurt eine intersektorale Kopplung des Strom-, Wärme- und Mobilitätssektors sowie der Energiespeicherung an. Mittels Hydrolyse-Technologien soll der aus erneuerbaren Energien (EE) erzeugte Strom in Wasserstoff (im Sinne eines P2G-Systems) umgewandelt werden. Der „**grüne**“ **Wasserstoff** soll als Energieträger für den **Verkehr** bzw. für die **Wärmeproduktion** eingesetzt werden und kann zudem als **Speichermedium** für die spätere Nutzung der Energie dienen. Die Technologie kann zudem mittels IKT durch ein virtuelles Kraftwerk gesteuert werden.

Der Kreis Steinfurt hat sich das Ziel gesetzt, bis zum Jahr **2050 klimaneutral und energieautark** zu werden. Das bedeutet, dass die im Kreis benötigte Energie (Strom, Wärme, Mobilität) bis zum Jahr 2050 vollständig aus regionalen und erneuerbaren Quellen bereitgestellt werden soll (Kreis Steinfurt, 2010). Erreicht werden soll dieses Ziel einerseits durch eine Steigerung der Energieeffizienz und andererseits durch den Ausbau erneuerbarer Energien in der Region.

Damit die regionale Energiewende (insbesondere der Ausbau der Erneuerbaren Energien und der dazugehörigen Netzinfrastruktur) gelingen kann, muss die Nachfrage für den produzierten Strom sichergestellt werden (d.h. Abnehmer gefunden werden). Gleichzeitig soll die Energiewende im Kreis Steinfurt sich nicht allein auf eine „Stromwende“ beschränken, sondern auch den Wärme- und Mobilitätssektor einbeziehen.

3.1.4.2 Bestandteile und Stand der Kopplung

Vor diesem Hintergrund strebt der Kreis Steinfurt eine Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr an. Technisch soll dies durch die Installation von **Flexkraftwerken** (d.h. P2G bzw. P2X-Anlagen) erreicht werden. Diese wandeln den aus erneuerbaren Quellen (insbesondere Windkraft und Photovoltaik) erzeugten Strom via Elektrolyse in Wasserstoff (und per Katalyse in Methan) um. Der klimaneutral produzierte Wasserstoff kann als Brennstoff im Mobilitätssektor oder als Gas im Wärmesektor genutzt werden (Energiland2050 2016a). Gleichzeitig bieten Flexkraftwerke eine Möglichkeit, überschüssigen Strom zu speichern. Ergänzt wird das Angebot durch lokale Biogas-Anlagen, die entweder durch die Verstromung des Gases direkt Strom und Wärme liefern oder deren Biogas zu Methan in Erdgasqualität aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist wird.

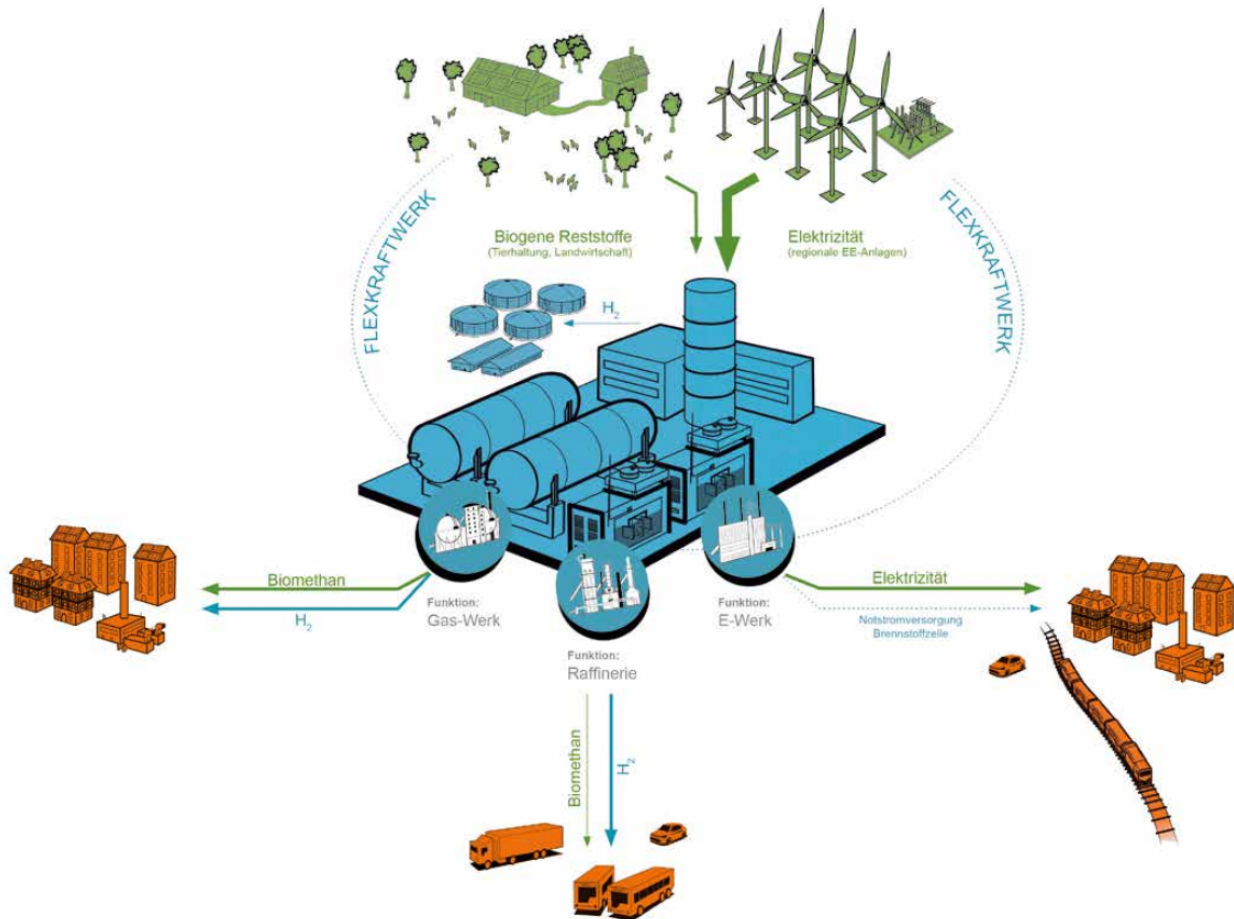
Dabei soll die durch die Flexkraftwerke angestrebte Sektorenkopplung dazu beitragen, die Klima- und Nachhaltigkeitsziele des Kreises Steinfurt zu erreichen. Bereits seit den 1990ern setzte sich das „Agenda-21-Büro“ des Kreises Steinfurt für die nachhaltige Entwicklung und den Ausbau erneuerbarer Energien in der Region ein. Anfang der 2000er Jahre entwickelten die Mitarbeiter*innen des Büros die Vision der Energieautarkie bis 2050 mit dem Leitmotto „regional, dezentral, CO₂-neutral“. Im Jahr 2010 schrieb die Kreisverwaltung Steinfurt den politischen Beschluss zur Energieautarkie bis 2050 im integrierten Klimaschutzkonzept des Kreises Steinfurt fest (Kreis Steinfurt, 2010). Im Jahr 2012 konkretisierten sich die Klimaschutzziele: Der Kreis Steinfurt wurde als Masterplankommune für das Förderprogramm „Masterplan 100% Klimaschutz“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ausgewählt und verpflichtete sich damit dazu,

- ▶ bis 2050 seine Treibhausgasemissionen um 95% gegenüber 1990 zu senken, sowie
- ▶ den Endenergieverbrauch um 50% gegenüber 1990 zu senken.

Zudem setzte die Förderung voraus, dass die kreisangehörigen Kommunen, Bürger*innen, lokale Unternehmen und weitere Schlüsselakteure in die Konzepterstellung zur Erreichung der Ziele und deren Umsetzung eingebunden werden. Unter Leitung des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit (Nachfolger des regionalen Agenda-21-Büros) erarbeiteten die genannten Akteure den „Masterplan 100% Klimaschutz für den Kreis Steinfurt“, der einen strategischen Rahmen und Zeitplan für die Umsetzung

der regionalen Energiewende bis 2050 festlegt. **Energiespeicherung** nimmt im Masterplan eine zentrale Rolle ein. Energiespeichertechnologien sollen es ermöglichen, Stromüberschüsse aus dem fluktuierenden Betrieb der erneuerbaren Energien regional zu speichern bzw. vom regulären, marktbasierten Stromangebot unabhängig nutzbar zu machen.

Abbildung 7: Schema der Steinfurter Flexkraftwerke



Quelle: Energieland 2050 (2016b), S. 19

Zum Zeitpunkt September 2019 waren die Flexkraftwerke weiterhin in der Phase der Entwicklung des Technologiesystems sowie der Erkundung von Szenarien und Ansätzen, dieses System in bestehende Strukturen zu integrieren (beispielsweise der Windenergieerzeugung im Landkreis, siehe Kapitel 4.1.4).

3.1.4.3 Ergebnisse des Nachhaltigkeitschecks

Für das Fallbeispiel konnte im Rahmen der Prozessbegleitung bis März 2019 kein gemeinsamer Nachhaltigkeitscheck mit Mitarbeiter*innen des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit durchgeführt werden. Daher basieren die nachfolgend dargestellten möglichen Nachhaltigkeitspotentiale der Kopplung auf Angaben und Äußerungen des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit während der bisherigen Austauschprozesse und weiterer Quellen. Soweit möglich, werden diese im Folgenden auf die unterschiedlichen Dimensionen des Nachhaltigkeitschecks bezogen.

Da die Planungsarbeiten für die Steinfurter Flexkraftwerke noch nicht abgeschlossen sind, lassen sich nur eingeschränkt und auf theoretischer Basis Aussagen zu ihrem Nachhaltigkeitspotential treffen.

Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur

Zum momentanen Zeitpunkt ist die technische und organisatorische Ausgestaltung der geplanten P2G-Anlagen im Detail noch nicht festgelegt. Verschiedene Optionen stehen zur Diskussion, beispielsweise für Elektrolyseur-Größe und Konfiguration, Standort, Konversionstechnologien und -konzepte, Nutzung der Nebenprodukte der Elektrolyse, sowie Verteilung, Anwendung und Vermarktung des Wasserstoffs. Daher kann die Funktionalität der Flexkraftwerke noch nicht eingeschätzt werden.

Soziale und ökonomische Verträglichkeit

Teil des Konzeptes der Steinfurter Flexkraftwerke und der regionalen Energiewende im Kreis Steinfurt ist es, die regionale Wertschöpfung zu steigern. Der gesellschaftliche Nutzen steht im Vordergrund. So können die Bürger*innen durch partizipative und transparente Prozesse den Ausbau erneuerbarer Energien in der Region mitgestalten. Über die Bürgerwindparks haben Bürger*innen zudem die Möglichkeit, sich direkt an der Erzeugung erneuerbarer Energien in der Region zu beteiligen und davon zu profitieren. Gewerbesteuerereinnahmen der Anlagen verbleiben im Kreis und kommen der Region zu Gute.

Die regionale Energiewirtschaft kann sich durch die Flexkraftwerke unabhängig machen von den schwankenden Energiepreisen der Strombörse und der Geschwindigkeit des deutschlandweiten Netzausbaus. Für EE-Altanlagen wird eine wirtschaftlich rentable Nachnutzung nach Ende der EEG-Förderung gesichert. Zugleich erweitert das „Energieland“ seine Produktpalette um Wasserstoff. So werden bestehende Arbeitsplätze gesichert und neue geschaffen. Insbesondere nach dem Ende der Steinkohleförderung im Jahr 2018 in Ibbenbüren bietet die regionale Energiewende und Nutzung von P2G-Technologie eine Perspektive: die Kohleregion wandelt sich zur „Energieresion“ (Kreis Steinfurt 2018).

Ferner sollen regionale Absatzmärkte prioritär bedient werden mit den erzeugten erneuerbaren Energien und Kraftstoffen. So könnten beispielsweise regionale Unternehmen mit langfristigen Lieferverträgen für Wasserstoff von einer Kostensicherheit und Preisstabilität gegenüber den globalen Märkten profitieren (Energieland2050 2016a).

Detaillierte Aussagen zur Frage der Wirtschaftlichkeit der geplanten Flexkraftwerke können zum derzeitigen (konzeptionellen) Planungsstand noch nicht getroffen werden. In den kommenden Jahren wollen die Steinfurter Akteure – finanziert durch NRW-Förderung zu Modellkommune Wasserstoffmobilität – ein Feinkonzept erstellen, dass sich u.a. mit der Wirtschaftlichkeit verschiedener Standorte und Geschäftsmodelle auseinandersetzen will.

Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz

Die geplanten Flexkraftwerke sollen maßgeblich dazu beitragen, die Klimaschutzziele des Kreises Steinfurt zu erreichen (d.h. vor allem bis 2050 die THG-Emissionen um 95% zu senken), indem sie

1. eine Speicheroption für die EE bieten und das fluktuierende Stromangebot ausgleichen können; sowie
2. die Sektoren Strom, Wärme und Mobilität miteinander koppeln und so die Nutzung regional erzeugter, erneuerbarer Energien für die Wärmeversorgung und Mobilitätsangebote ermöglichen.

Durch die zunehmende Nutzung von „grünem“ Wasserstoff im Wärme- und Mobilitätssektor können fossile Energieträger substituiert und dadurch der Ausstoß von THG reduziert werden. Voraussetzung dafür ist, dass sich der Verbrauch im Wärme- und Mobilitätssektor insgesamt nicht weiter erhöht, dass THG-Einsparungen kompensiert werden (Rebound-Effekt). Diese Problemstellung adressiert der Kreis Steinfurt jedoch bereits mit seinem zweiten Klimaziel, bis zum Jahr 2050 seinen Endenergieverbrauch um 50% gegenüber 1990 zu senken.

Neue THG könnten durch den Transport des erzeugten Wasserstoffs mit LKW entstehen. Da der Wasserstoff weitgehend innerhalb der Region verwendet werden soll, dürften die Emissionen allerdings gering ausfallen – vor allem im Vergleich zu importierten fossilen Kraftstoffen.

Sowohl für den Bau der Flexkraftwerke als auch für den Ausbau von EE im Kreis Steinfurt werden Rohstoffe benötigt. Dem gegenüber stehen potenzielle Rohstoffeinsparungen durch die Weiternutzung von Altanlagen nach Auslaufen der EEG-Förderung (Wind und PV). Ohne die Flexkraftwerke würden diese Anlagen möglicherweise aus dem Betrieb genommen oder sogar rückgebaut werden. Im Kreis Steinfurt betrifft das ab dem Jahr 2020 Anlagen im Umfang von 40 % (216 MW) der aktuell installierten Leistung (Kreis Steinfurt, 2018). Darüber hinaus könnten durch die geplanten Flexkraftwerke die bereits vorhandenen Gasinfrastrukturen weitergenutzt werden (Energierland 2050, 2016a).

Im Normalbetrieb der Anlagen entstehen keine Schadstoffeinträge in Boden, Luft oder Gewässer. Lärmemissionen wurden als eher gering und handhabbar durch technische und organisatorische Lärmschutzmaßnahmen eingeschätzt (Energierland 2050, 2016a).

Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen

Das Thema Versorgungssicherheit (z.B. Störungsanfälligkeit des Betriebs gegenüber äußeren klimabedingten Einwirkungen) kam im direkten Austausch mit dem Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit nicht zur Sprache. Thematisiert wird es allerdings in der Konzeptstudie zu den Steinfurter Flexkraftwerken (Energierland2050 2016a). Hier argumentieren die Steinfurter Akteure, dass die Energieversorgung insgesamt weniger störungsanfällig gegenüber dem Status Quo wäre, da sie dezentral organisiert sein wird (verbesserte Modularität) und unterschiedliche Energieträger zum Einsatz kommen (verbesserte Redundanz und Puffervermögen). Folglich wirkten sich „Ausfälle aufgrund von Netzüberlastung, klimatischen Ereignissen (Stürmen), Materialversagen oder Sabotage im Stromverbundnetz voraussichtlich weniger dramatisch auf die Versorgungssicherheit der Gesellschaft aus“ (ebenda, S. 30). Ein aus technischer Sicht autarker Netzbetrieb ist nicht vorgesehen. Im Falle eines Ausfalls des Flexkraftwerks als Stromerzeuger könnte die Versorgung mit Strom weiterhin über das Stromverbundnetz erfolgen. Gleiches gilt für die Bereitstellung von Erdgas. Offen bleibt, ob direkt genutzter Wasserstoff bei Störungen ersetzt werden kann. Dies ist davon abhängig, ob die Verbraucher bivalent ausgelegt werden und einen alternativen Energieträger, z.B. Methan zulassen.

3.1.5 Zusammenschau der Nachhaltigkeitspotentiale

In der Zusammenschau der potentiellen Nachhaltigkeitswirkungen der Infrastrukturkopplungen in den vier Fallbeispielen wird deutlich, dass die Einschätzungen sehr fallspezifisch sind und von den entsprechenden technologischen und sozio-ökonomischen Kontextbedingungen abhängen. Da die Fragen zur Einschätzung der Kriterien von den typischen Fallkonstellationen (siehe Kapitel 1.2) auf die spezifischen Fallbeispielkontexte angepasst (operationalisiert) wurden, unterscheiden sich auch die Kriterien teilweise voneinander. Ein Quervergleich über die verschiedenen Fallbeispiele hinweg ist daher nur bedingt zielführend. Daher sollen in dieser Zusammenschau nur die wesentlichen Befunde der vier Fallbeispiele nebeneinander dargestellt werden.

Tabelle 4: Zusammenschau potentieller Nachhaltigkeitswirkungen der Infrastrukturkopplungen

Nachhaltigkeitskriterium	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur				
Leistungsfähigkeit	Deutlich positiv durch Beitrag zur Stromnetzstabilisierung	Verbesserung der Zugänglichkeit und Vernetzung des Mobilitätsangebotes durch die Mobilitätsapp	sehr hoch (Wirkungsgrad >90%)	<i>kann noch nicht eingeschätzt werden</i>
technische Komplexität	Zunahme durch Kläranlagen-interne und externe (virtuelles Kraftwerk) Schaltungen	kurzfristig erhöhte Komplexität zur Umsetzung der App, aber langfristig durch die App verringerte technische Komplexität des Angebotsmanagements	hoch, längerfristig abnehmend	<i>kann noch nicht eingeschätzt werden</i>
organisatorische Komplexität	geringer zusätzlicher Aufwand durch Abstimmungsbedarf zwischen SWR Energie GmbH & Co. KG (für Energie) und SWR Stadtnetz Rödental GmbH & Co. KG (für Abwasser)	für die App-Etablierung und –Bereitstellung kurzfristig erhöht, langfristig durch etablierte IKT-Verknüpfung erleichtert	gering aufgrund guter Contracting-Lösungen	<i>kann noch nicht eingeschätzt werden</i>

Soziale und ökonomische Verträglichkeit

Nachhaltigkeitskriterium	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Qualität und Quantität der Dienstleistung	großräumig positive Effekte durch Stromnetzstabilisierende Wirkungen kleinräumig für Rödental ggf. Beeinträchtigungen durch externe Steuerung / Signale über ein virtuelles Kraftwerk	Beförderungsangebote in ihrer Verfügbarkeit besser sichtbar und über Best-Price Buchung ökonomisch	über Redundanzen in gleichbleibender Weise sichergestellt	<i>keine Angaben</i>
Bedarfe an Folgeinvestitionen	geringfügiger Bedarf in Zusammenhang mit Bedarf an einem sicheren Internet-Anschluss über eigenes Glasfasernetz	ggf. (Neu)Anschaffung mobiler Endgeräte für App-Nutzung	ergeben sich nicht	<i>keine Angaben</i>
ökonomische Konsequenzen für die Nutzenden	ggf. leicht positive Wirkungen, wenn durch geringe Einnahmen aus der Regelenergiebeteiligung Abwassergebühren ggf. leicht gesenkt werden könnten	kurzfristig Rabatte bei online-Nutzung von Tickets; langfristig keine Preisänderungen durch die Mobilitätsapp	keine Erhöhung der Energiekosten leicht positive Wirkungen durch Energieeinsparungen der Anlage über geringere Nebenkostenabrechnungen	über Bürgerwindparks besteht die Möglichkeit, sich direkt an der Erzeugung erneuerbarer Energien in der Region zu beteiligen und davon zu profitieren
Wirtschaftlichkeit für die Betreibenden	<i>keine Angabe</i>	Wirtschaftlichkeit durch demographische Entwicklung in Augsburg, da potentiell mehr Kundschaft verfügbar	Wirtschaftlichkeit aufgrund hoher Investitionskosten und fehlender EEG-Vergütung für Energiespeicherung nicht gegeben	Gewerbesteuerereinnahmen der Anlagen verbleiben im Kreis und kommen der Region zu Gute hängt stark von der Ausgestaltung ökonomischer Optionen und der Nachfrage ab
Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz				

Nachhaltigkeitskriterium	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Primärenergiebedarf	<i>keine Angaben</i>	Senkung durch potentiell mehr ÖPNV-Nutzung	Primärenergiebedarf durch technisches Anlagen-Set-up und energetische Gebäudesanierung vergleichbar mit KfW EH 40	<i>keine Angaben</i>
Flächenbedarf	<i>keine Angaben</i>	keine Veränderung durch App	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>
Emissionen Treibhausgase	keine Veränderung	Senkung durch potentiell mehr ÖPNV-Nutzung	bei der Verbrennung im BHKW und den Gasthermen entstehen nur CO ₂ und Wasser => weitgehend CO ₂ -neutral	Senkung durch Speicheroption für EE und durch zunehmende Nutzung von „grünem“ Wasserstoff im Wärme- und Mobilitätssektor Potentiell neue THG durch Transport des erzeugten Wasserstoffs mit LKW – jedoch vorwiegend in der Region
Emissionen sonstiger umwelt- und gesundheitsgefährdender Stoffe	<i>keine Angaben</i>	Senkung durch potentiell mehr ÖPNV-Nutzung	Durch Speicherung und zirkuläre Verwendung der Zwischenprodukte produziert das System weder Stickoxide noch Feinstaub	Im Normalbetrieb der Anlagen entstehen keine Schadstoffeinträge in Boden, Luft oder Gewässer
Lärmemissionen	keine Veränderung	keine Veränderung durch App	<i>keine Angaben</i>	Lärmemissionen wurden als gering und handhabbar durch technische und organisatorische Lärmschutzmaßnahmen eingeschätzt

Nachhaltigkeitskriterium	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Rohstoffbedarf	keine Veränderung	keine Veränderung durch App	<i>keine Angaben</i>	Bau der Flexkraftwerke und Ausbau erneuerbarer Energien im Kreis Steinfurt benötigen Rohstoffe potenzielle Rohstoffeinsparungen durch die Weiternutzung von Altanlagen nach Auslaufen der EEG-Förderung (Wind und PV)
Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen	keine Veränderung	keine Veränderung durch App	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>
Abfallaufkommen	keine Veränderung	keine Veränderung durch App	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>

Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen

Einfluss auf die Störungsanfälligkeit	Beteiligung am Regelenergiemarkt mit eigenerzeugter Energie stabilisiert Energieversorgungsnetz für Kläranlage	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>	Dezentrale Organisation der Energieversorgung verringert Störungsanfälligkeit
(Funktions-)Ausfall und mögliche Einschränkungen in der Bereitstellung	negative Auswirkungen bei zentraler Steuerung durch virtuelles Kraftwerk gesehen (Abwasserreinigung darf nicht eingeschränkt werden)	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>	Dezentrale Energieversorgung und redundante Systeme verringern Auswirkungen von Ausfällen

Nachhaltigkeitskriterium	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Größere, lokal bestehende Verfügbarkeit von Dienstleistungen	deutlich positive Auswirkungen durch größere Vielfalt und Ersetzbarkeit von Energiequellen	geringfügig positiven Effekt durch Korrelation der Anzahl der Nutzenden (Anstieg durch App erwartet) und Angebot (das bei mehr Nutzenden ausgebaut werden müsste [bspw. Taktung, Strecken])	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>
Handlungsmöglichkeiten der Akteure auf lokaler/regionaler Ebene zur Überwindung möglicher Systemstörungen	deutlich positive, da im Gegensatz zu zentralisierter Energieversorgung mehr Handlungsfreiheit für Eigenversorgung erwartet wird	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>	<i>keine Angaben</i>

Mit Blick auf Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur zeigt sich in allen Fallbeispielen, für die Einschätzungen zur Funktionalität gemacht werden konnten (alle bis auf das Fallbeispiel Steinfurt), eine deutlich positive Wahrnehmung der Leistungsfähigkeit. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die technische Komplexität durch die Kopplung z.T. deutlich zunimmt, aber im Zeitverlauf geringer bzw. durch Lerneffekte gut handhabbar wird. In ähnlicher Weise wird auch eine geringe Zunahme der organisatorischen Komplexität durch die Kopplung erwartet, die sich aber langfristig durch etablierte Kontakte und Prozesse verringern wird.

Hinsichtlich der sozialen und ökonomischen Verträglichkeit der Kopplung werden ausschließlich positive Effekte der Kopplung auf Qualität und Quantität der Dienstleistung gesehen. In zwei der vier Fallbeispiele wurden geringe Bedarfe an Folgeinvestitionen gesehen, die zu weiteren, mit der Kopplung verbundenen Kosten auf Seiten von Betreibenden und Nutzenden führen könnten. Ökonomische Konsequenzen für die Nutzenden wurden in allen vier Fallbeispielen aufgrund von Kostenersparnis und Gewinnbeteiligungsoptionen als geringfügig positiv gesehen. Ein sehr diverses Bild ergibt sich für die Wirtschaftlichkeit für die Betreibenden, die aufgrund hoher Investitionskosten in einem Fallbeispiel als negativ, in anderen Fallbeispielen durch Annahme wachsender Nutzendenkreise als positiv gesehen wird. Die Nachfrageentwicklung wird in einem weiteren Fallbeispiel als entscheidend dafür angesehen, ob Wirtschaftlichkeit für die Betreibenden zukünftig gegeben sein wird.

Bezüglich Ressourcenschonung und Ressourceneffizienz werden in den vier Fallbeispielen ganz überwiegend positive Effekte gesehen, insbesondere mit Blick auf eine Senkung des Primärenergiebedarfs und der THG-Emissionen. Letztere werden im Fallbeispiel Rödental als durch die Kopplung nicht verändert betrachtet, während im Fallbeispiel Steinfurt trotz der vermutlich überwiegend THG-Emissionen senkenden Wirkung der Kopplung auch neue THG-Emissionen durch den regionalen Transport grünen Wasserstoffs mit LKWs möglich erscheinen.

Mögliche Effekte auf die Versorgungssicherheit im Kontext wetterbedingter Störungen wurden insgesamt nur für drei der vier Fallbeispiele (nicht im Fallbeispiel P2G in Augsburg) eingeschätzt. Während für die Kopplungen in den Fallbeispielen Rödental und Steinfurt aufgrund stärker dezentralisierter Energieerzeugung bzw. -versorgung ein positiver Einfluss auf die Störungsanfälligkeit gesehen wird, gehen die Einschätzungen zum (Funktions-)Ausfall und möglichen Einschränkungen in der Bereitstellung auseinander. Aufgrund der zentralen Einbindung technischer Komponenten der KA in Rödental in ein virtuelles Kraftwerk werden hier Einschränkungen als möglich erachtet. Für Steinfurt wird angenommen, dass die dezentralen und damit mehrfachen, redundanten Erzeugungssysteme Einschränkungen in der Bereitstellung von Strom verringern können. Positive Effekte im Sinne einer größeren, lokal bestehenden Verfügbarkeit von Dienstleistungen werden für die Fallbeispiele Rödental und Mobilitätsapp in Augsburg gleichermaßen wahrgenommen. Für das Fallbeispiel Rödental kommt als möglicher positiver Effekt noch hinzu, dass im Gegensatz zu zentralisierter Energieversorgung mehr Handlungsfreiheit für die Eigenversorgung erwartet wird.

3.2 Systemanalyse: Transformationsprozesse in den Fallbeispielen – wesentliche Einflussfaktoren und Akteure in den Nischeninnovationen

Die Systemanalyse zu den Transformationsprozessen in den vier begleiteten Fallbeispielen untersucht, welche (technischen; organisatorischen; wirtschaftlichen; gesellschaftlichen; und politisch-regulatorischen) Faktoren und Akteure in den Nischeninnovationen (förderlichen oder hinderlichen) aus Sicht der Infrastrukturverantwortlichen der Fallbeispiele Einfluss auf Infrastrukturkopplungen bzw. deren Weiterentwicklung ausüben.

Kapitel 3.2.1 stellt die Einflussfaktoren, die von den Fallbeispielakteuren in den vor-Ort-Treffen, Interviews und Workshops als relevant genannt wurden, unterteilt nach Wirkungsbereich technisch, organisatorisch, wirtschaftlich, gesellschaftlich und politisch-regulatorisch dar. Wenn es Erkenntnisse aus

den vor-Ort-Treffen, Interviews und Workshops gab, wird pro Wirkungsbereich jedes Fallbeispiel berücksichtigt; fehlt in der Beschreibung von Einflussfaktoren ein Fallbeispiel, dann wurden dort die jeweiligen Einflussfaktoren nicht benannt. Am Ende des Kapitels 3.2.1 wird eine kurze Zusammenschau der wesentlichen Einflussfaktoren über die Fallbeispiele hinweg gegeben.

Kapitel 3.2.2 enthält ein Fazit zur Validierung der Befunde zu Einflussfaktoren aus der Analyse neun abgeschlossener Fallbeispiele (siehe Kapitel 1.2; Hölscher et al. 2020) mit den Befunden aus der Prozessbegleitung der vier laufenden Fallbeispiele zu Gemeinsamkeiten und Unterschieden.

Kapitel 3.2.3 umfasst die pro Fallbeispiel als relevant benannten Akteure.

3.2.1 Einflussfaktoren in den Nischeninnovationen

3.2.1.1 Technische Einflussfaktoren

Technische Einflussfaktoren umfassen solche Faktoren, die u.a. über technische Anlagen-Set-ups, Verfügbarkeit und Anwendbarkeit von Technologien sowie über vorhandene technische Strukturen förderlich oder hemmend Einfluss auf die Nischeninnovationen nehmen.

Förderlich wirkende technische Einflussfaktoren

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Das technische System der Kläranlage (KA) in Rödental bietet mehrere Ansatzmöglichkeiten, um energieerzeugende bzw. -verbrauchende Systemkomponenten ohne Auswirkungen auf die Sicherstellung der Abwasserreinigungsfunktion in ein DSM zu integrieren:

- ▶ *Faulgasspeicherung und Gasverbrennung über Mikrogasturbinen* – Das entstehende Klärgas wird in einem separaten Gasspeicher gespeichert und in der Klärgasverbrennung mit zwei Mikrogasturbinen (mit jeweils 30 kW elektrischer und 70 kW thermischer Leistung) solange verbrannt, bis ein Mindestfüllstand im Gasspeicher unterschritten wird. Der so erzeugte Strom wird für den Eigenbetrieb der Kläranlage verwendet und ersetzt hier anteilig extern zugeführten Strom. Die verbleibende Wärme wird zu 100% für die Klärschlamm-trocknung verwendet. Langfristig soll ein Rührwerk in den Faulturm eingebaut werden, wodurch die Wärmezufuhr flexibler gehandhabt werden kann und ein flexibleres An-/Abfahren der Mikrogasturbinen unterstützt würde.
- ▶ *Notstromaggregat (NA)* – Mit einer Leistung von 400 kW birgt das im Herbst 2017 angeschaffte NA für eine Regelennergiebeteiligung gutes Potential und kann es abzüglich des Energiebedarfs der KA noch ca. 2,5-3% des Energiebedarfs von Rödental decken. Das NA dient primär dem Netzersatz für die KA und damit vorrangig der Sicherstellung der Klärleistung. Um das NA in den Regelenenergiemarkt einzubinden, müssen noch vertragliche Vereinbarungen mit dem virtuellen Kraftwerksbetreiber Next Energie (aus Köln) geschlossen werden. Dabei kann die Schaltung über Next als virtuelles Kraftwerk so umgesetzt werden, dass die Regelennergiebeteiligung nachrangig gegenüber dem Primärzweck der Blackout-Absicherung ist: bei betriebsbedingter Außerbetriebnahme (zum Zwecke der Wartung und definitiv im Notstromfall) kann das NA aus dem Regelangebot abgemeldet werden, also hat die Kläranlage die letzte Entscheidungsgewalt über An- und Abfahren. Durch Installation einer digitalen Schaltbox für den Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) bzw. den Regelenenergievermarkter auf der fernsteuerbaren zentralen Schaltung der KA kann das NA dann ohne Auswirkungen auf den Betrieb der KA innerhalb von 5 Minuten ein- und ausgeschaltet werden.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Die systemische Verkopplung der technischen Komponenten im Anlagen-Set-up erlaubt einen Nutzungsgrad von über 90% – dieser ist in anderen Power-to-Gas (P2G)-Systemen nicht (ohne Weiteres)

zu erreichen. Darüber hinaus ermöglicht die zukunftsfähige technische Kopplung auch, CO₂-neutral zu sein und NO_x-Emissionen und Feinstäube nahezu auszuschließen.

Die entsprechende Anlagentechnik ist in ihren Einzelkomponenten BHKW und Brennwertthermen heute bereits Standardsortiment und stellt für diese Komponenten keine besonderen Anforderungen an Einbau und Wartung. Zwar ist diese komplexe systemische Verschaltung inklusive der EXYTRON-Technologie (noch) nicht ohne die entsprechenden Qualifikationen übertragbar (in ca. 5-10 Jahren dürfte das kein Problem mehr sein), aber die wesentlichen Komponenten BHKW, regenerative Energieerzeugung im/am Objekt und Contracting sind gut übertragbar in verschiedene Regionen

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Technologien zur effizienten Nutzung von Wasserstoff in Brennstoffzellen waren zum Zeitpunkt der Strategiedialoge (2015-2016) seit mehreren Jahren erfolgreich erprobt. Auch Informationen zur P2G-Technologie waren verfügbar. Beispielsweise stellte die deutsche Energieagentur (dena) seit 2011 Informationen zur Technologie auf ihrer „Strategieplattform Power To Gas“⁷ bereit.

Förderlich war zudem, dass das Konzept der Steinfurter Flexkraftwerke an die Pläne für ein regionales Quartiersmanagement anknüpfen konnte, die auch eine gasbasierte Wärmeversorgung von Gebäuden (für Raumwärme und Warmwasser) vorsehen. Die Nutzung von Wasserstoff als Brennstoff im Wärmesektor könnte so ermöglichen, die bestehenden Strukturen im Gasbereich dauerhaft weiter zu nutzen.

Hemmend wirkende technische Einflussfaktoren

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Die technischen Systemerfordernisse der KA lassen einen stromnetzdienlichen Betrieb nur im Hinblick auf das NA sowie die Mikrogasturbinen zu – letztere bieten mit zwei Mal 30 kW elektrisch jedoch nur ein geringes energetisches Potential für eine Regelennergiebeteiligung bzw. könnten nur im Rahmen eines Poolings verschiedener Komponenten der KA sinnvoll eingesetzt werden.

Andere energieerzeugende und –verbrauchende Systemkomponenten der KA kommen aufgrund ihrer Bedeutung für die Abwasserreinigungsfunktion der Kläranlage nicht in Betracht (z.B. Abwasserhebewerke und die Gebläse in der biologischen Stufe). Vorrang vor Überlegungen zur Flexibilisierung des Anlagenbetriebes in Hinblick auf positive (und negative) Regelleistung am Strommarkt muss immer die Sicherstellung der Stabilität der biologischen und verfahrenstechnischen Prozesse sowie der Ablaufparameter der Kläranlage haben. Spielräume für DSM ergeben sich nur, wenn das sichergestellt ist.

Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Im Rahmen der bisherigen IKT-Schnittstellenentwicklungen wurde festgestellt, dass das Angebot „Streifenkarte“ nicht zur App im Smartphone passt, da diese in der technischen Umsetzung von x Streifen für eine Anzahl von y Fahrten nicht leicht verständlich ist und von den Nutzenden oftmals falsch gebucht wird. Weiterhin ist es bisher auch technisch kaum lösbar, die Übertragbarkeit des Abos auf andere Personen bei Premium-Abo-Besitz mit dem Smartphone bzw. über die App sicherzustellen.

Darüber hinaus fehlt es an der Infrastruktur, wie Lese- und Prüfgeräte, um den entsprechenden Zugang zu den Mobilitätslösungen im Sinne von be-in/be-out einfacher zu gestalten.

⁷ <http://www.powertogas.info/>

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Die Kopplung bringt eine hohe Komplexität mit sich, da vom Batteriespeicher über die Methanisierung bis zum Zusammenspiel mit der Wärmepumpe alles aufeinander abgestimmt arbeiten muss. Dieses System in eine effiziente Regelung zu bringen ist eine große technische Herausforderung.

Bei der Errichtung des technischen Anlagenaufbaus im Keller des Bestandsgebäudes wurde festgestellt, dass die Raumhöhe zu gering war. Daher mussten die Böden abgesenkt und so die Raumhöhen vergrößert werden, was mit hohem zusätzlichen zeitlichen und ökonomischen Aufwand für die WBG verbunden war.

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Das regionale Stromverbundnetz ist als monodirektionales Verteilnetz für Großerzeugeranlagen konzipiert und sah nur in sehr geringem Umfang vor, dezentrale Erzeugungsanlagen einzubinden und Speicher vorzuhalten. Ein Ausbau von Speichern, die kurz- oder langfristig Angebots-Nachfrage-Differenzen im Stromverbundnetz ausgleichen können, hat derzeit aufgrund eines nach wie vor umfassenden Grundlastangebotes aus technischer Sicht noch keine Priorität.

3.2.1.2 Organisatorische Einflussfaktoren

Organisatorische Einflussfaktoren nehmen u.a. über Einstellungen zu und Bereitschaft für (Investitionen in) Nachhaltigkeitsinnovationen, über bestehende Akteursnetzwerke, Zusammenarbeit und Vertrauen sowie über das Personal und dessen Ausbildung förderlich oder hemmend Einfluss auf die Nischeninnovationen in den Fallbeispielen.

Förderlich wirkende organisatorische Einflussfaktoren

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Hier traten der Wille zur Optimierung und Innovationsfreudigkeit sowohl auf Ebene der Mitarbeitenden als auch der kommunalen Entscheider als förderlicher Faktor zu Tage. Geschäftsführung und Team der SWR sind ein wesentlicher Treiber der lokalen Energiewende und suchen kontinuierlich nach Möglichkeiten, um zum Gelingen der Energiewende aus der dezentralen Lage eines kleinen Stadtwerkes heraus Beiträge zu leisten. Diese Triebkraft ist essentiell, um Veränderungen nicht nur zu bewältigen, sondern auch mitgestalten zu können (change agents).

Weiterhin bestehen auch gute organisatorischen Voraussetzungen, da wichtige handelnde Akteure interessiert sind. So konnten die SWR den 2. Bürgermeister für das Thema DSM interessieren.

Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Die Diversifizierung der Mobilitätslösungen der Stadtwerke Augsburg wird stark von der Geschäftsführung forciert. Die swaV haben im Jahre 2018 einen neuen Organisationsbereich „Multimobilität“ eingeführt, die Mobilitätsangebote der swaV fahrzeugübergreifend koordinieren und zu Angeboten zusammenführen soll. Die Arbeit umfasst neben den klassischen Aufgabenfeldern Bus und Straßenbahn die Integration der Aufgabenfelder Carsharing, Bike- und neuerdings auch Ridesharing. Diese Mobilitätsdienstleistungen sollen neue Kund*innen-Gruppen erschließen.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Wichtige förderliche Faktoren sind die Zukunft- und Nachhaltigkeitsorientierung, Selbstwahrnehmung und Einstellung der WBG, sowohl auf Ebene der Geschäftsführung als auch der Mitarbeiter*innen. Die WBG ist stolz darauf, das erste Wohnungsunternehmen in Deutschland zu sein, das eine P2G-Anlage in ein Bestandsgebäude einbaut, bei der der Strom in erster Linie direkt am Erzeugungsort verbraucht

und der überschüssige Strom vor Ort in Gas umgewandelt wird. Solche innovativen Pilotumsetzungen sind auch ein Zugpferd, um guten Ausbildungsnachwuchs und Mitarbeiter*innen zu gewinnen.

Als kommunales Unternehmen hat die WBG eine hohe Bereitschaft für innovative Investitionen. In Verbindung mit der Offenheit der WBG-Geschäftsführung und Mitarbeiter*innen, innovative Projekte anzugehen, erlaubt diese Erprobungsbereitschaft auch dieses Pilotprojekt umzusetzen, wenngleich die ökonomische Tragfähigkeit des Pilotprojektes noch nicht beantwortet werden kann. Alle drei Kernpartner der Umsetzung des Pilotprojektes (EXYTRON, swaE und WBG) nehmen Extrakosten in Kauf, da sie jeweils essentielle Erfahrungen aus dem Pilotprojekt erwarten und mitnehmen:

- ▶ EXYTRON sammeln Erfahrungen, wo sie in ihrer Technologie nachbessern müssen, um auch weiterhin Wettbewerbsvorteile am Markt zu erzielen;
- ▶ swaE hat im Hinblick auf technische Wartung dieser Anlagentechnologie und Multiplikatorenwirkung zu diesem Energieversorgungskonzept dazugelernt.
- ▶ WBG hat z.B. dazugelernt, wo man diese Technologie wie unterbringen kann – das muss nicht im Gebäude selbst, sondern könnte auch in Nebengebäuden vorgenommen werden. Das würde auch aufwändige bauliche Veränderungen, wie im Falle der Kellerraumerhöhungen, vermeiden helfen.

Hier waren die langjährige Zusammenarbeit (seit den frühen 2000er-Jahren) und die daraus geborenen guten Erfahrungen und das Vertrauen ein wesentlicher Faktor dafür, das Pilotprojekt gemeinsam mit swaE zu wagen und sich auch auf den neuen Anlagenaufbau mit der EXYTRON-Anlage einzulassen. Die Kosten für die Umsetzung der Pilotanlage sollen sich innerhalb von ca. 15 Jahren amortisieren.

Die swaE-Mitarbeitenden wurden von EXYTRON eingewiesen, sodass die meisten Störungen an der Anlage von der swaE behoben werden können. Langfristig soll das Gesamtsystem dann von swaE übernommen werden, wodurch sie dort die entsprechende Expertise und Qualifikationen für weitere Errichtungen und Nutzungen solcher Kopplungen erwerben und aufbauen können.

Die Wartung und Reparatur der Anlage ist über swaE organisiert und über ein Leitsystem mit Fernwartung verbunden. Darüber gehen alle Störungen automatisch an die swaE und bekommen die Mieter*innen i.d.R. gar nichts von Funktionsstörungen und Ausfällen mit. Ohne diese Contracting Lösung mit der swaE hätte sich das Pilotprojekt nicht (in dieser Weise) umsetzen lassen.

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Die Kreisverwaltung verfügt über viel Erfahrung mit Klimaschutzprojekten. Schon Ende der 1990er setzte sich der Kreis Steinfurt über das Agenda-21-Büro für Klimaschutz und Nachhaltigkeit ein. Durch das Agenda-21-Büro und seine Zusammenarbeit mit den Kommunen, lokalen Vereinen und Organisationen bestand eine gute Vernetzung der Akteure. Aktivitäten der Kreisverwaltung für die regionale Energiewende und die Planung der Flexkraftwerke konnten dadurch an vorhandene Strukturen, Netzwerke und eine gut etablierte Kommunikationskultur – vor allem mit den 24 Kommunen – anknüpfen.

Aus dem Agenda-21-Büro entstand im Jahr 2013 das Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Durch den Amtstitel verbesserte sich die Wahrnehmung des Amtes und neue Gestaltungsspielräume eröffneten sich. Zudem ist das Amt organisatorisch direkt dem Landrat zugeordnet. Der kurze Dienstweg wirkt sich begünstigend auf die weitere Planung und Umsetzung der regionalen Energiewende aus.

Begünstigend war auch ein hohes Bewusstsein für Klimaschutz bei politischen Entscheidungsträger*innen auf Kreis- und kommunaler Ebene. Mit ihren Ideen, Visionen und politischen Pioniergeist für die Klima- und Energiepolitik ist die Kreisverwaltung der Bundes- und Landespolitik weit voraus.

Hemmend wirkende organisatorische Einflussfaktoren

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Als ein Hindernis wird eine Risikoscheu auf kommunaler Ebene gesehen – Kommunen nutzten als Argument häufig, dass sie sich diese Aktivitäten nicht leisten könnten. Darüber hinaus wird das kommunalwirtschaftliche Betätigungsverbot für Aktivitäten mit Gewinnerzielungsabsicht durch Stadtwerke, als ein Hindernis gesehen. Das gelte z.B. in Sachen Anbieten von Mobilität als Teil der Daseinsvorsorge.

Die vielen kleinen, dezentralen Energieerzeuger, wie z.B. Stadtwerke, sind im Rahmen der Energiewende für eine Netzstabilisierung technisch nötig und daher wichtige Akteure. Sie haben jedoch oftmals Problem mit dem Marktzugang im Vergleich mit den großen Energieversorgern. Hier wird eine Verdrängung durch die großen Energieversorger wahrgenommen, die so den Übergang in eine dezentrale, erneuerbare Energieversorgung, z.B. durch die vielen Stadtwerke vor Ort, hemmen.

Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Mit Blick auf das Ziel der swaV, den Kund*innen am Monatsende im Rahmen eines gemeinsamen Abrechnungs-/Buchungssystems eine einzige Mobilitätsrechnung für alle in Anspruch genommenen unterschiedlichen Mobilitätsdienstleistungen auszustellen, werden organisatorische Hemmnisse gesehen. So müssen z.B. Werbewidersprüche der Nutzenden unterschiedlicher Apps bei der Datenweitergabe aufgegriffen bzw. berücksichtigt werden; unterschiedliche Datensätze müssen integriert und Dubletten teilweise mit Unterschieden in den Bezeichnungen identifiziert und bereinigt werden etc.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Im Zusammenhang mit einer beantragten finanziellen Förderung des Pilotprojektes durch KfW und DBU hat die Zeit, die die Geldgeber für die Prüfung der Anträge benötigt haben für Zeitdruck auf Seiten der WBG und swaE gesorgt. Dadurch musste der Auftrag in der internen Beschaffungslogik der swaE schon vergeben werden, bevor die Prüfung durch die KfW abgeschlossen war. Und obwohl die swaE sich durch mehrfache Nachfrage kommunikativ absicherte, dass ein vorzeitiger Beginn der Maßnahme zulässig sei und diesen auch angezeigt hat, hat die KfW die Förderung zurückgezogen mit dem Hinweis darauf, dass vorzeitiger Beginn stattgefunden habe.

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Es gab Widerstand gegen den Ausbau der Windenergie innerhalb der Verwaltung, der einen durchgängigen Konflikt zwischen den Akteuren auf Kreisebene darstellte. Hier spielten zum einen Argumente des Artenschutzes eine Rolle. Zum anderen wurde der Ausbau der Windenergie als „freiwillige Leistung“ wahrgenommen, zu welcher der Kreis Steinfurt nicht verpflichtet sei.

3.2.1.3 Wirtschaftlich Einflussfaktoren

Wirtschaftliche Einflussfaktoren umfassen u.a. Investitionskosten, Möglichkeiten zur Amortisierung, Strompreise und Regelenenergieerlöse, neue Geschäftsmodelle und fehlende wirtschaftliche Honorierung von Stromspeicherung förderlich oder hemmend Einflüsse auf die Nischeninnovationen.

Förderlich wirkende wirtschaftliche Einflussfaktoren

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Zur Umsetzung der Blackout-Absicherung der Kläranlage (KA) durch das NA stehen der Kommune gewisse finanzielle Mittel zur Verfügung, die allerdings die Kosten für die Anschaffung des NA nicht abdecken; ein Sekundärnutzen mit möglichen Erlösen aus dem DSM ist daher ein gesuchter Nebeneffekt.

Mit dem politischen Beschluss, bis 2022 aus der Atomenergie auszusteigen, wird erwartet, dass der Regelbedarf zur Netzstabilisierung zunehmen wird. Damit dürften zukünftig Zeitfenster entstehen, in denen die erzielbaren Preise eine Regelennergiebeteiligung der KA wirtschaftlich interessant macht.

Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Mit der Einführung des Elektro-Car-Sharing wird darüber nachgedacht, auf Kundenkarten zu verzichten und die Buchungen ausschließlich über mobiles Internet (Smartphones) abzuwickeln. Damit können die Kosten für die Karten eingespart und entsprechend die Grundgebühr erlassen werden – beides kann die Attraktivität des Elektro-Carsharings steigern.

Über eine Rabattaktion für Streifenkarten als e-Fahrscheinen konnte die swaV bereits die Anzahl Nutzer*innen der online-Angebote steigern und den Kund*innen so ökonomische Vorteile gewähren.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Für die Wohnungswirtschaft ist diese Anlage im Rahmen der CO₂-Neutralität zusätzlich zu oder anstelle von umfangreichen Gebäudehüllenmodernisierungen interessant. Das technische Set-up kann Gebäude-bezogene Klimaschutzvorgaben einhalten helfen und damit den Aufwand und die Kosten für weitere Modernisierungsmaßnahmen verringern helfen. Insbesondere in Altbaubeständen können bestehende energetische Vorgaben oftmals technisch nicht oder nur unter wirtschaftlich nicht verhältnismäßigen Kosten eingehalten werden. Hier bietet das technische Set-up, wie im Pilotprojekt umgesetzt, das Potential, CO₂-Werten im Gebäudebereich kostengünstiger einzuhalten.

Für die swaE stellt das im Pilotprojekt erprobte Contracting ein Geschäftsmodell dar, wie Stadtwerke zukünftig Gebäude beheizen und durch den Verkauf von Erdgas bzw. Wärme Geld verdienen können. Damit tragen solche Contracting-Lösung längerfristig zur Autonomie der swaE bei.

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Im Zusammenhang mit niedrigen Strompreisen an der Leipziger Strombörse im Jahr 2016 äußerten Windparkbetreiber*innen im Kreis Steinfurt die Sorge, dass bei solchen Preisen kein verlustfreier Betrieb ihrer Anlagen nach Auslaufen der EEG-Förderung möglich sein wird. Dieser Umstand führte den Steinfurter Akteuren die Abhängigkeit der EE-Erzeugung vom Strommarkt vor Augen und befeuerte die Suche nach einer alternativen Nachnutzung nach Ende der EEG-Förderung.

Energie- bzw. klimapolitisch motivierte finanzielle Förderprogramme haben für die bisherige Entwicklung im Kreis Steinfurt in Richtung Energieautarkie eine zentrale Rolle gespielt. Das Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit hat sehr erfolgreich Fördermittel akquiriert und damit die regionale Energiewende als Thema innerhalb der Kreisverwaltung strukturell verankern sowie weiterer Akteure einbinden und Netzwerk aufbauen können. Allein über Haushaltsgelder wäre dies nicht möglich gewesen.

Hemmend wirkende wirtschaftliche Einflussfaktoren

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Die an der Strombörse erzielbaren Preise machen eine Regelennergiebeteiligung der Kläranlage zurzeit ökonomisch unrentabel, da z.B. die Preise für die Bereitstellung von Leistung ohne Arbeitserbringung (d.h. Bereitstellen des Potentials, Energie zu verbrauchen oder zu erzeugen ohne, dass das Potential in Anspruch genommen wird, also ohne Lastfall) auf 0 EUR gefallen sind. Sehr geringe Vergütungen im Lastfall könnten die Kosten für die Bereitstellung der Leistung (z.B. Personalaufwand zum Schalten der Signale (an- oder abfahren) oder auch Kosten für Heizöl zum Aufwärmen des Gasbehälters etc.) nicht decken.

Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Im Stadtrat wurde im Frühjahr 2019 vorgeschlagen, ein kostenloses Cityticket einzuführen, das es allen Bürger*innen und Besucher*innen erlaubt, einen ca. 8 Haltestellen umfassenden Bereich in der Innenstadt kostenlos zu nutzen. Die swaV sieht das kritisch, da es die Komplexität der Tarifangebote erhöht und darüber hinaus auch kostendrückend auf die Abos sowie auf Kurzstreckenangebote wirken dürfte. Denn Abonnent*innen könnten fordern, dass die Abos um die kostenlosen Stationen günstiger werden und die Kurzstrecken müssten dann um die Cityticket-Stationen weiter gelten. Das hätte deutlich negative Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Mobilitätsangebote des swaV.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Eine wesentliche Herausforderung ist die ökonomische Tragfähigkeit des Pilotprojektes bzw. zukünftig weiterer solcher Projekte, da die Investitionskosten bei der Größe und Komplexität der Anlage sehr hoch sind. Die Kosten für die technischen Komponenten und möglicherweise erforderlichen Umbaumaßnahmen tragen sich nur zum Teil aus der damit einhergehenden Energiekosteneinsparung.

Gleichzeitig dürfen die Energiekosten für die Mieter*innen gemäß den gesetzlichen Vorgaben (Mietrechtsnovelle) durch eine Modernisierung bzw. den Einbau der Anlagen nicht steigen. Die wärmebezogenen Betriebskosten konnten durch die begleitende Modernisierung gesenkt werden, aber die hohen Investitionskosten des Projektes werden durch entsprechende Mieteinnahmen nicht gedeckt.

Die Wirtschaftlichkeit des Pilotprojektes hängt auch stark vom EEG ab. So wird Stromspeicherung nach geltendem EEG nicht gesondert vergütet bzw. ist dafür sogar die EEG-Umlage fällig. Damit stellt sich auch die Frage, wie oft im technischen Anlagen-Set-Up die EEG-Umlage zu zahlen ist: wenn der Strom aus der PV-Dachanlage als Mieterstrom genutzt wird? Wenn der Strom über die Elektrolyse und Methanisierung zwischengespeichert wird? Wenn das Methan rückverstromt und als Strom wieder den Mieter*innen über den Hausanschluss zugeleitet wird? U.U. kommt hier eine mehrfache EEG-Umlagenzahlung zum Tragen, die die wirtschaftliche Tragfähigkeit einschränkt.

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Technologien zur Energiespeicherung sind im Kreis Steinfurt zwar theoretisch verfügbar, aber nicht zuletzt aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit in der Praxis kaum bzw. nur sehr schwierig einzusetzen. So waren für einen Elektrolyseur z.B. langfristige Rückzahlgarantien nötig; den Steinfurter Akteuren fehlte es an Investitionsmöglichkeiten und auch an Erfahrung mit geeigneten Geschäftsmodellen.

Eine zentrale Herausforderung für die Etablierung der Steinfurter Flexkraftwerke ist es, dauerhaft Abnehmer für den Wasserstoff zu gewinnen. Fehlende Abnehmer waren der Grund, warum die Umsetzung der Flexkraftwerke im Kreis Steinfurt stockte. Ein Elektrolyseur rechnet sich erst dann, wenn Großabnehmer zusichern, bestimmte kritische Mengen längerfristig abzukaufen.

3.2.1.4 Gesellschaftliche Einflussfaktoren

Gesellschaftliche Einflussfaktoren nehmen u.a. über gesellschaftlichen Rückhalt, Akzeptanz von Technologien und dazugehöriger Infrastruktur, Gewinnung weiterer Kund*innen-Kreise sowie mögliche Arbeitszeiteffekte geänderte Mobilitätsangebote Einfluss auf die Nischeninnovationen.

Förderlich wirkende gesellschaftliche Einflussfaktoren

Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Die Bevölkerung Augsburgs wächst, insbesondere durch Zuzug aus München wegen der dortigen Wohnpreisentwicklungen. Dadurch steht potentiell mehr Kundschaft für die Mobilitätsangebote der

swaV zur Verfügung. Diese kann durch eine gesteigerte Attraktivität und vereinfachte Nutzbarkeit der geplanten App gewonnen werden und ein wirtschaftliches Geschäftsmodell ermöglichen helfen.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Die Aspekte CO₂-Neutralität und Emissionsvermeidung haben in der Kommunikation mit anderen Akteuren (z.B. Behörden) sehr geholfen, da viele Akteure das Pilotprojekt daher als sehr positiv ansehen. Die Resonanz in Wirtschaft und Politik in der Region ist sehr positiv; es gibt viele Nachfragen zu den Erfahrungen aus dem unmittelbaren Umfeld, aber auch überregional bzw. europaweit.

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Windenergie stellt im Kreis Steinfurt schon länger eine zusätzliche Einkommensquelle für Landwirte dar. Die lokale Bevölkerung hat somit Erfahrungen mit erneuerbaren Energien gesammelt und potenziell ein Bewusstsein dafür entwickelt, dass diese zur regionalen Wertschöpfung beitragen.

Zudem setzten sich die Teilnehmer*innen der Strategiedialoge mit der Akzeptanz der Flexkraftwerke durch die lokale Bevölkerung auseinander. Thematisiert wurden mögliche Beeinträchtigungen der Landschaft sowie der Wohn- und Lebensqualität. Als größte Beeinträchtigung identifizierten die Teilnehmer*innen den Lieferverkehr. Hier wurden Lärmschutzmaßnahmen diskutiert, um die Akzeptanz zu erhöhen. Die Installation der Anlage stuften die Akteure anhand einer Visualisierung eines Flexkraftwerkes (siehe Abbildung 8) als weitgehend unproblematisch ein, da diese weder Schornsteine noch einen hohen Schadstoffeintrag in die Umwelt hätte.

Abbildung 8: Visualisierung der Steinfurter Flexkraftwerke im regionalen Kontext.



Quelle: Illustrationen von David Borgwardt aus Energieland2050, 2016a, S. 21.

Hemmend wirkende gesellschaftliche Einflussfaktoren

Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Das Ridesharing soll schwache Liniennetzteile stärken und mittelfristig wenig genutzte bzw. unattraktive Buslinien ersetzen. Damit ergeben sich Fragen nach möglichen Auswirkungen auf Fahrtzeiten der Fahrer*innen durch Ridesharing (Anrufsammelbeförderung) statt Linien-Bedienung zu festen Zeiten.

Für das Ziel des swaV-Teams, Kund*innen am Monatsende eine einzige Mobilitätsrechnung für alle in Anspruch genommenen unterschiedlichen Mobilitätsdienstleistungen zuzusenden bedarf es klar verständlicher Kommunikation. Denn Erfahrungen mit Ansätzen gebündelter Mobilitätsrechnungen in anderen Städten, z.B. in Leipzig mit Leipzig-Mobil und in Hamburg durch die Hamburger Hochbahn zeigen nach Auskunft der dortigen Betreiber, dass diese Bündelung floppte, weil die Kund*innen noch keine Kombiprodukte wollten bzw. das Produkt noch nicht verstanden haben.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Die Anlage wurde im Rahmen einer umfangreichen Modernisierung der Heizungsanlage, der Fassade und auch der Bäder in den Mietwohnungen eingebaut. In dieser Zeit gab es massive Eingriffe und Störungen der Mieter*innen durch Lärm und Staub. Hier gab es stärker Betroffene und weniger stark Betroffene; manche waren aufgeschlossen wegen Wohnwertverbesserungen und der Innovationen, anderen waren weniger aufgeschlossen. Diese Störungen haben zu Belastungen und damit ggf. temporär verringerter Akzeptanz der gesamten Maßnahme – und ggf. auch der Kopplung – geführt.

3.2.1.5 Politisch-regulatorische Einflussfaktoren

Politisch-regulatorische Einflussfaktoren umfassen u.a. über Vorgaben, gesetzliche Regelungen und Gerichtsbeschlüsse sowie über rechtliche festgelegte Vergütungszeiträume und -gegenstände förderliche oder hemmende Einflüsse auf die Nischeninnovationen.

Förderlich wirkende politisch-regulatorische Einflussfaktoren

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Rechtliche Vorgaben im Hinblick auf Risikoversorge erfordern, dass jede Kläranlage ein NA benötigt, um im Falle eines Stromausfalles (Blackouts) - zumindest für einen gewissen Zeitraum – die umweltgerechte Abwasserreinigung sicherstellen zu können. Aus diesem Grunde haben die SWR ein NA angeschafft. Da das NA damit vorhanden, aber nur für Testfahrten (und Blackout-Fälle) einzusetzen ist, kann es auch in die Regelenergievermarktung einbezogen werden.

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Widerstand innerhalb der Kreisverwaltung gegen den Ausbau von erneuerbaren Energien konnte dank der Unterstützung des Landrates überwunden werden. Als weiteren förderlichen Faktor nannten die Mitarbeiter*innen des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit der Kreisverwaltung Steinfurt Gerichtsurteile des Bundesgerichtshofs und verschiedenen Obergerichtshöfe zum Baugesetzbuch § 35. Demnach müssen Kommunen der Windenergie substanziellen Raum bei der Flächenausweisung einräumen. Windenergie gilt als privilegierte Nutzung im Außenbereich und andere öffentliche Belange können der Windenergie nur begrenzt entgegengehalten werden. Die Gerichtsurteile gaben den Akteuren im Kreis Steinfurt Rückendeckung für den geplanten Ausbau der Windenergie.

Hemmend wirkende politisch-regulatorische Einflussfaktoren

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Abwasserreinigung und Energieversorgung verteilen sich auf unterschiedliche, rechtlich eigenständige Unternehmensbereiche: die SWR Energie GmbH (Stromnetz/Energiesparte), die Kläranlage ist SWR Eigenbetrieb, die auch das NA betreibt. Daher bestehen rechtliche Unsicherheiten, ob die Energie von den SWR durch die SWR Energie GmbH im Kontext von DSM gekauft werden kann.

Die Energiewende bringt insbesondere im Rahmen der Abschalt-Verordnung (Verordnung über Vereinbarungen zu abschaltbaren Lasten (Verordnung zu abschaltbaren Lasten – AbLaV)) die Möglichkeit

mit sich, dass zur Netzstabilität/-stabilisierung energieverbrauchende Anlagen zentral bzw. (über)regional abgeschaltet werden können. Die politische Kommunikation zu diesen Effekten der Energiewende und Einstellen auf deren Folgen findet nur unzureichend bis gar nicht statt.

Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Rechtliche Aspekte erschweren es, Kund*innen der swaV am Monatsende eine einzige Mobilitätsrechnung für alle in Anspruch genommenen unterschiedlichen Mobilitätsdienstleistungen auszustellen. Beispielweise darf man Kundendaten für gemeinsame Rechnungen nicht weitergeben (mit einem Anbieter geschlossene Verträge lassen das nicht zu). Und auch eine Zusammenführung der AGBs unterschiedlicher Anbieter stellt eine weitere Herausforderung für eine Umsetzung dar.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Weiterhin mussten aufgrund der bestehenden rechtlichen Vorgaben zu Brandschutz (wegen P2G-Anlage) und Schallschutz (insbesondere für das BHKW) entsprechende bauliche Vorkehrungen getroffen werden, die in der Anlagentechnologie begründet liegen und zu Mehrkosten geführt haben. Auch wurde zunächst versucht, die benötigte Anlagentechnologie in 3 bestehenden Kellerräumen unterzubringen. Da sich das nicht realisieren ließ, wurde ein zusätzlicher Raum in eine Gebäudenische eingebaut, was weitere Genehmigungserfordernisse sowie Zeit- und Finanzierungsbedarf zur Folge hatte.

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Ein Hemmnis für die Etablierung von P2G-Technologien im Kreis Steinfurt stellen derzeit die fehlenden politischen Anreize (bzw. sogar faktische „Bestrafung“) für Stromspeicherung dar. So wird nach geltendem EEG die Stromspeicherung nicht gesondert vergütet und ist dafür sogar die EEG-Umlage fällig. Die Rückverstromung ist aufgrund ihrer Umwandlungsverluste ohne zusätzliche Anreize unrentabel. Die Nutzung von P2G-Technologien wäre interessant für Anlagenbetreiber, wenn das EEG zukünftig auch Speichertechnologien fördern würde. Eine entsprechende Novellierung des EEG könnte die regionale Energiewende positiv beeinflussen.

Die Umsetzung der Flexkraftwerke wird zudem durch die Einspeisegrenze von 2% Wasserstoff ins reguläre Erdgasnetz gehemmt. Dadurch kann das lokale Erdgasnetz nicht bzw. nur sehr begrenzt als Abnehmer für Wasserstoff gewonnen werden.

3.2.1.6 Zusammenschau der Einflussfaktoren

Analog zur Zusammenschau der potentiellen Nachhaltigkeitswirkungen der Nischeninnovationen (siehe Kapitel 3.1.5) wird auch aus den vorangegangenen Ausführungen deutlich, dass die Einschätzungen zu Einflussfaktoren sehr fallspezifisch sind und von den entsprechenden Kontextbedingungen abhängen. Ein Quervergleich relevanter Einflussfaktoren pro Wirkungsbereich über die verschiedenen Fallbeispiele hinweg kann aber helfen, mögliche Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten aufzuzeigen.

Dazu werden in der folgenden tabellarischen Zusammenschau pro Wirkungsbereich wesentliche Einflussfaktoren aus den vier laufenden Fallbeispielen nebeneinander dargestellt. Unterhalb der nachfolgenden Tabelle werden relevanten Gemeinsamkeiten beschrieben, die in zwei oder mehr der Fallbeispiele genannt wurden.

Tabelle 5: Zusammenschau relevanter Einflussfaktoren in den Nischeninnovationen

Dimensionen der Einflussfaktoren	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
technisch förderlich	Anlagen-Set-up bietet mehrere Optionen für DSM ohne Auswirkungen auf die Abwasserreinigungsfunktion. Notstromaggregat (NA) bietet ausreichend Leistung für Regelernergiebeteiligung. Technische Schaltung im virtuellen Kraftwerk kann Primärzweck Netzersatz des NA umsetzen	<i>nicht benannt</i>	Technisches Anlagen-Set-up erzielt hohen Wirkungsgrad bei nahezu Emissionsfreiheit. Versorgungssicherheit über einzelne Systemkomponenten. Handelsübliche Systemkomponenten und Wartungsfähigkeit erhöhen Übertragbarkeit der Kopplung – Skalierung erscheint gut möglich.	Gute Verfügbarkeit von Technologien und Informationen. Weiternutzung bestehender Gas-Infrastrukturen durch die Infrastrukturskopplung.
technisch hemmend	Geringes technisches Potential bei einzelnen Systemkomponenten Sorge vor Einschränkung in der Verfügbarkeit energieerzeugender und –verbrauchender Komponenten der Kläranlage für die Abwasserreinigung im Zuge einer Regelernergiebeteiligung (Abwasserreinigung muss vorgehen).	IKT-Umsetzung bestimmter Tarifangebote (Streifenkarte) fördert Missverständnisse und Fehlbuchungen bei Kund*innen. Übertragbarkeit des Mobilitätsabonnements auf andere Personen (Mitnutzung) bisher in der IKT-Umsetzung technisch nicht lösbar.	Technische Komplexität der Anlage erfordert umfangreiche Systemtests und -einstellungen. Raumhöhe im Keller zu niedrig für Anlageninstallation – musste zeit- und kostenaufwändig angepasst werden.	Fehlende (technische und wirtschaftliche) Einsetzbarkeit von Energiespeichern. Für Flexkraftwerke benötigtes dezentrales Set-up ist (noch) nicht vorhanden und erfordert daher umfangreichen und kostenintensiven Umbau von Infrastrukturen.

Dimensionen der Einflussfaktoren	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
organisatorisch förderlich	Wille zur Optimierung und Innovationsfreudigkeit des Personals. Unterstützungswille durch 2. Bürgermeister.	Rückendeckung für Diversifizierung der Mobilitätslösungen durch Geschäftsführung. Einrichten eines neuen Organisationsbereichs „Multimobilität“.	Langjährige Zusammenarbeit hat Vertrauen geschaffen. Zukunft- und Nachhaltigkeitsorientierung und Einstellung des Personals. Hohe Bereitschaft für innovative Investitionen auch bei unsicherer wirtschaftlicher Tragfähigkeit der Innovationen. Innovative Pilotprojekte ziehen guten Nachwuchs und gute Mitarbeiter*innen an. Gute Einweisung in die technische Wartung und Umsetzung über effektive Contracting-Lösung. Contracting-Lösung hilft Energiekostenneutralität (Mietrechtsnovelle) einzuhalten	Langjähriges Erfahrungswissen mit Klimaschutzprojekten bei der Kreisverwaltung. Gute und langjährige Akteursnetzwerke. Hohes Bewusstsein für Klimaschutz und politischer Pioniergeist für Energiewende-Lösungen bei politischen Akteuren. Erwerb eines eigenen Amtstitels für Klimaschutz und Nachhaltigkeit in der Kreisverwaltung. Gründung des Energieland2050 e.V. stärkte bestehende Netzwerke.
organisatorisch hinderlich	Risikoscheu bei (einzelnen) kommunalpolitischen Entscheidungsträger*innen. Marktzugang für kleine, dezentrale Energieerzeuger wird gefühlt durch große Betreiber und ÜNB erschwert.	gemeinsames Abrechnungs-/Buchungssystems für eine Mobilitätsrechnung erfordert langwierige Abstimmung mit unterschiedlichen Mobilitätsanbietern.	Abstimmungsprozesse und Einschätzung seitens Geldgeber haben eine finanzielle Förderung des Pilotprojekts verhindert.	<u>In der Vergangenheit</u> gab es Widerstand gegen Ausbau (mancher) erneuerbarer Energien in der Verwaltung bzw. wurde der Ausbau als freiwillige, nicht verpflichtende Verwaltungsleistung angesehen. <u>In der Vergangenheit</u> oftmals nur befristete Stellen und daher geringe Personalkontinuität.

Dimensionen der Einflussfaktoren	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
wirtschaftlich förderlich	Mögliche Erlöse aus der Regelernergiebeteiligung des NA könnte Investitionskosten schneller amortisieren helfen. Erwartung, dass ab 2022 mit Abschalten aller AKWs der Regelfall zunehmen und damit die Erlösmöglichkeiten durch Regelernergiebeteiligung wieder ansteigen werden.	Geplante IKT-Umsetzung ausschließlich mobiler Buchungen für Elektro-Carsharing macht Kundenkarten überflüssig und senkt so die Kosten für Nutzer*innen. Rabattaktionen für App-/online-Nutzung gewisser Tarifoptionen gewährt Kund*innen ökonomische Vorteile und senkt Kosten für die Nutzung von Mobilitätsangeboten.	Technisches System-Set-up bietet kostengünstige Option für Klimaschutz im Gebäudebestand ergänzend zu kostenaufwendigen energetischen Gebäude(hüllen)-sanierungen. Contracting-Lösungen bieten zukunftsfähige, flexible Geschäftsmodelle und reduzieren so den wirtschaftlichen Druck auf Stadtwerke.	Aktuell geringe Strompreise für erneuerbaren Strom treiben Suche nach alternativen Absatzmöglichkeiten (z.B. P2G) im Kreis Steinfurt an. Langjährige Erfolge in der Einwerbung von Projektgeldern für Klimaschutz und Energiewende; haben thematische Expertise und Personalkontinuität im Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit aufbauen geholfen.

Dimensionen der Einflussfaktoren	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
wirtschaftlich hinderlich	Aktuell am Energiemarkt erzielbare Erlöse machen eine Regelergiebeteiligung für dezentrale Anlagen mit geringer Leistung ökonomisch nicht rentabel.	Vorschlag des Stadtrats, ein kostenloses Cityticket einzuführen wirkt sich kostendrückend auf die Abos sowie auf Kurzstreckenangebote aus und hätte negative Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Mobilitätsangebote des swaV.	Hohe Investitionskosten für das technische Anlagen-Set-up, die sich aufgrund zusätzlich erforderlicher baulicher Tätigkeiten (Explosions- und Schallschutz; Feuerwehrzufahrten) nochmals erhöht haben. Energiekosteneinsparungen reichen (noch) nicht aus für eine (schnellere) Amortisierung der Investitionskosten. Mietrechtsnovelle begrenzt Möglichkeiten, die Investitionskosten über Miet(mehr)einnahmen zu decken. Fehlende Anschubförderung für die Investition erforderte Bereitschaft aller Beteiligten, Mehrkosten zu tragen. EEG honoriert Energiespeicherung nicht bzw. belegt diese auch mit der EEG-Umlage, was wirtschaftliche Tragfähigkeit erschwert.	Energiespeicherung wird gegenwärtig via EEG nicht honoriert und ist daher unrentabel. Hohe Investitionskosten für die Anschaffung von Elektrolyseuren, die eine dezentrale P2G-Nutzung ermöglichen. Fehlende Abnehmer für erzeugten Wasserstoff.

Dimensionen der Einflussfaktoren	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
gesellschaftlich-förderlich	<i>nicht benannt</i>	Demographisches Wachstum der Bevölkerung Augsburg (u.a. durch Zuzug aus München) verbreitert potentielle Nutzer*innen-Basis der App und erfordert bessere Verzahnung bestehender und kommender Angebote.	CO ₂ -Neutralität und Emissionsvermeidung hilfreich in der Kommunikation mit Behörden und für Resonanz in Wirtschaft und Politik (regional, national, international).	Positive Einstellungen zu erneuerbaren Energien, u.a. durch Einkommensquelle für Landwirte durch Windenergieanlagen.
gesellschaftlich-hinderlich	<i>nicht benannt</i>	Ridesharing-Alternativen zu wenig frequentierten Buslinien haben mögliche negative Arbeitzeiteffekte für Fahrer*innen (Beförderungszeiten flexibler auf Bedarfe zuzuschneiden, schlechter Planbarkeit im Voraus).	Themen nachhaltige Energieversorgung und Emissionsminderung sind für Mieter*innen nachrangig – Kosten, Versorgungssicherheit und Störungsfreiheit sind hier relevanter.	<i>nicht benannt</i>
politisch-regulatorisch förderlich	Vorgabe für Kläranlagen, NA für Blackout-Fälle vorzuhalten; diese könnten daher ohne weitere Investitionskosten für Regelenergiebeteiligung genutzt werden. Vorgabe bzw. Beschluss zum Atomausstieg dürfte Regelfall und Erlösmöglichkeiten aus Regelenergiebeteiligung steigern.	<i>nicht benannt</i>	<i>nicht benannt</i>	Gerichtsurteile (BGH, verschiedene OGH) zum Baugesetzbuch § 35 verpflichten Kommunen dazu, Windenergie substanziellen Raum bei der Flächenausweisung einzuräumen und geben Rückendeckung für geplanten Ausbau der Windenergie.

Dimensionen der Einflussfaktoren	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
politisch-regulatorisch hinderlich	Rechtliche Unsicherheiten bei intrainstitutionellem Ankauf von in DSM erzeugter Energie Unzureichende politische Kommunikation zu möglichen Folgen der Energiewende (z.B. Abschalt-Verordnung).	gemeinsames Abrechnungs-/Buchungssystems für eine Mobilitätsrechnung durch rechtliche Beschränkungen der Weitergabe von Kundendaten gehemmt. AGBs unterschiedlicher Anbieter zusammenzuführen ist weitere Herausforderung.	Vorgaben zu Schallschutz und Explosionsschutz für das technische Anlagen-Set-up haben hohe Zusatzkosten zur Folge	EEG honoriert Energiespeicherung nicht bzw. belegt diese auch mit der EEG-Umlage, was wirtschaftliche Tragfähigkeit erschwert. Einspeisegrenze für Wasserstoff ins nationale Erdgasnetz hemmt Abnahme dezentral über P2G erneuerbar produzierten „grünen Wasserstoffs“.

Aus der tabellarischen Darstellung ergeben sich die folgenden Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten pro Wirkungsbereich:

Technische Einflussfaktoren: Gemeinsamkeiten bestehen bei förderlichen Einflussfaktoren darin, dass den bestehenden bzw. geplanten technische Anlagenaufbau der Kopplung sowohl Nachhaltigkeitspotentiale (z.B. Beitrag zur lokalen Energiewende) als auch Versorgungssicherheit (z.B. über redundante, dezentrale, nicht systemkritische Komponenten) und Weiternutzung bestehender Strukturen und Wartungsregelungen ohne (größere) Zusatzaufwände bietet. Mit Blick auf hinderliche Einflussfaktoren treten technische Komplexität und Limitierungen, die sich aus bestehenden technisch-physischen Strukturen des Anlagenaufbaus oder der dafür benötigten weiteren Infrastrukturen ergeben als Gemeinsamkeiten zu Tage.

- ▶ **Organisatorische Einflussfaktoren:** Gute Zusammenarbeit, geschultes und innovations- sowie Nachhaltigkeit-orientiertes Personals, Unterstützung und Innovationsbereitschaft in der Hierarchie sowie langjähriges Erfahrungswissen und eigenständige Organisationsbereiche stellen Gemeinsamkeiten (ausschließlich) in den (als förderlich) genannten Einflussfaktoren der unterschiedlichen Fallbeispiele dar.
- ▶ **Wirtschaftliche Einflussfaktoren:** Mehreren Fallbeispielen gemein ist die Möglichkeit, durch die Infrastrukturkopplung auf Seiten der Betreiber*innen oder der Nutzer*innen Kosten reduzieren oder zusätzliche Erlöse erzielen zu können. Hinsichtlich Gemeinsamkeiten bei hemmenden Einflussfaktoren sind insbesondere hohe Investitionskosten und unzureichende Erlösmöglichkeiten zu nennen, die eine (schnellere) Amortisation der Investitionskosten ermöglichen. Unzureichende Erlösmöglichkeiten resultieren dabei in verschiedenen Fallbeispielen aus fehlender Honorierung der Energiespeicherung durch das EEG.
- ▶ **Gesellschaftliche Einflussfaktoren:** Die Gemeinsamkeiten in den gesellschaftlich/sozio-kulturellen Einflussfaktoren betreffen die Fragen von Akzeptanz und Relevanz der Infrastrukturkopplung bzw. von Bestandteilen der Kopplung in Politik, Wirtschaft und der lokalen Bevölkerung – das kann sowohl förderlichen als auch hemmenden Charakter haben.
- ▶ **Politisch-regulatorische Einflussfaktoren:** Hier kommen insbesondere bestehende politische oder rechtliche Vorgaben zum Tragen, welche die Kopplungen in verschiedenen Fallbeispielen hemmen, beispielsweise durch fehlende Förderung von Energiespeicherung durch das EEG.

Neben diesen Gemeinsamkeiten wird anhand der o.g. Tabelle auch deutlich, dass in den unterschiedlichen Fallbeispielen zwar jeweils Einflussfaktoren des gleichen Wirkungsbereiches wirksam werden, dass diese aber jeweils unterschiedlich ausgeprägt und daher nur in einzelnen Fallbeispielen relevant sind. Beispielsweise spielen politische und rechtliche Vorgaben in allen vier Fallbeispielen eine wichtige Rolle, insbesondere das EEG, aber auch Atomausstieg und Abschaltverordnung in Rödental sowie Gerichtsurteile zum Baugesetzbuch im Kreis Steinfurt.

Im folgenden Kapitel wird untersucht, inwieweit die hier gefundenen Einflussfaktoren mit denen aus der Analyse der abgeschlossenen Fallbeispiele (Hölscher et al. 2020) übereinstimmen und ob sich wesentliche Unterschiede ergeben. Damit wird eine Praxisvalidierung der Erkenntnisse aus der Analyse der abgeschlossenen Fallbeispiele anhand der Analyse der laufenden Infrastrukturkopplungen angestrebt.

3.2.2 Fazit zur Praxisvalidierung relevanter Einflussfaktoren

Bei der Analyse abgeschlossener Infrastrukturkopplungen durch Literaturrecherchen und Interviews (Hölscher et al. 2020; siehe auch Kapitel 1.2) wurden die Entwicklungspfade von neun umgesetzten innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential untersucht. Darüber wurden verschiedene Einflussfaktoren identifiziert im Hinblick auf (i) relevante Einflüsse auf, (ii) wichtige Akteure und deren Aktivitäten im Kontext von und (iii) „Stationen“ in der Entwicklung von Infrastrukturkopplungen. Aus diesen wurde Handlungsmöglichkeiten für den Bund, kommunale und regionale Akteure für die Unterstützung von Infrastrukturkopplungen abgeleitet. Dieses Kapitel vergleicht die über die Prozessbegleitung laufender Fallbeispiele ermittelten und in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Einflussfaktoren denen gegenüber, die Hölscher et al. (2020) ermittelt haben. Damit erfolgt eine Praxisvalidierung relevanter Einflussfaktoren durch die Beantwortung folgenden beiden Fragen:

1. Werden gleiche oder ähnliche Einflussfaktoren gefunden?
2. Bestehen wesentliche Unterschiede? Wenn ja, welcher Art sind diese?

Durch die Analyse der neun abgeschlossenen Infrastrukturkopplung trugen Hölscher et al. (2020) vielfältige Einflussfaktoren zusammen, die sie den folgenden vier Wirkungsbereichen zugeordnet haben:

- a) technische Machbarkeit,
- b) institutionelle und organisatorische Machbarkeit,
- c) gesellschaftliche Machbarkeit und
- d) wirtschaftliche Machbarkeit.

Einflussfaktoren aus den vier Bereichen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 6: Übersicht über Wirkungsbereiche und Einflussfaktoren aus der Analyse der neun abgeschlossenen Fallbeispiele

Wirkungsbereich	Einflussfaktoren	Kurzbeschreibung
technische Machbarkeit (lokale technische Faktoren)	Lokale technische und physische Begebenheiten	Potentiale, Limitierungen und Voraussetzungen für Installation, Anpassungen und Ausweitungen einer Infrastrukturkopplung
	Verfügbarkeit von tragfähigen und passenden technischen Optionen	breitere Entwicklungen innovativer Technologien sowie Reife- bzw. Umsetzungsgrad von technischen Optionen
	Lebenszyklus der Infrastrukturkopplung	Auftreten neuer technischer Anforderungen und Möglichkeiten sowie ggf. Modernisierungsbedarf
Institutionelle und organisatorische Machbarkeit (institutionelle Faktoren)	Verordnungen und Normen zur Rechtmäßigkeit	rechtlicher Rahmen für Inbetriebnahme der Kopplung und Bereitstellung der Dienstleistung, z.B. Genehmigungs- und Zulassungsfragen sowie förderliche/hemmende Verordnungen und Normen
	Bestehende Netzwerk- und Kooperationsstrukturen	organisatorische Kontakte und Schnittstellen zum Austausch von Wissen und Ressourcen; Interessenvermittlung und -konflikte; Kooperationen und Partnerschaften
gesellschaftliche Machbarkeit (sozio-kulturelle Faktoren)	Nutzerseitige Motivation und Finanzierbarkeit	Interesse und Bereitschaft von Nutzer*innen eine Kopplung/Dienstleistung zu nutzen; Nachfrage und Nutzung sicherstellen; fehlendes Wissen, bestehende Nutzerpraktiken und -erwartungen; erhöhte Nutzungskosten und -aufwände
	Nutzerseitige Bedienkomplexität	Benutzerfreundlichkeit und Kennnisanforderungen zur Nutzung der Kopplung/Dienstleistung; Bedarf an nutzerseitigen Änderungen/Investitionen; Akzeptanzprobleme

Wirkungsbereich	Einflussfaktoren	Kurzbeschreibung
	Politischer Pioniergeist und politische Anbindung	Innovationsimpulse und Unterstützung für die Nutzung und Instandhaltung einer Infrastrukturkopplung; Ausdruck gesellschaftlicher Akzeptanz und Nachfrage; politisches Interesse; Einbettung in/Anbindung an politische Ziele
wirtschaftliche Machbarkeit (Anreize und Regulierungen)	Förderprogramme	Investitionsförder- und Forschungsprogramme durch EU-, Bundes- und Landesebenen; Subventionen und Darlehen
	Marktwirtschaftliche Strukturen	Anreizstrukturen des Marktes; Marktpotenziale; Gewinnerwartungen und kurzfristige Kosten-Nutzen-Rechnungen / Amortisationszeiten
	Gesetzliche Rahmenbedingungen zur Vermarktung	(Fehl-)Anreize für Investition und Vermarktung von Innovationen durch Gesetze auf Bundes- und Landesebene

Quelle: angepasste Darstellung aus Hölscher et al. (2020), S. 56

Die in Tabelle 6 dargestellten Wirkungsbereiche und Einflussfaktoren aggregieren bereits Einflussfaktoren, die in der Analyse der neun abgeschlossenen Infrastrukturkopplungen ermittelt wurden (für eine detailliertere Darstellung der Einflussfaktoren in den neun abgeschlossenen Fallbeispielen siehe Hölscher et al. (2020)).

Im Folgenden werden wesentliche Übereinstimmungen und relevante Unterschiede zwischen den Befunden von Hölscher et al. und aus der Prozessbegleitung der vier Fallbeispiele pro Wirkungsbereich dargestellt:

Technische Einflussfaktoren

Übereinstimmungen bei Einflussfaktoren auf die technische Machbarkeit ergeben sich für

- Lokale technische und physische Begebenheiten: in der Analyse der abgeschlossenen sowie der laufenden Fallbeispiele wirken sich bestehende Gegebenheiten im Sinne von Potentialen und Voraussetzungen förderlich oder hemmend auf die Infrastrukturkopplungen aus;
- Verfügbarkeit von tragfähigen und passenden technischen Optionen: die technischen Anlagen-Set-Ups und auch die Verfügbarkeit bzw. Anwendbarkeit (inkl. Reife- bzw. Umsetzungsgrad) von technischen Optionen sind in beiden Fallbeispielanalysen wichtige Einflussfaktoren.

Hölscher et al. (2020) ermitteln den Lebenszyklus der Infrastrukturkopplung im Sinne aufkommender neuer technischer Anforderungen und Möglichkeiten sowie ggf. Modernisierungsbedarfe als wesentlichen Einflussfaktor. Dieser Einflussfaktor wurde in der Analyse der Infrastrukturkopplung in den vier laufenden Fallbeispielen nicht gefunden – vermutlich, da die Kopplungen hier entweder erst in der Planung und Konzeption oder in der Piloterprobungsphase sind. Anpassungs- und Modernisierungsbedarfe stehen daher noch nicht im Fokus der Infrastrukturverantwortlichen. Würde diese partizipative Ermittlung von Einflussfaktoren im Zuge des Voranschreitens der Kopplung in einigen Jahren wiederholt, so dürfte dieser Einflussfaktor auch in den laufenden Infrastrukturkopplungen als relevant hinzutreten. Gleiches gilt für den Einfluss bestehender technischer und physischer Gegebenheiten auf An-

passungen und Ausweitungen der Kopplung, da in den Prozessbegleitungen der vier laufenden Fallbeispiele zum gegenwärtigen Zeitpunkt weder Anpassungen noch Ausweitungen der angestrebten bzw. Pilot-erprobten Kopplungen relevant sind.

Institutionelle und organisatorische Einflussfaktoren

Zu diesem Wirkungsbereich gibt es sowohl wesentliche Übereinstimmungen als auch relevante Unterschiede in den Einflussfaktoren.

Übereinstimmungen ergeben sich mit Blick auf die Bedeutung von Kooperation und organisatorischen Schnittstellen bzw. Bereichen sowie in Bezug auf die generelle Relevanz des rechtlichen und politischen Rahmens für die Infrastrukturkopplung – bei Letzterem besteht der Unterschied eigentlich nur darin, dass diese Einflussfaktoren in der Analyse der vier laufenden Fallbeispiele zusammen einem eigenen Wirkungsbereich (politisch-regulatorische Einflussfaktoren) zugeordnet wurden. Inhaltlich gibt es keine relevanten Unterschiede in der Art und Bedeutung der Einflussfaktoren.

Geringe Unterschiede treten zu Tage mit Blick auf

- ▶ Wirkungen des rechtlichen Rahmens für Inbetriebnahme der Kopplung und Bereitstellung der Dienstleistung: Genehmigungs- und Zulassungsfragen spielten bisher nur einem der vier laufenden Fallbeispiele (P2G in Augsburg) eine Rolle, da hier bereits eine Pilotanlage umgesetzt wurde. Die drei anderen Fallbeispiele befinden sich noch in frühzeitigeren Kopplungsphasen – es ist jedoch zu erwarten, dass solche Einflussfaktoren bei Voranschreiten der Kopplungen ebenfalls relevant(er) werden.
- ▶ Bestehende Netzwerk- und Kooperationsstrukturen: organisatorische Kontakte und Schnittstellen, unzureichende Vernetzung sowie Kooperationen und Partnerschaften stellen in der Analyse sowohl der neun abgeschlossenen als auch der vier laufenden Fallbeispiele wesentliche Einflussfaktoren dar. Austausch von Wissen und Ressourcen sowie Interessenvermittlung und -konflikte spielten jedoch nur in zwei der vier laufenden Fallbeispiele (DSM-Optionen in Rödental bezüglich Sorgen/Konflikten zwischen DSM-Teilnahme und Abwasserreinigungsleistung der Kläranlage sowie in P2G in Augsburg zwischen swaV, WBG und EXYTRON bezüglich finanzieller Eigenleistung und technischem Know-how) eine Rolle. Auch hier ist zu vermuten, dass der Unterschied in der frühzeitigeren Kopplungsphase liegt, in denen sich die Prozesse der vier laufenden Fallbeispiele im Vergleich zu denen der neun abgeschlossenen Fallbeispiele befinden. Daher ist auch hier zu erwarten, dass solche Einflussfaktoren bei Voranschreiten der Kopplungen in allen Fallbeispielen ebenfalls relevant(er) werden, wenn mehr und auch vielfältiger Akteur*innen in die Kopplungsprozesse eingebunden bzw. dafür relevant werden.

Gesellschaftliche und sozio-kulturelle Einflussfaktoren

Ähnlich zum Wirkungsbereich organisatorisch-institutionelle Einflussfaktoren treten auch beim Wirkungsbereich gesellschaftliche und sozio-kulturelle Einflussfaktoren wesentliche Übereinstimmungen und relevante Unterschiede in den Einflussfaktoren auf.

Übereinstimmungen ergeben sich mit Blick auf die Bedeutung der nutzerseitigen Motivation und Finanzierbarkeit sowie hinsichtlich der Bedienkomplexität. In beiden Fallbeispielanalysen sind Fragen des Interesses von Nutzer*innen an der Kopplung sowie mögliche Auswirkungen der Kopplungen auf die Nutzer*innen-seitigen Kosten (auch inklusive möglicher Folgeinvestitionsbedarfe auf Seiten der Nutzer*innen) relevant.

Auch fehlende bzw. gegebene gesellschaftliche Akzeptanz von Technologien wird als Einflussfaktoren in beiden Fallbeispielanalysen als relevanter Einflussfaktor benannt. Ebenso finden sich politische Unterstützung für die Infrastrukturkopplung und Einbettung in bzw. Anbindung an politische Ziele in beiden Fallbeispielanalysen – bei Letzterem besteht der Unterschied eigentlich nur darin, dass diese Ein-

flussfaktoren in der Analyse der vier laufenden Fallbeispiele zusammen mit den rechtlichen Einflussfaktoren einem eigenen Wirkungsbereich (politisch-regulatorische Einflussfaktoren) zugeordnet wurden. Inhaltlich gibt es keine relevanten Unterschiede in der Art und Bedeutung der Einflussfaktoren.

Geringe Unterschiede treten zu Tage mit Blick auf

- ▶ Einflussfaktoren der Nutzer*innen-seitigen Motivation, da es bis auf das Fallbeispiel P2G in Augsburg in den vier laufenden Fallbeispielen aufgrund der frühzeitigen Kopplungsphasen (Planung, Konzeption) noch keine Nutzer*innen-Praktiken gibt. Diese dürften bei Voranschreiten der Kopplungen ebenfalls relevant(er) werden.
- ▶ Politische Innovationsimpulse und Unterstützung, die sich in den vier laufenden Fallbeispielen aufgrund der Kopplungsphase nur auf die Planung bzw. das Konzept beziehen, nicht aber auf die tatsächliche Nutzung und Instandhaltung der Infrastrukturkopplung. Inhaltliche Unterschiede in der Art und Bedeutung der Einflussfaktoren sind damit jedoch nicht verbunden.

Wirtschaftliche Machbarkeit sowie Anreize und Regulierungen

Übereinstimmungen ergeben sich hier für alle Einflussfaktoren aus diesem Wirkungsbereich:

- ▶ Förderprogramme sind in beiden Fallbeispielanalysen im Sinne verfügbarer und fehlender Investitionsförder- und Forschungsprogramme durch EU-, Bundes- und Landesebenen relevant.
- ▶ Marktwirtschaftliche Strukturen – Anreizstrukturen des Marktes wirken beispielsweise im Sinne derzeitiger Energiepreise auch in den vier laufenden Fallbeispielen als relevante Faktoren. Gleiches gilt für Gewinnerwartungen (die beispielsweise im Fallbeispiel P2G in Augsburg von swaV, WBG und EXYTRON durch Bereitschaft für finanzielle Zusatzaufwendungen und erst später erreichter wirtschaftlicher Tragfähigkeit förderlich waren) und die Problematik oftmals langfristiger Amortisationszeiten der Kopplungen aufgrund hoher Investitionskosten.
- ▶ Ebenso finden sich (Fehl-)Anreize für Investition und Vermarktung von Innovationen durch Gesetze auf Bundes- und Landesebene in beiden Fallbeispielanalysen, insbesondere mit Blick auf das EEG, das keine Energiespeicherung honoriert bzw. diese sogar durch Fälligkeit der EEG-Umlage „bestraft“.

Relevante Unterschiede bestehen vor allem darin, dass in der Analyse der vier laufenden Fallbeispiele die Einflussfaktoren von Anreizen und Regulierungen in einem eigenen Wirkungsbereich (politisch-regulatorische Einflussfaktoren) eingeordnet und in einem zweiten Wirkungsbereich (wirtschaftliche Einflussfaktoren) gespiegelt wurden.

Metafaktoren

Für die Analyse der neun abgeschlossenen Fallbeispiele definieren Hölscher et al. (2020) Metafaktoren als eine weitere Kategorie von Einflussfaktoren (S. 40; verändert):

„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 [...]. Sie können jedoch auch hemmend wirken auf beispielsweise die Wettbewerbsfähigkeit von Innovationen – wie zum Beispiel der derzeitigen niedrigen Ölpreis.“

Solche Faktoren wurden in der Analyse der laufenden Infrastrukturkopplungen in den vier laufenden Fallbeispielen nicht gefunden oder in andere Wirkungsbereiche eingeordnet. Klimawandel und damit einhergehende Notwendigkeiten einer (dezentralen) Energiewende werden in den laufenden Infrastrukturkopplungen eher implizit als Ausgangspunkt der Überlegungen bzw. Motivationen benannt.

Sie sind damit weniger ein Einflussfaktor auf das Voranschreiten der Infrastrukturkopplungen als vielmehr ein Aufhänger dafür, warum sich die Infrastrukturverantwortlichen überhaupt für Kopplungen entschieden haben. Auch bewirken die Themen Klimawandel, Klimaschutz und Energiewende, dass es überhaupt vielfältige Förderprogramme gibt, auf die sich beispielsweise die Kreisverwaltung in Steinfurt vielfach erfolgreich beworben hat. Insofern wirken diese Faktoren auch in den laufenden Infrastrukturkopplungen unterstützend.

Gesellschaftliche Meinungen wird im Sinne gesellschaftlicher Akzeptanz von Kopplungen bzw. deren Bestandteilen auch in den laufenden Infrastrukturkopplungen als relevanter Einflussfaktor deutlich – wie auch Energiepreise. Beide wurden aber anderen Wirkungsbereichen zugeordnet und nicht als Metafaktoren benannt: gesellschaftliche Akzeptanz bei gesellschaftlich/sozio-kulturellen und Energiepreise bei wirtschaftlichen Einflussfaktoren.

Insgesamt ergibt sich, dass die Einflussfaktoren aus der Analyse von neun abgeschlossenen Fallbeispielen (siehe Hölscher et al. 2020) weitgehend mit den Erkenntnissen aus der Prozessbegleitung von vier laufenden Fallbeispielen übereinstimmen. Die hier als wesentlich genannten inhaltlichen Unterschiede dürften darin begründet sein, dass sich die laufenden Fallbeispiele in früheren Kopplungsphasen befinden, sodass manche Einflussfaktoren im Vergleich zu den Befunden von Hölscher et al. (2020) noch relevant und andere noch nicht relevant sind.

Damit ist eine Praxisvalidierung der Faktoren gegeben.

In der Zusammenschau sind demnach die folgenden Faktoren für Infrastrukturkopplungen (und deren Weiterentwicklung) auf kommunaler und regionaler Ebene relevant:

- ▶ technische Einflussfaktoren: technische und physische Gegebenheiten, wie z.B. verfügbare und für die Kopplungszwecke gut anwendbare (Reifegrad, etablierte bzw. gut mögliche Wartungsroutinen) technische Komponenten und Potentiale; technische Komplexität; Übertragbarkeit der Anwendung auf weitere bzw. ähnliche Kontexte wie in den Fallbeispielen
- ▶ institutionell-organisatorische Einflussfaktoren: Kooperation, Zusammenarbeit, Vernetzung und organisatorische Schnittstellen; Unterstützungswille und Innovationsbereitschaft; langjährige Erfahrungen; gut ausgebildete und motivierte Mitarbeitende; Risikoscheu und Machtkonstellationen; fehlende Kontinuität auf Ebene von Mitarbeitenden
- ▶ wirtschaftliche Einflussfaktoren: finanzielle Förderprogramme auf Länder-, nationaler oder auch europäischer Ebene, Kostenersparnisse auf Seiten von Betreiber*innen oder Nutzer*innen, Gewinnerwartungen oder zusätzliche Erlösmöglichkeiten; hohe Investitionskosten und Anforderungen an Amortisation; fehlende Vergütung von Energiespeicherung
- ▶ gesellschaftliche/sozio-kulturelle Einflussfaktoren: positive Einstellungen, beispielsweise zu Windenergie und lokaler Energiewende, und Anbindung an politische Zielstellungen (z.B. Klimaschutz und Emissionsvermeidung); fehlende gesellschaftliche Relevanz und geringes Nutzer*innen-Interesse
- ▶ politisch-regulatorische Einflussfaktoren: rechtliche Vorgaben (z.B. EEG) und daraus resultierende (Fehl-)Anreize für Investition und Vermarktung von Innovationen; Urteile sowie politische Beschlüsse (z.B. Atomausstieg); rechtliche Unsicherheiten; politische Kommunikation

3.2.3 Relevante Akteure in den Nischeninnovationen

Akteuren und Netzwerken werden eine wesentliche Rolle in der Unterstützung (und auch Behinderung) von Transformationsprozessen zugeschrieben (Avelino und Wittmayer 2015, Fischer und Newig 2016). Relevante Akteur*innen können sowohl Individuen (z.B. politische Entscheidungsträger*innen, Bürger*innen, Unternehmer*innen) als auch Organisationen (z.B. öffentliche Einrichtungen, Nichtre-

gierungsorganisationen, Verbände) sein (Avelino und Wittmayer 2015). Einfluss auf Transformationsprozesse können Akteure über verschiedene Rollen nehmen, beispielsweise über Gesetzgebung (die nur einige wenige Akteure beeinflussen können), Visionsentwicklung oder direkte/indirekte Unterstützung (z.B. finanziell oder organisatorisch) (Wittmayer et al. 2017).

Folgende Fragen wurden zur Identifikation relevanter Akteur*innen und ihrer Rollen in den Kopplungsprozessen gestellt:

- ▶ Wer sind relevante Akteur*innen?
- ▶ Was sind/waren deren Rollen bisherigen Prozess der Infrastrukturkopplung? Wie beeinflussen sie diesen?
- ▶ Wie könnten sie zukünftige Prozesse der Infrastrukturkopplung beeinflussen?
- ▶ Wie verhalten sich die Akteur*innen zueinander?

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Die SWR, insbesondere die Geschäftsführung, haben die Infrastrukturkopplung durch Visionsentwicklung, vielfältige Kommunikationsprozesse mit Gemeinderat und Bürgermeister, anderen Kommunen und Multiplikatoren innerhalb und über Rödental hinaus bekannt gemacht und z.T. auch politische Unterstützung generieren können. Gleichzeitig hat die Geschäftsführung interne Diskussionen und Vernetzung angestoßen, um das Thema DSM im Geschäftsbereich der Stadtwerke (auch über die Kläranlage hinaus) verankern zu können.

Wie bereits mit Blick auf organisatorisch-institutionelle Faktoren dargestellt, spielen die Mitarbeiter*innen der SWR eine entscheidende Rolle als zentrale Akteure für die Akzeptanz, das Design und die Weiterentwicklung der Kopplung. Das Team der SWR, welches intensiv in die Gestaltung der DSM-Nutzungsoptionen involviert ist, zeichnet sich durch hohe Fachkompetenz sowie durch Innovationsgeist und Neugierde aus. Die Mitarbeitenden „brennen“ für ihren Arbeitsbereich und bringen Erfahrungen entsprechend – und auch kritisch – ein. Ihre auf Priorisierung des Funktionierens der Abwasserreinigung fußenden Einschätzungen und Argumente, dass eine DSM-seitige Nutzung der Kläranlage Risiken für die Abwasserreinigungsleistung bergen könnte, hat dazu geführt, dass das Design und die Weiterentwicklung der Kopplung sich nun insbesondere auf die Nutzung von NA und Mikrogasturbinen bezieht. Dabei wird gleichzeitig sichergestellt, dass im Notstromfall das Signal des virtuellen Kraftwerks vom Regelenergiebetreiber Next Kraftwerke ausgeschaltet bzw. überschrieben wird. Des Weiteren hat die Beteiligung der Energiesparte der SWR an den Gesprächen die SWR-interne Abstimmung und Organisation der Kopplung in Gang gesetzt bzw. vorangebracht.

Der Geschäftsführer der SWR bringt das Thema DSM-Optionen vor dem Hintergrund von Netzstabilität und Blackout-Risiken mit Vision und Beharrlichkeit innerhalb der SWR als auch außerhalb (Stadtrat, Gemeindetag, VKU) durch Vorträge und Gespräche voran (change agent).

Die Stadt ist die Betreiberin der Kläranlage. Daher sind auch die kommunalen Entscheider (z.B. Stadtrat, Gesellschafter der Stadtwerke, Bürgermeister) wichtig als Entscheider über Geldmittelzuweisungen (Budgethoheit) für die SWR (z.B. für das Notstromaggregat, für BHKWs) und auch als Beschaffer von Legitimation von innovativen Prozessen, wie z.B. der Kopplung und der Stärkung der Krisenresilienz im Blackout-Fall, innerhalb der SWR. Sich eng abzustimmen, baut langfristig gegenseitiges Verständnis und Vertrauen auf und stärkt auch die Bereitschaft, für innovative und nachhaltige Ideen Budget bereitzustellen, da die Gesellschafter den Wert der Stadtwerke für die Kommune erkennen können.

In 2018 soll das Notstromaggregat am Regelenergiemarkt steuerbar gemacht werden. Dazu sind dann die vertraglichen Vereinbarungen mit einem Regelenergievermarkter abzustimmen. Als Regelenergievermarkter in Rödental wurde die Next Kraftwerke GmbH Köln ausgewählt. Wenn DSM in der Kläranlage genutzt wird, dann ist auch der Regelenergievermarkter als steuernder Partner im virtuellen Kraftwerk ein wichtiger Akteur.

Hinzu kommen noch die Genehmigungsbehörden, die man mitnehmen muss, z.B. den Zoll und die Finanzbehörde in Sachen möglicher Steuerersparnisse und SWR-internem Verkauf von Energie. So müssen Zoll-Vorschriften eingehalten werden, z.B. mit unterschiedlichen Zollsätzen auf Mineralöle.

Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

swaV bzw. die Stadtwerke sind die treibende Kraft hinter der angestrebten Kopplung im Fallbeispiel. Sie geben über die Geschäftsführung Rückendeckung für die Entwicklung IKT-gestützter Bündelung von Mobilitätsangeboten und setzen entsprechend intern die Zeit und Mittel für die Konzeption, Erprobung und Umsetzung der Mobilitätsapp ein sowie strukturieren Angebote und deren Kommunikation so um, dass sie besser in der Kopplung einsetzbar sind.

Als weitere relevante Akteur*innen nannten die Infrastrukturverantwortlichen der swaV:

- ▶ Anbieter*innen von Mobilitätsdienstleistungen außerhalb der swaV – das umfasst Unternehmen, die beispielsweise Sharing-Angebote bereitstellen (beispielsweise die Firma nextbike für Bikeshaaring), über die mittels der geplanten Mobilitätsapp auch zugegriffen werden können soll;
- ▶ Nutzer*innen der Mobilitätsangebote und der zukünftigen Mobilitätsapp – sie entscheiden letztlich über die Weiterentwicklung und auch die Wirtschaftlichkeit der Mobilitätsangebote der swaV und auch der Mobilitätsapp;
- ▶ Stadtrat – der im Kontext von Klimaschutz und Verkehrswende beschlossen hat, die ÖPNV-Nutzung in einer City-Zone kostenfrei allen Bürger*innen und Besucher*innen Augsburgs zur Verfügung zu stellen, ohne dabei die potentiellen Auswirkungen des Beschlusses auf die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Mobilitätsangebote der swaV zu berücksichtigen oder hierfür den Haushalt der swaV aufzustocken.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

swaE und WBG sind die wesentlichen Akteur*innen, die die Infrastrukturkopplung im Fallbeispiel technisch und organisatorisch konzipiert und in der Pilotanlage umgesetzt haben. Des Weiteren hat swaE die Firma EXYTRON als weiteren technischen Partner in die Konzeption der Kopplung einbezogen, um mithilfe der Anlagentechnologie von EXYTRON Emissionsfreiheit (Feinstaub, NO_x) und CO₂-Neutralität erproben zu können. Alle drei Akteur*innen haben die Infrastrukturkopplung sowohl gemeinsam als auch individuell wesentlich unterstützt, u.a. indem

- ▶ sie gemeinsam beschlossen haben, die hohen Investitionskosten zu tragen und auch finanzielle Mehraufwendungen und eine erst mittelfristig einsetzende wirtschaftliche Tragfähigkeit der Kopplung in Kauf zu nehmen
- ▶ swaE Contracting-Lösungen konzipiert hat, die über Leitsignalschaltungen effiziente und für die Mieter*innen nicht bemerkbare Wartungs- und Reparaturroutinen etabliert sowie Kosteneffizienz für die Mieter*innen sicherstellen hilft;
- ▶ WBG auf Ebene der Geschäftsführung bereit war, Mehrkosten zu tragen, die sich beispielsweise aus Genehmigungserfordernissen für Explosions- und Schallschutz ergeben haben.

Auch für die Zukunft sehen swaV und WBG für sich wichtige Rollen bzw. Möglichkeiten, um die Infrastrukturkopplung weiter und auch in die Breite zu tragen. Die WBG verfügt über weitere Bestandsgebäude in Augsburg und könnte die Kopplung auf andere Gebäude in Augsburg übertragen. Im Zusammenhang mit der guten Partnerschaft mit der swaV, die passgenau zugeschnittenen Contracting-Lösungen und den Plan der swaV, durch eigene Ausbildungslösungen (Mechatroniker Energieanlagen) einen entsprechend qualifizierten Mitarbeiter*innenstamm aufzubauen und mittelfristig die EXYTRON-Anlage komplett in Wartung und Reparatur zu übernehmen, sind beide vorgenannten Akteure Schlüsselakteure für die Weiterentwicklung der Kopplung in anderen Bestandsgebäuden in Augsburg.

Darüber hinaus benannten die Infrastrukturverantwortlichen der swaE und der WBG weitere Akteure als relevant, da sie den Kopplungsprozess im Pilotprojekt bisher unterstützt oder beeinflusst haben:

- ▶ Genehmigungsbehörden – durch die Vorgaben und Erfordernisse der Genehmigung resultierten Mehrkosten für die WBG, um z.B. Explosions- und Schallschutz für die Anlagenkopplung sicherzustellen;
- ▶ Fördermittelgebende – beantragte Investitionskostenzuschüsse (KfW-Darlehen) wurden letztlich nicht gewährt, da die zeitliche Planungs- und Umsetzungsschiene einen frühzeitigeren Beginn der Projektaktivitäten erfordert und der Fördermittelgeber daher aufgrund vorzeitigen Projektbeginns den Fördermittelantrag negativ beschieden hat. Auch aus diesem Grund musste swaE die Bereitschaft haben, Mehrkosten zu tragen;
- ▶ Planungsbüro Ulherr – hat die EXYTRON-Anlage simuliert und die von EXYTRON kommenden Zahlen bestätigt. Das Planungsbüro könnte bei zukünftigen Umsetzungen entsprechende Zahlen liefern, die dann wiederum eine Grundlage für die „richtige Antragsstellung“ (mit Blick auf den anvisierten KfW Standard) bilden könnten;
- ▶ Planungsbüro Rebholz – war als Elektroplaner in die Errichtung des Pilotprojektes involviert.

Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Eine Vielzahl an Akteur*innen im Kreis Steinfurt waren und sind an der Entwicklung und Umsetzung der Steinfurter Flexkraftwerke beteiligt und arbeiten daran, die regionale Energiewende zu verwirklichen. Sie verfügen über unterschiedliche Ressourcen (z.B. technisches und organisatorisches Know-How, finanzielle Mittel), die sie unterstützend in den Prozess der regionalen Energiewende einbringen.

- ▶ Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit (hervorgegangen aus dem Agenda-21-Büro) – zentrale Koordinierungsstelle für alle Projekte zu Klimaschutz und regionaler Energiewende; vermittelt zwischen Kommunen, Kreisverwaltung, Bürger*innen, lokalen Unternehmen und anderen Akteuren. Mitarbeiter*innen des Amtes treiben die Umsetzung der regionalen Energiewende maßgeblich voran, indem sie Projekte initiieren, Fördermittel einwerben, Ziele auf Kreisebene setzen, relevante Akteure zusammenbringen und die Reputation des Kreises als erneuerbare Energieregion außerhalb der Kreisgrenzen stärken. Das Amt ist Teil der Kreisverwaltung Steinfurt;
- ▶ Kommunen – Die 24 Städte und Gemeinden im Kreis arbeiten gemeinsam am Ziel der Energieautarkie bis 2050 und setzen eigene Projekte um; sie sind relevant für die Finanzierung des Gesamtvorhabens und das „Mitnehmen“ der Bürger*innen;
- ▶ Stadtwerke⁸ – sind als Versorger von Strom, Gas und Wärme im Kreis Steinfurt zentrale Akteure des regionalen Energiemarkts; haben eigennütziges Interesse, an neuen Entwicklungen des regionalen Energiemarktes beteiligt zu sein; beteiligen sich an der Finanzierung von Projekten zur regionalen Energiewende und sind potenzielle Vertriebspartner für Wasserstoff aus den Flexkraftwerken – Wasserstoff soll in die örtlichen Stadtgasnetze im Kreis Steinfurt eingespeist werden. Die Stadtwerke Rheine, Ochtrup, Greven und Steinfurt schlossen sich schließlich im Jahr 2012 zusammen, um gemeinsam die eigene Strommarke „Unser Landstrom“ zu vermarkten. Der Strom der Marke „Unser Landstrom“ wird regional und komplett aus erneuerbaren Energien (Solar-, Wind- und Bioenergie) erzeugt. Das Angebot richtet sich an Kommunen und Bürger*innen im Kreis Steinfurt, wird aber auch deutschlandweit vermarktet. Stadtwerke können inzwischen gesetzlich mit Herkunftsnachweisen für Energieherkunft werben. Im Jahr 2014 gründeten sieben Kommunen im Kreis Steinfurt die Stadtwerke Tecklenburger Land. Im Jahr 2016 übernahmen die Stadtwerke Tecklenburger Land die Konzessionen für den Betrieb der Strom- und Gasnetze in den sieben Kommunen (Bundesverband Erneuerbare Energien e.V., o. J.);

⁸ Stadtwerke Steinfurt, Rheine, Emsdetten, Ochtrup, Greven und Tecklenburger Land

- ▶ regionale Privatwirtschaft – das regionale Unternehmensnetzwerk engagiert sich seit 2008 für die regionale Energiewende, um die Wertschöpfung in der Region zu stärken; kreisangehörige Unternehmen stellen finanzielle Mittel für Projekte zur Verfügung (finanzieren z.B. zur Hälfte den Energieland2050 e.V.); zahlreiche Unternehmen im Kreis sind Energieerzeuger oder -dienstleister oder potenzielle Abnehmer von Wasserstoff;
- ▶ Bürgerwindparks – sollen die erneuerbare Energie für die Flexkraftwerke liefern
- ▶ Bürgerschaft – engagiert sich in zahlreichen Projekten für die regionale Energiewende; beteiligen sich finanziell und konzeptionell an Bürgerwindparks;
- ▶ Fachhochschule Münster – wissenschaftliche Begleitung der regionalen Energiewende im Kreis Steinfurt; fertigt Studien an und bringt technische Expertise (z.B. zu Energiespeicherung) ein;
- ▶ Energieland2050 e.V. – gegründet im Jahr 2017 verankert der Verein strukturell die Bearbeitung der regionalen Energiewende und sichert entsprechende Personalstellen, zudem sichert der Verein eine stabile und intensive Zusammenarbeit der beteiligten Akteure ab. Seine 75 Mitglieder setzen sich zusammen aus der Kreisverwaltung Steinfurt, 24 Kommunen sowie 50 regionalen Unternehmen und Institutionen. Eine Besonderheit ist die Finanzierung der Vereinsaktivitäten: sie werden zur Hälfte vom Kreis, zur Hälfte von den beteiligten Unternehmen finanziert. Diese Mitgliedsbeiträge sichern Stellen und ermöglichen eine kontinuierliche Arbeit an Projekten. Der Energieland 2050 e.V. setzt das Projekt „Steinfurter Flexkraftwerke“ fort.

Zusammenschau der Akteur*innen

Ähnlich wie in der Zusammenschau relevanter Einflussfaktoren in den Nischeninnovationen (siehe Kapitel 3.2.1.6) wird auch aus den Ausführungen in Kapitel 3.2.3 deutlich, dass die als relevant eingeschätzten Akteur*innen zwar ebenfalls fallspezifisch sind, dass ein Quervergleich über die verschiedenen Fallbeispiele hinweg aber auch hier helfen kann Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten aufzuzeigen.

Dazu werden in der folgenden tabellarischen Zusammenschau die wesentlichen Akteur*innen, die über alle Fallbeispiele hinweg als relevant ermittelt wurden, untereinander dargestellt und mit den wesentlichen Befunden zur

- ▶ Entscheidungsebene, auf der die Akteur*in angesiedelt ist (lokal, regional, Land, Bund);
- ▶ Rolle und Relevanz, welche der Akteur*in in Bezug auf den Kopplungsprozess zukommt.

Tabelle 7: Zusammenschau der Akteur*innen und ihrer Rollen in den Kopplungsprozessen

Akteur*in Um welchen Akteur handelt es sich? (Individuum oder organisatorischer Akteur?)	Entscheidungsebene Auf welcher (politischen) Entscheidungsebene ist der Akteur relevant?	Rolle und potentielle Relevanz der Akteur*in Welche Rolle(n) spielt der Akteur in Bezug auf den Kopplungsprozess? Welche Bedeutung hat der Akteur auf Kopplungsprozesse bisher? Welche könnte er zukünftig haben?
Stadtwerke – Geschäftsführung bzw. Abteilungsleitung	Kommunale Ebene	Treibende Kraft in der Visionsentwicklung, Konzeption und Umsetzung (Pilotanlage) der Infrastrukturkopplung Einbindung von Mitarbeiter*innen und Suche nach weiteren Unterstützer*innen-Netzwerken Suche nach finanzieller und politischer Legitimation und Unterstützung
Kreisverwaltung - Amtsleitung	Regionale Ebene	Treibende Kraft in der Visionsentwicklung, Konzeption und Umsetzung (Pilotanlage) der Infrastrukturkopplung

Akteur*in Um welchen Akteur handelt es sich? (Individuum oder organisatorischer Akteur?)	Entscheidungsebene Auf welcher (politischen) Entscheidungsebene ist der Akteur relevant?	Rolle und potentielle Relevanz der Akteur*in Welche Rolle(n) spielt der Akteur in Bezug auf den Kopplungsprozess? Welche Bedeutung hat der Akteur auf Kopplungsprozesse bisher? Welche könnte er zukünftig haben?
		Einbindung von Mitarbeiter*innen und Suche nach weiteren Unterstützer*innen-Netzwerken Suche nach finanzieller und politischer Legitimation und Unterstützung
Stadtwerke – Mitarbeiter*innen Kreisverwaltung – Mitarbeiter*innen	Kommunale Ebene Regionale Ebene	Unterstützung für die Vision der Geschäftsführung durch Innovationsfreudigkeit und Bereitschaft zur Erprobung und Umsetzung der Infrastrukturkopplung, kritische Begleitung und Hinterfragen sowie entsprechende Qualifikationen oder Qualifikationsbereitschaft zur langfristigen Umsetzung der Kopplung
Wohnungsunternehmen	Kommunale, z.T. regionale Ebene	Bereitstellung von Gebäuden für die Umsetzung einer Pilotanlage sowie ggf. für eine zukünftige Umsetzung der Kopplung in weiteren Bestandsgebäuden Bereitschaft, Mehrkosten zu tragen, die sich aus Genehmigungserfordernissen und auch aus später realisierbarer wirtschaftlicher Tragfähigkeit ergeben
Planungsbüros und (technische) Anbieter	Kommunale Ebene	Bereitstellung von technischen und Mobilitätsangeboten, technischem Know-how und quantifizierten Berechnungen Einführung in die Kopplungs-Technologie und ihre Wartung z.T. Bereitschaft, Mehrkosten bei später realisierbarer wirtschaftlicher Tragfähigkeit zu tragen
Gemeinde- und Stadtrat / Bürgermeister*innen	Tabellentext	Politischer Wille und Offenheit für Umsetzung der Infrastrukturkopplung(svision der Stadtwerke) Politische Rückendeckung für Klimaschutz und (lokale) Energiewende sowie Bereitstellung finanzieller Mittel aus dem Gemeindehaushalt Politische Festlegungen und Ziele, welche die Kopplung z.T. unterstützen (z.B. kommunale bzw. regionale Klimaschutzkonzepte) und z.T. erschweren (z.B. kostenfreie Mobilitätsangebote in der Innenstadt, die Kostendeckung der Angebote von Stadtwerken vor Herausforderung stellt) können
Genehmigungsbehörden	Kommunale, z.T. regionale Ebene, basierend auf rechtlichen Vorgaben auf Bundes- und Länderebene	Formulierung und Vorgaben von Auflagen und Anforderungen zwecks Sicherstellung der Einhaltung bestehender Brand-, Explosions-, Umweltvorschriften
Politiker*innen der Landes- und Bundespolitik	Länder- und Bundesebene	Politische Ziele und Vorgaben zu Klimaschutz und Energiewende, die beispielsweise die Formulierung kommunaler Klimaschutzkonzepte motiviert bzw. fördert oder zu finanziellen Förderprogrammen führen, auf die sich kommunale Akteure bewerben können

Akteur*in Um welchen Akteur handelt es sich? (Individuum oder organisatorischer Akteur?)	Entscheidungsebene Auf welcher (politischen) Entscheidungsebene ist der Akteur relevant?	Rolle und potentielle Relevanz der Akteur*in Welche Rolle(n) spielt der Akteur in Bezug auf den Kopplungsprozess? Welche Bedeutung hat der Akteur auf Kopplungsprozesse bisher? Welche könnte er zukünftig haben?
		Gestaltung rechtlicher Vorgaben, die sich förderlich oder hemmend (z.B. fehlender wirtschaftliche Honorierung von Energiespeicherung durch das EEG) auf die Kopplungen auswirken können
Fördermittelgebende	Länder- und Bundesebene	Bereitstellung bzw. Administration finanzieller Fördermittel für Klimaschutz- und Energiewendeprojekte Ausgestaltung und Auslegung von Förderkriterien und -modalitäten, die sich förderlich oder hemmend (z.B. fehlende Flexibilität für nachträgliche Anpassung Fördermittel an tatsächlich erreichte Energieeffizienz-Standards) auswirken können
Nutzer*innen und lokale Bevölkerung	Kommunale Ebene	Inanspruchnahme und Ablehnung oder Akzeptanz der Infrastrukturkopplung; dadurch bieten sie sowohl Unterstützung durch Stärkung des wirtschaftlichen Potentials der Kopplung (z.B. über Bürger*innen-Windparks) als auch mögliche Hemmnisse (z.B. bei Ablehnung weiteren Windenergieausbaus) Ablehnung und Akzeptanz können auf Seiten der Infrastrukturverantwortlichen entsprechende bauliche, ökonomische oder technische Anpassungen erfordern
Wirtschaft und Unternehmen	Kommunale, z.T. regionale Ebene	Engagement für regionale Wertschöpfung im weiteren Kontext der Infrastrukturkopplung als Beitrag zur lokalen Energiewende und Klimaschutz Innovation und Bereitstellung von nachhaltigen, dezentralen Energie- und Mobilitätsangeboten
Forschungseinrichtungen	Regionale Ebene sowie landes- bzw. bundesweit	wissenschaftliche Begleitung, technische und wirtschaftliche Berechnungen und Expertise
Forschungseinrichtungen	Regionale Ebene sowie landes- bzw. bundesweit	wissenschaftliche Begleitung, technische und wirtschaftliche Berechnungen und Expertise

Quelle: Angepasst aus Hölscher et al. (2020), S. 67 f.

4 Transformation hin zu nachhaltigen Infrastrukturkopplungen in kommunalen und regionalen Fallbeispielen –transformative Potentiale und Unterstützungsbedarfe der Nischeninnovation

4.1 Systemanalyse: transformative Potentiale – möglicher Einfluss auf das vorherrschende System und Weiterdenken der Kopplungen

In diesem Kapitel gehen wir anhand der erhobenen Daten und Einschätzungen den Fragen nach

3. welche potentiell transformativen Wirkungen (= mögliche Einflüsse der Nischenkopplung auf das vorherrschende System (Regime)) die geplanten bzw. als Pilotanlage umgesetzten Infrastrukturkopplungen in den jeweiligen Fallbeispielkontexten haben und
4. wie die Infrastrukturkopplungen dort verstetigt bzw. weitergedacht werden könnten.

Analog zu den Ausführungen in Kapitel 3 gehen wir auch in diesem Kapitel auf die Erkenntnisse aus den einzelnen Fallbeispielen ein und geben zum Ende des Kapitels eine kurze Zusammenschau.

4.1.1 Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Die anvisierte Infrastrukturkopplung besitzt **transformatives Potential für die SWR sowie auch für die Kommune** Rödental im weiteren Sinne. Innerhalb der SWR wurde das Erkunden von Möglichkeiten dezentraler Energieerzeugung, Energienetzstabilisierung und Krisenresilienz mittels Nutzung von DSM-Optionen als Leuchtturmprojekt definiert. Das Thema DSM selbst ist völlig neu für die SWR und kam erst im Rahmen des Risikomanagements auf, als man sich mit den Risiken von Blackout und der Stromausfall-bedingten Pflicht, ein NA vorzuhalten, auseinandersetzte. Viele andere kommunale Versorger stellen sich weniger auf einen solchen Blackout-Fall ein.

Dadurch hat die Infrastrukturkopplung SWR-internes Veränderungspotential, denn beispielsweise

- sind alle Bereiche der SWR angehalten, Ideen und Konzepte zur dezentralen DSM-Nutzung zu entwickeln und umzusetzen und damit über Sektorkopplungen verstärkt nachzudenken
- besteht Bedarf an organisatorischer und vertraglicher Klärung der Abnahme von Strom, der in der Kläranlage im Rahmen von DSM produziert wird, durch die Energiesparte der SWR

Darüber hinaus kommt der Kopplung insbesondere mit Blick auf Krisenresilienz und Blackout-Vorsorge eine potentiell kommunal transformative Wirkung zu. So hat die Geschäftsführung der SWR mit dem Stadtrat, mit Bürgermeister*innen sowie mit Feuerwehr und Polizei der Kommune mehrfach Gespräche zum Thema Blackout geführt, wobei den Energieerzeugern der SWR eine große Rolle im Sinne möglicher Versorgungsinseln mit Strom und Wärme zuerkannt wurde. Hier ist auch die geplante und nicht zuletzt für eine DSM-Nutzung nötige Glasfaserkabel-Verlegung wichtig, da sie im Falle eines Blackouts lokale Kommunikationslinien offenhält bzw. verfügbar macht.

In der geplanten Umsetzung der Infrastrukturkopplung soll das Regelungssignal über das virtuelle Kraftwerk des Betreibers Next kommen. Im Sinne eines Weiterdenkens wäre perspektivisch interessant, wenn das Signal mittelfristig (in 5 Jahren) von einer Netzstelle in Rödental käme (Microgrid). Dadurch könnte die SWR das Netz zunächst lokal regeln und erst danach für das nationale bzw. europäische Stromnetz. Denn stabile Einzelzellen garantieren geringeren Regelbedarf auf der übergeordneten Ebene. Die Entwicklung hin zu mehr Flexibilität bzw. weniger Stabilität im Stromnetz im Rahmen der Energiewende erfordert auch mehr Flexibilität bei Klein- und Großenergieerzeugern und Verbrauchern. Hierfür braucht es neue Zukunftskonzepte und deren Testen in dezentralen Möglichkeiten.

Ein **regionaler Verbund** wäre hier eine gute Möglichkeit die Stärken dezentraler Systeme hervorzuheben und auszuspielen. Im Sinne einer **Skalierung** könnte von den Erfahrungen mit der Kläranlage Rödental ein Signal an andere kommunale Kläranlagen in Bayern und in Deutschland ausgehen, DSM-Optionen ernsthaft zu prüfen. Entsprechend sollten Leuchtturm-Beispiele gefördert und gesetzt werden, an denen sich weitere kommunale Akteure und Stadtwerke orientieren könnten. Aus Sicht der SWR wäre es beispielsweise denkbar, eine überregionale Zusammenarbeit mit den benachbarten Städten Sonneberg (Thüringen) und Coburg zu DSM anzugehen.

Bei allen Überlegungen in Richtung Verstetigung und Weiterentwicklung der Nischeninnovation in Rödental wird die Vereinbarkeit der dezentralen DSM-Optionen mit dem eigentlichen Zweck der Energieerzeuger und -verbraucher in der Kläranlage (der eigentliche Zwecks besteht in der Sicherstellung der Abwasserreinigung) oberste Priorität haben. So wurde im Rahmen der TRAFIS-Untersuchungen eine Bilanzstudie erstellt (siehe Kapitel 5.1.1), die untersucht, welche Systemkomponenten unter der Vorgabe, dass durch deren Nutzung für eine Regelennergiebeteiligung keine Auswirkungen auf die Reinigungsleistung der Kläranlage entstehen, technische und ökonomische Potentiale einer DSM-Nutzung bieten könnten. Zweck der Bilanzstudie war es, Argumente für oder auch gegen eine Nutzung von DSM in der Kläranlage Rödental bereitzustellen. In der Präsentation der Berechnungsergebnisse zu realistischen DSM-Potentialen im Juli 2018 kam seitens der Geschäftsführung, und auch mitgetragen von Klärwerks- und Energieexperten der SWR, der Wunsch auf, DSM-Optionen zur Sekundärreserveleistung (also Pooling kleinerer Energieerzeuger/-verbraucher zu einem gemeinsam größeren Leistungspotential) anzugehen. In der Sekundärlastregelung beträgt die Reaktionszeit auf den Regelbedarf 5 Minuten (innerhalb derer man Energie ab- oder zugeschaltet haben muss) und nicht 15 Minuten wie im Minutenregelungsbedarf. Dafür sind sowohl die erzielbaren Erlöse pro Energieeinheit potentiell höher als auch Erlöse für die Energiebereitstellung ohne Arbeitserbringung denkbar bzw. noch verbreitet. Über ein Zusammenschalten vieler kleiner Leistungsanbieter der SWR via Glasfaserkabel und Fernsteuerbarkeit könnte man sicherlich auch am Sekundärreservemarkt anbieten. Auch hierfür sind dann neue Verträge mit dem Betreiber des virtuellen Kraftwerks, Next bzw. innerhalb der SWR bezüglich interner Abnahme von Strom aufzusetzen (rechnerisch muss das innerhalb des SWR getrennt gehalten werden, auch wenn es für das Anbieten der Leistung egal ist, woher die Leistung räumlich kommt, z.B. BHKW Schwimmbad, NA der Kläranlage, ...) und steuerliche Fragen (z.B. zu Mineralölsteuer) zu klären. Durch das Pooling beziehen die DSM-Optionen in Rödental nun neben der Kläranlage noch weitere Maschinen (also neben dem NA in der Kläranlage noch BHKWs im Schwimmbad und in einer Schule) mit ein. Das kann nicht nur der Verstetigung dienen, sondern erweitert potentiell auch den Akteurskreis aufgrund des Bedarfs, dezentrale Anlagen für ein Pooling zu identifizieren und das Pooling zu koordinieren.

Die Ergebnisse haben die SWR-Geschäftsführung und das TRAFIS-Projekt gemeinsam in einem Ko-Referat vor der VKU-Landesgruppenversammlung in Freising bei München vielen Stadtwerken vorgetragen und auf die Chancen und realistischen Optionen von DSM und Regelenenergiemarktbeteiligung durch Stadtwerke hingewiesen. In den Diskussionen wurde von Seiten mehrerer Teilnehmer*innen Interesse an der Thematik und auch daran deutlich, von den Erfahrungen in Rödental zu lernen.

Die SWR steht für kommunalen Austausch und hält die Türen der Kläranlage immer offen für alle Stadtwerks-Kolleg*innen und für alle Kommunen – die bisher am weitesten anreisende Delegation kam aus Neumünster in Schleswig-Holstein. Auch Grundschulen werden regelmäßig durch die Kläranlage geführt – allerdings nur die 4. Klassen und leider nicht in einem höheren Alter der Schulkinder; die Einbindung der Jugend fehlt hier noch. Darüber hinaus führen die SWR viele Publikumstage und Führungen durch. So waren beispielsweise die oberfränkischen Hygienedirektoren vor Ort, wurden Aktionstage für ein Gymnasium aus dem Schulsprenkel von Rödental veranstaltet und fand die Abwasserpartnerschaft vor Ort statt. Das Ziel der Veranstaltungen ist es, zu zeigen, was kommunal mit Blick auf dezentrale DSM-Optionen und Krisenresilienz gemacht werden kann.

Vielfältige positive Reaktionen sind die Folge, häufig kommen Nachfragen nach Führungen in kleineren Gruppen. Die Kommune teilt ihr fachliches Wissen und ihre Erfahrungen. Darüber hinaus die politischen Akteure zu erreichen gelingt weniger – so laden die SWR bei Nachfragen nach Führungen auch immer gleich die Bürgermeister*innen mit ein, die aber selten kommen. Es ist und bleibt daher wichtig, auch überregionale Multiplikatorenfunktionen zu übernehmen, z.B. durch den Landkreis, Städtetag und Gemeindetag. So war beispielsweise bei der Eröffnung des Rathausaals in Rödental der Regierungsvizepräsident Bayerns anwesend.

4.1.2 Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Die **Verstetigung** der Kopplung im Sinne einer IKT-Schnittstellen-Bündelung der swaV-Mobilitätsangebot in Augsburg dürfte mittel- bis langfristig gegeben sein. Die Mobilitätsapp wird nach gegenwärtiger Einschätzung bis 2020 eingeführt werden. Derzeit steht in der Geschäftsführung noch eine Entscheidung zum Fokus Mobilitätsapp aus, da es dort unterschiedliche Vorstellungen gibt:

1. ein Geschäftsführer will die Mobilitätsapp schwerpunktmäßig auf die Stärkung von Carsharing ausrichten, d.h. die App-landing-page setzt auf den Zugang zu Carsharing-Nutzung, alle anderen Mobilitätsangebote werden dem angegliedert;
2. der andere Geschäftsführer plädiert auf eine gleichberechtigte Darstellung und Erreichbarkeit aller Mobilitätsangebote über die App, umgesetzt eher über einen App-Fokus auf Kartendarstellung mit Haltestellen, Leihstationen und Möglichkeit der Streckenausgabe von A nach B.

Hier schätzen die swaV die Ergebnisse der online-Befragung von Bürger*innen, die das TRAFIS-Projekt im Rahmen der Prozessbegleitung für die swaV umgesetzt und ausgewertet hat (siehe Kapitel 5.1.2), als hilfreiche Argumentationshilfe und Wegweiser mit Blick auf den obigen Fokus (2) der Mobilitätsapp ein. Denn insbesondere die Funktionen Live-Auskunft über Verspätungen, Störungen und Ausfälle sowie ein schneller Zugang zu best-price-Angeboten für Verbindungen von A nach B (über eine Karte) wurden von den Befragten als besonders relevant erachtet. Entsprechen fühlt sich die swaV auf dem eingeschlagenen Weg an vielen Punkten bestätigt und gewinnt aus der Umfrage auch Legitimations- und Argumentationshilfe für die Umsetzung einer Liveauskunft, deren Kosten sich im Fall Augsburg auf rund 50.000 EUR belaufen.

Mit Blick auf den Fokus (2) hätten die Ausweitung der Mobilitätsangebote der swaV und deren Bündelung über die geplante Mobilitätsapp aus Sicht der swaV transformatives Potential, das vorherrschende Mobilitätssystem in Augsburg im Hinblick auf weniger motorisierten Individualverkehr und mehr Intermodalität unter Steigerung der Nutzung von ÖPNV verändern zu helfen. Dazu könnte dann die Mobilitätsapp beitragen, indem sie die Mobilitätsangebote benutzerfreundlicher zuschneidet und konzipiert (beispielsweise free floating statt stationsgebunden; keine Grundgebühren für Elektro-Carsharing) sowie über die geplante Mobilitätsapp leichter bedienbar und attraktiver (einfache Suche nach kostengünstigsten und/oder schnellsten Reiseoptionen von A nach B mittels kombinierbarer Mobilitätsangebote) macht. Die Mobilitäts-App soll nach Stand September 2019 in Mitte Dezember 2019 auf den Markt kommen. Im Moment finden noch zahlreiche Tests und Schnittstellenanpassungen statt. Die Echtzeitauskunft ist dabei –im Vergleich zum Carsharing- stärker in den Fokus gerückt.

Im Hinblick auf ein **Weiterdenken** der Kopplung sieht die swaV drei verschiedene Stränge:

Konzipierung und Umsetzung einer „Mobilitäts-Flat“ in Augsburg: die swaV überlegt, mittelfristig eine „Mobilitäts-Flat“ anzubieten, bei der Nutzer*innen für einen festen monatlichen Preis sämtliche angebotene Mobilitätsdienstleistungen nutzen und alles über eine Rechnung abgerechnet bekommen. Wenngleich hier noch viel administrativer, ökonomischer und auch rechtlicher Klärungsbedarf besteht, so könnte darüber die Nutzung von anderen Mobilitätsmöglichkeiten als dem motorisierten In-

dividualverkehr so einfach und attraktiv werden, dass das mit der Kopplung verfolgte Ziel der Stärkung von ÖPNV und Intermodalität erreicht wird. Die „swa Mobil-Flat“ soll zum 1. November 2019 auf den Markt kommen (siehe <https://www.sw-augsburg.de/mobilitaet/swa-bus-tram/>).

Stärkung der Interoperabilität der App und Dienstleistungsplattform über die Stadtgrenzen hinaus: die swaV prüfen eine mögliche Vernetzung bestehender und der geplanten Apps mit den Angeboten der Münchner Stadtwerke, sodass z.B. die Carsharing-Angebote in beiden Städten über die App gebucht werden können, dabei aber über die jeweils eigenen Tarife der Nutzenden in ihrer Herkunftstadt abgerechnet werden. Die entstehenden Unterschiede werden als Kostenrisiko von den jeweiligen Mobilitätsanbietern getragen, sodass die Kostenstruktur nicht zu unterschiedlich sein sollte zwischen den vernetzten Kommunen. Das ist im Rahmen eines Zusammenschlusses von 176 Städten in Deutschland mit der Nutzung von Carsharing über 22 verschiedene Anbieter schon angelegt. Hier wird zum eigenen Tarif abgerechnet und dann querverrechnet. Die Carsharing-Betriebe stellen sich gegenseitig Rechnungen und tragen die Kosten, wenn sich die lokalen und Herkunftstarife unterscheiden. D.h. die Anbieter lassen die sogenannte Quernutzung zu. Damit ist es möglich, bei Knappheit an Carsharing-Fahrzeugen in benachbarte, teilnehmende Kommunen auszuweichen – Münchner Carsharing-Nutzende fahren z.T. schon in Richtung Augsburg rein, um die Knappheit in München abzuf puffern. Allerdings bewirbt der o.g. Zusammenschluss das Angebot nicht wirklich und nutzt damit nicht das Potential gegenüber den kommerziellen Car-Sharing-Anbietern wie DriveNow und Car2Go Marktanteile zu erlangen. Bei einer übergreifenden Vernetzung und Stärkung der Interoperabilität stellt sich jedoch die Frage, wie die Verbundanbieter ihre Standards setzen und wie das übergreifende Angebot so gestaltet werden kann, dass es die kommunal bestehenden Angebote in ihrer Strahlkraft nicht schmälert. Mit der App „Moovel“ stünde eine Option für übergreifende vernetzte Angebot bereit, allerdings bestünde hier die Gefahr, dass dann die kommunalen Angebote/Apps nicht mehr benutzt würden. Da die übergreifenden Apps auf lokale Daten kommunaler Anbieter angewiesen sind, sind Kooperations- und Datenweitergabewilligkeiten bei solchen Kommunen gering, die selber eine App nutzen/entwickelt haben, um diese App nicht zu verlieren.

Beratung von Augsburger Firmen zu Mitarbeitenden-Mobilität: die swaV könnte als Verkehrsunternehmen Firmen in Augsburg zum Thema Mitarbeitermobilität beraten. Das hätte u.U. Potential im Hinblick auf

- a) Kosteneinsparung für die Unternehmen, da die Firmen nicht mehr so viele Parkplätze vorhalten müssten;
- b) Anstieg der Firmenabonnements bei den swaV, da die Firmen die Kosteneinsparungen in Firmenabo-Zuschüsse umwandeln können;
- c) Einsparungen von CO₂-Emissionen der Unternehmen und damit auf klimapolitische Firmenziele sowie unternehmerische Corporate Social Responsibility (CSR) und Reputation.

4.1.3 Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Die WBG hat im Jahre 2017 ca. 10.000 Wohneinheiten vermietet, in denen etwa 21.000 Augsburger*innen leben – das entspricht etwa 10% des Gesamtwohnungsbestandes und etwas mehr als 7% der Gesamtbevölkerung Augsburgs.^{9,10} Hinzu kommt, dass die WBG im Auftrag des Stadtrates seit 2014 jährlich 100 Wohneinheiten als preiswerten Wohnraum (auch für förderberechtigte Personen) bereitstellt.¹⁰ Im Sinne einer möglichen Wirksamkeit der Infrastrukturkopplung als Nischeninnovation auf das vorherrschende System haben WBG und swaE damit das Potential, viele Bestandsgebäude in

⁹ Wohnbaugruppe Augsburg (2018). 2017 Geschäftsbericht der Wohnbaugruppe Augsburg.

¹⁰ Sozialreferat der Stadt Augsburg (2018). Sozialbericht der Stadt Augsburg 2017.

Augsburg für eine sehr heterogene Bewohnerschaft mit nachhaltiger(er) Energie und Wärme zu versorgen und damit dann auch – ohne oder mit deren Wissen – ggf. einkommensschwächere Schichten dafür zu erreichen. Die als Pilotprojekt umgesetzte Infrastrukturskopplung besitzt **transformatives Potential** sowohl für die beiden Hauptakteure swaE und WBG als auch im Sinne eines Konzeptes für eine **nachhaltige(re) Strom- und Wärmeversorgung** von Bestandsgebäuden (und auch Neubauten) in Augsburg – und darüber hinaus.

swaE und WBG denken die als Pilotprojekt umgesetzte Infrastrukturskopplung gleichermaßen als vielversprechende Option für **weitere Projektumsetzungen** in Augsburg **weiter**. Diesen Wunsch äußerten bzw. dieses Potential sahen beide Akteure im Rahmen des 2. TRAFIS AP3-Workshops am 1.3.2019. Nach oben hin gebe es keine wirklich technische Grenze für eine maximale Anzahl Wohneinheiten, die man über solche Systeme mit Strom und Wärme versorgen kann – so planen beispielsweise die Netzbetreiber Tennet, Gasunie und Thyssengas eine 100-Megawatt (MW) starke P2G-Anlage in Ostfriesland¹¹. Nach unten hin schätzen die Akteure eine Mindestanzahl von 40 Wohneinheiten als (ökonomische) Grenze ein.

Insgesamt sehen swaE und WBG das im Pilotprojekt umgesetzte System sowohl für den Gebäudebestand als auch für Neubauten in Augsburg

1. in der systemischen Umsetzung wie in der Marconistraße (inklusive der P2G-Anlage) aufgrund der komplexen technischen Steuerung als mittelfristig (in ca. 4-10 Jahren) gut übertragbar an,
2. im Sinne einzelner Komponenten, wie BHKW-Nutzung, Mieterstrom und Contracting-Lösungen als bereits jetzt gut übertragbar an,
3. in größerem Maßstab (Megawatt-Bereich) auch zur Erzeugung von Fernwärme und damit für die Versorgung einer noch größeren Anzahl an Wohneinheiten mit nachhaltiger(er) Wärme als geeignet an.

So geht die swaE davon aus, dass sie diese Anlage in einigen Jahren als Standardanlage anbieten und im Zusammenhang mit Contracting-Lösungen zu einem zukunftsfähigen Geschäftsmodell der Energieversorgung machen können. Gleichermäßen strebt die swaE an, die technische Lösung der Infrastrukturskopplung im Pilotprojekt durch eigenen Kapazitätsaufbau (entsprechend qualifizierter Mitarbeiter*innen-Stamm und Änderungen im Ausbildungsplan der swaE) auch in weiteren Objekten anbieten zu können. Dadurch hat die Nischeninnovation Einfluss auf das vorherrschende System im Sinne des Geschäftsmodells und der technisch-organisatorische Umsetzung der Strom- und Wärmeversorgung durch die swaE. Daher könnte die Nischeninnovation beide Aspekte langfristig als neues wesentliches System der Strom- und Wärmeversorgung und Gewinnerwirtschaftung etablieren helfen.

Für eine **Verstetigung** der Infrastrukturskopplung müssen anhand der bisherigen Lernerfahrungen der Projektpartner mit der Errichtung und dem Betrieb der Anlage verschiedene Rahmenbedingungen verändert bzw. anders gestaltet werden. Dabei ist zu betonen, dass nicht alle dieser Rahmenbedingungen in der Hand bzw. im Einflussbereich der Projektpartner liegen:

Rekrutierung und Aus- bzw. Weiterbildung von Mitarbeiter*innen: Eine Übertragbarkeit des technischen Anlagen-Set-ups auf andere Objekte erfordert Verständnis für und Kenntnis der zu errichten-

¹¹ Siehe URL <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Power-to-Gas-Netzbetreiber-planen-100-MW-Anlage-4191465.html>, eingesehen am 13. März 2019. In kleinerem Maßstab, aber immer noch im MW-Bereich, betreiben die Partner Greenpeace Energy eG und die Städtischen Betriebe Haßfurt über die gemeinsame Windgas Haßfurt GmbH & Co. KG eine P2G-Anlage mit 1,25 Megawatt elektrischer Nennleistung zur Stabilisierung des lokalen Stromnetzes Haßfurt (siehe URL <http://www.powertogas.info/power-to-gas/pilotprojekte-im-ueberblick/windgas-hassfurt/>, eingesehen am 13. März 2019).

den, zu wartenden und zu reparierenden Strukturen. Dafür braucht es eine gewisse Qualität an Mitarbeiter*innen und die entsprechende Schulung. swaE und WBG setzen auf die Strategie, gutes Personal durch solche innovativen Projekte wie die Pilotanlage überhaupt für eine Beschäftigung bei swaE und WBG interessieren und gewinnen zu können. Die swaE haben gute Erfahrungen damit gemacht, Mitarbeiter*innen im Sinne dieser Kopplungslogik zweigleisig auszubilden: Heizungsbauer werden mitentwickelt zu Elektrotechnikern, Elektrotechniker werden mit zu Heizungsbauern mitentwickelt. Durch einen solchen Mitarbeitenden-Stamm würde dann mittelfristig auch der Bedarf an externen Technologie-Dienstleistern wie EXYTRON wegfallen. Daher sollen in der internen Aus- und Weiterbildung Kompetenzen des klassischen Heizungsbaus mit denen der Elektrotechnik zusammengebracht werden, um Mechatroniker für Energieanlagen (ähnlich dem Mechatroniker*innen im KFZ-Bereich) auszubilden und die mit der Pilotanlage in der Marconistraße gewonnenen Erfahrungen langfristig weitergeben zu können. Denn die Anlage zu errichten ist technisch lösbar – aber die Anlage zu justieren und langfristig effizient im Betrieb zu halten, ist eine Herausforderung, die nur mit entsprechend geschultem Personal angenommen werden kann.

Investitionskosten und Energiepreisentwicklung: Das im Pilotprojekt umgesetzt technische und organisatorische Set-up (Contracting-Lösung mit der swaE) hat bereits gut funktioniert sowie in der Pilotanlage auch nachweisbare Erfolge aus Umweltsicht und auch ökonomischer Sicht (Energiekosteneinsparungen) mit sich gebracht. Noch ist das Pilotprojekt aufgrund der hohen Investitionskosten, fehlender Umlagemöglichkeit der Kosten auf die Mieter*innen, nicht vorgesehener EEG-Vergütung für Energiespeicherung und fehlender Projektförderung nicht wirtschaftlich und konnte nur aufgrund höherer Eigenanteilbereitschaft der Partner EXYTRON, swaE und WBG umgesetzt werden. Wenn die Investitionskosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit solcher Projekte dadurch verbessert, werden das viele weitere Wohnungsunternehmen übernehmen wollen. Im Hinblick auf die künftigen Betriebskosten wird davon ausgegangen, dass die Energiekosten steigen werden. Wenn man Energie auf die Art und Weise wie in der Pilotanlage sauber und nachhaltig erzeugen kann, dann ist das eine zukunftsfähige Variante der Energieversorgung und auch ein zukunftsfähiges Geschäftsmodell.

Bauliche und genehmigungsbehördliche Umsetzung der technischen Anlage: insbesondere für die Anlagenteile, die Schallschutz- und Explosionsschutzvorgaben unterliegen (BHKW, Gasthermen und Speichertanks) sollten separat und außerhalb der Wohngebäude liegende Technikräume errichtet werden. Das macht nicht nur die Einhaltung von Schallschutz- und Explosionsschutzvorgaben im Vergleich zu einer Umsetzung im Wohngebäude leichter, sondern kann auch Mieter*innen-Sorgen wegen Lärmbelastungen verringern. Gleichzeitig ist der bauliche und auch kostenmäßige Aufwand besser planbar und auch geringer als bei einem Bedarf, für den Technikeinbau nachträglich Deckenhöhen anpassen zu müssen. Sehr spannend wäre es aus Sicht von swaE und WBG, diese Anlagentechnologie in einen Neubau zu integrieren, wo man die Gebäude von Anfang an so planen kann, dass die bestmögliche Effektivität zum geringsten Genehmigungs- und Kostenaufwand erzielt wird.

Projektförderung bzw. (Teil-)Finanzierung der Investitionskosten: eine Anschubfinanzierung und/oder Projektförderung für die Investitionskosten wäre wünschenswert, um die Nachahmung und Übertragbarkeit solcher Projekte zu stärken bzw. ökonomische Hindernisse zu verringern. Eine solche Finanzierung sollte flexibler an tatsächlich erreichbare, im Vorfeld bzw. während der Beantragung ggf. noch nicht klare Performanzlevel und Energieeffizienzstandards angepasst werden können (z.B. KfW 100 vs. KfW 40). Weiterhin sollte auch der Umgang mit vorzeitigem Beginn einfacher gestaltet werden, um dem Praxisbedarf an zeitlicher Abwicklung von projektbezogenen Auftragsvergaben gerecht werden zu können, die z.T. schneller erfolgen müssen und damit mitunter auch vorab der Rückmeldungen zu einer beantragten Projektförderung vom Fördermittelgeber umgesetzt werden müssen.

4.1.4 Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Das transformative Potential der Steinfurter Flexkraftwerke lässt sich derzeit noch nicht abschätzen, da die Anlagen weder gebaut, noch im Detail geplant sind. Zum aktuellen Zeitpunkt stehen fünf potenzielle Standorte im Kreis Steinfurt zur Diskussion, um dort Elektrolyseure zu errichten. Ziel ist, zunächst bis zum Jahr 2023 zwei Elektrolyseure zu installieren. Die konkrete Planung und Auswahl der Standorte wollen die Steinfurter Akteure bis zum Ende des Jahres 2019 vornehmen. Finanziert wird der Planungsprozess gegenwärtig durch NRW-Fördermittel (Modellkommune Wasserstoffmobilität).

Die **Vorgehensweise**, den Diskussions- und Planungsprozess mit breiter Beteiligung vielzähliger regionaler Akteure zu führen, besitzt **transformatives Potential** für das Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit als Koordinator des Vorhabens. Das Amt kann hier an die Erfahrungen aus den HyTRUST-Plus-Strategiedialogen und dem Masterplanprozess 100% Klimaschutz anknüpfen und auf die dadurch etablierten Akteursnetzwerke zurückgreifen. Während im Jahr 2010 das Leitbild Energieautarkie bis 2050 anfänglich noch allein von den Mitarbeiter*innen der Kreisverwaltung entwickelt wurde, scheint es heute neuer Standard im Kreis Steinfurt geworden, lokalen Akteure maßgeblich in die Ausgestaltung der regionalen Energiewende einzubeziehen. So resümierte der Leiter des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit: „Der Aufbau interdisziplinärer Netzwerke, die Einbindung der 24 kreisangehörigen Kommunen, die Aktivierung der Wirtschaft und eine intensive Bürgerbeteiligung haben [...] dem Erfolg der regionalen Energiewende den Boden bereitet“ (Fachagentur Windenergie an Land, 2016, S. 15). Gerade mit Blick auf Akzeptanzfragen birgt die partizipative Vorgehensweise im Kreis Steinfurt transformatives Potential für andere Regionen in Deutschland.

Weiteres transformatives Potential für Anlagenbetreiber im Kreis Steinfurt – aber auch darüber hinaus – birgt der Ansatz, durch Power-To-Gas-Technologien eine Nachnutzung für Windenergieanlagen nach Auslaufen der EEG-Förderung zu ermöglichen. In seinem Grobkonzept für den Wettbewerb zur Modellregion Wasserstoff-Mobilität-NRW legt der Kreis Steinfurt den Fokus darauf, die vorhandenen Windkraftkapazitäten zu erhalten und deren Weiternutzung sicherzustellen. Hintergrund ist, dass im Zeitraum von 2020 bis 2025 die Vergütung nach EEG für 50% der bestehenden Windenergieanlagen im Kreis Steinfurt endet. Gleichzeitig ist das Ausbaupotenzial für Windenergie auf den geeigneten Flächen im Kreis bereits weitgehend ausgeschöpft (Kreis Steinfurt, 2018). Um die Klimaschutzziele des Kreises zu erreichen, ist daher die Weiternutzung der vorhandenen Anlagen ein dringendes Anliegen. Sollte die Installation der ersten zwei Elektrolyseure und deren wirtschaftlich rentabler Betrieb gelingen, könnte dieser Ansatz auf weitere Standorte im Kreis Steinfurt übertragen werden.

Für eine **Verstetigung** war neben den langjährigen Akteursnetzwerken und partnerschaftlichen Beziehungen auch essentiell, dass ein motivierter Mitarbeiter*innen-Stamm akquiriert und über Projektmittel finanziert werden konnte.

Im Hinblick auf ein **Weiterdenken** birgt die Fragestellung der Nachnutzung von Altanlagen auch außerhalb der Kreisgrenzen Relevanz. Für über 5.700 an Land installierte Windenergieanlagen in Deutschland endet im Jahr 2020 die EEG-Förderung. Das entspricht einer installierten Leistung von ca. 4.500 MW. In den darauffolgenden Jahren entfällt die Förderung für weitere Anlagen mit einer installierten Leistung von 2.000 bis 3.000 MW jährlich (Lehmann et al. 2017). So könnte für einige Regionen in Deutschland das Fallbeispiel Kreis Steinfurt einen interessanten Lösungsweg aufzeigen.

Für das Konzept der Wasserstoff-Mobilität denken die Steinfurter Akteure über die Kreisgrenzen hinaus und beziehen Akteure aus dem Münsterland als potenzielle Abnehmer für den Wasserstoff mit ein. Die Vision der Steinfurter Akteure bis zum Jahr 2023 lautet wie folgt:

„Unser Ziel bis 2023: Mit Strom überwiegend aus Bürgerwind-Anlagen, die bald aus der EEG-Vergütung fallen, erzeugen wir in zwei Elektrolyseuren 100% grünen Wasserstoff. Verteilt mittels LKW, versorgen wir eine Buslinie, eine Bahnstrecke und Tankstellen für

Entsorgungs- und Logistikunternehmen, Firmenwagen und landwirtschaftliche Unternehmen wie auch die Wasserstoffbusse der Stadtwerke Münster, Fahrzeuge des Carsharing-Anbieters und die bereits existierende Wasserstofftankstelle in Münster-Amelsbüren“ (Kreis Steinfurt, 2018, S. 2).

Ferner ist für das Jahr 2030 der weitere Markthochlauf geplant. Unter anderem sollen die Elektrolysekapazitäten verdoppelt und ein flächendeckendes Tankstellennetz etabliert werden (ebenda).

Ob die Steinfurter Flexkraftwerke technisch machbar und wirtschaftlich rentabel im Kreis Steinfurt umgesetzt werden können, gilt es erst noch zu beweisen. Die Mitarbeiter*innen des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit sehen die Flexkraftwerke als einen Baustein im Kanon mit vielzähligen anderen Projekten. Der Planungsprozess für die Flexkraftwerke würde als Steuerungs- und Strategietool genutzt, was viele weitere Schritte ermöglichen helfen würde und die weitere Strategieentwicklung hin zum Ziel der Energieautarkie bis 2050 vorantreibt. Allerdings seien die Flexkraftwerke nicht der Dreh- und Angelpunkt. Das bedeutet, dass die regionale Energiewende auch dann weiter umgesetzt wird, wenn die Flexkraftwerke nicht umgesetzt werden.

4.1.5 Zusammenschau zu transformativem Potential und Weiterdenken der Nischeninnovationen in den Fallbeispielen

Analog zur Zusammenschau relevanter Einflussfaktoren in den Nischeninnovationen (siehe Kapitel 3.2.1.6) wird auch aus den vorangegangenen Ausführungen deutlich, dass die Einschätzungen zum transformativen Potential und zu möglichen Weiterentwicklungen fallspezifisch sind und von den entsprechenden Kontextbedingungen abhängen. Ein Quervergleich über die verschiedenen Fallbeispiele hinweg kann aber helfen mögliche Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten aufzuzeigen.

Dazu werden in der folgenden tabellarischen Zusammenschau die wesentlichen Befunde zum transformativen Potential und zum Weiterdenken aus den vier laufenden Fallbeispielen nebeneinander dargestellt. Unterhalb der Tabelle werden wesentliche Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten textlich hervorgehoben, die in zwei oder mehr der Fallbeispiele genannt wurden.

Tabelle 8: Zusammenschau transformativer Potentiale und möglicher Weiterentwicklungen in den Nischeninnovationen

Wesentliche Befunde im Hinblick auf ...	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Transformatives Potential	Potential innerhalb der SWR durch Definition von DSM-Optionen als Leuchtturmprojekte, zu denen alle Bereiche der SWR Ideen und Konzepte entwickeln sollen. Bedarf an organisatorischer und vertraglicher Klärung der Abnahme von Strom, der in der Kläranlage im Rahmen von DSM produziert wird, durch die Energiesparte der SWR. Potential für die Kommune im weiteren Sinne aufgrund intensiver Dialoge zu Krisenresilienz und Blackout-Vorsorge im Kontext von Beiträgen zur lokalen Energiewende (mögliche Versorgungsinseln mit Strom und Wärme; für eine DSM-Nutzung nötige Glasfaserkabel-Verlegung bietet lokale Kommunikationslinien)	Potential zur Transformation des vorherrschenden Mobilitätsmodus motorisierter Individualverkehr in Augsburg über Benutzer*innen-freundlicher Konzeption von Mobilitätsangeboten, deren Bündelung und eine einfache, attraktive gebündelte Bedienbarkeit über die Mobilitätsapp	Potential für neue Geschäftsmodelle (Contracting-Lösungen), Wirtschaftlichkeit (Beantragung Investitionskostenzuschüsse, Anpassungen im technischen Set-up zur Reduktion baulicher Kosten für Einhaltung behördlicher Vorgaben) und Mitarbeitenden-Qualifikation (Kapazitätsaufbau) für wirtschaftlich tragfähige und breiter umsetzbare nachhaltige(re) Strom- und Wärmeversorgung in Augsburg	Potential für neue Geschäftsmodelle zur Weiternutzung von Windenergieanlagen nach Auslaufen der EEG-Förderung durch wirtschaftlich rentable P2G-Konzepte (Demonstration steht noch aus), innerhalb und außerhalb der Kreisgrenzen kontinuierliches partizipatives Vorgehen und die Einbeziehung vielfältiger Akteure in langfristige Dialogprozesse als übertragbares Modell mit Blick auf Akzeptanzfragen und Legitimität der regionalen/lokalen Energiewende Änderungspotential für andere Regionen in Deutschland

Wesentliche Befunde im Hinblick auf ...	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Verstetigung	Sekundärreserveleistung durch Pooling soll angegangen werden: NA der Kläranlage plus BHKWs in Rödental SWR-interne Abstimmungen und auch vertragliche Klärungen zur internen Abnahme von Energie laufen	Geschäftsführung muss über Fokus der App entscheiden, nicht mehr über das Ob	Kosten für die Pilotanlagen sind bereits getragen, die Technologie ist errichtet und im Testbetrieb, Komponenten sind handelsüblich erhältlich	Langjährige Akteursnetzwerke und partnerschaftliche Beziehungen etabliert Motivierter Mitarbeiter*innen-Stamm akquiriert und über Projektmittel finanziert
Weiterdenken bzw. mögliche Weiterentwicklungen	Eigenes Microgrid in Rödental oder mit benachbarten Kommunen aufbauen Multiplikator*innen und politische Entscheidungsträger*innen für Lernerfahrungen in Rödental interessieren, z.B. mittels Führungen in der Kläranlage	Erprobung und Umsetzung einer über alle Mobilitätsangebote hinweg gültigen Mobilitätsflat Mögliche regionale Vernetzung mit Mobilitätsanbieter*innen in München zur besseren intermodalen Anschlussfähigkeit Beratung von Augsburger Firmen zur Mitarbeiter*innen-Mobilität zur Stärkung und Verbreitung nachhaltiger Mobilität in Augsburg und Gewinnung weiterer Nutzer*innen	Ausbau von Contracting-Lösungen und P2G-Anlagen in Bestandsgebäuden als zukünftiges Geschäftsmodell zur Energie- und Wärmeversorgung Weitere Umsetzungen innovativer Kopplungsprojekte, um gutes Personal zu gewinnen Qualifizierung der Mitarbeiter*innen mittelfristig auf Kopplungsbedarfe und –anforderungen zuschneiden Bessere vorab-Planung für bauliches und strukturelles Set-up zwecks Reduktion von Kosten und Genehmigungserfordernissen sowie für näher an tatsächlich realisierbare Energieeffizienzstandards angepasste Projektförderung	Potentielle Abnahme für grünen Wasserstoff innerhalb und außerhalb Kreisgrenzen ermitteln (z.B. Firmen, Busse und Züge) Markthochlauf grüner Wasserstoffproduktion geplant Flexkraftwerke als einen wichtigen, aber nicht alleinigen Baustein der regionalen Energie-wende im Kreis weiter vorantreiben

Aus der tabellarischen Darstellung ergeben sich Ähnlichkeiten bzw. Gemeinsamkeiten in den Fallbeispielen mit Blick auf

- ▶ **Geschäftsmodelle**, durch Ausrichtung auf Contracting-Lösungen im Fallbeispiel P2G in Augsburg, über attraktivere, besser intermodal zugängliche und Benutzer*innen-freundlicher konzipierte Mobilitätsangebote in Augsburg, durch Erprobung von P2G-Geschäftsmodellen für aus der EEG-Förderungen herausfallenden Windenergieanlagen im Kreis Steinfurt;
- ▶ **Kapazitätsaufbau**, einerseits durch Qualifikation der Mitarbeitenden im Fallbeispiel P2G in Augsburg, andererseits durch intra-institutionelle organisatorische und vertragliche Abstimmung im Fallbeispiel DSM in Rödental;
- ▶ **Verstetigung**: etablierte Netzwerke und Kontakte, gute, motivierte Mitarbeiter*innen, getätigte Investitionen, Unterstützung und Rückendeckung durch die Hierarchie;
- ▶ **Weiterdenken**: Erweiterung von Akteurskreisen, Ausdehnung der Kopplung auf weitere Kommunen bzw. über Grenzen hinaus.

In allen vier Fallbeispielen wiesen die Infrastrukturverantwortlichen darauf hin, dass sich das transformative Potential nicht zuletzt dann entfalten und die Ideen für Weiterentwicklung realisiert werden könnten, wenn förderliche oder weniger hinderliche Rahmenbedingungen bestünden bzw. geschaffen werden können.

Im folgenden Kapitel werden die politischen Unterstützungsbedarfe dargestellt, welche die Einschätzungen aus den Fallbeispielen hervorgebracht haben.

4.2 Systemanalyse: Politische Unterstützungsbedarfe aus Sicht der Infrastrukturverantwortlichen in den Fallbeispielen

Wie auch in Kapitel 4.1 gehen wir auch in diesem Kapitel gehen wir zunächst auf die Erkenntnisse aus den einzelnen Fallbeispielen ein und geben zum Ende des Kapitels eine kurze Zusammenschau.

4.2.1 Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Aus Sicht der Infrastrukturverantwortlichen muss die **Bundespolitik** den Akteuren, die sich auf der kommunalen Ebene für ein Gelingen der Energiewende und dezentrale Umsetzungsbeispiele einsetzen, entsprechend förderliche Rahmenbedingungen schaffen. Die Stadtwerke als kommunale Akteure mögen aus Sicht der Infrastrukturverantwortlichen zwar nur über kleine Einflussgebiete verfügen, aber sie sind viele und haben gute und wichtige kommunale Gestaltungsmöglichkeiten.

Hierin sollten die Stadtwerke stärker unterstützt werden, insbesondere dadurch, dass

- ▶ das kommunalwirtschaftliches Betätigungsverbot nach Landesgemeindeordnungen so angepasst wird, dass die Daseinsvorsorge im öffentlichen Interesse positiv auch kommunale Leistungen in Netzübernahme und Netzbetrieb ermöglicht sowie im Sinne von Kopplungen dezentraler Energieerzeugung/dezentralen Energieverbrauchs mit IKT auch den Betrieb eigener Telekommunikationsnetze für die Region erlaubt. Dadurch können energieautarke bzw. netzstabilisierend wirkende regionale Energienetze geschaffen werden.
- ▶ das Blackout-Risiko im Zusammenhang mit zunehmender Netzin stabilität durch dezentrale Energieerzeugung im Rahmen der Energiewende als strategisch wichtiges Thema auf Bundesebene ernst genommen und dort platziert wird – denn damit erhalten dezentrale Netzlösungen als regionale Stabilitätszentren politischen Auftrieb.

4.2.2 Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Aus Sicht der Infrastrukturverantwortlichen muss die Bundespolitik den Akteuren, die sich auf der kommunalen Ebene für ein Gelingen der Verkehrswende und dezentrale Umsetzungsbeispiele einsetzen, entsprechend förderliche Rahmenbedingungen schaffen. Die **Bundespolitik** kann lokale Akteure wie swaV darin dadurch unterstützen, dass sie

- ▶ bestehende Regelungen anpasst oder regulative Experimentierräume (Reallabore) ermöglicht, innerhalb derer in groß angelegtem Maßstab ausprobiert werden kann, was bei erforderlichen Änderungen an rechtlichen Rahmengebunden möglich wäre. So ist beispielsweise das Personenbeförderungsgesetz „zu alt“ und berücksichtigt keinerlei Aspekte, die mit der Digitalisierung des öffentlichen Nahverkehrs oder der Vernetzung von Angeboten zu tun haben, kennt z.B. kein Ridesharing. Hier braucht es neue Möglichkeiten bzw. Zulässigkeiten.
- ▶ den finanziellen Unterstützungsbedarf für die Verbesserung des ÖPNV so zu gestalten, dass damit in Pilotform auch kostengünstige Jahrestickets für den ÖPNV (z.B. das 365 EUR Ticket in Wien, dank dessen Einführung im Jahre 2012 die Zahl der ÖPNV-Nutzenden von 373.000 auf 780.000 gestiegen ist)¹² möglich sind.
- ▶ das kommunalwirtschaftliches Betätigungsverbot nach Landesgemeindeordnungen so angepasst wird, dass die Daseinsvorsorge im öffentlichen Interesse positiv auch kommunale Leistungen in der Mobilitätsberatung zulässt.

Die **kommunale Ebene** könnte die Stärkung der ÖPNV-Nutzung dadurch unterstützen, dass sie das Parken so teuer macht, dass ein Umstieg auf den ÖPNV bei gleichzeitig vergünstigter Nutzung (oder kostenlose City-Zone) auch ökonomisch attraktiv ist.

4.2.3 Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Aus Sicht der Infrastrukturverantwortlichen muss die Bundespolitik den Akteuren, die sich auf der kommunalen Ebene für ein Gelingen der Energiewende und dezentrale Umsetzungsbeispiele einsetzen, entsprechend förderliche Rahmenbedingungen schaffen. Die **Bundespolitik** kann lokale Akteure wie swaE und WBG darin dadurch unterstützen, dass sie

- ▶ die Investitionskosten, die zur Umsetzung solcher P2G-Kopplungsprojekte an anderen Objekten und von weiteren Akteuren (z.B. Wohnungsunternehmen) aufgebracht werden müssen, durch Förderprogramme und Investitionsanschubfinanzierungen (anteilig) finanziert. Adressat ist hier insbesondere der Bund, da dieses Anlagenkonzept bundesweit übertragbar ist und daher solche Kopplungskonzepte auch bundesweit honoriert und gefördert werden müssten.
- ▶ bestehende Fördermöglichkeiten, z.B. über KfW-Darlehen, flexibler an die Praxisbedarfe anpassbar macht. Beispielsweise besteht Handlungsbedarf im Hinblick auf (i) nachträgliche Anpassungen der gewährten Förderhöhen auf tatsächlich erreichte Energiestandards; (ii) flexiblere Möglichkeiten eines vorzeitigen Beginns, um Praxisakteuren die entsprechenden Abwicklungen von Auftragsvergaben zu erleichtern; (iii) die Errichtung von P2G-Anlagen auch für große Wohnanlagen von Gebäudeeigentümern (z.B. Wohnungsunternehmen) förderfähig zu machen, weil dort größere Energiespar- und Klimaschutzeffekte erreichbar sind als bei Einfamilienhäusern. Letzteres könnte insbesondere als Fördermöglichkeit für Pilotprojekte auch für Fördermittelgeber interessant sein.

¹² Berger, M. (2018). Jahresticket 365 Euro: Deutsche Städte mögen Wiener Modell. Der Tagesspiegel, URL <https://www.tagesspiegel.de/politik/oeffentlicher-nahverkehr-jahresticket-365-euro-deutsche-staedte-moegen-wiener-modell/22751878.html>, eingesehen am 18. März 2019.

- ▶ im kommunalen Bereich für Investitionen in P2G-Projekte auch Kreditversicherungen/-garantien gewährt wie über die Hermes-Bürgschaften für Exportkredite.
- ▶ eine differenzierte Förderung von Strom aus erneuerbaren Energien (EE-Strom) in Abhängigkeit von der Nähe zu Abnehmern ermöglicht. Strom, den man in Wohngebäudebeständen als Mieterstrom erzeugt und wo viele Stromabnehmer*innen sitzen, sollte stärker gefördert werden als beispielsweise PV-Anlagen auf leerstehenden Industrieanlagen oder landwirtschaftlichen Flächen, wo in der näheren Umgebung keine oder kaum Abnehmer*innen sind.
- ▶ CO₂-Emissionsminderungen bzw. -Neutralität im Gebäudebereich honoriert, z.B. durch eine CO₂-Steuer auf Gebäude. Gleiches gilt für die Emissionsreduktion bzw. -vermeidung von Stickoxiden und Feinstaub. Alternativ können die externen Effekte solcher Emissionen mit Kosten belegt (z.B. über eine Besteuerung) werden.
- ▶ das EEG dahingehend novelliert, dass auch die Speicherung von EE-Strom vergütet wird und die EEG-Umlage bei Rückverstromung und Einspeisung über Hausanschlüsse nicht erneut fällig wird. Damit werden P2G-Anlagen und Pilotprojekte wirtschaftlicher und es bestünde auch verringerter Bedarf an Fördermitteln (beispielsweise über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), über den auch EE-Projekte gefördert werden).
- ▶ das kommunalwirtschaftliche Betätigungsverbot nach Landesgemeindeordnungen so angepasst, dass die Daseinsvorsorge im öffentlichen Interesse auch kommunale Leistungen bei der Netzübernahme und dem Netzbetrieb umfasst sowie im Sinne von Kopplungen dezentraler Energieerzeugung/dezentralen Energieverbrauchs mit IKT auch den Betrieb eigener Telekommunikationsnetze für die Region erlaubt. Dadurch können energieautarke bzw. netzstabilisierend wirkende regionale Energienetze geschaffen werden.
- ▶ Regulative Experimentierräume (Reallabore) fördert, innerhalb derer in groß angelegtem Maßstab ausprobiert werden kann, was bei angepasstem rechtlichen Rahmen in Richtung kommunaler P2G-Projekte möglich wäre.

Die **Landes- bzw. kommunale Ebene** könnte die Übertragbarkeit der Kopplung dadurch unterstützen, dass sie bei öffentlichen Ausschreibungen die Nachhaltigkeitsaspekte der Produkte und Dienstleistungen von Bieter*innen entsprechend gewichtbar bzw. wertig macht und nicht alleine das günstige Angebot entscheidend ist. Die Nachhaltigkeit wird nicht über den Preis dargestellt – man müsste Nachhaltigkeitspunkte angerechnet bekommen, die dann den Preis sozusagen verringern, sodass man günstigster **und** nachhaltigster Anbieter werden kann. Entsprechende Beschaffungskriterien müssen entwickelt, abgestimmt und allen beschaffenden Stellen auch bekannt gemacht werden.

4.2.4 Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Aus Sicht des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit muss die Bundespolitik den Akteuren, die sich auf der kommunalen Ebene für ein Gelingen der Energiewende und dezentrale Umsetzungsbeispiele einsetzen, entsprechend förderliche Rahmenbedingungen schaffen. Die **Bundespolitik** kann lokale Akteure wie im Kreis Steinfurt dadurch unterstützen, dass sie

- ▶ generell Anreize und begünstigende Rahmenbedingungen für Speichertechnologien setzt
- ▶ das EEG dahingehend novelliert, dass auch die Speicherung von EE-Strom vergütet wird und die EEG-Umlage bei Rückverstromung und Einspeisung über Hausanschlüsse nicht erneut fällig wird. Damit werden Power-to-Gas-Anlagen und Pilotprojekte wirtschaftlicher und bestünde auch verringerter Bedarf an Fördermitteln (beispielsweise über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), über den auch EE-Projekte gefördert werden).
- ▶ Kriterien für eine grüne öffentliche Beschaffung mit Blick auf grünen Wasserstoff (aus erneuerbaren Quellen und P2G erzeugt) erarbeiten lässt bzw. deren Verwendung in Bundesbehörden stärker verankert.

- ▶ das kommunalwirtschaftliche Betätigungsverbot nach Landesgemeindeordnungen so angepasst wird, dass die Daseinsvorsorge im öffentlichen Interesse positiv auch kommunale Leistungen in Netzübernahme und Netzbetrieb ermöglicht sowie im Sinne von Kopplungen dezentraler Energieerzeugung/dezentralen Energieverbrauchs mit IKT auch den Betrieb eigener Telekommunikationsnetze für die Region erlaubt. Dadurch können energieautarke bzw. netzstabilisierend wirkende regionale Energienetze geschaffen werden.
- ▶ Regulative Experimentierräume (Reallabore) fördert, innerhalb derer in groß angelegtem Maßstab ausprobiert werden kann, was bei angepasstem rechtlichen Rahmen möglich wäre in Richtung kommunaler P2G-Projekte

4.2.5 Zusammenschau zu politischen Unterstützungsbedarfen in den Fallbeispielen

Analog zu allen vorherigen Zusammenschauen sind auch die Unterstützungsbedarfe fallspezifisch im jeweiligen sozio-technischen Kontext verankert. Allerdings zeigten bereits die Ausführungen zu den Einflussfaktoren in Kapitel 3.2.1, dass in unterschiedlichen Fallbeispielen ähnliche politisch-regulatorische Faktoren hinderlich wirken – daher dürften sich auch aus einem Quervergleich über die verschiedenen Fallbeispiele hinweg hier Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten ergeben.

Dazu werden in der folgenden tabellarischen Zusammenschau die politischen Unterstützungsbedarfe aus den vier laufenden Fallbeispielen nebeneinander dargestellt. Unterhalb der Tabelle werden wesentliche Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten textlich hervorgehoben.

Tabelle 9: Zusammenschau politischer Unterstützungsbedarfe in den Fallbeispielen

Bereich, in dem politischer Unterstützungsbedarf gesehen wird	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
<u>Bundesebene</u>				
Regulatorische Experimentierräume (rechtliche Reallabore) schaffen und zulassen, innerhalb derer in groß angelegtem Maßstab ausprobiert werden kann, was bei erforderlichen Änderungen an rechtlichen Rahmengebunden möglich wäre	Regulatorische Experimentierräume (rechtliche Reallabore) ermöglichen und fördern=> das kommunalwirtschaftliche Betätigungsverbot nach Landesgemeindeordnungen so anzupassen, dass die Daseinsvorsorge im öffentlichen Interesse positiv auch kommunale Leistungen in Netzübernahme und Netzbetrieb ermöglicht sowie im Sinne von Kopplungen dezentraler Energieerzeugung/dezentralen Energieverbrauchs mit IKT auch den Betrieb eigener Telekommunikationsnetze für die Region erlaubt. Dadurch können energieautarke bzw. netzstabilisierend wirkende regionale Energienetze geschaffen werden.	Regulatorische Experimentierräume (rechtliche Reallabore) ermöglichen und fördern=> das kommunalwirtschaftliche Betätigungsverbot nach Landesgemeindeordnungen so anzupassen, dass die Daseinsvorsorge im öffentlichen Interesse positiv auch kommunale Leistungen in der Mobilitätsberatung zulässt	Regulatorische Experimentierräume (rechtliche Reallabore) ermöglichen und fördern=> das kommunalwirtschaftliche Betätigungsverbot nach Landesgemeindeordnungen so anzupassen, dass die Daseinsvorsorge im öffentlichen Interesse positiv auch kommunale Leistungen in Netzübernahme und Netzbetrieb sowie im Sinne einer ausgedehnten Anwendung von P2G erlaubt. Dadurch können energieautarke bzw. netzstabilisierend wirkende regionale Energienetze geschaffen werden.	Regulatorische Experimentierräume (rechtliche Reallabore) ermöglichen und fördern=> das kommunalwirtschaftliche Betätigungsverbot nach Landesgemeindeordnungen so anzupassen, dass die Daseinsvorsorge im öffentlichen Interesse positiv auch kommunale Leistungen in Netzübernahme und Netzbetrieb sowie im Sinne einer ausgedehnten Anwendung von P2G erlaubt. Dadurch können energieautarke bzw. netzstabilisierend wirkende regionale Energienetze geschaffen werden. Dadurch können energieautarke bzw. netzstabilisierend wirkende regionale Energienetze geschaffen werden.

Bereich, in dem politischer Unterstützungsbedarf gesehen wird	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Politische Instrumente, Prioritäten und Kommunikation	Blackout-Risiko im Zusammenhang mit zunehmender Netzinstabilität durch dezentrale Energieerzeugung im Rahmen der Energiewende als wichtiges Thema auf Bundesebene platzieren –damit erhalten dezentrale Netzlösungen als regionale Stabilitätszentren politischen Auftrieb.	das Personenbeförderungsgesetz ist „zu alt“ ist und berücksichtigt keinerlei Aspekte, die mit der Digitalisierung des öffentlichen Nahverkehrs oder der Vernetzung von Angeboten zu tun haben (das Gesetz kennt z.B. kein Ridesharing und gibt daher dazu keine Regelungssicherheit)	Politische Instrumente zur Honorierung von Klimaschutz und Emissionsminderung sowie Energiespeicherung, insbesondere durch Anpassung der EEG-Förderung (Energiespeicherung vergüten und EEG-Umlage an P2G wegen Rückverstromung und Hausanschlusseinspeisung anpassen), bspw. auch Einführung einer CO ₂ -Steuer	Politische Instrumente zur Honorierung von Energiespeicherung, insbesondere durch Anpassung der EEG-Förderung (Energiespeicherung vergüten und EEG-Umlage an P2G wegen Rückverstromung und Hausanschlusseinspeisung anpassen)
Finanzierungsförderung für Investitions- und Betriebskosten	-	finanzielle Unterstützung für die Verbesserung des ÖPNV in deutschen Kommunen, sodass damit in Pilotform auch kostengünstige Jahrestickets für den ÖPNV (z.B. das 365 EUR Ticket in Wien) möglich sind	Investitionskosten für Pilotprojekte durch Förderprogramme und Investitionsanschubfinanzierungen (anteilig) finanzieren Förderprogramme flexibler gestalten, u.a. im Hinblick auf vorzeitigen Beginn und größere Wohnanlagen Kreditversicherungen / Bürgschaften für KMU	-

Ebenen-übergreifend – Bund, Länder- und regionale/kommunale Ebene

Bereich, in dem politischer Unterstützungsbedarf gesehen wird	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Nachhaltigkeitskriterien stärker in der öffentlichen Beschaffung verankern	-	Parken so teuer machen, dass ein Umstieg auf den ÖPNV bei gleichzeitig vergünstigter Nutzung auch ökonomisch attraktiv ist (wie z.B. in Wien umgesetzt)	Nachhaltigkeitsaspekte von Produkten und Dienstleistungen in der öffentlichen Beschaffung stärker gewichten, sodass die Entscheidung nicht alleine über den Preis erfolgt	Kriterien für eine grüne öffentliche Beschaffung mit Blick auf grünen Wasserstoff (aus erneuerbaren Quellen und P2G erzeugt) erarbeiten und deren grünen Wasserstoff verstärkt in Behörden einsetzen

Aus der tabellarischen Darstellung ergeben sich Gemeinsamkeiten in den Fallbeispielen mit Blick auf den Wunsch nach bzw. den Bedarf an

- **Regulatorischen Experimentierräumen (rechtliche Reallabore)**, um solche Anpassungen an rechtlichen Vorgaben in einem gewissen Maßstab ausprobieren zu können, die als förderlich für die Umsetzung der regionalen Energie- und Mobilitätswende angesehen werden. Hier sollten kommunalwirtschaftliche Tätigkeiten im Bereich Netzübernahme und Netzbetrieb sowie in der Mobilitätsberatung testweise zugelassen werden.
- **Politische Instrumente und Kommunikation anpassen**, um bestehende rechtliche Vorgaben so zu ändern, dass sie förderlich für die Umsetzung der regionalen Energiewende (insbesondere EEG-Vergütung für Energiespeicherung durch P2G-Technologien) und der Verkehrswende (Anpassung des Personenförderungsgesetzes für rechtliche Sicherheit beim Thema Ridesharing) sind.
- **Finanzielle Unterstützung für Pilotprojekte bereitstellen**, beispielsweise über Investitionsanschub- und Projektförderungen für Investitions- und Betriebskosten.
- **Nachhaltige öffentliche Beschaffung stärken**, um die Inanspruchnahme nachhaltigerer Produkte und Dienstleistungen (wie z.B. P2G und grüner Wasserstoff) in öffentlichen Einrichtungen zu steigern.

Die oberen drei Gemeinsamkeiten bestehen mit Blick auf die Bundesebene, die letztgenannte Gemeinsamkeit ist Ebenen-übergreifend.

5 Reflektion zum Einsatz von transformativer Aktionsforschung zu Prozessbegleitung der Nischeninnovationen

Wie in Kapitel 2 Theoretische Anbindung ausgeführt, wurde transformative Aktionsforschung als Forschungsansatz für die Prozessanalyse und -begleitung in den Fallbeispielen (Nischeninnovationen) gewählt, um sowohl transdisziplinär Wissen zu generieren und Veränderungsprozesse zu analysieren als diese auch transformativ zu begleiten und zu unterstützen. In diesem Kapitel gehen wir den folgenden Fragen nach:

- ▶ Inwieweit ist der gewählte Forschungsansatz geeignet, Transformationsprozesse im Zusammenhang mit Infrastrukturkopplungen zu analysieren und zu unterstützen? Welche Konzepte und Methoden eignen sich zur Unterstützung von Transformationsprozessen in Infrastrukturen?
- ▶ Wie wirkte die Prozessbegleitung durch diesen Forschungsansatz auf die Transformationsprozesse in den Fallbeispielen?
- ▶ Welche besonderen Herausforderungen stellt das Anwendungsfeld Infrastrukturkopplung an diesen Forschungsansatz?

Die Reflektion zu den o.g. Fragen basiert auf einer qualitativen Auswertung der Erfahrungen mit dem verwendeten Ansatz sowie den verwendeten Konzepten und Methoden, die u.a. im Forschungstagebuch (siehe 1.3.8) gesammelt wurden. Erkenntnisse aus dieser Reflektion flossen auch in eine methodische Auswertung des Projektes durch Hölscher et al. (in Erarbeitung), die analysieren, inwieweit das TRAFIS-Projekt Transformationsforschung betrieben hat und mit welchen Ergebnissen.¹³

Für die Reflektion ist es zunächst notwendig, die verschiedenen Konzepte und Methoden näher zu beschreiben, die im Rahmen der Prozessbegleitung – wie in Kapitel 1.3 beschrieben – zu unterschiedlichen Zeitpunkten und mit unterschiedlichem Zweck eingesetzt wurden. Daher folgt zunächst eine Darstellung der in der Prozessbegleitung angewendeten Konzepte und Methoden (Kapitel 5.1). Im Anschluss daran wird reflektiert, ob der Forschungsansatz sowie die angewendeten Konzepte und Methoden für die Prozessbegleitung in den vier laufenden Fallbeispielen geeignet waren (Kapitel 5.2). Ob, und wenn ja, welche, potentiellen Wirkungen die Prozessbegleitung auf die Transformationsprozesse in den Fallbeispielen hatte, wird in Kapitel 5.3 reflektiert. Abschließend richtet die Reflektion ihren Blick auf mögliche spezifische Herausforderung, welche die Verwendung von dieses Forschungsansatzes im Anwendungsfall Infrastruktur(kopplung)en ggf. mit sich bringt (Kapitel 5.3).

5.1 In der Prozessbegleitung angewendete Konzepte und Methoden

Wie bereits in Kapitel 1.3 dargelegt fanden in den einzelnen Fallbeispielen zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Konzepte und Methoden Anwendung, um die Prozessbegleitung im Sinne von Vertrauensbildung überhaupt erst zu ermöglichen und schließlich zwecks analytisch-beschreibender und transformativer Aktivitäten ausführen zu können.

Diese werden im Folgenden für jedes der vier Beispiele näher beschrieben.

¹³ Ausgangspunkt der kritischen ‚Methodenreflektion‘ von Hölscher et al. (in Erarbeitung) sind die ursprünglichen Forschungsziele und das Forschungsdesign in TRAFIS. Davon ausgehend reflektieren die Autor*innen darüber, inwieweit dieses Design umgesetzt wurde, welchen Einfluss der Forschungsprozess auf die Umsetzung hatte, sowie welche Ergebnisse – einschließlich wissenschaftlichen Wissens, Handlungswissens und transformativer Handlungen, sowie reflexives Wissen – erreicht wurden. Dies ermöglicht es, das sich im Entstehen befindende Feld der Transformationsforschung deutlicher zu definieren sowie Möglichkeiten und Herausforderungen zu erkennen und Empfehlungen zur Weiterentwicklung und Förderung von Transformationsforschung zu formulieren.

5.1.1 Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Die folgende Darstellung zeigt den Verlauf der verschiedenen Austauschprozesse sowie der verwendeten Konzepte und Methoden im Fallbeispiel nach der Identifikation und ersten Ansprache der Infrastrukturverantwortlichen (siehe Kapitel 1.3.3). Austauschprozesse, Workshops und Interviews fanden mit den Infrastrukturverantwortlichen der SWR statt.

Austauschprozesse sowie verwendete Konzepte und Methoden im Fallbeispiel Rödental

7/2017 – *Persönliches Treffen* mit Geschäftsführung und Klärwerkstechnikern der SWR zu Projekt/-ziel und zum Wunsch einer Einbindung der Infrastrukturkopplung als TRAFIS-Fallbeispiel

Diskussion der Projektziele sowie von Grenzen und Möglichkeiten von DSM in der Kläranlage

Begehung der Kläranlage zur Veranschaulichung des Kläranlagenbetriebs sowie von Möglichkeiten und Grenzen der DSM-Nutzung in der Kläranlage

Gemeinsame Überlegung einer Unterstützungsleistung durch das TRAFIS-Projekt:

- realistische Szenarien zu Möglichkeiten der Regelenenergievermarktung/-einbeziehung durch die Anlagen in der Kläranlage durchspielen,

- sich ergebende Potentiale realistisch einschätzen

- Potentiale sowie bestehende Hemmnisse zu deren Umsetzung offen kommunizieren, inkl. Risiken der Dezentralisierung und Netz(in)stabilität sowie benötigter Resilienz bei Blackouts.

09/2017 – *1. Fallbeispiel-übergreifender Expert*innen-Workshop* zwecks Diskussion von Antriebskräften, Hemmnissen und Unterstützungsbedarfen in unterschiedlichen Fallbeispielen

SWR bringt Impulse und Kommentare zur Bedeutung von Stadtwerken und kommunalen Akteur*innen für eine erfolgreiche und auf Resilienz ausgerichtete Umsetzung von Maßnahmen zur Energiewende ein

11/2017 – *Persönliches Treffen* mit Geschäftsführung und Klärwerkstechnik zwecks Konkretisierung der geplanten TRAFIS-Unterstützungsleistung und *gemeinsamem Nachhaltigkeitscheck*

gemeinsame Konkretisierung der Unterstützungsleistung durch Diskussion relevanter, in der Simulation abzubildender technischer Komponenten der Kläranlage

gemeinsamer Nachhaltigkeitscheck für die in der Unterstützungsleistung zu simulierenden technischen Optionen, DSM in der Kläranlage umzusetzen

3/2018 – *Persönliches Treffen* mit Geschäftsführung, Klärwerkstechnik und Leitung Energie/Regelmarkt zwecks Festlegung zu simulierender Komponenten und *leitfaden-gestütztem Interview*

Festlegung relevanter, in der Simulation abzubildender technischer Komponenten und Parameter der Kläranlage

Leitfaden-gestütztes Experten-Interview mit der Geschäftsführung zu Rahmenbedingungen, nächsten Schritten und Möglichkeiten, die Kopplung „weiterzudenken“ bzw. in die Breite zu tragen

4 - 7/ 2018 – *Durchführung, Auswertung und Präsentation* der Simulationsergebnisse und *leitfaden-gestütztes Experten-Interview* zu nächsten Schritten und Ausweitung des Kopplungsprozesses

Durchführung und Auswertung der Simulationsergebnisse durch das TRAFIS-Projekt

Präsentation der Ergebnisse: realistische energieseitige und ökonomische Optionen zur DSM-Nutzung

Diskussion möglicher Implikationen für eine Nutzung von DSM-Optionen durch die SWR

Leitfaden-gestütztes Experten-Interview mit der Geschäftsführung zu nächsten Schritten und einer möglichen bzw. Ausweitung des Kopplungsprozesses in Rödental

10/2018 – Gemeinsame Präsentation der Simulationsergebnisse zu DSM-Optionen im Rahmen der VKU-Landesgruppentagung Bayern

Geschäftsführung und TRAFIS-Projektpartner BTU Cottbus-Senftenberg stellen in einem Co-Referat die Ergebnisse und mögliche Optionen für DSM-Nutzung in der Kläranlage Rödental im Rahmen der VKU-Landesgruppentagung Bayern in Freising vor

Diskussion zur Kommunikation realistischer Potentiale sowie von Hemmnissen und möglichen Risiken von Netzininstabilitäten im Rahmen der Energiewende

10/2018 – 2/2019 – Telefonische Austausch mit Geschäftsführung zum Stand der Umsetzungen der Kopplung, zu nächsten Schritten und zu Teilnahme an 2. Fallbeispiel-übergreifendem Workshop

Diskussion des Umsetzungsstandes, möglicher Einflussfaktoren auf den aktuellen Umsetzungsstand und geplanter nächster Schritte für die Infrastrukturkopplung

Zusage der SWR, am 2. Fallbeispiel-übergreifenden Workshop teilzunehmen und Impulse einzubringen – leider kurzfristige Absage am Tag des Workshops wegen Krankheit

Die im Laufe der Projektbegleitung gemeinsam mit der Geschäftsführung der SWR entwickelte Idee, die Simulationsergebnisse für DSM-Optionen auch im Stadtrat Rödental vorzustellen, konnte im Rahmen der Laufzeit des TRAFIS-Projektes leider nicht mehr umgesetzt werden. Ein Grund dafür könnte darin bestehen, dass die Simulationsergebnisse im Rahmen der gegenwärtigen Bedingungen am Regelenergiemarkt keine ökonomisch stark relevanten Argumente für eine DSM-Nutzung ergaben.

5.1.2 Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Die folgende Darstellung zeigt den Verlauf der verschiedenen Austauschprozesse sowie der verwendeten Konzepte und Methoden im Fallbeispiel nach der Identifikation und ersten Ansprache der Infrastrukturverantwortlichen (siehe Kapitel 1.3.3). Austauschprozesse und Interviews fanden mit den Infrastrukturverantwortlichen der swaV statt.

Austauschprozesse sowie verwendete Konzepte und Methoden im Fallbeispiel Mobilitätsapp Augsburg

7/2017 – Persönliches Treffen mit Online-Marketing, Neue Medien und Vertrieb der swaV zu Projekt/-ziel und zum Wunsch einer Einbindung der Infrastrukturkopplung als TRAFIS-Fallbeispiel

Diskussion der Ziele und auch möglichen Herausforderungen im Hinblick auf die geplante Kopplung Gemeinsame Überlegung, über das TRAFIS-Projekt als Unterstützungsleistung eine Befragung von Mobilitätskund*innen der swaV durchzuführen, um Daten zur Wahrnehmung möglicher Mobilitäts-Angebote, der Preiselastizität oder des Nutzerverhaltens zu erheben.

2/2018 – Persönliches Treffen mit Online-Marketing der swaV zwecks Diskussion aktueller Entwicklungen und Konkretisierung der geplanten TRAFIS-Unterstützungsleistung

Vorstellung der neuesten Entwicklungen innerhalb der swaV (u.a. Einführung eines Organisationsbereichs „Multimobilität“)

„Einfließenlassen“ von Fragen zur Datenerhebung für die Systemanalyse (indirektes Interview)

Konkretisierung der TRAFIS-Unterstützungsleistung: vorab der konkreten Entwicklung und Programmierung einer Mobilitäts-App sollen über das TRAFIS-Projekt Informationen zu Bedarf an und Barrieren bei einer Nutzung einer Mobilitäts-App erhoben werden, um die App an diese Bedarfe und Barrieren angepasst entwickeln und erfolgreich einführen zu können

2 - 9/ 2018 – Telefonischer und Email-Austausch zur Konzipierung, Abstimmung und Umsetzung der online-Befragung von Nutzer*innen der swaV-Mobilitätsangebote in Augsburg

Abstimmung der Formulierungen und Anzahl der Fragen mit Online-Marketing der swaV

Durchführung eines Prätests der Befragung und anschließende Anpassung des Fragebogens

Feinabstimmung und Finalisierung des Fragebogens sowie technische online-Umsetzung via SoSci und Einbettung des Links auf der Website von swaV

Die App soll möglichst einfach sein und gut verständlichen, schnellen Zugang zum gesamten Mobilitätsdienstleistungspaket der swaV bieten. Daher umfassen relevante Aspekte der Befragung u.a.

Anzahl Bausteine in der App, ohne diese zu komplex in ihrer Bedienung zu machen

Integration von Bonussystemen für Einzelbausteine über alle Produkte hinweg– als Anreize für

Kund*innen-Bindung (z.B. keine Carsharing-Grundgebühr für ÖPNV-Abonnent*innen)

Schwerpunkt der App-Anzeige bei Start: Fokus ÖPNV-Angebote? Fokus Start-Stop-Reiseplanung? über Kartenfunktion Routen von A nach B auf einer Karte auswählen und die App stellt dann verschiedene Verkehrsmittel(kombinationen) sowie die Zeiten dar, die man mit diesen von A nach B benötigt. Durch Auswahl einer Wunschoption gelangt man dann zum Kauf und mit der Kaufbestätigung ist gleich das Häkchen voreingestellt, dass die jeweiligen AGBs akzeptiert sind (für ÖPNV, Car-, Bike- und Ridesharing)

10/2018 – 2/2019 – Durchführung, Anpassung und Auswertung der online-Umfrage sowie Kommunikation

Start der online-Umfrage und kontinuierliches Monitoring sowie Kommunikation mit swaV zum Verlauf der Umfrage und Anzahl Teilnehmender

Anpassung der online-Umfrage durch Einbettung eines Gewinnspiels zur Erhöhung der Teilnahmezahlen und Kommunikation über soziale Medien und Website der swaV

Aufbereitung und Auswertung der Daten sowie Vorbereitung einer Ergebnispräsentation

2/2019 – Vorstellung der Umfrageergebnisse, leitfaden-gestütztes Experteninterview und gemeinsamer Nachhaltigkeitscheck mit Online-Marketing der swaV

Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse der online-Befragung von 170 Nutzer*innen der Mobilitätsangebote der swaV im Hinblick auf mögliche Implikationen, Hindernisse und nächste Schritte für die (Weiter)Entwicklung der App und der IKT-Mobilitätsangebote-Kopplung.

Experteninterview zu relevanten förderlichen und hinderlichen Faktoren, nächsten Schritten und dafür erforderlicher (politischer) Unterstützung

Gemeinsamer Nachhaltigkeitscheck für das Fallbeispiel mit swaV

Zusage von WBG, am 2. Fallbeispiel-übergreifenden Workshop teilzunehmen und Sichtweisen in die Diskussionen einzubringen – leider kurzfristige Absage am Tag des Workshops wegen anderer Prioritäten

5.1.3 Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Die folgende Darstellung zeigt den Verlauf der verschiedenen Austauschprozesse sowie der verwendeten Konzepte und Methoden im Fallbeispiel nach der Identifikation und ersten Ansprache der Infrastrukturverantwortlichen (siehe Kapitel 1.3.3). Austauschprozesse, Workshops und Interviews fanden mit den Infrastrukturverantwortlichen der WBG als Eigentümerin des Bestandsgebäudes in der Marconistraße, mit den swaE als Energielieferantin sowie mit EXYTRON als Technologieanbieter statt.

Austauschprozesse sowie verwendete Konzepte und Methoden im Fallbeispiel P2G in Augsburg

07/2017 – *Persönliches Treffen* mit Geschäftsführung und Vertrieb der Firma EXYTRON zu Projekt/-ziel und zum Wunsch einer Einbindung eines von EXYTRON geplanten Kopplungsprojektes von P2G-Anlage und Emissionsminderung in Alzey (Rheinland-Pfalz) als TRAFIS-Fallbeispiel

Diskussion relevanter Rahmenbedingungen, Barrieren und förderlicher Rahmenbedingungen, die Anbieter nachhaltiger Energietechnologien darin unterstützen bzw. behindern, die Energiewende durch Umsetzung dezentraler Kopplungsprojekte über lokale P2G-Lösungen voranzubringen

Entwicklung eines Vorschlages, die Infrastrukturkopplung durch eine sozialwissenschaftliche Analyse und Erhebung der Akzeptanz der Technologie bei Mieter*innen zu unterstützen

Klärung, dass anstelle von EXYTRON als „reiner“ Technologielieferant die Stadtwerke und Wohngebäudebesitzer als Projektumsetzer im Fokus einer Prozessbegleitung durch TRAFIS stehen sollte

Zusage von EXYTRON, Impuls während 1. Fallbeispiel übergreifenden Workshops zu geben

09/2017 – *1. Fallbeispiel-übergreifender Expert*innen-Workshop* zwecks Diskussion von Antriebskräften, Hemmnissen und Unterstützungsbedarfen in unterschiedlichen Fallbeispielen

Firma EXYTRON bringt Impulse und Kommentare zur Bedeutung von finanzieller und struktureller Förderung dezentraler, emissionsfreier bzw. CO₂-neutraler Technologiekopplungen für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende ein

Hinweis auf anstehende Entscheidung zu Beauftragung der Umsetzung einer Pilotanlage in einem Bestandsgebäude in Augsburg

10/2017 – 1/2018 – *Telefonische Nachgespräche* zum Stand der Beauftragung, zu den Planungen der Pilotanlage in Augsburg sowie zu möglichen Ansprechpartnern in Augsburg

Verhandlungen zwischen EXYTRON (als Technologielieferant), WBG (als Gebäudeeigentümerin) und swaE (als Energielieferant) erfolgreich abgeschlossen im Januar

EXYTRON stellt Kontakt zu WBG und swaE bereit und weist dort TRAFIS-Projekt hin

2 – 8/ 2018 – Telefonischer Erstkontakt und Folgegespräche zu Projekt/-ziel, Rolle von Fallbeispielen im Rahmen von TRAFIS sowie zur Möglichkeit, die Umsetzung der Kopplung in Augsburg prozessbegleitend mit einer Akzeptanzbefragung bei Mieter*innen zu unterstützen

Mieter*innen-Befragung zur Akzeptanz der Infrastrukturkopplung (Installation der P2G- und EXYTRON-Anlage) als Unterstützungsleistung durch TRAFIS erst zu Sommer 2019 als sinnvoll eingeschätzt, da die Anlage im Sommer 2018 verbunden mit umfangreichen Bau- und Modernisierungsmaßnahmen eingebaut und alles zu Ende 2018 eingestellt sein sollte

Entsprechend will WBG mit Befragung zu Akzeptanz der Anlage warten, bis die Störungen durch Baulärm und –stäube abgeklungen ist, um nicht die Akzeptanz solcher Anlagen mit Störungen durch die größeren Modernisierungsarbeiten zu „belasten“

Beschluss, im Herbst 2018 ein Interview mit dem technischen Projektleiter und dem Prokurist Technik der WBG durchzuführen, um über relevante Einflussfaktoren, geplante nächsten Schritte und ggf. gewünschte Unterstützungsleistungen aus TRAFIS zu sprechen

11/2018 – *Telefonisches, leitfaden-gestütztes Experteninterview* mit WBG

Datenerhebung zum Stand der Umsetzungen, relevanten förderlichen und hinderlichen Faktoren, nächsten Schritten und dafür erforderlicher (politischer) Unterstützung

Klärung, dass Mieter*innen-Befragung zur Akzeptanz der Anlage keine Relevanz mehr für WBG hat, daher für die restliche Laufzeit des TRAFIS-Projektes keine konkreten Unterstützungsaktivitäten seitens des TRAFIS-Projekts skizziert

Zusage von WBG, Impuls während 2. Fallbeispiel-übergreifendem Workshop zu geben und auch swaE dafür anzufragen bzw. zu gewinnen

3/2019 – 2. Fallbeispiel-übergreifender Expert*innen-Workshop zwecks Ermittlung und Ableitung übergreifender Unterstützungsbedarfe in unterschiedlichen Fallbeispielen

WBG und swaE geben detaillierte Einblicke in Faktoren, Hintergründe und politische Unterstützungsbedarfe im Zusammenhang mit der Infrastrukturauskopplung beim zweiten Fallbeispiel-übergreifenden Workshop

swaE übernimmt Führung durch die Energietechnik des Veranstaltungsortes

5.1.4 Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Die folgende Darstellung zeigt den Verlauf der verschiedenen Austauschprozesse sowie der verwendeten Konzepte und Methoden im Fallbeispiel nach der Identifikation und ersten Ansprache der Infrastrukturverantwortlichen (siehe Kapitel 1.3.3). Austauschprozesse, Workshops und Interviews fanden mit den Infrastrukturverantwortlichen des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit des Kreises Steinfurt sowie mit einem beteiligten Ingenieur- bzw. Planungsbüro (Spilett) statt.

Austauschprozesse sowie verwendete Konzepte und Methoden im Fallbeispiel Steinfurter Flexkraftwerke

2/2018 – Persönliches Treffen mit Ingenieur- und Planungsbüro zu Projekt/-ziel und zum Wunsch einer Einbindung der Infrastrukturauskopplung als TRAFIS-Fallbeispiel

Austausch mit Beratungsbüro „Spilett“, welches im Rahmen von zwei Projekten mit der Kreisverwaltung Steinfurt Dialogprozesse und technisches Konzept der Steinfurter Flexkraftwerke mit entwickelt hat
Diskussion des Standes der Konzipierungen für die Steinfurter Flexkraftwerke und Ableitung möglicher unterstützender Aktivitäten durch das TRAFIS-Projekt

Hinweis auf Kontaktaufnahme mit Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit des Kreises Steinfurt

3-4/2018 – Telefonischer Erstkontakt mit stellvertretender Amtsleitung zu Projekt/-ziel und zum Wunsch einer Einbindung der Infrastrukturauskopplung als TRAFIS-Fallbeispiel

Vorstellung des Projektziels und Skizzierung potentiell relevanter Ansatzpunkte für Unterstützungsleistungen aus dem TRAFIS-Projekt

Festlegung eines ersten persönlichen Treffens

5/2018 – Persönliches Treffen mit Amtsleitung und stellvertretender Amtsleitung zu Projekt/-ziel und zum Wunsch einer Einbindung der Infrastrukturauskopplung als TRAFIS-Fallbeispiel

Persönlicher Austausch zu Projekt und Projektziel sowie zur Einbindung der Steinfurter Flexkraftwerke als Fallbeispiel

Gemeinsame Überlegung, im Hinblick auf das Ziel des Landkreises, bis 2050 Energieautark zu sein und Treibhausgasemissionen signifikant zu reduzieren, eine Befragung von Eigenheimbesitzer*innen zum potentiellen Interesse an der Errichtung von PV-Anlagen durchzuführen

6-10/ 2018 – Konzipierung, Umsetzung und Auswertung der schriftlichen Befragung von Eigenheimbesitzer*innen im Kreis Steinfurt

Entwicklung und Abstimmung eines kurzen schriftlichen Fragebogens zu potentielltem Interesse an der Errichtung einer PV-Anlage sowie für eine solche Entscheidung gewünschten Informationen
Auslegung des finalisierten Fragebogens bei Informationsabenden zum Thema PV-Anlagen für Eigenheimbesitzer*innen im Kreis Steinfurt
Auswertung der Ergebnisse der schriftlichen Befragung

11/2018 – Präsentation der Umfrageergebnisse und Festlegung partizipativer Systemanalyse-Schritte

Präsentation und Diskussion der Ergebnisse der schriftlichen Befragung im Kontext der Planungen zu den Steinfurter Flexkraftwerken
Gemeinsame Festlegung partizipativer Systemanalyse durch Quellenanalyse zur Erarbeitung einer Skizze des bisherigen Entwicklungspfades der Infrastrukturkopplung (in Anlehnung an Hölscher et al. 2020) für den Zeitraum 2005 bis heute inklusive eines Ausblicks auf mögliche kommende relevante Entwicklungsmomente anhand der Analyse ähnlich gelagerter Fälle aus der Analyse neun abgeschlossener Fallbeispiele (Hölscher et al. 2020)

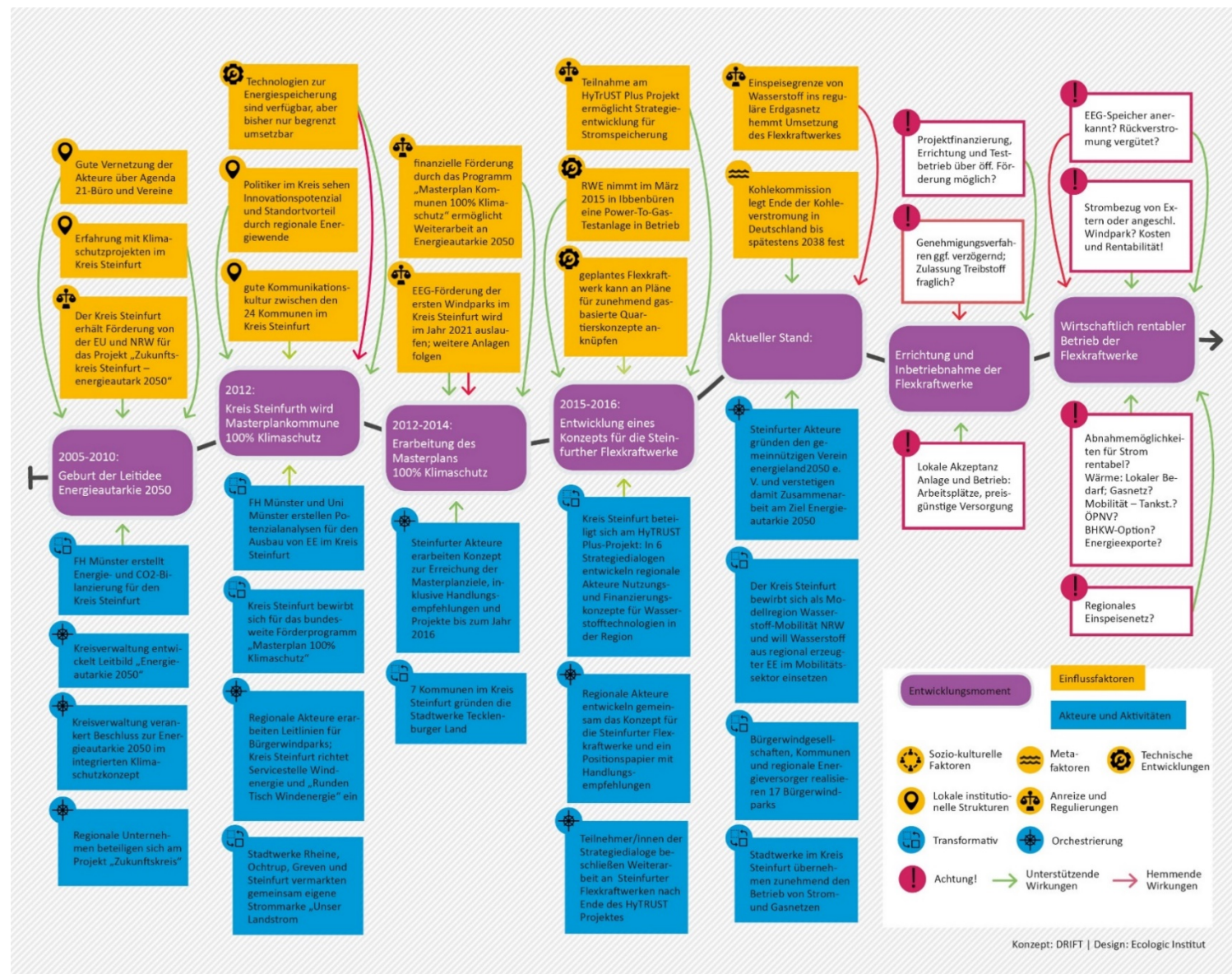
12/2018 – 1/2019 – Erarbeitung des Entwicklungspfades für die Infrastrukturkopplung

Quellenbasierte (mit ergänzenden telefonischen Expert*innen-Interviews) Erstellung einer Skizze des bisherigen Entwicklungspfades der Infrastrukturkopplung für den Zeitraum 2005 bis heute
Erarbeitung Ausblick auf mögliche kommende relevante Entwicklungsmomente anhand der Analyse ähnlich gelagerter Fälle aus der Analyse abgeschlossener Fallbeispiele (Hölscher et al. 2020)
Dazu dienten insbesondere die thematisch verwandten Fallbeispiele Hybridkraftwerk Prenzlau und der Wasserstofftankstelle H2BER. Betrachtet wurden zwei relevante kommende Phasen: 1. die Errichtung und Inbetriebnahme der physischen (Infra)Strukturen und 2. der wirtschaftlich rentable Betrieb der Flexkraftwerke.

1/2019 – Gemeinsamer Workshop zur partizipativen Systemanalyse und Ausblick auf nächste Schritte in der geplanten Infrastrukturkopplung

Präsentation, Diskussion und gemeinsame Anreicherung des erarbeiteten Entwicklungspfades (siehe Abbildung 9 auf S. 121) mit Amtsleitung, stellvertretender Amtsleitung und Projektmanagement im Hinblick auf potentiell fehlende Faktoren und Akteure
Ergänzung des Ausblicks auf potentiell kommende relevante Entwicklungsmomente
Diskussion der nächsten Schritte in der Infrastrukturkopplung und möglicher weitere Zusammenarbeit – weitere Zusammenarbeiten zwischen TRAFIS und dem Amt im Rahmen der Modellregion Wasserstoffmobilität potentiell möglich
Zusage des Amtes, am 2. Fallbeispiel-übergreifenden Workshop teilzunehmen und Impulse einzubringen – leider kurzfristige Absage in der Woche des Workshops wegen anderer Prioritäten

Abbildung 9: Entwicklungspfad der Steinfurter Flexkraftwerke als Baustein der regionalen Energiewende im Kreis Steinfurt



Quelle: eigene Darstellung der Autor*innen

Im folgenden Kapitel reflektieren wir anhand der vorgenannten Erfahrungen die Eignung des gewählten Forschungsansatzes sowie der ausgewählten Konzepte und Methoden der Prozessbegleitung.

Die Reflektion zu den Fragen von Eignung (Kapitel 5.2), potentiellen Wirkungen (Kapitel 5.3) und Herausforderungen (Kapitel 5.4) von gewähltem Ansatz, Konzepten und Methoden erfolgt auf Grundlage einer qualitativen Auswertung der Erfahrungen, die u.a. im Forschungstagebuch (siehe 1.3.8), aber auch in Dokumentationen der jeweiligen persönlichen Treffen und Telefonate gesammelt wurden. Ursprünglich war angedacht, den zweiten Fallbeispiel-übergreifenden Workshop im März 2019 auch zu nutzen, um zum Ende des Workshops hin Einschätzungen und Erfahrungsberichte der Infrastrukturverantwortlichen in den vier Fallbeispielen mit der Prozessbegleitung einzuladen, um daraus über die Forschungstagebücher hinaus Feedback zur Prozessbegleitung zu erhalten. Da drei der vier Fallbeispiele jedoch z.T. kurzfristig absagen mussten, wurde dieser Aspekt zugunsten einer vertieften Auseinandersetzung mit den Erfahrungen und politischen Unterstützungsbedarfen im Fallbeispiele P2G in Augsburg aus dem Workshop-Programm herausgenommen.

5.2 Eignung des Forschungsansatzes sowie ausgewählter Konzepte und Methoden der Prozessbegleitung

In der Zusammenschau fanden in der Prozessbegleitung mittels Aktionsforschungs-orientierter transformativer Forschung folgende Konzepte und Methoden Anwendung (siehe Tabelle 10):

Tabelle 10: Zusammenschau der in der Prozessbegleitung verwendeten Konzepte und Methoden

Verwendete Konzepte und Methoden	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Persönliche Treffen	✓	✓	✓	✓
Telefonischer und Email-Austausch	✓	✓	✓	✓
Konkrete Unterstützungsleistungen durch ... ingenieurstechnische Forschungsaktivitäten	✓	-	-	-
... sozialwissenschaftliche Forschungsaktivitäten	-	✓	-	✓
Leitfaden-gestützte Experteninterviews	✓	✓	✓	✓

Verwendete Konzepte und Methoden	1) Demand-Side-Management in der Kläranlage in Rödental	2) IKT (App)-gestützte Vernetzung der Mobilitätsangebote der Stadtwerke Augsburg	3) Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg	4) Steinfurter Flexkraftwerke - Integration von Wasserstoff in regionale Energie- und Verkehrswende
Workshops zu gemeinsamen Systemanalyse – gemeinsamer Nachhaltigkeitsscheck oder partizipative Erstellung Entwicklungspfad	✓	✓	-	✓
Fallstudien-übergreifende Workshops	✓	✓	✓	-

Im Folgenden werden wesentliche Erkenntnisse zur Reflexion der vorgenannten Konzepte und Methoden in der Zusammenschau der vier Fallbeispiele beschrieben. Dazu werden einzelne Fallbeispiel-relevante Erkenntnisse in Form von Textboxen hervorgehoben. Zum Abschluss dieses Kapitels wird eine kurze Zusammenschau aus der Fallbeispiel-übergreifenden Reflexion (Kapitel 5.2.5) gegeben.

5.2.1 Vertrauensbildung durch persönliche Treffen, telefonische Nachsorge und konkrete Unterstützungsleistungen

In der Zusammenschau der in den Prozessbegleitungen verwendeten Konzepte und Methoden kommt dem Aufbau von Vertrauen große Bedeutung zu. Dazu dienten neben den persönlichen Treffen insbesondere die konkreten Unterstützungsleistungen, die in den Fallbeispielen, in denen sie Anwendung fanden (bis aus P2G in Augsburg in allen anderen Fallbeispielen) ingenieurs-technische und sozialwissenschaftliche Unterstützungsaktivitäten umfassten.

Diese konkreten Unterstützungsleistungen der TRAFIS-Prozessbegleitung, und auch der kontinuierliche Austausch bzw. „Fürsprache“ relevanter Akteure (z.B. durch EXYTRON und WBG im Fallbeispiel P2G in Augsburg), hatten eine wichtige „Türöffnerfunktion“ und dienten der Vertrauensbildung. Insbesondere dadurch war es möglich, die Prozessbegleitung in den Fallbeispielen über einen längeren Zeitraum (Juli 2017 bis März 2019, mit Ausnahme des Fallbeispiels Steinfurter Flexkraftwerke) durchführen und relevante Einschätzungen und Informationen erheben zu können. Denn erst im Verlaufe der Prozessbegleitung, wenn über die konkreten Unterstützungsleistungen Vertrauen aufgebaut und die Relevanz von TRAFIS-Unterstützung für das lokale Fallbeispiel sichtbar(er) wurde, fanden dann strukturiertere Befragungen/Interviews zur gezielten Systemanalyse (beispielsweise zu relevanten Rahmenbedingungen und Faktoren sowie zum Skalierungspotential der Infrastrukturskopplung) sowie auch gemeinsame Nachhaltigkeitschecks statt.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“

Der Forschungsansatz konnte im Fallbeispiel P2G in Augsburg nicht im gleichen Umfang wie in den anderen drei Fallbeispielen realisiert bzw. angewendet werden. Das liegt vor allem daran, dass aufgrund der zeitlichen Abläufe in der Kommunikation mit unterschiedlichen Praxisakteuren (zunächst EXYTRON, dann WBG und erst danach swaE) und Anpassung an den konkreten Bedarf vor Ort keine Unterstützungsleistung benötigt und durchgeführt wurde. Daher fehlt hier im Vergleich zu den anderen Fallbeispielen, wie in Tabelle 10 dargestellt, dieser Schritt.

Fallbeispiel „Dezentrale Power-to-Gas-Anlage für Klimaschutz im Altbau in Augsburg“ – Fortsetzung

Jedoch konnte hier auch ohne eine konkrete Unterstützungsleistung (die ursprünglich in einer Akzeptanz-Befragung der Mieter*innen hätte bestehen können) entsprechendes Vertrauen aufgebaut und Bereitschaft an einer Teilnahme an Interview und zweiten Fallbeispiel-übergreifendem Workshop geschaffen werden – wodurch letztlich die systemanalytischen und prozessbegleitenden Aktivitäten in ähnlicher Weise wie in den anderen Fallbeispielen durchgeführt werden konnten. Dazu haben vermutlich die Empfehlung seitens EXYTRON Anfang 2018, der kontinuierliche telefonische Austausch mit der WBG zwischen Frühjahr und Sommer 2018 sowie das für beide Seiten (Interviewte und Interviewende) spannende Interview im November 2018 und die Unterstützung der WBG, die swaE ebenfalls für eine Teilnahme am Workshop zu gewinnen, beigetragen.

5.2.2 Systemanalyse durch Leitfaden-gestützte Expert*innen-Interviews

Leitfaden-gestützte Interviews der Infrastrukturverantwortlichen waren in allen vier Fallbeispielen eine wesentliche (sozial-empirische) Methode, um für eine Systemanalyse relevante Erkenntnisse zu gewinnen. Diese Interviews wurden in allen Fallbeispielen anhand konkreter Leitfaden-Fragen langfristig geplant – dazu wurden anhand des Analyserahmens (siehe Kapitel 1.3.1) relevante Fragen formuliert, im Verlaufe der Prozessbegleitungen ergänzt bzw. angepasst und soweit möglich zu unterschiedlichen Zeitpunkten in unterschiedlichen Kontexten zum Einsatz gebracht. Neben konkret als Interviews angekündigten Leitfaden-basierten Frage-Antwort-Gesprächen mit den Infrastrukturverantwortlichen wurden in allen persönlichen Treffen dann Fragen aus den Leitfäden verwendet, wenn diese im Kontext der Diskussionen und Situation passend erschienen. Dieses „Einfließenlassen“ der Fragen war sehr dienlich, da es auch ohne explizite Interviews, die i.d.R. ein bestimmtes zeitliches oder örtliches Setting (z.B. ruhige Räume, freigestellte Zeit seitens der Infrastrukturverantwortlichen extra für den Zweck des Interviews) erforderten, möglich war, relevante Erkenntnisse aus dem Kontext und auch anderen Teilnehmenden-Konstellationen heraus zu gewinnen. Als Nachteil ist festzuhalten, dass das „Einfließenlassen“ nicht den Umfang an für eine Systemanalyse relevanten Fragen zugelassen hat. Da die Prozessbegleitung in allen Fallbeispielen neben dem „Einfließenlassen“ auch explizite Interviewsituationen herbeiführen konnte, ist dieser mögliche Nachteil hier aufgehoben.

Die Erkenntnisse aus dem „Einfließenlassen“ wurden dann in weiteren Ergänzungen und Anpassungen der Leitfäden umgesetzt und erlaubten somit ein flexibles Eingehen auf relevante Vorkenntnisse und Erfahrungshorizont der Interviewten.

Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Über das vorgenannte Vorgehen war es im Fallbeispiel Rödental möglich, die Sichtweisen der Infrastrukturverantwortlichen zweimal in Interviewsituationen zu erheben: einmal im Nachgang zur gemeinsamen Festlegung der Parameter für die Simulation möglicher DSM-Optionen im März 2018 mit dem Fokus auf Umsetzungshemmnisse und Einflussfaktoren und ein zweites Mal im Nachgang zur Vorstellung der Simulationsergebnisse mit einem angepassten Leitfäden zu Fragen der nächsten Schritte und möglichem Weiterdenken der Infrastrukturoptionen.

In beiden Interviewsituationen konnten unterschiedliche Perspektiven gegeben werden, da sowohl Geschäftsführung als auch die Klärwerkstechniker in der Interviewsituation anwesend waren.

5.2.3 Partizipative Systemanalyse durch gemeinsame Nachhaltigkeitschecks und Nachzeichnen des Entwicklungspfades

Der gemeinsame Nachhaltigkeitscheck konnte in zwei der vier Fallbeispielen angewendet werden: im Fallbeispiel DSM-Optionen in der Kläranlage Rödental und im Fallbeispiel Mobilitätsapp in Augsburg.

Das Bewertungskonzept wurde für beide Fallbeispiele jeweils an die Fragestellungen der realen Fallbeispiele angepasst operationalisiert:

1. Klärung des betrachteten Einzelfalls und Auswahl der relevanten Kriterien. Dies erfordert ein genaues Verständnis des Einzelfalls, sodass aus dem Gesamtumfang der Kriterien des Nachhaltigkeitschecks diejenigen herausgefiltert werden können, die im Kontext des jeweiligen Fallbeispiels relevant sind. So wurde sichergestellt, dass die eingebunden Experten nicht mit Fragen konfrontiert wurden, die keinen Bezug zum Fall haben (z.B. Fragen nach dem Wasserverbrauch oder Lärmemissionen bei virtuellen Diensten im Verkehrssektor).
2. Fallspezifische Umsetzung der Kriterien in Fragestellungen. Der im vorgenannten 1. Schritt vorgenommene Eingrenzung der Kriterien folgt dann in diesem 2. Schritt eine Anpassung in der Fragenformulierung, sodass die Fragen dann sowohl den im Rahmen der Aktionsforschung erarbeiteten Wissensstand zum Kopplungsfall widerspiegeln als auch von den Praxisakteuren aufgrund der konkreten Fallanwendung verstanden und bewertet werden können.
3. Auswahl geeigneter Expert*innen unter Beachtung der Punkte: (1) fachliche Kompetenz für die Bewertung aller oder einzelner Aspekte und (2) Varietät der in einem mehr oder weniger komplexen sozio-technischen System betroffenen Perspektiven. Die Auswahl der geeigneten Expert*innen wurde in enger Abstimmung mit den Praxisakteuren vorgenommen und umfasste in den beiden o.g. Praxisfällen Mitarbeitende aus verschiedenen Bereichen bzw. Ebenen der jeweiligen Stadtwerke. Im Fall Augsburg konnte entgegen der Planungen und Vorabstimmungen kurzfristig nur ein Experte teilnehmen.
4. Einführung in das Vorgehen, Durchführung der Bewertung in einem definierten Setting und Auswertung der Ergebnisse.

Die folgenden Textboxen stellen wesentliche konzeptionelle und methodische Erkenntnisse aus der Anwendung des Nachhaltigkeitschecks in den beiden Fallbeispielen dar. Die konkreten Ergebnisse der Nachhaltigkeitschecks finden sich in Kapitel 3.1.2.3 (Augsburg) und in Kapitel 3.1.1.3 (Rödental).

Nachhaltigkeitscheck im Fallbeispiel „Optionen des Demand-Side-Managements (DSM) in der Kläranlage Rödental“

Der Nachhaltigkeits-Check wurde in November 2017 von der Geschäftsführung, von der technischen Leitung der Kläranlage sowie vom Klärmeister gemeinsam durchgeführt.

Gegenstand der auf den Nachhaltigkeitscheck basierenden Bewertung waren

Untersuchungsfall 1: negative Regelleistung über Abschaltung der Mikrogasturbinen, Anfahren der Wärmepumpe, ggf. Betrieb einer P2H-Anlage als Wärmequelle

Untersuchungsfall 2: positive Regelleistung über Vorhaltung der Mikrogasturbinen für die Stromerzeugung.

Ziel des Nachhaltigkeits-Checks war es nach der Anpassung des Fragebogens an den realen Fallkontext, insbesondere die ökonomischen, technischen und ökologischen Potentiale sowie die Handhabbarkeit durch den Einsatz von Demand-Side-Management in der Kläranlage Rödental abzuschätzen.

Die Zusammenstellung der Experten war besonders relevant, da mit der

Geschäftsführung eine übergreifende, visionäre und auch Innovation vorantreibende Perspektive der technischen Leitung der Kläranlage und dem Klärmeister insbesondere die Anlagensicherheit und die Sicherstellung der gesetzlich vorgeschriebenen Ablaufparameter

eingbracht, gemeinsam diskutiert und gegenübergestellt werden konnten.

In diesem Kontext wurde auch die besondere Kommunikations-erleichternde und gemeinsames Verständnis-schaffende Wirkung des Nachhaltigkeits-Checks deutlich.

Nachhaltigkeitscheck im Fallbeispiel „App-gestützte Bündelung von Mobilitätsangeboten in Augsburg“

Der Nachhaltigkeits-Check konnte im Fallbeispiel Augsburg im Februar 2019 entgegen der Vorabstimmungen nur mit einem Experten der Stadtwerke Augsburg, Verkehrsgesellschaft, Vertrieb und Marketing, durchgeführt werden. Gegenstand der Bewertung war die in Planung befindliche Mobilitätsapp und deren potentielle Wirkungen.

Als Besonderheit kam hinzu, dass der bewertende Mitarbeiter den Bedarf sah, in der Bewertung dreier Kriterien zwischen kurz- und langfristigen Effekten zu unterscheiden, da sich daraus für ihn unterschiedliche Bewertungen ergaben.

Die Ergebnisse der Erprobung an den beiden realen Fällen führt zu drei Schlussfolgerungen, von denen die Dritte so nicht beabsichtigt oder erwartet worden ist, die Einsatzgebiete des Nachhaltigkeits-Checks jedoch eher erweitert.

Schlussfolgerung 1: Die grundsätzliche Eignung des Bewertungskonzepts und der einzelnen Kriterien hat sich vollumfänglich bestätigt (siehe Olfert et al. 2020). Auch im Rahmen einer Anwendung im Kreis persönlich anwesender Expert*innen und auf Basis eines auf Papier ausgedruckten Fragebogens wurde das Konzept der Bewertung, der Bezug auf eine bestimmte Kopplung sowie die einzelnen Kriterien in ihrer Operationalisierung von den beteiligten Expert*innen schnell und unkompliziert erfasst. Die Durchführung der Bewertung erfolgte in dem dafür avisierten zeitlichen Rahmen von ca. 30 Minuten. Die Ergebnisse ließen sich mit einem dafür vorbereiteten Excel-basierten Tool leicht auswerten und visualisieren.

Schlussfolgerung 2: Bei der Anwendung des Nachhaltigkeitschecks im Fallbeispiel Augsburg wurde deutlich, dass insbesondere die Fragen nach potentiellen Auswirkungen der Infrastrukturkopplung auf die technische Komplexität und den organisatorischen Aufwand (Dimension „Funktionalität der gekoppelten Infrastruktur“) sowie auf Endverbraucherpreise (Dimension „Soziale und ökonomische Verträglichkeit“) in kurz- und langfristige Effekte unterschieden werden sollte. Diese Unterscheidung erscheint mit Blick auf die geplante Kopplung Mobilitätsapp von besonderer Bedeutung zu sein, da die geplante App kurzfristig Komplexität und Aufwand erhöhen, nach Etablierung aber langfristig zu deutlich geringerer Komplexität und Aufwänden führen dürfte. Daher sollte bei einer Weiterentwicklung des Nachhaltigkeitschecks insgesamt überprüft werden, ob eine Unterscheidung in mögliche zeitlich näher und weiter entfernt liegende Zeitpunkte nicht generell sinnvoll sein könnte. Denn dadurch könnten auch im Zeitverlauf eintretende bzw. erwartbare Änderungen berücksichtigt und z.B. hinsichtlich von Argumenten für weitere Kopplungsplanungen oder für Legitimationsbeschaffung der Kopplung genutzt werden.

Schlussfolgerung 3: Insbesondere die gemeinsame Diskussion und der Austausch zu möglichen, in ihrer Vielfalt ggf. z.T. nicht berücksichtigten potentiellen Wirkungen der Infrastrukturkopplung hat eine so nicht intendierte, jedoch hochgradig willkommene Wirkung entfaltet. Im Fallbeispiel Rödental hat sich gezeigt, dass das mit dem Nachhaltigkeitscheck angebotene Werkzeug von den beteiligten Personen als Mittel angenommen wurde, zwischen den unterschiedlichen und teils konfliktären Perspektiven der Beteiligten zu vermitteln. Dies wurde möglich, indem die von den beteiligten Personen subjektiv verschieden gewichteten Wirkungs-Aspekte im Nachhaltigkeitscheck ungewichtet nebeneinandergestellt sind. Der Nachhaltigkeitscheck wurde hierdurch überraschenderweise zu einem Kommunikations-erleichternden und auch gegenseitiges Verständnis erzeugenden Instrument, welches die durch Hierarchiestufen und Dominanz bestimmter Perspektiven vordefinierten Kommunikations-schranken abbauen half und eine Grundlage für eine Sachdiskussion schaffte.

Nachzeichnen des Entwicklungspfad des im Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“

Die Analyse und auswertende Darstellung über einen nachgezeichneten Entwicklungspfad der Infrastrukturkopplung war nur im Fallbeispiel Steinfurter Flexkraftwerke möglich. Gründe dafür könnten u.a. darin liegen, dass die Infrastrukturverantwortlichen im Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit weniger technisch denkend als Dialog- und Prozess-verantwortliche Infrastrukturakteure sind und sich darüber hinaus auch in verschiedenen eigenen Projekten inhaltlich und sprachlich mit Konzepten der Transformation und der Transformationsforschung beschäftigt haben. Daraus resultierten sowohl Offenheit für als auch Interesse an einer solchen Analyse und Nachzeichnung des Entwicklungspfades.

Hinzu kommt, dass es im regionalen Fallbeispiel Steinfurter Flexkraftwerke im Vorfeld der Planungen zu den Flexkraftwerken vielfältige Aktivitäten und Akteure auch in den 24 Kommunen des Kreises Steinfurt gab, die den Klimaschutz und auch regionale Energiewende vorangetrieben haben. Daher ist die anvisierte Kopplung Steinfurter Flexkraftwerke in einen größeren Kontext an Prozessen und Aktivitäten eingebettet als dass in den drei anderen, kommunalen Fallbeispielen der Fall ist.

5.2.4 Fallbeispiel-übergreifende Workshops

Das Projektkonzept sah vor, für die Prozessbegleitung zwei Fallbeispiel-übergreifende Workshops durchzuführen (siehe Kapitel 1.3.7): einen am Anfang der Prozessbegleitung zum Austausch über den Stand der Kopplungen und mögliche Gemeinsamkeiten im Hinblick auf Einflussfaktoren und Akteure, und einen zum Ende der Prozessbegleitung zwecks ex-post Vergleich der Erfahrungen und Ableitung Fallbeispiel-übergreifender politischer Unterstützungsbedarfe.

Beim ersten Workshop im September 2017 nahm neben der SWR für das Fallbeispiel Rödental auch EXYTRON aus dem Fallbeispiel P2G in Augsburg teil. Da zu diesem Zeitpunkt noch kein Kontakt zu einem konkreten Fallbeispiel der Anwendung der EXYTRON-Technologie bestand, so brachten die Sichtweisen und Impulse von EXYTRON relevante Befunde für die anwesenden Teilnehmer*innen und auch im Kontext des Fallbeispiel-Austauschs mit der SWR. Denn insbesondere die Hinweise auf dezentrale Möglichkeiten, die Energiewende kleinskalig umzusetzen und die Herausforderungen, die das im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit der Anlagen mit sich bringt, deckten sich mit den Erfahrungen aus Rödental. Damit wurden im Fallbeispiel-Austausch Gemeinsamkeiten in relevanten Einflussfaktoren für Infrastrukturkopplungen als Nischeninnovationen sichtbar.

Der erste Workshop wurde daher nach mündlicher Rücksprache einerseits von den anwesenden Fallbeispielakteuren, andererseits auch von den übrigen Teilnehmer*innen, die insbesondere aus Expert*innen aus BMU und UBA und dem TRAFIS-Projektbeirat (Wissenschaft und Multiplikatoren-Verbände wie z.B. VKU) bestand, als relevant wahrgenommen. Während die Multiplikatoren-Verbände anhand ihrer Diskussionsbeiträge ähnlich gelagerte Erfahrungen aus anderen Infrastruktur- und kommunalen Projektkontexten berichten konnten, schien insbesondere das UBA wichtige Erkenntnisse aus den Fallbeispiel-Berichten zu lokalen Bedarfen, Erfahrungen, Herausforderungen und Umsetzungskontexten zu ziehen.

Wie bereits am Ende von Kapitel 5.1 beschrieben, diente der zweite Workshop aufgrund der Teilnahme nur eines der vier Fallbeispiele nicht mehr der ursprünglich angestrebten Reflektion der Erfahrungen der Fallbeispiele mit der Prozessbegleitung. Die geringe Fallbeispiel-Anzahl im zweiten Workshop begrenzte auch die Ableitung Fallbeispiel-übergreifender politischer Unterstützungsbedarfe – dem wurde dadurch entgegengewirkt, dass über das TRAFIS-Team die Erkenntnisse zu politischen Unterstützungsbedarfen aus den anderen drei Fallbeispielen als eine Synthese präsentiert und in die Diskussionen zum Fallbeispiel P2G in Augsburg integriert wurde. Die Anwesenheit und Einschätzungen der Infrastrukturverantwortlichen aus den anderen drei Fallbeispielen kann das natürlich nicht ersetzen. Der Workshop war in der Einschätzung des TRAFIS-Projektteams für die Praxispartner interessant und relevant, da sie

- ▶ ihre Erfahrungen, Sichtweisen, Problemkonstellationen und auch Lösungsbedarfe mit Expert*innen von VKU und UBA spiegeln und somit potentiell auf eine höhere Ebene heben konnten
- ▶ im Austausch mit dem VKU nun gemeinsam die Suche nach möglichen Anschluss- und Folgefinanzierungen für das Pilotprojekt durch in Bayern verfügbare Fördermittel angehen. Ob – und wie das – ggf. möglich und auch zulässig sein kann, kann mit Stand September 2019 nicht abschließend bewertet werden.

5.2.5 Zusammenschau der Erkenntnisse aus der Fallbeispiel-übergreifenden Reflexion

Die vorgenannten Konzepte und Methoden dienten in den Fallbeispielen dazu, gemeinsam mit den Praxisakteuren konkrete Frage- und Problemstellungen zu ermitteln und nach möglichen nachhaltigen Infrastrukturopplungen durch Integration von wissenschaftlichem und Praxiswissen zu suchen, diese unterstützend zu begleiten und im Hinblick auf eine Umsetzbarkeit und ein Weiterdenken der Nachhaltigkeitslösungen gemeinsam zu lernen. Nach Wittmayer und Hölscher lassen sich die angewendeten Konzepte und Methoden (siehe Tabelle 10) damit der transformativen Transformationsforschung zuordnen (siehe Wittmayer und Hölscher 2017, Kapitel 5, S. 69 ff.). Durch den gemeinsamen Lernprozess, die kollaborative Wissensgenese und die Ausrichtung auf Begleitung und Unterstützung von Veränderungsprozessen, die in den Konzepten und Methoden in den Fallbeispielen Ausdruck fand, kann der gewählte Ansatz auch als partizipativer, Aktionsforschungs-orientierter Forschungsansatz eingeordnet werden (vgl. Greenwood und Lewin 2007). Gleichzeitig entsprechen das Selbstverständnis und der Einsatz der in der Prozessbegleitung eingesetzten Konzepte und Methoden auch für eine Einordnung als transdisziplinäre Forschung (Jahn und Keil 2015; Lang et al. 2012; WBGU, 2011), da die Forschenden nicht nur Teil der untersuchten Prozesse werden und selbstreflexiv auf diesen einwirken, sondern normative gesetzte Prozesse auch durch die Forschungsaktivitäten in Richtung Transformation unterstützt haben.

Über die vorgenannten Methoden und Konzepte wurde nicht nur Systemwissen (partizipativ) generiert, sondern durch die gemeinsame Erarbeitung und Diskussion (z.B. in den Nachhaltigkeitsschecks, im Entwicklungspfad-Workshop und den Fallbeispiel-übergreifenden Workshops) sowie durch die konkreten Unterstützungsleistungen auch Ziel- und Transformationswissen bzw. Handlungswissen (Wittmayer und Hölscher 2017) (siehe Kapitel 2.1).

Insgesamt ermöglichte es die Offenheit und Flexibilität des TRAFIS-Projektteams mit Blick auf Konzepte und Methoden, auf konkrete Unterstützungsbedarfe der Praxisakteure einzugehen und die Unterstützung zu leisten, die praxisrelevant und damit ein Türöffner für weitere Prozessbegleitungen unter Wahl weiterer Formate war. Dadurch konnte auch die Vertrauensbasis zwischen den Praxisakteuren und den Forschenden aufgebaut werden, welches tiefere Einblicke und Teilnahme an kritischen Diskussionen erlaubte.

Aus Sicht des TRAFIS-Projektteams verbleibt bei den Praxisakteuren aller vier Fallbeispiele ein positiver Eindruck der Prozessbegleitung und der Interaktion mit dem TRAFIS-Projekt. Dazu trugen einerseits die konkreten Unterstützungsleistungen, andererseits die gemeinsamen Diskussionen und Workshops bei. Zwar gab es seit März 2019 keinen weiteren persönlichen Austausch vor Ort, da aber im „Ausgang“ der Prozessbegleitung kein konkreter Bedarf an weiteren Terminen vor Ort bestand ist der fehlende konkrete Austausch seit März 2019 nicht negativ zu bewerten.

Im Laufe der Kommunikationen mit den Infrastrukturverantwortlichen zum „Ausgang“ der Prozessbegleitung wurden jedoch mögliche weitere Prozesse und Projekte, die die Praxisakteure für das TRAFIS-Projekt für interessant hielten – auch wenn im Rahmen des TRAFIS-Projekts die Prozessbegleitung mit März 2019 zum Ende kam, sollen diese möglichen Prozesse und Projekte der Vollständigkeit halber hier erwähnt werden:

- ▶ P2G in Augsburg: weitere mögliche Workshops (z.B. ein Kamingespräch mit der Landes- oder Bundespolitik) wären interessant, sollten aber möglichst nah an oder in Augsburg stattfinden;
- ▶ Mobilitätsapp in Augsburg: Austausch mit Jurist*innen, Startups und politischen Entscheidungsträgern (Stadtrat eher als LfU Bayern) interessant, um Lösungsansätze für eine Mobilitätsflat (siehe Kapitel 4.1.2) insbesondere im rechtlichen Bereich auszuloten;
- ▶ DSM-Optionen in Rödental: nach Testfahren des NA und des BHKW in der Regelenergie mögliche Termine mit oder bei Externen, um über das Testen und Sammeln von Erfahrungen mit Regeloptionen zu berichten und Erfahrungsaustausch einzuladen;
- ▶ Steinfurter Flexkraftwerke: Input aus dem TRAFIS-Projekt und dem Kreis der Praxisakteure aus den laufenden Fallbeispielen in Workshops und Treffen, welche das Amt im Kontext des Projektes „Modellregion Wasserstoffmobilität“ in 2019 durchführen wird.

Abschließend wurde allen Praxisakteuren bereits eine verschriftlichte Sammlung relevanter Erkenntnisse aus der Prozessbegleitung (sogenannte Konzeptpapiere, die nicht zu Veröffentlichung vorgesehen sind) zugesendet, sodass eine Synopse der Erkenntnisse auch für die Praxisakteure nutzbar – falls relevant – ist.

5.3 Potentielle Wirkungen der Prozessbegleitung auf die Transformationsprozesse in den Fallbeispielen

Sowohl der gewählte Aktionsforschungs-orientierte transformative Forschungsansatz als auch transdisziplinäre Forschung zielen darauf ab, Veränderungsprozesse zu begleiten und zu unterstützen, also Veränderungswirkungen im realweltlichen Kontext der Praxisakteure zu entfalten. Eine konkrete Messung tatsächlicher Effekte im Zusammenhang mit den Forschungsaktivitäten bzw. eine kausale Zuordnung potentieller Veränderungswirkungen zu den Forschungsaktivitäten ist jedoch kaum möglich: die Faktoren, welche u.a. im Sinne von Einflussfaktoren auf die Nischeninnovationen einwirken, sind zu komplex, um Forschungseffekte identifizieren und diese einwandfrei zuordnen zu können (vgl. Bornmann 2012, Jahn und Keil 2015, Lang et al. 2012, Wittmayer und Hölscher 2017).

Nichtsdestotrotz deuten die Reflektionen der Begleitungsprozesse, die u.a. im Forschungstagebuch dokumentiert wurden, an bzw. darauf hin, dass die Prozessbegleitungen in den Fallbeispielen Wirkungen auf die Transformationsprozesse entfaltet und diese tatsächlich unterstützt haben könnten. Solche potentiellen Anzeichen lassen sich in den Beispielen an unterschiedlichen Stellen aufzeigen:

Potential zur Finanzierung und Ausweitung von P2G-Anlagen im Fallbeispiel Augsburg

Im Rahmen des zweiten Fallbeispiel-übergreifenden Workshops kam im Austausch zwischen swaE, WBG und dem TRAFIS-Beiratsmitglied VKU Landesgruppe Bayern die Möglichkeit auf, gemeinsam nach Finanzierungsmöglichkeiten auf bayerischer Ebene zu suchen, die

einerseits die umgesetzte Pilotanlage nachträglich ko-finanzieren

andererseits mittelfristig helfen könnten, mit Bezug zu lokalen Energiewende-Optionen in Bayern (beispielsweise im Kontext des bayerischen Energieatlas) weitere P2G-Anlagen und Kopplungen wie in der Pilotanlage in Augsburg – und darüber hinaus – aus landesspezifischen Fördermitteln in der Umsetzung zu unterstützen.

In der gemeinsamen Suche nach und Abstimmung zu Landesfördermitteln könnten auch die Erfahrungen und Herausforderungen mit der beantragten KfW-Förderung aufgegriffen werden, um Fördermöglichkeiten mit für Stadtwerke gut umsetzbaren Modalitäten zu identifizieren.

Entscheidungsunterstützung im Fallbeispiel Mobilitätsapp in Augsburg

Die gemeinsam designte Unterstützungsleistung sowie die Diskussion der Ergebnisse im Lichte der nächsten Schritte der anvisierten Infrastrukturkopplung Mobilitätsapp hat nach Auskunft der Infrastrukturverantwortlichen das Potential, intrainstitutionelle strategische Entscheidungen im Hinblick auf den Fokus der App zu unterstützen. Die Umfrageergebnisse stellten aus ihrer Sicht passendes Argumentationsfutter für die weitere Ausrichtung der Mobilitätsapp in Richtung auf eine gleichberechtigte Darstellung und Erreichbarkeit aller Mobilitätsangebote über die App inklusive Kartendarstellung mit Haltestellen, Leihstationen und Möglichkeit der Streckenausgabe von A nach B sowie einer Liveauskunfts-Funktion dar.

Brückenschlag zwischen Vision und Umsetzungsbezug im Fallbeispiel DSM-Optionen in Rödental

Sowohl der gemeinsame Nachhaltigkeitscheck als auch die folgende Kommunikation zwischen den unterschiedlichen hierarchischen bzw. funktionalen Ebenen innerhalb der SWR im Rahmen der Prozessbegleitung haben in der Einschätzung des TRAFIS-Projektteams geholfen, die zu Anfang wahrgenommene Skepsis gegenüber den Ideen und Visionen der Geschäftsführung zu verringern. Die Skepsis rührte aus der Sorge der Klärwerkstechniker der Kläranlage, dass DSM-Nutzungsideen zu Beeinträchtigungen im Betrieb der Kläranlage führen könnten, welche die Abwasserreinigung negativ beeinflussen könnten.

Im Laufe der verschiedenen Gespräche und insbesondere durch Nutzung des Nachhaltigkeitschecks wurde deutlich, dass die Geschäftsführung diese Sorgen ernst nimmt und ihnen Gehör schenkt und man daher gemeinsam nach DSM-Optionen suchte, die sowohl der dezentralen Energieerzeugung/Regelenergievermarktung und damit auch ökonomischen Vorteilen als auch der prioritären Abwasserreinigungsfunktion der Kläranlage Rechnung tragen. Dadurch wurde in der Wahrnehmung des TRAFIS-Projektteams nicht nur die Gesprächsatmosphäre entspannter, sondern konnte in Ansätzen auch „Ownership“ der Ideen bzw. der Beteiligung an den Visionen bei weiteren Stadtwerksmitarbeitenden geschaffen werden. Der Beitrag und das Zutun von TRAFIS zum Kopplungsprozess war daher aus TRAFIS-Sicht ein positiver, u.a. weil durch die „Bühne“ der vor-Ort-Treffen die notwendigen offenen Gespräche zwischen Geschäftsführung und Klärtechnik bzw. später auch der Energiesparte so vielleicht früher oder neutraler (z.B. durch Nutzung des Nachhaltigkeitschecks als Kommunikationstool) stattgefunden haben. Ob das letztlich ein Verdienst der Methode war oder generell das umsichtige Agieren der Geschäftsführung oder am Zusammenspiel von Methoden und Agieren der Geschäftsführung lag, kann nicht kausal geklärt werden.

Die verschiedenen Treffen, davon insbesondere die Termine im November 2017 (Nachhaltigkeitscheck) sowie im Juli 2018 (Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse) haben hier die Relevanz verdeutlicht, wie wichtig es ist, sowohl das engere eigene Team (Klärwerkstechnik) als auch die weiteren Sparten und Sichtweisen innerhalb des SWR (Energiesparte/Energiemarkt, betriebswirtschaftliche Sichtweise) mitzunehmen und einzubinden. Dadurch konnte, so der Eindruck der TRAFIS-Projektbeteiligten, Ownership für die Kopplungs-/Innovationsprozesse bei einem größeren Akteurskreis geschaffen und so die Abhängigkeit vom unermüdlichem Einsatz der Geschäftsführung als Change Agent reduziert werden.

Einbettung von Veränderungsprozessen in einen Entwicklungspfad im Fallbeispiel Steinfurter Flexkraftwerke

Analyse und „Nachzeichnung“ des Entwicklungspfades im Fallbeispiel hatte nicht nur Relevanz mit Blick auf die Validierung der aus AP2 ermittelten Einflussfaktoren, da sie die Praxisrelevanz der Analyse von Entwicklungspfaden zeigen konnte, sondern im Laufe der Diskussionen zum Entwicklungspfad wurde auch deutlich, dass es vielfältige Aktivitäten und Stränge gibt, entlang derer die Infrastrukturverantwortlichen im Kreis Steinfurt die Steinfurter Flexkraftwerke vorantreiben können. Diese Analyse dürfte in der Einschätzung des Projektteams unterstützende Erkenntnisse hineingetragen und auch zu einem weiten Blick (Entwicklungspfade) auf das Vorantreiben der Kopplung beigetragen haben.

Bei aller Vorsicht und dem Fehlen von „Nachweisen“ für kausale Wirkungen können diese Beispiele dennoch als mögliche Wirkungen des Forschungsansatzes sowie der Konzepte und Methoden auf die Transformationsprozesse interpretiert werden. Und losgelöst von einer Debatte über kausale Zuordnungen kann auch anhand dieser Beispiele festgehalten werden, dass die gewählten Ansätze, Konzepte und Methoden sowie deren flexible, auf den Bedarf der Praxisakteure zugeschnittene Umsetzung dazu beigetragen haben, dass die Praxisakteure die Prozessbegleitung als hilfreich und relevant für ihre Praxisarbeit wahrgenommen haben.

5.4 Herausforderungen der Verwendung von Transformations- und Aktionsforschung im Anwendungsfeld Infrastrukturskopplung

Im Laufe der Reflektion der Prozessbegleitungen in den Fallbeispielen wurden verschiedene Herausforderungen des angewendeten Forschungsansatzes sowie der Konzepte und Methoden deutlich. Während einige eher generell mit der Art der Forschung (transformativ Forschung) zusammenhängen dürften, kam bei anderen Herausforderungen der Eindruck auf, dass sie spezifisch im Anwendungsfeld Infrastrukturskopplung begründet liegen.

Die Herausforderungen beziehen sich aus Sicht des Projektteams insbesondere darauf, dass die zur Verfügung stehenden Forschungsansätze, Konzepte und Methoden der transformativen Forschung auf den Anwendungsfall Infrastrukturskopplung angepasst werden mussten. Dieser Kontext scheint zusätzliche Anforderungen an die Anwendung zu stellen.

Transformationsforschung basiert auf einer systemanalytischen Annahme, dass die gegenwärtigen größten umweltbezogenen Herausforderungen, wie Klimawandel oder die Transformation hin zu Nachhaltigkeit, nicht durch inkrementelle Verbesserungen, sondern nur durch einen fundamentalen Systemwandel gelöst werden können (Wittmayer und Hölscher 2017, WBGU 2011). Es geht mithin nicht um technische Einzellösungen, sondern um einen

„grundlegenden und langjährigen gesamtgesellschaftlichen Wandel, der kulturelle, soziale, technologische, wirtschaftliche, infrastrukturelle sowie produktions- und konsumbezogene koevolutionäre Veränderungen in verschiedenen Sektoren und Systemen der Gesellschaft umfasst“ (Grießhammer und Brohmann 2015, S. 5).

Wie in Kapitel 1.1 beschrieben, stellen Infrastruktursysteme mit der Daseinsvorsorge lebensnotwendige Dienstleistungen bereit, ohne die moderne Gesellschaften nicht funktionieren können. Gleichzeitig legen Infrastruktursysteme langfristig bestimmte sozio-technische Entwicklungspfade und Umweltauswirkungen im Hinblick auf THG-Emissionen und Ressourcenverbrauch fest. Trotz dieser fundamentalen Rolle der Infrastrukturen für eine Systemtransformation scheinen transformativ Forschungsansätze im Bereich von Infrastruktursystemen kaum eingesetzt zu werden. Das liegt u.a. darin begründet, dass Infrastrukturen in komplexe sozio-technische und Governance-Prozesse eingebettet sind bzw. diese im Sinne von Pfadabhängigkeiten selbst kreieren und das moderne Gesellschaften von einem resilienten und reibungslosen Funktionieren von Infrastrukturen stark abhängig sind (siehe z.B. Bolton und Foxon 2015).

Hier kommt aus der Reflektion der Prozessbegleitung noch hinzu, dass die Akteure, die für Infrastrukturskopplungsprojekte zu Beginn der Kopplungsprozesse zuständig sind, vor allem technisch und ökonomisch orientiert sind bzw. sein müssen, um eine anvisierte Kopplung überhaupt technisch umsetzen und sicherstellen sowie betriebswirtschaftlich legitimieren und vertreten zu können. Diese Akteure sind, bis auf das Fallbeispiel Steinfurter Flexkraftwerke, die wesentlichen Infrastrukturverantwortli-

chen und Beteiligten an der Prozessbegleitung. Verbunden mit dem Aktionsraum (welche Art Tätigkeiten sie im Kontext der Infrastrukturskopplung durchführen [können]), Selbstverständnis und auch disziplinären Hintergrund der Beteiligten resultierte daraus

- ▶ einerseits der für die Systemanalyse und Prozessbegleitung relevante technische und ökonomische Kompetenzgrad
- ▶ andererseits auch spezifische Interessenfoki als auch Anforderungen an die Sprache und das „Framing“ der Diskussionen in der Prozessbegleitung.

So mussten die verwendeten Konzepte und Methoden an die Aktionsräume und Praxisbezüge der Infrastrukturverantwortlichen anschlussfähig gemacht werden. Verbunden mit diesen Anforderungen an Sprache und „Framing“ wurde deutlich, dass die akademisch geprägten Begrifflichkeiten und Termini der Transformationsforschung und Systemtransformation kaum bis nicht anschlussfähig an den realweltlichen Bezug der Infrastrukturverantwortlichen waren. Mehr noch: diese Begrifflichkeiten zu verwenden hätte aus Sicht des TRAFIS-Projektteams potentiell das Risiko in sich getragen, die Infrastrukturverantwortlichen „sprachlich zu verlieren“ und damit die Bereitschaft zur Teilnahme in der Prozessbegleitung verringern.

Hieran wurde auch deutlich, wie wichtig es war, die Prozessbegleitung als interdisziplinäres Team durchzuführen. Denn die Anwesenheit von Wissenschaftler*innen, die als Ingenieur*innen bereits die „Sprache“ der Akteure vor Ort sprechen und um technische Machbarkeiten wissen, ermöglichen erst den Zugang der Sozialwissenschaftler*innen, die transformativen Konzepte und Methoden in den Prozess vor Ort einbringen zu können. Für den Erfolg der Prozessbegleitung bedurfte es daher einer Sprache, die auf die konkrete Problemsituation zugeschnitten ist – auch hierbei war die interdisziplinäre Zusammensetzung des TRAFIS-Teams unabdingbar.

Die Relevanz dieser Erkenntnisse zeigt sich auch daran, dass es nur im Fallbeispiel „Steinfurter Flexkraftwerke“, in welchem die Infrastrukturverantwortlichen von ihrem Aktionsraum und auch der disziplinären Zusammensetzung her systemübergreifend tätig und auch mit Konzepten und Begriffen der Transformationsforschung vertraut waren, möglich war, einen Entwicklungspfad nachzuzeichnen und in einem gemeinsamen Workshop aus Systemsicht nachzubessern.

Darüber hinaus bringt die Langfristigkeit, mit der Infrastrukturen im Sinne der Daseinsvorsorge angelegt sind, auch eine gewisse langfristige Systemorientierung mit sich. Diese ist wichtig für ein langfristig resilientes Funktionieren der Infrastruktursysteme. Gleichzeitig kann sie aber auch erforderliche Veränderungen kognitiv erschweren, wenn die Veränderungen potentiell mit der Sicherstellung des Funktionierens der Infrastruktursysteme kollidieren können. Auch wenn Änderungsbereitschaften hoch sind, kann die Änderungsfähigkeit aufgrund „intra-institutioneller und auch mentaler Pfadabhängigkeiten“ erschwert werden. So gibt es unter den Infrastrukturverantwortlichen „Pioniere des Wandels“, gleichermaßen jedoch auch Akteure, die kein Interesse an der Beteiligung in einem Transformationsprozess haben, sondern „nur“ im Rahmen ihres genuinen Aufgabenbereiches an der Bereitstellung einer bestimmten Dienstleistung arbeiten wollen und ggf. schon einer Kopplung von Infrastrukturen skeptisch gegenüberstehen.

Weiterhin ist ein wirklich offener Prozess, in dem auch gescheitert werden darf, im Bereich der Infrastrukturen nur eingeschränkt herstellbar. Dienstleistungen wie Trinkwasserbereitstellung oder Abwasserreinigung stehen nicht zur Disposition und müssen zwingend zuverlässig bereitgestellt werden. Vor diesem Hintergrund ist auch der Wunsch aus den Fallbeispielen nach (kleinskaligen, aber skalierbaren) Experimentierräumen zu sehen.

Daher erscheint die Anwendung von Transformations- und Aktionsforschung in Bezug auf Infrastrukturskopplungen potentiell noch voraussetzungsvoller als sie es für die Forschenden ohnehin schon ist:

- ▶ Legitimität, Qualität und auch der Mehrwert der Ergebnisse von Transformations- und Aktionsforschung werden innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft in Frage gestellt, da eine Qualitätssicherung hier anders ausfallen muss als in klassischer empirischer Sozialforschung. Nach Hölscher et al. (in Erarbeitung) kann Transformationsforschung als lösungsorientierte, gesellschaftlich eingebettete und explizit normative Forschung nicht mit traditionellen Qualitätskriterien – wie zum Beispiel Generalisierbarkeit oder interner Gültigkeit – bewertet werden (Belcher et al. 2016, Wiek et al. 2012). Transformationsforschung, insbesondere im transformativen Modus, zielt darauf ab, zu realen Lösungen beizutragen und hierbei Politik und Gesellschaft stark einzubeziehen (Schneidewind et al. 2015; Wiek et al. 2012; Wittmayer und Hölscher 2017). Die Legitimität der Forschungsergebnisse erhält diese Forschung daher aus dem Kreis der beteiligten auch nicht-wissenschaftlichen Akteur*innen vor dem Hintergrund der sozialen Relevanz – das ist mit den Qualitätsansprüchen klassischer empirischer Sozialforschung mit rein wissenschaftlich erarbeitetem Forschungsdesign und kritischer Diskussion von Methodik und Ergebnisse innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft (scientific community) nicht kompatibel. (Jahn und Keil 2015);
- ▶ Neben analytischen Fähigkeiten erfordern diese Ansätze kommunikative Fähigkeiten und Kompetenzen im Bereich Stakeholder-Management. Dazu gehört zum einen die Kapazität, verschiedene Akteure zusammenzubringen und ergebnisoffenen Austausch zu ermöglichen bzw. zu unterstützen. Zum anderen aber auch die Kompetenz, unklare bzw. nicht gültige Rollenzuweisungen anzusprechen und abzulehnen – so kann bzw. sollte es nicht die Rolle der prozessbegleitenden Forschenden sein, Entscheidungen zu treffen, Konflikte zu lösen (Mediation) oder den Prozess (alleinig) zu treiben. Wohl aber muss es das Verständnis der Forschenden sein, zu allen diesen Aspekten ermöglichende Bedingungen zu schaffen bzw. deren Schaffung zu unterstützen (Lang et al. 2012, Wittmayer und Hölscher 2017).
- ▶ Forschungskonsortium müssen interdisziplinäre Fach- und methodischen Kompetenzen mitbringen, die nötig sind, um Zugang zu und Relevanz für die Praxisakteure zu erzeugen.
- ▶ Forschungserkenntnisinteressen und Umsetzungsbedarfe bzw. Wissensbedarfe der Praxisakteure können (stark) auseinandergehen und machen ein flexibles Eingehen auf realistische Ziele und Anforderungen notwendig.
- ▶ Projektzeiträume und Projektbudgets benötigen eine gewisse Flexibilität im Hinblick darauf, welche Intensitäten in der Begleitung welcher Praxisakteure wann möglich bzw. gewünscht sind
- ▶ Antragstellungen für Projektanträge sollten im Idealfall bereits im Co-Design mit Praxisakteuren entwickelt werden, was mehr Zeit an Vorrecherche und Prozessen vorab des Projektbeginns voraussetzt, um relevante Praxisakteure und -erfahrungen einzubinden und Ownership zu kreieren. In den üblichen unbezahlten Antragsverfahren ist das kaum möglich.

Vor diesem Hintergrund kommt einer kontinuierlichen und engen Abstimmung zwischen Forschungsnehmer*innen und Projektmittelgeber*innen eine wichtige Bedeutung zu, um frühzeitig mögliche Herausforderungen und Schwierigkeiten zu identifizieren, gemeinsam zu besprechen und Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln, die dann in der Fallbeispielumsetzung im jeweiligen zeitlichen, finanziellen und auch Partner*innen-Konstellation erprobt und reflektiert werden können.

Neben diesen Herausforderungen kann jedoch gerade der Aspekt der „Kopplung“ – und nicht bloß der Transformation isolierter Infrastrukturen – Chancen für die Anwendung transformativer Forschung und ihrer Methoden bereithalten. Im Zuge einer Kopplung werden Akteure verschiedener (technischer) Disziplinen aufeinandertreffen, doch auch die Kommunikation mit anderen gesellschaftlichen Bereichen, wie Politik oder u.U. Zivilgesellschaft, kann erforderlich werden. Hier können Methoden der transformativen Forschung sowie inter- und transdisziplinären Forschung Brücken bauen und einen Transformationsprozess gestalten helfen. Diese Funktion wurde aus Sicht des TRAFIS-Projektteams in der Prozessbegleitung ansatzweise deutlich – siehe Kapitel 5.3.

6 Fazit und Ausblick

Die Prozessbegleitung der vier laufenden Fallbeispiele hat wissenschaftlich und Praxis-relevante Erkenntnisse mit Blick auf eine Nachhaltigkeitstransformation in Infrastruktursystemen hervorgebracht und auch die Erkenntnisse aus der Analyse der neun abgeschlossenen Fallbeispiele (Hölscher et al. 2020) validieren können.

Anhand dieser Erkenntnisse lassen sich Einflüsse festhalten, die in unterschiedlichen Kontexten förderlich oder hinderlich auf Vorhaben zur Infrastrukturkopplung sowie auf deren Verstetigung und Weiterentwicklung einwirken können. An der Vielfalt relevanter Einflüsse wird auch deutlich, dass Infrastrukturen, und deren Kopplungen, soziotechnische Systeme darstellen – denn die ermittelten Einflüsse sind sowohl technischer als auch nicht-technischer Natur. In deren Zusammenwirken liegen sowohl komplexe Hindernisse als auch vielversprechende Ansatzmöglichkeiten begründet, um nachhaltige Infrastrukturkopplungen als Nischeninnovationen zu stärken und auch weiter zu verbreiten.

So kann das Vorhandensein gut anwendbarer Technologien alleine keinesfalls sicherstellen, dass Infrastrukturkopplungen angegangen oder umgesetzt werden. Vielmehr bedarf es dazu einer Vielzahl weiterer, nicht-technischer Einflüsse. Diese beeinflussen sowohl ob die Infrastrukturkopplungen voranschreiten als auch ob sie verstetigt und weitegedacht werden können. Als besonders relevant traten hier zu Tage:

- ▶ Organisatorische Einbettung durch die Art von Zusammenarbeit mit anderen Akteuren und Netzwerken sowie den eigenen institutionellen Ressourcen und der Unterstützung aus der eigenen Institution: Förderlich wirken hier intra- und interinstitutionelle und auch Kommunen-übergreifende Kooperation und Austausch sowie organisatorische Schnittstellen, Unterstützungswille und Innovationsbereitschaft (z.B. als change agents, über Leuchtturmprojekte oder auch kommunen-übergreifenden Kapazitätsaufbau durch Führungsangebote). Auch langjährige Erfahrungen und gut ausgebildete und motivierte Mitarbeitende unterstützen Kopplungsprozesse. Der kontinuierlichen und zukunftsgerichteten Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitenden kommt dabei eine wichtige Rolle zu, um die Kopplungen weiterführen und als neues Geschäftsmodell etablieren zu können. Weiterhin wirkt eine partizipative Einbindung unterschiedlicher Akteure in die Kopplungsprozesse förderlich, da darüber Bedenken und Sorgen ausgeräumt und Unterstützungsbereitschaft geschaffen werden kann. Demgegenüber wirken Risikoscheue und Machtkonzentration in den Händen einiger, weniger großer Akteure sowie fehlende Kontinuität auf Ebene von Mitarbeitenden hinderlich.
- ▶ Ökonomische Aspekte im Sinne von Kosten für die Umsetzung der Infrastrukturkopplungen, Energiepreisen, möglicher finanzieller Unterstützung sowie über Erlösmöglichkeiten und neue Geschäftsmodelle im Zusammenhang mit der Nutzung der Kopplung: Finanzielle Förderprogramme auf Länder-, nationaler oder auch europäischer Ebene, Kostenersparnisse auf Seiten von Betreiber*innen oder Nutzer*innen sowie Gewinnerwartungen oder zusätzliche Erlösmöglichkeiten wirken förderlich. Hohe Investitionskosten und Anforderungen an die Kostenamortisation, fehlende oder unzureichende Investitionsanschubfinanzierungen sowie insbesondere eine fehlende Vergütung von Energiespeicherung wirken hemmend. Bei finanzieller Förderprogramme hängt es jedoch von deren Ausgestaltung und Flexibilität bzw. Anpassung an die Kopplungskontexte ab, sie eine Umsetzung von Infrastrukturkopplungen tatsächlich unterstützen können. Neue Geschäftsmodelle, die im Zusammenhang mit der Kopplung aufkommen können bzw. gesehen werden, bieten zukünftige wirtschaftliche Chancen und stärken die Autonomie der Fallbeispielakteure. Gegenwärtig geringe Energiepreise wirken sich zwar negativ auf die Wirtschaftlichkeit von Kopplungen aus, jedoch wird von langfristig steigenden Energiepreisen und -kosten ausgegangen, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit der Kopplungen zukünftig verbessern dürfte. Damit könnten zukünftig

auch mehr Abnehmer*innen bzw. Nutzer*innen der Kopplungen bzw. der durch sie bereitgestellten Produkte (z.B. Wasserstoff) oder Dienstleistungen (z.B. Wärme und Strom, Mobilität) gewonnen werden.

- Gesellschaftliche Kontexte hinsichtlich Akzeptanz und Relevanz der Kopplungen und der dahinterliegenden politischen Ziele: Hier wirken positive Einstellungen und Akzeptanz, beispielsweise zu Windenergie und lokaler Energiewende sowie Passung zu politische Zielstellungen (z.B. Klimaschutz und Emissionsvermeidung) förderlich. Auf der anderen Seite wirken fehlende gesellschaftliche Relevanz und geringes Nutzer*innen-Interesse hinderlich.
- Politische und rechtliche Rahmung im Sinne rechtlicher Vorgaben und politischer Kommunikation: Rechtliche Urteile und politische Beschlüsse (z.B. der Atomausstieg) wirken förderlich. Bestehende rechtliche Vorgaben (insbesondere das EEG) können dadurch hemmend wirken, dass sie beispielsweise zu Fehlanreizen für Investition in Energiespeicherung führen, zusätzlichen zeitlichem und finanziellen Aufwand in der baulichen Umsetzung der Kopplung bedingen oder eine wirtschaftliche Betätigung kommunaler Akteure nur in gewissen Bereichen der Daseinsvorsorge zulassen können. Politische Kommunikation kann hinderlich sein, wenn sie Fakten bzw. Rahmen schafft, welche die ökonomische Tragfähigkeit einer Kopplung erschweren oder auch, wenn Kopplungsrelevante Faktoren (wie z.B. potentiell negative Auswirkungen der Energiewende auf die Netzstabilität und damit auf mögliche Blackout-Gefahren) ausgeblendet werden.

Vor diesem Hintergrund kann auch der **Bedarf an politischer Unterstützung** (insbesondere auf Bundesebene) gesehen werden, welche auf den vor-Ort-Treffen, Interviews und Workshops in den vier laufenden Fallbeispielen formuliert wurden. Die Praktiker*innen fordern einerseits förderlichere rechtliche und politische Rahmenbedingungen, wie z.B. die Aufnahme von Energiespeicherung als förderfähiges Element im EEG, eine Erweiterung der wirtschaftlichen kommunalen Betätigungsfelder (z.B. zu Mobilitätsberatung oder kommunaler Netzübernahme und Netzbetrieb) oder auch eine bundespolitische Debatte über mögliche negative Auswirkungen der Energiewende auf die Netzstabilität. Änderungen an rechtlichen Vorgaben könnten hierbei in regulatorischen Experimentierräumen zunächst getestet und Erfahrungen dazu gesammelt werden. Andererseits werden auch Änderungen an Innovationsförderprogrammen sowie in der Bepreisung von Dienstleistungen vorgeschlagen, um die Umsetzung von Infrastrukturkopplungen zu vereinfachen und die Nachfragen nach deren Produkten bzw. Dienstleistungen zu steigern. So wird dafür plädiert, Innovationsförderprogramme flexibler zu machen und Infrastrukturkopplungen als ein Förderfokus zu stärken, sodass angepasste Investitionsanschubfinanzierungen zur Verfügung stehen und von weiteren Pilotprojekten genutzt werden können, da sie die hohen Anfangsinvestitionskosten verringern helfen. Gleichzeitig kann eine Stärkung der grünen öffentlichen Beschaffung die Nachfrage, z.B. nach grünem Wasserstoff, fördern und Impulse für eine weitere Nachfrage setzen.

Die obige Zusammenstellung der wesentlichen Erkenntnisse macht aus **wissenschaftlicher** Sicht deutlich, dass die hier **angewandte transformative Aktionsforschung relevante Ergebnisse und Wissensgewinn** für eine Stärkung von Infrastrukturkopplungen als Nischeninnovationen hervorgebracht hat. Zudem wurde durch das **transformative Vorgehen der Prozessbegleitung** sichergestellt, dass Praxisakteure kontinuierlich involviert waren und auch Einfluss darauf nehmen konnten, welchen Teilfragen sich dieses Projekt widmete – und welche Informationen ihnen in ihren jeweiligen Kontexten der Infrastrukturkopplungen eine wichtige Hilfestellung an die Hand geben konnten. Dadurch hat der gewählte Forschungsansatz auch **praxisrelevante** Erkenntnisse generieren und praxisrelevante Unterstützung bieten können. So haben der gewählte Forschungsansatz und die Prozessbegleitung in der Wahrnehmung der Praxisakteure u.a. dadurch konkrete praxisrelevante Hilfestellung leisten können, dass

1. technische und ökonomische Potentiale für eine Beteiligung der **Kläranlage in Rödental** am Regelenenergiemarkt realistisch eingeschätzt wurden und damit eine faktenbasierte, gemeinsame Verständigung über die zukünftige Nutzung von DSM als ein Beitrag zur lokalen Energiewende initiiert bzw. unterstützt werden konnte;
2. Einschätzungen und Bedarfe von **Mobilitätsabonent*innen in Augsburg** zu einer in Entwicklung befindlichen Mobilitätsapp eingeholt wurden, die sowohl Argumente für die swa-interne Ausrichtung der geplanten App lieferte als auch potentiell die Nutzer*innen-Relevanz der App erhöhen und damit eine kosteneffiziente App-Entwicklung unterstützen könnte;
3. im Rahmen des zweiten Fallbeispiel-übergreifenden Workshops am 1.3.2019 im Austausch zwischen swaE und VKU festgehalten wurde, dass es ggf. weitere mögliche Anschluss- und Folgefinanzierungen für das **P2G-Pilotprojekt in Augsburg** durch in Bayern verfügbare Fördermittel gibt und dass hierzu ein gemeinsamer Austausch erfolgen sollte;
4. potientiell Interesse für eine Installation von PV-Anlagen auf Dächern privater Eigenheimbesitzer*innen im **Kreis Steinfurt** als Beitrag zur Weiterführung der **regionalen Energiewende** erhoben wurde und eine systematische Aufbereitung der bisherigen Prozesse und Aktivitäten der regionalen Energiewende im Kreis Steinfurt nachgezeichnet und mit einem Ausblick auf potentiell noch kommende relevante Schritte versehen wurde.

Damit haben der gewählte Forschungsansatz und die Prozessbegleitung auch **transformatives Potential im Kontext von Infrastrukturkopplungen als Nischeninnovationen**. Denn sie haben geholfen in den Fallbeispielen weitere Abstimmungen, Ideen und Möglichkeiten zu initiieren und aufzuzeigen. Insgesamt sind dieser Forschungsansatz und die verwendeten Methoden aus unserer Sicht daher auch für den Anwendungsfall Infrastrukturkopplungen relevant. Insbesondere aufgrund der kontinuierlichen Praxisbeteiligung und Orientierung an Praxisrelevanz können sie „Ownership“ der Praxispartner an einer Projektbeteiligung herstellen und ein Weiterführen der Kopplungsprozess praxisrelevant unterstützen.

Allerdings ist (auch) diese Art der Forschung nicht ohne Herausforderungen. Diese bestehen beispielsweise darin, die Sprache und Terminologie der transformativen Forschung so anzupassen, dass sie anschlussfähig sind für die überwiegend technisch oder ökonomisch ausgebildeten Infrastrukturverantwortlichen. Damit verbunden war es in unserer Erfahrung essentiell, dass Projektteammitglieder mit ingenieurstechnischer und mit sozialwissenschaftlicher Expertise die Prozessbegleitung durchführten, da technisches Wissen und auch die Sprache den Zugang zu transformativen Konzepten und Methoden erst ermöglichten oder wesentlich unterstützten. Und ohne diese Praxisrelevanz wäre es nicht möglich gewesen, die Infrastrukturverantwortlichen mehrmals für längere Zeiten „in Anspruch nehmen“ und für eine Teilnahme gewinnen zu können. Als weitere Herausforderung für diese Art der Forschung kommt hinzu, dass ein wirklich offener Transformationsprozess mit der Möglichkeit dabei auch zu scheitern im Bereich der Infrastrukturen nur eingeschränkt herstellbar ist, da Infrastrukturen und ihre daseinsvorsorgenden Dienstleistungen zwingend zuverlässig bereitgestellt werden müssen. Hier könnten kleinskalige, aber übertragbare Experimentierräume (Reallabore) helfen, die von transdisziplinären und transformativen Forschungsansätzen leben.

Transformative Aktionsforschung im Kontext der Frage nachhaltiger Infrastrukturkopplung anzuwenden, ist sinnvoll, da gerade der Aspekt der „Kopplung“ – und nicht bloß der Transformation isolierter Infrastrukturen – Chancen für die Anwendung transformativer Forschung und ihrer Methoden bereitstellt. Denn im Zuge einer Kopplung werden Akteure verschiedener (technischer) Disziplinen und Zugehörigkeit (Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft) aufeinandertreffen. Dabei bedarf es vielfältiger Austausch- und Lernprozesse zwischen den Akteuren sowie auch über Fallbeispielgrenzen hinweg, um Erfahrungen in die Breite zu tragen und eine Übertragung von Nischeninnovationen zu motivieren – und damit einen zunehmenden Änderungseinfluss auf vorherrschende Regime nehmen zu können. Hier können Methoden der transformativen und transdisziplinären Forschung Brücken bauen und Transformationsprozesse gestalten helfen.

Bei der Entwicklung relativ neuer Technologien oder der neuartigen Kombination von bekannten Technologien müssen technische und organisatorische Lösungen maßgeschneidert und im Betrieb erprobt werden, was sie teurer macht und potentiell neue Fehlerquellen mit sich bringt. Daher kommt der Forschungsförderung auf Bundes- und Landesebene eine wichtige Funktion zu, um Infrastrukturkopplungen durch entsprechende Forschungs- und Innovationsprogramme langfristig und mit Piloterprobungen zu unterstützen. Um diese Innovationen zu unterstützen, sollte **Innovations- und Forschungsförderung** einerseits auch (mehr) auf transdisziplinäre und transformative Forschung setzen. Andererseits – dass zeigen die Erfahrungen aus den laufenden Fallbeispielen – erscheint es essentiell, dass die Innovations- und Forschungsförderung stärker und flexibler als bisher auch die Pilotumsetzung von Forschungsergebnissen und deren Weiterentwicklung zur Marktreife fördert, um damit den Übergang von der Forschung in die Praxis sowie von der Nische in den Mainstream zu unterstützen.

7 Quellenverzeichnis

Ahlke, U. (2011): Zukunftskreis Steinfurt - energieautark 2050.

Avelino, F. und Wittmayer, Julia M. (2015): Shifting Power Relations in Sustainability Transitions: A Multi-actor Perspective. J. Environ. Policy Plan. 1–22. doi:10.1080/1523908X.2015.1112259.

Bartels, Koen P.R. und Wittmayer, Julia (2014): Symposium Introduction: Usable Knowledge in Practice. What Action Research has to Offer to Critical Policy Studies. Critical Policy Studies 8(4): 397–406.

Belcher, B.M., Rasmussen, K.E., Kemshaw, M.R., Zornes, D.A. (2016): Defining and assessing research quality in a transdisciplinary context. Research Evaluation, 25: 1–17. doi:10.1093/reseval/rvv025

Bolton, Ronald; Foxon, Timothy J. (2015): Infrastructure transformation as a socio-technical process — Implications for the governance of energy distribution networks in the UK. Technological Forecasting and Social Change Volume 90, Part B, Pages 538–550

Bornmann, L. (2012): What is societal impact of research and how can it be assessed? A literature survey. ASIS&T, 64(2), 217–233.

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.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2018): Kreis Steinfurt - Masterplan 100 % Klimaschutz [WWW Dokument]. Natl. Klimaschutz Initiat. URL <https://www.klimaschutz.de/projekte/kreis-steinfurt-masterplan-100-klimaschutz>, eingesehen am 30. Oktober 2019.

Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. (2018): Zeche Anthrazit (Ibbenbüren). Vollbeschäftigung trotz Zechenstilllegung [WWW Dokument]. URL <https://www.bee-ev.de/presse/mitteilungen/zeche-anthrazit>, eingesehen am 30. Oktober 2019.

Clausen, Jens; Göll, Edgar und Tappeser, Valentin (2017): Sticky Transformation – How path dependencies in socio-technical regimes are impeding the transformation to a Green Economy. Journal of Innovation Management, Vol. 5, No. 2.

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2019): Nordrhein-Westfalen zeichnet drei Modellregionen für Wasserstoffmobilität aus [WWW Dokument]. Wir NRW Landesportal. URL <https://www.land.nrw/de/pressemitteilung/nordrhein-westfalen-zeichnet-drei-modellregionen-fuer-wasserstoffmobilitaet-aus>, eingesehen am 30. Oktober 2019.

EnergieAgentur.NRW (2017): Branchenführer – Windenergie in NRW 2017 / 2018.

Energieland2050 (2016a): Die Steinfurter Flexkraftwerke. Konzeptstudie. Steinfurt.

Energieland2050 (2016b): Die Steinfurter Flexkraftwerke. Positionspapier der regionalen Akteure aus dem Kreis Steinfurt. Steinfurt.

Fachagentur Windenergie an Land (2016): Zukunft Windenergie Paris – Berlin – Steinfurt. Dokumentation der Fachkonferenz am 27. + 28. Juni 2016 in Berlin.

Fachagentur Windenergie an Land (2015): Charakterisierung und Chancen kleiner Akteure bei der Ausschreibung für Windenergie an Land (Studie).

fFe (Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH) (2016): Wissenschaftliche Projektbegleitung des Projektes DSM Bayern. Endbericht, München. doi:ISBN: 978-3-945029-94-7

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, Nikki, Loorbach, Derk und Meadowcroft, J. (2012): Governing societal transitions to sustainability. International Journal of Sustainable Development, 15(1): 19–36.

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.

Geels, Frank W. und Schot, Johan (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. Res. Policy 36, 399–417. doi:10.1016/j.respol.2007.01.003.

Geels, Frank W. (2005): Technological Transitions and System Innovations: A Co-evolutionary and Socio-technical Analysis. Edward Elgar Publishing; Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA

- Geels, Frank 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.
- Greenwood, Davydd J. und Levin, Morten (2007): *Introduction to Action Research. Social Research for Social Change*. 2nd Edition, Thousand Oaks: Sage Publications
- Grießhammer, Rainer und Brohmann, Bettina (2015): *Wie Transformationen und gesellschaftliche Innovationen gelingen können*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Hölscher, K.; Wittmayer, J.M.; Olfert, A., Hirschnitz-Garbers, M.; Walther, Jörg; Hinzmann, M.; Brunnow, B.; Langsdorf, S.; Schiller, G. (in Erarbeitung): *Transforming science and society? Lessons on the transformative potential of transformation research*. Zielzeitschrift: *Research Evaluation*
- Hölscher, K.; Wittmayer, J.M.; Olfert, A., Hirschnitz-Garbers, M.; Walther, J.; Hinzmann, M.; Brunnow, B.; Langsdorf, S.; Schiller, G. (2020): *Infrastrukturkopplungen als Beiträge zur Nachhaltigkeitstransformation: Einflussfaktoren und Handlungsmöglichkeiten*. Teilbericht des Vorhabens: „Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“. UBA-Texte 02/2020, Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau.
- Hölscher, K.; Wittmayer (eds.) (2018): *Entwicklungspfade innovativer Infrastrukturkopplungen verstehen: Neun Fallstudien*. DRIFT Working Paper. https://drift.eur.nl/wp-content/uploads/2019/01/TRAFIS_Fallstudien_innovative-Infrastrukturen.pdf
- Jahn, Thomas und Keil, Florian (2015): An actor-specific guideline for quality assurance in transdisciplinary research. *Futures* 65, 195–208. doi:10.1016/j.futures.2014.10.015.
- John, René und Rückert-John, Jana (2016): *Ausblick*. In: UBA (Hrsg.): *Umweltpolitik für die Transformation fit machen: Neue Grundkonfigurationen für eine angewandte Umweltpolitik*. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, S. 28
- Kreis Steinfurt (2018): *Treibstoff der Zukunft - 100% grüner Wasserstoff mobilisiert das Energieland 2050*. Bewerbung des Kreises Steinfurt als Modellregion Wasserstoff-Mobilität NRW. Steinfurt.
- Kreis Steinfurt (2014): *Masterplan 100 % Klimaschutz für den Kreis Steinfurt. Vom Projekt zum Prinzip*. Steinfurt.
- Kreis Steinfurt (2011): *Energieland 2050: Bürgerwindpark Leitlinien*.
- Kreis Steinfurt (2010): *Integriertes Klimaschutzkonzept für den Kreis Steinfurt*. Agenda 21 Zukunftskreis Steinfurt.
- Kreis Steinfurt (o. J.): *LEADER 2014 - 2020 [WWW Document]*. URL https://www.kreis-steinfurt.de/kv_steinfurt/The-men%20&%20Projekte/LEADER%20Steinfurter%20Land/LEADER%202014%20-%202020/, eingesehen am 3. Juni 2019.
- LAG Steinfurter Land e. V. (2017): *Ergebnisprotokoll der 38. Sitzung des erweiterten Vorstandes*. Steinfurt.
- Lang, D.J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., Swilling, M., Thomas, C.J. (2012): Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustain. Sci.* 7, 25–43. doi:10.1007/s11625-011-0149-x.
- Lehmann, P., Gawel, E., Korte, K., Purkus, A. (2017): 20 Jahre EEG: Ist das Förderende für alte Anlagen ein Problem für die Energiewende? *Wirtschaftsdienst* 97, 727–732. <https://doi.org/10.1007/s10273-017-2205-3>
- Libbe, Jens; Köhler, Hadia; Beckmann, Klaus J. (2010): *Infrastruktur und Stadtentwicklung. Technische und soziale Infrastrukturen – Herausforderungen und Handlungsoptionen für Infrastruktur- und Stadtplanung*, Berlin.
- Loorbach, D., Frantzeskaki, N. und Lijnis Huffenreuter, R. (2015): *Transition Management: Taking Stock from Governance Experimentation*. *J. Corp. Citizen* 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.
- Ludmann, Sabrina (2018): *Ökologie des Teilens – Bilanzierung der Umweltwirkungen des Peer-to-Peer Sharing*. PeerSharing Arbeitsbericht 8. ifeu, Heidelberg.
- 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.
- Netzwerk 21 Kongress (2017): *Gründung des gemeinnützigen Energieland2050 e.V. – Meilenstein auf dem Weg zum nachhaltigen Kreis Steinfurt*. Grüne Liga - Netzw. Ökol. Bewegungen. URL <https://www.netzwerk21kongress.de/zeitzeichen/archiv-zeitzeichen/zeitzeichen-2017/klimaschutz-und-klimaanpassung/energieland2050-e-v/>, eingesehen am 3. Juni 2019

- Olfert, A.; Brunnnow, B.; Schiller, G.; Walther, J.; Hirschnitz-Garbers, M.; Langsdorf, S.; Hölscher, K.; Wittmayer, J.M. (2020): Nachhaltigkeitspotenziale von innovativen, gekoppelten Infrastrukturen. Teilbericht des Vorhabens: „Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“. UBA-Texte 01/2020, Umweltbundesamt: Dessau-Roßlau.
- Parodi, Oliver; et al. (2016): Von „Aktionsforschung“ bis „Zielkonflikte“ – Schlüsselbegriffe der Reallaborforschung. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 25. Jg., Heft 3, Dezember 2016
- 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.
- Rotmans, J. und Loorbach, Derk (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.
- Santarius, Tilman (2015): Der Rebound-Effekt: Ökonomische, psychische und soziale Herausforderungen für die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch. *Wirtschaftswissenschaftliche Nachhaltigkeitsforschung Band 18*, metropolis Verlag, Marburg
- Schiller, Georg, et al. (2015): Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft. UBA Texte 83/2015, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Schneidewind, U. (2015): Verantwortung für die Gesellschaft. *Wissenschaft in der Großen Transformation. Politische Ökologie*, 33(140): 18-23.
- Singer-Brodowski, Mandy (2016): Herausforderungen transdisziplinärer und transformativer Forschung. In: UBA (Hrsg.): *Umweltpolitik für die Transformation fit machen: Neue Grundkonfigurationen für eine angewandte Umweltpolitik*. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, S. 21 – 23
- Singer-Brodowski, Mandy und Schneidewind, Uwe (2014): Transformative Literacy: gesellschaftliche Veränderungsprozesse verstehen und gestalten. In: *Krisen- und Transformationsszenarios: Frühkindpädagogik, Resilienz & Weltaktionsprogramm (Bildung für nachhaltige Entwicklung: Jahrbuch 2014)* Wien: Forum Umweltbildung, S. 131-140
- Smith, A. und Raven, R. (2012): What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. *Research Policy*, 41(6): 1025-1036
- Smith, A., Voß, 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.
- Trapp, Jan Hendrik, et al. (2017): Ressourcenleichte zukunftsfähige Infrastrukturen – umweltschonend, robust, demografiefest. UBA Texte 64/2017, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2016): Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden? Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2016): *Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte*. Berlin: WBGU.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011): *Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Berlin: WBGU.
- Westfälische Nachrichten (2017): Viele neue Windparks genehmigt. Bürger sorgen für neue Energie. *Westfäl. Nachrichten*.
- Westfälische Nachrichten (2011): Kreis Steinfurt. Windkraft: Bauern starten Aufholjagd. *Westfäl. Nachrichten*.
- Wetter, C., Mundus, B., Brüggling, E., Aben, N., Graweloh, K., Rolfes, M. (2012): *Zukunftskreis Steinfurt – energieautark 2050*. Abschlussbericht der Fachhochschule Münster. Fachhochschule Münster, Fachbereich Energie, Gebäude, Umwelt, Steinfurt.
- Wiek, A., Ness, B., Schweizer-Ries, P., Band, F.S., Farioli, F. (2012): From complex systems analysis to transformational change: a comparative appraisal of sustainability science projects. *Sustainability Science*, 7(Supplement 1): 5-24.
- Wittmayer, J.M., Avelino, F., van Steenberg, F. und Loorbach, D. (2017): Actor roles in transition: Insights from sociological perspectives. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 24, 45-56
- Wittmayer, Julia und Hölscher, Katharina (2017): *Transformationsforschung – Definitionen, Ansätze, Methoden*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau

Wittmayer, Julia, et al. (2013): Action Research for Sustainability – Reflections on transition management in practice. InContext Research Brief