

TEXTE

55/2024

Abschlussbericht

Transformation hin zu nachhaltigen, resilienten Infrastrukturen

**Begriffe, Systematisierung, Nachhaltigkeitsbewertung,
Fallstudien**

von:

Alfred Olfert, Georg Schiller
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden (IÖR)

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

Jörg Walther

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Cottbus (BTU)

Katharina Hölscher, Julia M. Wittmeyer
Dutch Research Institute for Transitions, Rotterdam (DRIFT)

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 55/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3719 15 103 0
FB001315

Abschlussbericht

Transformation hin zu nachhaltigen, resilienten Infrastrukturen

Begriffe, Systematisierung, Nachhaltigkeitsbewertung,
Fallstudien

von

Alfred Olfert, Georg Schiller
Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden
(IÖR)

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

Jörg Walther
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-
Senftenberg, Cottbus (BTU)

Katharina Hölscher, Julia M. Wittmeyer
Dutch Research Institute for Transitions, Rotterdam (DRIFT)

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

Durchführung der Studie:

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung
Weberplatz 1
01217 Dresden
Land (Bitte nur angeben, wenn nicht Deutschland)

Abschlussdatum:

September 2023

Redaktion:

Fachgebiet I 1.6 KomPass – Klimafolgen und Anpassung
Dr. Inke Schauser

Publikationen als pdf:

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

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2024

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

Kurzbeschreibung: Transformation hin zu nachhaltigen, resilienten Infrastrukturen

In Deutschland und weltweit werden ständig neue und innovative Infrastrukturlösungen entwickelt, die das Potenzial haben, zu mehr Nachhaltigkeit beizutragen. Dieses Potenzial wird oft nur unzureichend genutzt. Das Forschungsvorhaben TRAFIS 2 beschäftigt sich damit, wie innovativen Lösungen, die zu mehr Klimaschutz, Ressourcenschutz, Wirtschaftlichkeit, sozialer Gerechtigkeit und Versorgungssicherheit (Resilienz) beitragen können, insgesamt also zu mehr Nachhaltigkeit, besser verbreitet werden können. Besonders auf kommunaler und regionaler Ebene wurden Erfolgsfaktoren untersucht, die gezielt beeinflusst werden können, um die Verbreitung zu fördern – zum Beispiel die Unterstützung von Demonstrationsprojekten und Experimentierräumen, die Vernetzung von relevanten Akteuren, die Verstärkung von Kooperationen in institutionellen Prozessen. Schließlich wurde mit TRAFIS.NB ein Tool entwickelt und angewendet, um die Nachhaltigkeitswirkungen innovativer Infrastrukturlösungen prozessbegleitend zu bewerten. Die Hauptnutzer*innen dieser Bewertung sind Betreiber*innen und Planer*innen von Infrastrukturen sowie öffentliche Verwaltungen. Der Bewertungsprozess kann zum Beispiel in Machbarkeitsstudien integriert werden, um Nachhaltigkeitsaspekte direkt einspeisen.

Abstract: Transformation towards sustainable, resilient infrastructures

In Germany and around the world, new and innovative infrastructure solutions are constantly being developed that have the potential to contribute to greater sustainability. This potential is often insufficiently utilised. The TRAFIS 2 research project focuses on ways to better disseminate innovative solutions that can contribute to better climate protection, resource conservation, economic efficiency, social justice and security of supply (resilience), in other words to greater sustainability overall. Particularly at municipal and regional level, we examined factors that can be specifically influenced in order to promote dissemination – for example, the support of demonstration projects and experimental spaces, the networking of relevant stakeholders and the integration of cooperation in institutional processes. Finally, the evaluation tool TRAFIS.NB was developed and applied for the in-process assessment of sustainability impacts of innovative infrastructure solutions during early planning stages. As main users of this assessment tool infrastructure operators and planners as well as public administrations are addressed. The assessment process can be integrated into feasibility studies, for example, in order to directly feed in sustainability aspects.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis	10
Verzeichnis der Boxen	11
Abkürzungsverzeichnis	12
Zusammenfassung.....	13
Summary	21
1 Einführung und Begriffsbestimmung	28
1.1 Einführung – Transformation innovativer Infrastrukturen	28
1.2 Systematisierung innovativer Infrastruktorkopplungen	29
1.2.1 Begriffsklärung „innovative Infrastruktorkopplungen“	29
1.2.2 Systematisierung von Infrastruktorkopplungen mit Nachhaltigkeitspotenzial	31
1.2.3 Eignung von Kopplungen für eine Verbreitung	33
1.3 Verbreitung – Begriffsdiskussion	37
1.3.1 Verbreitung	37
1.3.2 Diffusion	38
1.3.3 Mainstreaming	38
1.3.4 Regionalisierung	39
2 Ansätze zur Unterstützung der Verbreitung auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene – Synthese	40
2.1 Zielsetzung und Vorgehen.....	40
2.2 Zentrale Ansätze zur Unterstützung der Verbreitung von Infrastrukturinnovationen.....	42
2.2.1 Bildung und Weiterbildung relevanter Akteure.....	43
2.2.2 Förderung von Experimentierräumen und Demonstrationsprojekten.....	44
2.2.3 Netzwerkbildung und Unterstützung von Netzwerken	47
2.2.4 Institutionalisierung	50
2.2.5 Weitere Unterstützungsansätze.....	52
2.2.5.1 Ökonomische Anreize setzen (z. B. finanzielle Zuschüsse für klimafreundliche Technologien)	52
2.2.5.2 Beratungsangebote für Unternehmen schaffen	52
2.2.5.3 Kommunikations- und Marketingmaßnahmen	52
2.2.5.4 Öffentliche Beschaffung nutzen	53
2.3 Hemmnisse für eine Verbreitung innovativer Lösungen angehen	53
2.4 Fazit für die Unterstützung der Verbreitung.....	55

3	TRAFIS.NB – ressourcenleichtes Werkzeug für die prozessbegleitende Bewertung von Nachhaltigkeit und Resilienz von innovativen Infrastrukturlösungen	59
3.1	Einleitung	59
3.2	Hintergrund: Bewertung von Resilienz und Nachhaltigkeit von Infrastrukturen	61
3.3	Resilienz in der Nachhaltigkeitsbewertung.....	65
3.3.1	Resilienz und Nachhaltigkeit	65
3.3.2	Operatives Resilienzverständnis.....	67
3.3.2.1	Warum Resilienz?	67
3.3.2.2	Resilienz von was gegenüber was?.....	69
3.3.2.3	Welche Resilienz?	75
3.3.2.4	Resilienz – für wen (für wen nicht)?	77
3.3.2.5	Resilienz – Wann? (Um welchen Zeitraum geht es?)	78
3.3.2.6	Resilienz – Wo? (Um welchen Raumausschnitt geht es?)	79
3.3.3	Integration von Kritikalität als Teilaspekt der Resilienzskriterien	79
3.3.4	Fazit: Resilienz – Wie messen? Wie entwickeln?	80
3.4	Anforderungen an eine sektorübergreifende Nachhaltigkeitsbewertung für die kommunale Ebene.....	83
3.4.1	Vorgehen zur Erhebung der Praxisanforderungen.....	83
3.4.2	Ergebnisse aus den Interviews	84
3.4.3	Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsbewertung auf kommunaler Ebene	88
3.5	Operationalisierung der prozessbegleitenden Nachhaltigkeitsbewertung mittels TRAFIS.NB ..	94
3.5.1	Bewertungsansatz TRAFIS.NB	94
3.5.2	Kriteriensatz und Operationalisierung	95
4	Erfolgsfaktoren für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen auf lokaler und regionaler Ebene – Reflektion aus der Prozessbegleitung von Praxisbeispielen	97
4.1	Zielsetzung, Vorgehen, Begriffsklärung	97
4.2	Literaturbasierte Analysen von Verbreitungsansätzen zur Diskussion mit Fallbeispielakteuren	97
4.2.1	Ziel	97
4.2.2	Vorgehen	98
4.2.3	Wesentliche Erkenntnisse aus der Literaturanalyse zu Verbreitungsansätzen für Infrastrukturlösungen.....	99
4.2.3.1	Verbreitungsansätze und -aktivitäten	100
4.2.3.2	Einflussfaktoren	109
4.2.3.3	Ähnlich zu TRAFIS gelagerte Fälle	110
4.3	Diskussion und ko-kreative Entwicklung fallbeispielangepasster Verbreitungsansätze	112

4.3.1 Ziel	112
4.3.2 Vorgehen	112
4.3.3 Entwicklung und Auswahl der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Kreis Steinfurt	113
4.3.4 Entwicklung und Auswahl der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Augsburg	115
4.3.5 Entwicklung und Auswahl der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Cottbus	117
4.4 Erprobung von Verbreitungsansätzen und Identifikation von Erfolgsfaktoren und Hindernissen	119
4.4.1 Begleitung und Erprobung der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Kreis Steinfurt	119
4.4.1.1 „Peer-Lernen“ durch kreisübergreifenden Austausch zwecks Förderung der Nutzung grünen Wasserstoffs in den Münsterlandkreisen und der Stadt Münster	119
4.4.1.2 „Peer-Lernen“ und Austausch durch gegenseitiges Lernen auf Augenhöhe mit und von Vertreter*innen aus HyExpert-Regionen	122
4.4.1.3 Analyse und Begleitung von Transformationsprozessen zur Umsetzung von Klimaneutralität von Kreis- auf kommunale Ebene	127
4.4.1.4 Reflexion zu Erfolgsfaktoren sowie ggf. weitere Unterstützungsbedarfe für eine Verbreitung	131
4.4.1.5 Diskussion möglicher Nachhaltigkeitseffekte der erprobten Ansätze anhand des Nachhaltigkeitsbewertungstools	133
4.4.2 Begleitung und Erprobung der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Augsburg	134
4.4.2.1 Erarbeitung einer grafischen Darstellung des Entwicklungspfads in Augsburg zwecks Austausches mit anderen Vorreiter*innen in der Nutzung von Mobilitätsapps	134
4.4.2.2 Gemeinsame Vorreiter*innen-Session für intermodalen ÖPNV durch Mobilitätsapps beim mcc-StadtwerkeForum	135
4.4.2.3 Reflexion zur Eignung des Ansatzes für das Verbreitungsziel	143
4.4.2.4 Reflexion zu Erfolgsfaktoren sowie weitere Unterstützungsbedarfe für eine Verbreitung	143
4.4.2.5 Diskussion möglicher Nachhaltigkeitseffekte der erprobten Ansätze anhand des Nachhaltigkeitsbewertungstools	146
4.4.3 Verbreitung mithilfe des TRAFIS.NB-Tools – Anwendung im Fallbeispiel Cottbus	146
4.4.3.1 Moderierter Lösungsfindungsprozess für eine CO ₂ -neutrale Energieversorgung für das Hafenviertel am Cottbuser Ostsee	146
4.4.3.2 Binnenverbreitung und Interessenausgleich mithilfe des Bewertungswerkzeugs TRAFIS.NB	148
4.4.3.3 Vorgehen und inhaltliche Ergebnisse	148
4.4.3.4 Reflexion zur Eignung des Ansatzes TRAFIS.NB für das Verbreitungsziel sowie zu Erfolgsfaktoren	151

4.4.4	Übergreifende Erkenntnisse aus der Begleitung und Erprobung von Verbreitungsansätzen in den Fallbeispielen	154
5	Gesamtfazit	157
6	Quellenverzeichnis	163
A	Anhang zu Kapitel 1	174
A.1	Systematisierung innovativer Infrastrukturkopplungen und Bewertung ihrer potenziellen Eignung zur eine Verbreitung.....	174
A.2	Begriffsdiskussion und Varianten des Konzepts „Verbreitung“ im Kontext von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential	180
B	Anhang zu Kapitel 2	190
B.1	Analyseraster zur Auswertung der Informationen auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene.....	190
C	Anhang zu Kapitel 3	191
C.1	Interviewleitfaden zur teilstandardisierten Befragung kommunaler Vertreter	191
C.2	Operationalisierung der Kriterien für die Nachhaltigkeitsbewertung der von innovativen Infrastrukturlösungen	192
D	Anhang zu Kapitel 4	199
D.1	Konzept für kreisübergreifenden Austausch zu regionaler Wasserstoffwirtschaft im Fallbeispiel Steinfurt	199
D.2	Konzept für Vorreiter*innen-Session für intermodalen ÖPNV durch Mobilitätsapps im Fallbeispiel Augsburg	201
D.3	Konzept für Neukonzipierung des Hafenquartiers OstSee im Fallbeispiel Cottbus.....	202

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Dimensionen der Nachhaltigkeit von Infrastrukturen.....	65
Abbildung 2:	Analytischer Raum zwischen genereller und spezifischer Resilienz.....	70
Abbildung 3:	Inputs und Outputs von Infrastrukturen als sozial-ökologisch- technischen Systemen.....	71
Abbildung 4:	Komplexität der Systemperspektive bei der Nachhaltigkeitsbewertung.....	73
Abbildung 5:	Zusammenfassung der Praxisanforderungen und deren Umsetzung.....	89
Abbildung 6:	Dimensionen und Kriterien für die Nachhaltigkeitsbewertung.....	96
Abbildung 7:	Illustration der acht Verbreitungsansätze in drei Kategorien.....	99
Abbildung 8:	Auszug aus der Umfrage im Kreis Steinfurt.....	130
Abbildung 9:	Erfolgsfaktoren für die Verbreitung im Fallbeispiel Steinfurt.....	133
Abbildung 10:	Entwicklungspfad für die Umsetzung der MobilitätsApp der SWA.....	135
Abbildung 11:	Erfolgsfaktoren für die Verbreitung im Fallbeispiel Augsburg.....	146
Abbildung 12:	Vergleichende Bewertungsergebnisse mithilfe TRAFIS.NB (Beispiel aus einem realen Prozess).....	150

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Systematisierung innovativer Infrastrukturkopplungen.....	33
Tabelle 2:	Kriterien für die Einordnung der Eignung einer Infrastrukturlösung für die Verbreitung.....	34
Tabelle 3:	Liste der untersuchten Fallstudien.....	40
Tabelle 4:	Übersicht der geführten Telefoninterviews.....	41
Tabelle 5:	Identifizierte Teilschritte der Risikoanalyse bei kritischen Infrastrukturen (auf Basis ausgewählter Ansätze).....	64
Tabelle 6:	Inputs, Outputs und Bedingungen für das Funktionieren sozial- ökologisch-technischer Infrastruktursysteme.....	72
Tabelle 7:	Quellen für Störungen für den Betrieb von Infrastrukturen.....	74
Tabelle 8:	Übersicht der Resilienzkriterien in TRAFIS.NB.....	81
Tabelle 9:	Schlussfolgerungen für den Umgang mit den Anregungen auf der Ebene der Ziele.....	89
Tabelle 10:	Schlussfolgerungen für den Umgang mit den Anregungen auf Ebene der Kriterien.....	90
Tabelle 11:	Schlussfolgerungen für den Umgang mit den Anregungen auf Ebene der Operationalisierung.....	92
Tabelle 12:	Schlussfolgerungen für den Umgang mit den Anregungen für den Bewertungsprozess.....	93
Tabelle 13:	Legende zur fünfstufigen Bewertungsskala.....	96
Tabelle 14:	Verbreitungsansätze in 19 Fallstudien.....	102
Tabelle 15:	Orientierungsraster zur Auswahl konkreter Verbreitungsansätze in den Fallstudien.....	113

Tabelle 16:	Orientierungsraster zur Auswahl konkreter Verbreitungsansätze im Fallbeispiel grüne Wasserstoffökonomie im Kreis Steinfurt	114
Tabelle 17:	Orientierungsraster zur Auswahl konkreter Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Mobilitätsapp in Augsburg	116
Tabelle 18:	Orientierungsraster zur Auswahl konkreter Verbreitungsansätze im Fallbeispiel nachhaltige Hafenquartier-Entwicklung in Cottbus	118
Tabelle 19:	Qualitative Bewertung der Passung bestehender HyExpert-Regionen für ein „Peer Lernen“ mit dem Kreis Steinfurt.....	124
Tabelle 20:	Erfolgsfaktoren aus den drei begleiteten Verbreitungsansätzen in Steinfurt.....	131
Tabelle 21:	Relevante Einflussfaktoren, Akteure und Aktivitäten für die Umsetzung der Mobilitätsapp in Augsburg.....	137
Tabelle 22:	Erfolgsfaktoren aus den begleiteten Verbreitungsansätzen in Augsburg	144
Tabelle 23:	Erfolgsfaktoren für die Binnenverbreitung im Fallbeispiel Cottbus.....	152
Tabelle 24:	Synthese von Erfolgsfaktoren aus den drei begleiteten Verbreitungsansätzen	155
Tabelle 25:	Ergebnistabelle: Systematisierung und Bewertung der innovativen Kopplungen	174
Tabelle 26:	Analyseraster.....	190
Tabelle 27:	Nachhaltigkeitskriterien Teil 1: Leistungsfähigkeit und Versorgungssicherheit.....	192
Tabelle 28:	Nachhaltigkeitskriterien Teil 2: Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung (soziale Gerechtigkeit).....	194
Tabelle 29:	Nachhaltigkeitskriterien Teil 3: Natürliche Ressourcen	196
Tabelle 30:	Agenda für einen Münsterlandkreis-übergreifenden Austausch	200
Tabelle 31:	Erarbeitung und Diskussion von Infrastrukturlösungen für das nachhaltige Hafenquartier unter Nutzung von TRAFIS.NB	202

Verzeichnis der Boxen

Box 1: Beispiel guter Praxis – Aufbau lokaler Akteursnetzwerke im Kreis Steinfurt.....	50
Box 2: Zusammenfassung und Empfehlungen zu übergreifenden Verbreitungsaktivitäten.....	99
Box 3: Zusammenfassung der übergreifenden Aktivitäten zur Unterstützung von Verbreitung.....	100
Box 4: Zusammenfassung zum „Peer-Lernen“ in den Münsterlandkreisen	119
Box 5: Zusammenfassung zum „Peer-Lernen“ zwischen HyExpert-Regionen	122
Box 6: Zusammenfassung zur Verbreitung im Kreis Steinfurt.....	127
Box 7: Zusammenfassung zu Verbreitungsansätzen in Augsburg.....	134
Box 8: Zusammenfassung zum Verbreitungsansatz in Cottbus	146

Abkürzungsverzeichnis

TRAFIS 1 / TRAFIS 2	F & E Projekt (UBA) „Transformation hin zu klimaresilienten und ressourcenschonenden Infrastrukturen“ (Phasen 1 und 2)
TRAFIS.NB	Werkzeug für die Nachhaltigkeitsbewertung von innovativen Infrastrukturlösungen
SWA	Stadtwerke Augsburg
UBA	Umweltbundesamt

Zusammenfassung

Infrastruktursysteme zur Daseinsvorsorge befinden sich im Prozess einer tiefgreifenden Transformation. Sie stehen unter einem hohen Veränderungsdruck, um einen Beitrag zu den sich wandelnden und entwickelnden gesellschaftlichen Zielstellungen zu leisten. Erwartungen und Herausforderungen in Bezug auf Klimaanpassung und Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft, Energiewende – einschließlich Atomausstieg und Kohleausstieg – Mobilitätswende, Dekarbonisierung sowie die langfristigen Prozesse der Urbanisierung und des demographischen Wandels geben neue Zielstellungen vor, denen auch die Entwicklung von Infrastrukturen unterliegt. Die neuen technischen Möglichkeiten von Informations- und Kommunikationstechnologien, einschließlich der zunehmenden Vertrautheit der Nutzer*innen mit deren Anwendung, führen zusammen mit den vorgenannten Zielen zu einer großen Veränderungsdynamik hin zu mehr Effizienz, Komfort und teilweise gänzlich neuen Dienstleistungen. Die Erwartung einer höheren Nachhaltigkeit bei der Erbringung von Infrastrukturdienstleistungen erfordert eine komplexe Betrachtung und Abwägung von einer Vielfalt von Technologien, Zielen und Wirkungen. Zugleich haben neue und vernetzte Systeme teilweise veränderte und teils auch neue technische, ökonomische und ökologische Wirkungen und beeinflussen nicht selten auch die Störungsanfälligkeit der Systeme.

Vor diesem Hintergrund leistet TRAFIS 2 einen Beitrag zur Klärung von Fragen rund um die Nachhaltigkeitstransformation und Wege der Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen. Dieser Bericht fasst Diskussion und Erkenntnisse in vier Hauptkapiteln zusammen:

1. Grundlagen: Systematisierung der in Rede stehenden innovativen Infrastrukturlösungen sowie Klärung der wesentlichen Begriffe und Konzepte rund um die Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen (Kapitel 1).
2. Politische Rahmenbedingungen: Analyse und Systematisierung politischer Rahmenbedingungen als Einflussfaktoren für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen aus bundespolitischer und lokalpolitischer Perspektive (Kapitel 2).
3. Nachhaltigkeitsbewertung: Weiterentwicklung eines breit anwendbaren Werkzeugs (TRAFIS.NB) zur prozessbegleitenden Bewertung der Nachhaltigkeit innovativer Infrastrukturlösungen in frühen Planungsphasen mit inhaltlicher Vertiefung von Resilienz und Kritikalität sowie Ressourcen und Klimaschutz (Kapitel 3).
4. Erprobung von Verbreitungsstrategien: Erprobung von Ansätzen zur Verbreitung innovativer Infrastrukturlösungen in Kooperation mit ausgewählten Fallstudien mit den dafür maßgebenden lokalen und regionalen Akteuren vor Ort (Kapitel 4).

Die Ergebnisdarstellung in diesem Bericht wird ergänzt durch drei zielgruppenspezifische Kommunikationsprodukte:

- a) Kurzbericht "Verbreitungswege nachhaltiger Infrastrukturlösungen - Drei Beispiele auf kommunaler und regionaler Ebene" (Olfert et al. 2023) ([→ Link zum Produkt](#))
- b) Anwendungshandbuch: TRAFIS.NB Prozessbegleitende Nachhaltigkeitsbewertung für innovative Infrastrukturlösungen, Methode und Bewertungswerkzeug (Olfert und Walther 2023). ([→ Link zum Produkt](#))

Der Begriff der innovativen Infrastrukturlösung steht für nicht etablierte (zumeist) technische Lösungen oder neuartige Kopplungen grundsätzlich etablierter Lösungen. Im Fokus stehen die Sektoren Verkehr, Energie, Wasser, Abwasser, Abfallwirtschaft sowie Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Im Vordergrund stehen Lösungen, die potenziell geeignet sind, einen Beitrag zu mehr Nachhaltigkeit durch mehr Klimaschutz, Ressourcenschutz,

Wirtschaftlichkeit und sozialen Gerechtigkeit, aber auch der Versorgungssicherheit (Resilienz) zu leisten. Als **Infrastruktursystem** wird in diesem Zusammenhang eine auf kommunaler bis regionaler Ebene ausgelegte und betriebene Infrastruktur der Daseinsvorsorge verstanden, welche definierte Infrastrukturdienstleistungen bereitstellt. Ein solches System schließt baulich-technische Elemente und die für den Betrieb erforderlichen organisatorischen Strukturen ein. Eine **Infrastrukturlösung** bezeichnet ein lokal bis regional auf Projektebene angesiedeltes Vorhaben zur Änderung oder/und substanziellen Erweiterung eines Infrastruktursystems, z. B. durch neue technische Elemente, veränderte Organisationsstrukturen, Bewirtschaftungsmodi oder Kopplungen zu anderen Systemen. Eine **Lösungsvariante** ist eine von mehreren möglichen Konzepten oder (meist v. a. technischen) Auslegungen einer Infrastrukturlösung.

Ein besonderes Augenmerk der Arbeiten lag auf neuartigen Kopplungen von Infrastruktursystemen. Das hier verwendete Verständnis geht über den auf den Energie-Kontext beschränkten Begriff der „Sektorkopplung“ hinaus und betrachtet auch nicht energiefokussierte Infrastrukturdienstleistungen.

Kopplungen von Infrastruktursystemen nehmen ihren Ursprung oft in unterschiedlichen Sektoren. Eine Kopplung entsteht durch die funktionale Verknüpfung von Prozessen in bisher getrennt voneinander agierenden Teilsystemen unterschiedlicher Sektoren (Beispiel: Abwasser + Fernwärme). Teilweise kann auch sektorintern eine „Einkopplung“ neuer Teilsysteme in bestehende Systeme erfolgen (Beispiel: Solarthermie-Anlagen in Wärmenetzen oder Speicher in Stromnetzen) oder auch die Verkopplung bisher vorhandener Teilsysteme mithilfe einer neuen IKT-Lösung (Beispiel: Schaffung multimodaler Verkehrsangebote durch IKT-gestützte Integration von Bussen, Leihfahrrädern und Carsharing). In einer Kopplung wird damit auch die Bereitstellung von traditionell separaten Infrastrukturdienstleistungen miteinander verknüpft. Dies führt einerseits zu resilienzfördernden Redundanzen, kann zugleich aber auch zu einseitigen oder wechselseitigen Abhängigkeiten der gekoppelten Teilsysteme führen. Die hier betrachteten Verknüpfungen beziehen sich auf funktionale Kopplungen technischer Teilsysteme. Rein räumliche oder organisatorische Verknüpfungen stehen nicht im Vordergrund. Im Rahmen der Systematisierung innovativer Kopplungen wurden fünf Cluster identifiziert.

- ▶ Gewinnung und Bereitstellung alternativer Energien (Strom, Gas, Wärme)
- ▶ Flexibilisierung der Energiebereitstellung durch Pufferung und Lastverschiebung
- ▶ Vernetzte Verkehrsdienste einschließlich multimodale öffentliche Angebote, Sharingdienste, Logistik
- ▶ Stoffkreisläufe
- ▶ Sonstiges/Neue Dienste, optimierter Betrieb

Im Zuge der Arbeiten wurden die Begrifflichkeiten Mainstreaming, Verbreitung, Ausbreitung, Diffusion und Regionalisierung untersucht. Nach den Arbeiten wurde eine weitere Verwendung der Begriffe „Ausbreitung“ und „Regionalisierung“ aufgrund geringer Verwendung verworfen. Der Begriff „Mainstreaming“ wird ebenfalls eher weniger im Kontext von Nachhaltigkeitsinnovationen verwendet und scheint weniger für TRAFIS geeignet. Für die Arbeiten in TRAFIS 2 wurden insbesondere die Begriffe **Diffusion** und **Verbreitung** ausgewählt, wobei Diffusion den Prozess der Verbreitung einer Nachhaltigkeitsinnovation beschreiben sollte und „Verbreitung“ das Ergebnis darstellt. Folgende Begriffsdefinitionen liegen den Arbeiten zugrunde:

„Verbreitung“ bedeutet die Vervielfältigung und Durchsetzung einer Innovation in einem bestimmten geographischen Gebiet oder zu einem gewissen Maße, was reale Veränderungen sozialer Systeme zur Folge hat. Es kann somit zwischen geographischer Verbreitung (innerhalb

eines bestimmten Gebietes) und Verbreitung zwischen Akteuren (vermehrte Nutzung) unterschieden werden.

„Diffusion“ ist der Prozess der Verbreitung einer Innovation im Zeitverlauf durch eine wachsende Anzahl von Akteuren, die diese Innovation anwenden oder umsetzen, in einem immer größer werdenden räumlichen Gebiet.

Ob und inwiefern innovative Infrastrukturkopplungen in Deutschland gut umgesetzt werden können oder nicht, hängt wesentlich von der politischen Rahmung und von bestehenden Ansätzen und Mechanismen ab, die eine Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungen unterstützen können. Daher wurden bestehende politische Ansätze und Mechanismen für (eine Unterstützung der) Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential untersucht. Betrachtet wurden insgesamt 13 Fallstudien auf unterschiedlichen Ebenen, die sowohl „Top-down“- (Bund und ausgewählte Bundesländer) als auch „Bottom-up“-Ansätze (in ausgewählten Regionen/Kommunen) umfassen. Ziel war es, abzuleiten, inwieweit sich aus der politischen Rahmung **Chancen und Hemmnisse für eine Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential** ergeben und welche zusätzlichen Handlungen auf Bundes-, Landes-, oder kommunaler Ebene geeignet erscheinen, um die Verbreitung voranzutreiben. Dafür wurde ein strukturiertes, aber exploratives Vorgehen gewählt, was sich vor allem auf Quellenauswertung (Dokumentenanalyse) stützt, kombiniert mit einer kleinen Anzahl telefonischer Interviews.

In der Gesamtschau der Fallstudien stellte sich eine Reihe von Unterstützungsansätzen als besonders sinnvoll heraus, um innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential in die Breite zu tragen. Sie sind für alle untersuchten politischen Ebenen relevant und bilden die Grundpfeiler für eine mögliche Verbreitungsstrategie.

(1) Experimentierräume und Demonstrationsprojekte ermöglichen ein Erfahrungslernen und können dazu beitragen, Vertrauen in neue Technologien aufzubauen und dadurch die Akzeptanz zu stärken. Zu empfehlen ist dabei, nicht nur die Erprobung der Technik allein, sondern auch den Erfahrungsaustausch sowie regulatorisches Lernen gezielt mit zu fördern. Zentrale Unterstützungsmaßnahmen umfassen neben der Bereitstellung von Fördermitteln auch Beratungsangebote zu den Fördermöglichkeiten.

(2) Die Vernetzung relevanter Akteure kann entscheidend dazu beitragen, dass innovative Infrastrukturlösungen mit Nachhaltigkeitspotential umgesetzt und Technologien verbreitet werden. Besonders Infrastrukturkopplungen erfordern die Zusammenarbeit von Akteuren aus verschiedenen Bereichen. Oftmals müssen die Möglichkeiten für einen Austausch der verschiedenen wirtschaftlichen, politischen und zivilgesellschaftlichen Akteure erst neu geschaffen werden. Thematische, akteursübergreifende Netzwerke vor Ort nehmen daher eine wichtige Rolle ein.

(3) Verankerung und Verstetigung „innovativer Infrastrukturlösungen“ in institutionellen Prozessen **sind zentral für eine** langfristige Veränderung. Zielführend ist z. B. die Verankerung dieses Themas als Teil der Überthemen Klimaschutz und Energiewende. In der Praxis gelingt institutionelle Entwicklung in den Kommunen oftmals durch eine projektgebundene finanzielle Förderung des Landes, Bundes oder der EU (Olfert et al. 2023).

Diese grundsätzlichen Unterstützungsansätze sind nicht als Alternativen zu verstehen. Essentiell für eine Umsetzung von Verbreitung erscheint vielmehr eine Gleichzeitigkeit, ein „Sowohl-als-auch“ aus der breiten Umsetzung bestehender Klimaschutzaktivitäten und -lösungen (z. B. durch institutionelle Verankerung und Verstetigung), und auch der Erprobung neu- und weiterentwickelten Klimaschutzansätze über Experimente und Modellprojekte (wie z. B. innovative Infrastrukturkopplungen).

Ein wesentliches Projektziel betraf die Weiterentwicklung eines Werkzeugs für die prozessbegleitende Nachhaltigkeitsbewertung innovativer Infrastrukturvorhaben – **TRAFIS.NB – im Bereich Versorgungssicherheit**. Als Basis hierfür wurde ein operatives Resilienzverständnis und dessen Anwendbarkeit intensiv diskutiert. Daraus wurden für die Operationalisierung die Nachhaltigkeitskriterien in TRAFIS.NB, einschließlich der Resilienz, abgeleitet.

Das im Vorhaben entwickelte informelle **Instrument für die prozessbegleitende Nachhaltigkeitsbewertung innovativer Infrastrukturen** (TRAFIS.NB) unterstützt die Entwicklung nachhaltiger und resilienter Infrastrukturlösungen auf kommunaler bis regionaler Ebene. Das Instrument nutzt die Chance, die gerade in den frühen Entwicklungsphasen neuartiger Lösungen liegt, indem es vorhandenes Wissen aktiviert und einen strukturierten und „ressourcenleichten“ Rahmen für einen Austausch zwischen Wissens- und Erfahrungsträgern, für richtungsgebende Entscheidungen hinsichtlich der Wahl und Entwicklung geeigneter Lösungsvarianten anbietet.

Mit TRAFIS.NB können die Auswirkungen von innovativen Infrastrukturlösungen im konkreten Anwendungsfall hinsichtlich Versorgungssicherheit, Ressourcenschonung, Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung aus Perspektiven unterschiedlicher Akteure bewertet werden. Das Instrument kann für die zielgerichtete Weiterentwicklung oder Auswahl verschiedener Lösungsvarianten genutzt werden, da es Konflikte und Unsicherheiten bzw. Stärken und Schwächen der Lösungen sichtbar macht und Bedarfe für tiefergehende Untersuchungen aufzeigt. Die Anwendung der Nachhaltigkeitsbewertung strukturiert den Bewertungs- und Diskussionsprozess, sorgt für Transparenz und liefert differenzierte Begründungen für Entscheidungen, die über die übliche Fokussierung auf Wirtschaftlichkeit und die CO₂-Bilanz hinausgehen.

Wenn neue Lösungen nachhaltiger sein sollen als die bisherigen, sind verschiedene Prioritäten, Komplexitäten, Abhängigkeiten, Kostenstrukturen, Ressourcenbedarfe und Nutzungsformen zu bedenken. Stärken an einer Stelle können mit Schwächen an anderer Stelle einhergehen. Bei innovativen Infrastrukturlösungen sollte dies möglichst frühzeitig bedacht werden, um unnötige Kompromisse bei Nachhaltigkeitszielen zu vermeiden und Suchprozesse ziel- und nachhaltigkeitsorientiert zu beschleunigen. Zugleich ist ein genaueres Hinsehen gerade in frühen Entwicklungsphasen effizient und instruktiv, da hier potenziell der größte Einfluss auf Richtungsentscheidungen für mehr Nachhaltigkeit besteht und mögliche Richtungsänderungen zu geringsten Kosten führen.

TRAFIS.NB setzt an, wenn eine oder mehrere Lösungsoption(en) z. B. für die Energie-, Wasser-, Mobilitätsversorgung oder Abwasserentsorgung bereits konkretisiert ist (sind), aber noch bevor festlegende Entscheidungen für eine Lösungsvariante getroffen wurden und bevor formalisierte Instrumente in einem Planungsprozess greifen. Nutzer*innen der Nachhaltigkeitsbewertung sind in erster Linie Betreiber*innen und Planer*innen von Infrastrukturen oder öffentliche Verwaltungen. Der Bewertungsprozess kann beispielweise im Rahmen einer Machbarkeitsstudie durchgeführt werden.

Insbesondere mobilisiert TRAFIS.NB das vor Ort verfügbare Wissen zur Unterstützung von Entscheidungen, strukturiert den Wissensaustausch zwischen Akteuren, Perspektiven und Interessen, verbessert die Legitimationsbasis von Richtungsentscheidungen zwischen unterschiedlichen Lösungsansätzen und ist potenziell geeignet, Entwicklungsprozesse zu beschleunigen. Damit hilft das Werkzeug auch, verzichtbare Zielkonflikte zwischen Betriebs- und Nachhaltigkeitszielen zu vermeiden. Bei all dem bleibt TRAFIS.NB ein Screening-Instrument. Es ersetzt nicht die zu einem späteren Zeitpunkt der Planung erforderlichen formellen Erhebungen und z. B. Kosten-Nutzen-Rechnungen.

Das Vorgehen bei der expertenbasierten Bewertung im Rahmen von TRAFIS NB basiert auf der sogenannten Delphi-Methode. Diese wurde entwickelt, um strukturiert und möglichst belastbar Einschätzungen über unsichere, meist in der Zukunft liegende Sachverhalte zu generieren. Die Bewertung besteht auf einer (informierten) Schätzung von Wirkungen, die aus methodischen, zeitlichen oder wirtschaftlichen Gründen nicht durch andere Methoden genauer bestimmt werden können. Als Basis für die Bewertung dient ein breit angelegter Kriteriensatz. Der Verzicht auf eine Gewichtung der Kriterien unterstützt die offene Diskussion und Abwägung unterschiedlicher Aspekte mit dem Ziel der Suche nach einer optimalen Lösung unter Vermeidung unnötiger Kompromisse.

Die Bewertung mit TRAFIS.NB basiert auf einem flexibel anpassbaren Grundset an Kriterien in den Dimensionen (1) Versorgungssicherheit, (2) Ressourcenschonung, (3) Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung. Diese werden durch insgesamt 33 generell operationalisierte Kriterien untersetzt. Als informelles Instrument ist die Anwendung von TRAFIS.NB freiwillig. Der Erfolg der Durchführung basiert auf dem Interesse der durchführenden Akteure an einem offenen, umfänglichen Austausch und der Integration von Perspektiven und einem kreativen Suchprozess im Sinne einer nachhaltigen Lösung. Das Vorgehen zur Anwendung des Bewertungswerkzeugs TRAFIS.NB ist in einem eigenen Anwendungshandbuch „Prozessbegleitende Nachhaltigkeitsbewertung für innovative Infrastrukturlösungen“ detailliert beschrieben.

Unser Ansatz ist motiviert durch ein **Verständnis von Resilienz** als eine Strategie, um angesichts von Unsicherheiten, Gefährdungen und anderen Herausforderungen, wie externen und internen Störungen, durch den gezielten Aufbau und Erhalt geeigneter Strukturen, Ressourcen und Fähigkeiten die Handlungsfähigkeit zu erhalten und die Versorgungssicherheit auch in Situation jenseits eines "Normalbetriebs" zu gewährleisten.

Als Referenz für die Nachhaltigkeitsbewertung wird ein operatives, stabilitätsorientiertes Verständnis von Resilienz angenommen („engineering resilience“, "bounce back"-orientiert). Mit Blick auf die Resilienz auf lokaler Ebene befasst sich unsere Arbeit vor allem mit dem Betrieb und der Verwaltung von Infrastrukturunternehmen auf lokaler Ebene, die kurz- und mittelfristige Innovationsprozesse als Teil eines lokalen Nachhaltigkeitsprozesses realisieren.

TRAFIS.NB ist daher ausgerichtet auf sozial-ökologisch-technische Infrastruktursysteme auf lokaler Ebene unter Berücksichtigung von Kopplungen zwischen verschiedenen Sektoren. Der Bewertungsansatz berücksichtigt interne Störungspotentiale (z. B. die Abhängigkeiten zwischen Teilsystemen) und externe klimawandelbeeinflusste Störungen (wie Hitze, Starkregen, Überschwemmungen, Stürmen usw.).

Um die Versorgungssicherheit zu bewerten, führen wir in TRAFIS.NB Resilienzskriterien ein, mit denen Systemeigenschaften wie Struktur, Ressourcen und Fähigkeiten sowohl aus technischer als auch sozialer bzw. organisatorischer Perspektive adressiert werden können. Als Teilaspekt wird die Kritikalität von Fähigkeiten und Ressourcen vor dem Hintergrund potentieller interner und externer Störeinflüsse bei der Operationalisierung der Kriterien berücksichtigt. Eine Neubewertung erfährt dabei die zunehmende Kritikalität von regionalen Rohstoffen im Kontext des Klimawandels. Die Bewertung der Kriterien erfolgt anhand einer qualitativen fünfstufigen Skala. In TRAFIS.NB ist Resilienz ("Versorgungssicherheit") als integraler Bestandteil eines erweiterten Nachhaltigkeitsverständnisses eingebettet.

Für die Dimension "Versorgungssicherheit" schlagen wir insgesamt 14 Kriterien vor, die Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit (Output-Kriterium) beschreiben, jedoch nicht die Systemleistung selbst (Details siehe Olfert et al. 2020a). Soweit neuartige Kopplungen von Infrastruktursystemen Gegenstand der Bewertung sind, müssen einige der Kriterien für jedes

der verbundenen Teilsysteme separat angewendet werden. Da wir uns auf eine eher mittel-spezifische Systemebene konzentrieren und hauptsächlich die interne Funktionsweise und die Bereitstellung von Dienstleistungen von Infrastruktursystemen betrachten, befassen sich die ausgewählten Kriterien hauptsächlich mit Fragen des technischen Systems, seines Betriebs und der Abnahme der bereitgestellten Dienstleistungen durch die Nutzer*innen.

Für das Vorhaben wurden auch Ansätze analysiert, die die Verbreitung innovativer, in Nischen erprobter Infrastrukturlösungen unterstützen könnten. Hierzu wurden 19 Fallstudien für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen in wissenschaftlichen Zeitschriften recherchiert. Basierend auf diesen analysierenden Vorarbeiten (Lam et al. 2020a) wurden die grundsätzlichen Verbreitungsansätze herausgearbeitet, einschließlich möglicher Einflussfaktoren und relevanter Akteure.

Wir konnten drei übergreifende Aktivitäten identifizieren, die für unterschiedliche Verbreitungsziele angewendet wurden:

- ▶ Neue Partnerschaften bilden
- ▶ (Politische) Möglichkeiten nutzen
- ▶ Neues Wissen schaffen und kommunizieren

Die meisten Verbreitungsaktivitäten werden von lokalen Akteuren angeregt und vorangetrieben, denen als Initiatoren solcher Verbreitungsprozesse große Bedeutung zukommt. Dies waren oftmals unabhängige, lokale Initiativen. Vier Fälle wurden von der lokalen Regierung getragen, die zugleich immer ein wichtiger Partner für die lokale Umsetzung und Verbreitung war.

Für die Verbreitung von Innovationen spielt die Partnerschaft mit den richtigen lokalen Akteuren eine wesentliche Rolle. Neue Partnerschaften und Netzwerke sind dann erfolgreich, wenn die Initiatoren neben Engagement ein gemeinsames Ziel unter den Partnern sicherstellen können. Insbesondere Partnerschaften mit der lokalen Regierung sind strategisch bedeutsam, um die Initiative zur Verbreitung mit politischer Unterstützung und Möglichkeiten zur Skalierung oder Vertiefung zu verbinden. Der Aufbau von **Netzwerken und Partnerschaften** ist besonders wertvoll für eine gezielte Zusammenarbeit, die Bündelung von Ressourcen, gemeinsames Lernen, die Erweiterung des Einflussbereichs einer Initiative und die Erzeugung von Kohärenz.

Einige der untersuchten Fallstudien **nutzten erfolgreich Entwicklungen in der (lokalen) Politik**, um zu wachsen, sich an weiteren Orten zu replizieren oder in politische Pläne aufgenommen zu werden. Gleichzeitig konnte die Abhängigkeit von bestehenden Regulierungen oder externen Finanzierungen Verbreitung auch beeinträchtigen. Die **Schaffung und Verbreitung von Wissen** über die Innovation ist die häufigste Aktivität für alle Arten der Verbreitung. Diese Aktivität spiegelt die Notwendigkeit wieder, so viel wie möglich aus dem Innovationsprozess und den Ergebnissen zu lernen und die Erkenntnisse zu nutzen, um neue Unterstützer zu gewinnen, regulative Veränderungen vorzunehmen und in anderen Kontexten angewendet zu werden. Dies kann durch Partnerschaften unterstützt werden und beruht auf verschiedenen Kommunikations-, Lern- und Bildungsformaten.

Für 17 der 19 Fallstudien **wurden treibende und hindernde Faktoren für die Verbreitungsbestrebungen** genannt (siehe Tabelle 14). Schlüsselfaktoren waren die Einbindung externer Partner in Finanzierung und Umsetzung, staatliche Fördermittel, Kooperationsbereitschaft und die Möglichkeiten zur Verknüpfung mit politischen Entwicklungen.

Die Erkenntnisse der Analysen zu Verbreitungsmechanismen und Einflussfaktoren und den Prozessbegleitungen in TRAFIS 1 in Praxisfallbeispielen angewandt.

Die folgenden drei Fallbeispiele konnten für eine Begleitung von Verbreitungsansätzen und -prozessen gewonnen werden:

- ▶ Kreis Steinfurt: regionale Wertschöpfung durch eine grüne Wasserstoffökonomie unterstützen; Binnenverbreitung der Klimaaktivitäten vom Kreis in die Kommunen und zwischen den Kommunen;
- ▶ Stadt Augsburg: die Nutzung intermodaler und geteilter Mobilität durch IKT-basierte Mobilitätsapps stärken;
- ▶ Stadt Cottbus: Nachhaltige Quartierentwicklung am OstSee-Hafen initiieren.

Gemeinsam mit Akteuren der Praxisfallbeispiele wurden auf den jeweiligen Kontext angepasste konkrete Verbreitungsansätze entwickelt. In pandemiebedingt größtenteils virtuellen Treffen wurden mögliche Ziele für eine Verbreitung im Praxisfallbeispiel ermittelt, Ansätze zur Unterstützung der Verbreitung skizziert und dann ein bis zwei vielversprechende Ansätze für eine Erprobung in der Praxis ausgewählt. Schließlich wurden grundlegende Erkenntnisse zur Verbreitung innovativer Infrastrukturlösungen abgeleitet.

So ergab sich im **Kreis Steinfurt** die Chance, **drei Verbreitungsprozesse** zu begleiten. Alle drei Prozesse hatten einen Fokus auf „Partnerschaften und Netzwerken“ sowie „Wissen generieren“. 1) Das „Peer-Lernen‘ durch kreisübergreifenden Austausch“ zielte darauf, andere Kreise durch Erfahrungslernen „nach außen“ in der Verbreitung einer innovativen Infrastrukturlösung zu unterstützen. 2) Das „Peer-Lernen‘ und Austausch durch gegenseitiges Lernen überregional“ sollte die regionalen Kapazitäten für innovative Infrastrukturlösungen durch Lernen von Akteuren anderer Gebietskörperschaften „von außen“ weiterentwickeln. 3) Die thematisch breiter angelegte „Analyse und Begleitung von Transformationsprozessen zur Umsetzung von Klimaneutralität von Kreis- auf kommunale Ebene“ förderte die Binnenverbreitung zwischen dem Kreis Steinfurt und den Kommunen sowie zwischen den Kommunen. Im Zuge der Begleitung wie auch in der Analyse der Aktivitäten im Kreis Steinfurt zeigte sich, dass sowohl die beiden Fälle des „Peer-Lernens“ von und nach außen als auch der Austausch mit den Kommunen gut geeignet sind, die Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen voranzutreiben. Als besonders wichtige Erfolgsfaktoren im Kreis Steinfurt erwiesen sich dabei die **starken Netzwerke**, welche alle wichtigen Akteure aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft und Zivilgesellschaft umfassen. Die Akteure haben sich hinter dem – politisch beschlossenen – Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2040 versammelt unterstützt durch die koordinierende Tätigkeit des „energieland2050 e.V.“. Weitere wichtige Erfolgsfaktoren sind darüber hinaus die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure „auf Augenhöhe“, der institutionelle Rückhalt und die politische Unterstützung durch inhaltliches Commitment und Kapazitäten der Amtsleitung sowie die gute Personalausstattung des „energieland2050 e.V.“, was die kontinuierliche Arbeit an langen Prozessen ermöglicht und dabei hilft, Hindernisse zu überwinden.

Im Zentrum der Verbreitung im **Fallbeispiel Augsburg** „Intermodale Mobilität unter Nutzung von Mobilitätsapps“ stand der Austausch mit anderen Vorreiter*innen von Mobilitätsapps. Das Interesse der Akteure lag im Informationsaustausch und der Wissensgenerierung. Das TRAFIS-Team identifizierte Vorreiter*innen (Berliner Verkehrsbetriebe, Stadtwerke Krefeld, Stadtwerke Ulm) und unterstützte bei der Ausrichtung einer gemeinsamen Session beim mcc StadtwerkeForum in Hamburg. Das Forum förderte den Austausch zu (informations-) technologischen, rechtlichen und sozio-kulturellen Herausforderungen bei der Entwicklung und Etablierung der Apps.

Im Mittelpunkt des **Falls Cottbus** stand die Entwicklung eines CO₂-neutralen neuen Stadtquartiers am Cottbuser OstSee. Mithilfe von TRAFIS.NB wurden in Zusammenarbeit mit dem zuständigen Stadtplanungsamt ein strukturierter Austausch unter Beteiligung fachlicher und fachpolitischer Akteure initiiert, Lösungsvarianten skizziert und in einem mehrstufigen Prozess bewertet und diskutiert. Die Anwendung des TRAFIS.NB-Werkzeugs wurde damit zu einem Baustein in einem mehrere Jahre andauernden Planungsprozess. Die Ergebnisse unterstützen dabei, die Lösungssuche weiter einzugrenzen und die relevanten Informationen für politische Entscheidungsprozesse und weitere Entwicklungsschritte zu verdichten. Zugleich wurden wichtige Erkenntnisse zur Anwendung der Methode und des Bewertungswerkzeugs TRAFIS.NB gewonnen. Erkenntnisse wurden im Anwendungshandbuch zu TRAFIS.NB aufgegriffen und Lösungsansätze angeboten.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass alle Ansätze die Verbreitung unterstützten. Als Erfolgsfaktoren stachen in den Fallbeispielen insbesondere die starken Netzwerke und Partnerschaften sowie der institutionelle Rückhalt und, damit verbunden, die politische Unterstützung heraus. Netzwerke unterstützen sowohl die Verbreitung als auch die Identifikation von Partnern, die für eine Verbreitung relevant sind und gegenseitige Lerneffekte ermöglichen. Darüber hinaus ermöglichen starke Netzwerke Synergieeffekte, wie Kosteneinsparungen und Wissensaufbau.

Summary

Infrastructure systems for public services are in the process of a profound transformation. These systems are under high pressure to adapt in order to contribute to the changing and evolving societal goals. Expectations and challenges with regard to climate adaptation and climate protection, circular economy, energy transition - including nuclear phase-out and coal phase-out - mobility transition, decarbonisation as well as the long-term processes of urbanisation and demographic change provide new objectives to which the development of infrastructures is also subject. The new technical possibilities of information and communication technologies, including the increasing familiarity of users with their application, together with the aforementioned goals, lead to a great dynamic of change towards more efficiency, comfort and partly to the development of completely new services. The expectation of greater sustainability in the provision of infrastructure services requires a complex consideration and balancing of a variety of technologies, goals and effects. At the same time, new and interconnected systems partly go along with altered and sometimes also completely different technical, economic and ecological effects and thus may also influence the susceptibility of the systems to failures.

Against this background, TRAFIS 2 contributes to clarifying issues around sustainability transformation and ways of disseminating innovative infrastructure solutions. This report summarises the discussion and findings in four main chapters:

1. Basics: Systematisation of innovative infrastructure solutions under discussion and clarification of key terms and concepts around the dissemination of innovative infrastructure solutions (Chapter 1).
2. Political framework conditions: Analysis and systematisation of political framework conditions as influencing factors for the dissemination of innovative infrastructure linkages from a federal and local policy perspective (Chapter 2).
3. Sustainability assessment: Adaptation and advancement of a broadly applicable tool (TRAFIS.NB) for process-integrated assessment of the sustainability of innovative infrastructure solutions in early planning phases with a focus on resilience and criticality as well as resources and climate protection (Chapter 3).
4. Testing of dissemination strategies: Testing of approaches for the dissemination of innovative and coupled infrastructure solutions in cooperation with selected case studies (Chapter 4).

The presentation of results in this report is complemented by three target group-specific communication products:

- a) Short report "Dissemination pathways of sustainable infrastructure solutions - Three examples at municipal and regional level" (Olfert et al. 2023; → [Link to the product](#)).
- b) Application manual for the TRAFIS.NB-tool for in-process sustainability assessment of innovative infrastructure solutions: Method and Tool (Olfert and Walther 2023; → [Link to the product](#)).

The term "innovative infrastructure solution" stands for non-established (mostly) technical solutions or novel couplings of fundamentally established solutions. The focus is on the sectors of transport, energy, water, wastewater, waste management and information and communication technologies (ICT). The focus is on solutions that are potentially suitable for contributing to greater sustainability in terms of climate protection, resource conservation, economic efficiency and social justice as well as security of supply (resilience). In this context, an infrastructure system is understood to be an infrastructure of general interest designed and operated at municipal to regional level, which provides defined (public) infrastructure services.

An infrastructure system includes constructional-technical elements and the organisational structures required for its operation. An infrastructure solution is a locally or regionally based project for the adaptation and/or substantial expansion of an infrastructure system, e.g. through new technical elements, modified organisational structures, new management modes or linkages to other systems. A solution variant is one of several possible concepts or (mostly technical) designs of an infrastructure solution.

A particular focus of the work was on new types of interconnections between infrastructure systems. The understanding used here goes beyond the term "sector coupling", which is limited to the energy context, and thus also considers non-energy-focused infrastructure services.

Coupling of infrastructure systems often originates in different sectors. Coupling occurs through the functional linkage of processes in subsystems from different sectors that previously acted separately from each other (example: wastewater + district heating). In some cases, a "coupling" of new subsystems into existing systems can also take place within a sector (example: solar thermal systems in heating grids or storage in electricity grids) or the coupling of previously existing not connected subsystems with the help of new ICT solutions (example: creation of multimodal transport services through ICT-supported integration of buses, rental bicycles and car sharing). Coupling also links the provision of traditionally separate infrastructure services. On the one hand, this leads to resilience-promoting redundancies. At the same time, this can also lead to one-sided or mutual dependencies of the coupled subsystems. The links considered here refer to functional couplings of technical subsystems. Purely spatial or organisational linkages are not in the foreground. Five clusters were identified as part of the systematisation of innovative linkages.

- ▶ Generation and provision of alternative energies (electricity, gas, heat)
- ▶ Making energy provision more flexible through buffering and load shifting
- ▶ Networked transport services including multimodal public services, sharing services, logistics
- ▶ Material cycles
- ▶ Other / new services, optimised operation

In the course of the work, the terms mainstreaming, dissemination, spread, diffusion and regionalisation were examined (German: Mainstreaming, Verbreitung, Ausbreitung, Diffusion, Regionalisierung). After the work, further use of the terms "spread" (Ausbreitung) and "regionalisation" (Regionalisierung) were discarded due to low usage. The term "mainstreaming" (Mainstreaming) tends to be used less in the context of sustainability innovations and seems less suitable. For the work in TRAFIS 2, the terms diffusion (Diffusion) and dissemination (Verbreitung) were selected in particular, whereby diffusion describes the process of spreading a sustainability innovation and "dissemination" represents the result. The following definitions of terms form the basis of the work:

"Dissemination" means the multiplication and establishment of an innovation in a certain geographical area or to a certain extent, resulting in real changes in social systems. A distinction can thus be made between geographical dissemination (within a given area) and dissemination between actors (increased use).

"Diffusion" is the process of dissemination of an innovation over time by an increasing number of actors using or implementing that innovation, in an increasing spatial area.

Whether and to what extent innovative infrastructure couplings can be implemented or not depends largely on the political framing and on existing approaches and mechanisms that can support the dissemination of innovative infrastructure couplings. Therefore, existing policy approaches and mechanisms for (supporting the) dissemination of innovative infrastructure

linkages with sustainability potential were investigated. A total of 13 case studies at different levels were considered, comprising both "top-down" (federal government and selected federal states) and "bottom-up" approaches (in selected regions/municipalities). The aim was to determine the extent to which the political framework creates opportunities and obstacles for the dissemination of innovative infrastructure linkages with sustainability potential and which additional actions at the federal, state or municipal level appear suitable to promote dissemination. For this purpose, a structured but explorative approach was chosen, which is mainly based on source analysis (document analysis), combined with a small number of telephone interviews.

In the synopsis of the case studies as a whole, a number of support approaches turned out to be particularly useful for disseminating innovative infrastructure linkages with sustainability potential on a broad scale. These are relevant for all policy levels studied and form the cornerstones for a potential dissemination strategy.

(1) Experimental spaces and demonstration projects enable experience-based learning and can help to build trust for new technologies and thus strengthen acceptance. It is recommended that not only the testing of the technology alone, but also the exchange of experience and regulatory learning be specifically promoted. In addition to the provision of funding, central support measures also include advisory services on funding opportunities.

(2) The crosslinking of relevant actors, can decisively contribute to the implementation of innovative infrastructure solutions with sustainability potential and to the dissemination of technologies. Infrastructure linkages in particular require the cooperation of actors from different sectors. Often, the opportunities for an exchange between the various economic, political and civil society actors must first be created. Thematic and locally based cross-actor networks therefore play an important role.

(3) Embedding and consolidating of the topic "innovative infrastructure solutions" in institutional processes are central for successful long-term change. The anchoring of this topic can take place, for example, as part of the overarching topics of climate mitigation and energy transition. In practice, institutional development in municipalities often succeeds through project-linked financial support from the state, federal government or the EU (Olfert et al. 2023).

These basic support approaches are not to be understood as alternatives. Rather, a simultaneousness, an "as-well-as" of the broad implementation of existing climate protection activities and solutions (e.g. through institutional anchoring and stabilisation), and also the testing of new and further developed climate protection approaches through experiments and model projects (such as innovative infrastructure linkages) is essential for the implementation of dissemination.

A key project objective was the advancement of a tool for the in-process sustainability assessment of innovative infrastructure projects - TRAFIS.NB - in the area of security of supply. As a basis for this, an operational understanding of resilience and its applicability were intensively discussed. From this, the sustainability criteria in TRAFIS.NB, including resilience, were derived for operationalisation.

The informal tool for in-process sustainability assessment of innovative infrastructures (TRAFIS.NB) developed in the project supports the development of sustainable and resilient infrastructure solutions at municipal to regional levels. The tool uses the opportunities that lie especially in the early development phases of emerging solutions by activating existing knowledge and offering a framework for structured and "resource-light" exchange among holders of knowledge and experience in order to support guiding decisions regarding the selection and development of suitable solutions.

TRAFIS.NB can be used to evaluate the effects of innovative infrastructure solutions in a concrete application with regard to security of supply, resource conservation, economic efficiency and user orientation from the perspectives of different actors. The tool can be used for the targeted advancement or selection of different solution variants, as it makes conflicts and uncertainties, strengths and weaknesses of the solutions visible and identifies needs for more in-depth investigations. The application of the sustainability assessment provides structure to the assessment and discussion process, ensures transparency and provides differentiated justifications for decisions that go beyond the usual focus on economic efficiency and the carbon footprint.

If new solutions are to be more sustainable than existing ones, different priorities, complexities, dependencies, cost structures, resource requirements and forms of use need to be considered. Strengths in one place can go hand in hand with weaknesses elsewhere. In the case of innovative infrastructure solutions, this should be considered as early as possible in order to avoid unnecessary compromises on sustainability goals and to accelerate search processes in a goal- and sustainability-oriented manner. At the same time, a closer look is efficient and instructive, especially in early development phases, as this is where the greatest influence on strategic decisions for more sustainability potentially exists and possible changes in direction result in the lowest costs.

TRAFIS.NB comes into play when one or more solution options, e.g. for energy, water, mobility supply or wastewater disposal, have already been substantiated, but before any decisions have been made on a solution option and before formalised instruments take effect in a planning process. Users of the sustainability assessment are primarily operators and planners of infrastructures or responsible public administrations. The assessment process can be carried out, for example, as part of a feasibility study.

In particular, TRAFIS.NB mobilises locally available knowledge to support decision-making, structures the exchange of knowledge between actors, perspectives and interests, improves the legitimacy basis of strategic decisions by comparing different approaches and is potentially suitable for accelerating development processes. In this way, the tool also helps to avoid dispensable conflicts of objectives between operational and sustainability goals. In all this, TRAFIS.NB remains a screening tool. It does not replace formal surveys and e.g. cost-benefit assessments required at a later stage of any planning process.

The procedure for the expert-based assessment builds on the so-called Delphi method. This method was developed in order to generate structured and as reliable as possible estimates of uncertain, mostly future issues. The evaluation consists of an (informed) estimate of impacts that cannot be determined more precisely by other means for methodological, time-related or economic reasons. A broad set of criteria serves as the basis for the evaluation. The decision not to weigh the criteria supports the open discussion and weighing of different aspects with the aim of finding an optimal solution while avoiding unnecessary compromises.

The evaluation with TRAFIS.NB is based on a flexibly adaptable basic set of criteria in the dimensions of (1) security of supply, (2) resource efficiency, (3) economic efficiency and user orientation. These are substantiated by a total of 33 broadly operationalised criteria. As an informal instrument, the use of TRAFIS.NB is voluntary. The success of the implementation requires the interest of the implementing actors in an open, comprehensive exchange and the integration of perspectives and a creative search process for a sustainable solution. The procedure for using the TRAFIS.NB assessment tool is described in detail in a separate application manual "Process Accompanying Sustainability Assessment for Innovative Infrastructure Solutions" (Olfert und Walther 2023).

Our approach is motivated by an understanding of resilience as a strategy to maintain the ability to act in the face of uncertainties, hazards and other challenges, such as external and internal disruptions, through the targeted development and maintenance of appropriate structures, resources and capabilities, and to ensure security of supply even in situations beyond "normal operations".

As a reference for the sustainability assessment, an operational, stability-oriented understanding of resilience is adopted ("engineering resilience", "bounce back"-oriented). With regard to resilience at the local level, our work is primarily concerned with the operation and management of infrastructure companies at the local level that realise short- and medium-term innovation processes as part of a local sustainability process.

TRAFIS.NB is therefore oriented towards social-ecological-technical infrastructure systems at the local level, taking into account couplings between infrastructure systems from different sectors. The assessment approach considers internal disturbance potentials (e.g. the interdependencies between subsystems) and external climate change-influenced disturbances (such as heat, heavy rain, floods, storms, etc.).

In order to assess security of supply, in TRAFIS.NB we introduce resilience criteria by which system properties such as structure, resources and capabilities can be addressed from both a technical and a social/organisational perspective. As a partial aspect, the criticality of capabilities and resources in the light of potential internal and external disruptive influences is taken into account in operationalising the criteria. In this context, the increasing criticality of regional raw materials in the context of climate change is considered. The criteria are assessed using a qualitative five-point scale. In TRAFIS.NB, resilience ("security of supply") is embedded as an integral component of an expanded understanding of sustainability.

For the dimension "security of supply", we propose a total of 14 criteria that describe impacts on the ability to perform (output criterion), but not the system performance itself (for details see Olfert et al. 2020a). As far as novel couplings of infrastructure systems are subject of the assessment, some of the criteria have to be applied separately for each of the connected subsystems. As we focus on a more medium-specific system level and mainly look at the internal functioning and service provision of infrastructure systems, the selected criteria mainly deal with issues of the technical system, its operation and the acceptance of the provided services by the users.

For the project, approaches were also analysed that could support the dissemination of innovative infrastructure couplings tested in niches. For this purpose, 19 cases of dissemination of innovative infrastructure solutions were researched in scientific journals. Based on these cases and conceptual preparatory work on the analysis of dissemination approaches (Lam et al. 2020a) general dissemination approaches were identified, including possible influencing factors and relevant actors.

We were able to identify three overarching activities that were applied for different dissemination objectives:

- ▶ Form new partnerships
- ▶ Use (political) opportunities
- ▶ Create and communicate new knowledge

Most dissemination activities are initiated and driven by local actors, who are of great importance as initiators of such dissemination processes. These were often independent local initiatives. Four cases were supported by the local government. Local government was always an important partner for local implementation and dissemination.

Partnerships with appropriate local actors play an essential role in the dissemination of innovations. New partnerships and networks are successful when the initiators can ensure a common goal among partners in addition to commitment. In particular, partnerships with local governments are strategically important to connect the dissemination initiative with political support and opportunities to upscaling or deepening. Building networks and partnerships is particularly valuable for targeted collaboration, pooling resources, shared learning, expanding an initiative's sphere of influence and generating coherence.

Some of the case studies studied successfully used developments in (local) politics to grow, replicate in more places or be included in policy plans. At the same time, dependence on existing regulations or external funding could also hinder dissemination. Creating and disseminating knowledge about the innovation is the most common activity for all types of dissemination. This activity reflects the need to learn as much as possible from the innovation process and its outcomes, and to use the knowledge to attract new supporters, introduce regulatory changes and to be applied in other contexts. This can be supported through partnerships and relies on various formats of communication, learning and education.

For 17 of the 19 case studies, driving and hindering factors for dissemination efforts were identified. Key factors were the involvement of external partners in funding and implementation, government funding, willingness to cooperate and opportunities to link with policy developments.

Earlier findings of the analyses on dissemination mechanisms and influencing factors and the process accompaniment were applied in practical case studies.

The following three case studies were acquired for monitoring dissemination approaches and processes:

- ▶ Steinfurt district: Support of regional value creation through a green hydrogen economy; internal dissemination of climate activities from district to municipalities and between municipalities;
- ▶ City of Augsburg: Strengthening the use of intermodal and shared mobility through ICT-based mobility apps;
- ▶ City of Cottbus: Initiating sustainable neighbourhood development at the OstSee-Harbour.

Together with stakeholders from the case studies, concrete dissemination approaches adapted to the respective context were developed. In mainly virtual meetings due to the pandemic, possible targets for dissemination in the case study were identified, approaches to support dissemination were outlined and then promising approaches were selected for testing in practice. Finally, basic findings on the dissemination of innovative infrastructure solutions were derived.

Thus, in the district of Steinfurt, the opportunity arose to accompany three dissemination processes. All three processes had a focus on "partnerships and networks" and "generating knowledge". 1) The "'peer learning' through inner-regional exchange" aimed to support other counties in the dissemination of an innovative infrastructure solution by learning from experience of other Countries. 2) The "'peer learning' and exchange through mutual learning supra-regionally" aimed to develop regional capacities for innovative infrastructure solutions by learning from actors of other authorities "from outside". 3) The thematically broader "analysis and accompaniment of transformation processes for the implementation of climate neutrality from district to municipal level" promoted internal dissemination among the district of Steinfurt and the municipalities as well as between the municipalities. In the course of the monitoring as well as in the analysis of the activities in the district of Steinfurt, it became apparent that both cases of "peer learning" from and to the external world as well as the exchange with the

municipalities are well suited to advance the dissemination of innovative infrastructure solutions. Particularly important success factors in the district of Steinfurt proved to be the strong networks, which include all important actors from business, politics, science and civil society. The actors have gathered behind the - politically decided - goal of climate neutrality in 2040 supported by the coordinating activities of "energieland2050 e.V.". Other important success factors are the cooperation of the different actors "at eye level", the institutional backing and political support through content-related commitment and capacities of the administration as well as the good staffing of "energieland2050 e.V.", which enables continuous work on long processes and helps to overcome obstacles.

The focus of the dissemination in the Augsburg case study "intermodal mobility using mobility apps" was the exchange with other pioneers of mobility apps. The interest of the actors lay in the exchange of information and the generation of knowledge. The TRAFIS team identified pioneers (Berliner Verkehrsbetriebe, Stadtwerke Krefeld, Stadtwerke Ulm) and supported the organisation of a joint session at the mcc StadtwerkeForum in Hamburg. The forum promoted the exchange on (information) technological, legal and socio-cultural challenges in the development and establishment of the apps.

Central to the Cottbus case was the development of a CO₂-neutral new urban quarter at Cottbus OstSee. With the help of TRAFIS NB, a structured exchange was initiated in cooperation with the responsible city planning office and involving professional and political stakeholders. Solution variants were sketched and evaluated and discussed in a multi-stage process. The application of the TRAFIS.NB tool thus became a building block in a planning process that lasted several years. The results help to further narrow down the search for solutions and to condense the relevant information for political decision-making processes further development steps. At the same time, important insights were gained into the application of the method and the assessment tool TRAFIS.NB. Findings were taken up in the TRAFIS.NB application manual and solutions were offered.

On the other hand, important insights should be gained from the application of the method and the assessment tool TRAFIS.NB. Despite the overall success of the evaluation and discussion process, there are limitations and obstacles to the application of the tool in real cases - e.g. the complexity of solutions, the limitation of the number of variants, different interpretations of criteria and specific terms, or the sometimes high personal workload of the evaluators. Findings in this regard were taken up in the TRAFIS.NB application manual and solutions were proposed.

Overall, it can be said that all approaches supported dissemination. In particular, strong networks and partnerships as well as institutional backing and, related to this, political support were prominent as success factors in the case studies. Networks support both dissemination and the identification of partners who are relevant for dissemination and enable mutual learning effects. In addition, strong networks enable synergy effects such as cost savings and knowledge building.

1 Einführung und Begriffsbestimmung

1.1 Einführung – Transformation innovativer Infrastrukturen

TRAFIS 2 untersucht Transformation hin zu nachhaltigen, resilienten Infrastrukturen mit Fokus auf deren Verbreitung. Infrastruktursysteme zur Daseinsvorsorge befinden sich im Prozess einer tiefgreifenden Transformation. Sie stehen unter einem hohen Veränderungsdruck, um einen Beitrag zu den sich wandelnden und entwickelnden gesellschaftlichen Zielstellungen zu leisten. Erwartungen und Herausforderungen in Bezug auf Klimaanpassung und Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft, Energiewende – einschließlich Atomausstieg und Kohleausstieg – Mobilitätswende, Dekarbonisierung sowie die langfristigen Prozesse der Urbanisierung und des demographischen Wandels geben neue Zielstellungen vor, denen auch die Entwicklung der Infrastrukturen unterliegt. Die neuen technischen Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnologien, einschließlich der zunehmenden Vertrautheit der Nutzer*innen mit deren Anwendung, führen zusammen mit den vorgenannten Zielen zu einer großen Veränderungsdynamik hin zu mehr Effizienz, Komfort und teilweise gänzlich neuen Dienstleistungen. Gleichzeitig ist es unabdingbar, dass Infrastruktursysteme nachhaltig sind.

Die Erwartung einer höheren Nachhaltigkeit bei der Erbringung von Infrastrukturdienstleistungen erfordert eine komplexe Betrachtung und Abwägung von einer Vielfalt von Technologien, Zielen und Wirkungen. Das hohe Niveau technischer Infrastrukturen in Deutschland lässt wenig Raum für spürbare Effizienzsteigerungen, um z. B. innerhalb der etablierten Systeme wesentliche Ressourceneinsparungen und Klimaresilienz erzielen zu können. Ein zentrales Element der Transformation liegt daher in der Schaffung von neuartigen und nachhaltigeren Systemen durch die Kopplung bisher unabhängig voneinander betriebener Infrastrukturen. Damit einhergehend sollen bisher ungenutzte Synergien gehoben werden, die deutliche Reduktionen von Ressourcenverbrauch und Emissionen erlauben und darüber hinaus die Resilienz und soziale Gerechtigkeit von Infrastrukturdienstleistungen im Blick behalten (Monstadt und Coutard 2019). Unter Transformationen verstehen wir dabei grundlegende Änderungen der Art und Weise, wie Infrastrukturdienstleistungen erbracht und genutzt werden (Loorbach et al. 2010). Die Transformation von Infrastrukturen sieht Infrastrukturen als sozio-technische Systeme an, geht deutlich über das Maß von Detailanpassungen an bestehenden Systemen hinaus und unterstreicht die Notwendigkeit, neben den verwendeten Technologien u. a. auch bestehende Regulierungen, Marktstrukturen, das Management und die Nutzung (-serwartungen) zu verändern (ebd.; Moss 2014).

Das Vorgängervorhaben TRAFIS untersuchte Entwicklungen hin zu gekoppelten nachhaltigen Infrastrukturen, die damit einhergehenden Transformationsprozesse einschließlich möglicher unterstützender und hindernder Einflussfaktoren, Handlungsmöglichkeiten um neuartige Infrastrukturkopplungen zu fördern sowie der potentiellen Nachhaltigkeitswirkungen dieser neuartig gekoppelten Infrastrukturlösungen (siehe Olfert et al. 2020, Hölscher et al. 2020 und Hirschnitz-Garbers et al. 2020).

Mit TRAFIS und weiteren verwandten Forschungsvorhaben, wie KLARIS¹, RELIS² (beide UBA) oder TransNIK³ (BMBF), die zudem auch einen inhaltlichen Fokus auf Nachhaltigkeitsfragen einnehmen, liegt bereits ein breites Wissen vor, auf das bei der Gestaltung von gesellschaftlichen Transformationsprozessen in Richtung Nachhaltigkeit, einschließlich der Transformation von Infrastruktursystemen, zurückgegriffen werden kann. Bereits jetzt ist aber deutlich, dass Wissensdefizite bislang insbesondere darin liegen, wie neuartige und vielversprechende Innovationen dabei unterstützt werden können, Nischen zu verlassen und sich stärker in der Breite zu verankern, und zwar so, dass sowohl Ressourcen- und Klimaschutz als auch die Resilienz effektiver vorangebracht werden. Dem schließt sich unmittelbar die Frage nach der Bewertung von Nachhaltigkeitswirkungen im Zuge einer Verbreitung solcher Innovationen an. Dies umfasst infrastrukturelevante Nachhaltigkeits-Bewertungsdimensionen, die Verankerung von Bewertungen in Planungs- und Entscheidungsprozessen sowie Bewertungsfragen, die im Zusammenhang mit Resilienz und Kritikalität stehen, neben den bereits besser etablierten Zusammenhängen zwischen Ressourcen- und Klimaschutz.

Vor diesem Hintergrund bearbeitet das TRAFIS 2-Vorhaben die folgenden Inhalte:

1. Klärung der wesentlichen Begriffe und Konzepte rund um das Anliegen der Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential; Systematisierung von Infrastrukturkopplungen und deren überblickshafte Bewertung hinsichtlich der Eignung für die Verbreitung.
2. Analyse und Systematisierung politischer Rahmenbedingungen für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen aus bundespolitischer und lokalpolitischer Perspektive (Top-down, Bottom-up); Auswertung von Synergien und Konflikten zwischen den Rahmenbedingungen und Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für die Ebene der Bundespolitik.
3. Weiterentwicklung eines breit anwendbaren Werkzeugs zur Bewertung der Nachhaltigkeit, v. a. innovativer Infrastrukturkopplungen auf kommunaler Ebene, auf Basis bestehender Bewertungsansätze mit dem Ziel der Verankerung von Nachhaltigkeitsbewertungen in kommunalen Planungs- und Entscheidungsprozessen sowie inhaltlicher Vertiefung einzelner Aspekte, insbesondere Resilienz und Kritikalität sowie Ressourcen und Klimaschutz.
4. Erprobung von Ansätzen zur Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungen in Kooperation mit ausgewählten Fallstudien, in Fortführung einer etablierten Kooperation mit den dafür maßgebenden lokalen und regionalen Akteuren vor Ort.

1.2 Systematisierung innovativer Infrastrukturkopplungen

1.2.1 Begriffsklärung „innovative Infrastrukturkopplungen“

Analysegegenstand im Vorhaben TRAFIS 2 sind innovative Infrastrukturkopplungen mit dem Potenzial für einen Beitrag zu mehr Klimaschutz bzw. Nachhaltigkeit. Die Begriffsverwendung „innovative Infrastrukturkopplung“ unterscheidet sich dabei von der in der Klimaschutzdebatte

¹ KLARIS – Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur klimaresilienten und zukunftsfähigen Ausgestaltung von nationalen und grenzübergreifenden Infrastrukturen (FKZ 3714 48 101 0). Siehe <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projektatalog/klaris-notwendigkeiten-moeglichkeiten-zur>

² RELIS – Ressourcenleichte zukunftsfähige Infrastrukturen: umweltschonend, robust, demografiefest (FKZ 3713 16 103). Siehe https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-08-15_texte_64_2017_infrastrukturen.pdf

³ Transitionsgestaltung für nachhaltige Innovationen – Initiativen in den kommunal geprägten Handlungsfeldern Energie, Wasser, Bauen & Wohnen. Siehe <https://www.transnik.de/transnik/>

gängigen Begriffsverwendung Sektorenkopplung. Nach UBA (2019a) bezeichnet Sektorenkopplung

„die Substitution fossiler Energieträger durch weit überwiegend erneuerbar erzeugten Strom oder durch andere erneuerbare Energieträger und nachhaltige Energienutzungsformen in neuen sektorenübergreifenden Anwendungen oder durch verstärkte Nutzung bekannter sektorenübergreifender Anwendungen.“ (UBA 2019a, S. 53)

Sektorenübergreifende Anwendungen umfassen bei Strom sowohl die direkte Stromnutzung, inklusive strombasierter Wärme-/Kälteerzeugung (Power-to-Heat), als auch die Umwandlung von Strom in synthetische Kraftstoffe (Power-to-Gas [PtG] und Power-to-Liquid [PtL]). Eine indirekte Stromnutzung durch synthetische Kraftstoffe ist jedoch nur eine Teilmenge der Sektorkopplung, da synthetische Kraftstoffe auch aus anderen (erneuerbaren) Quellen hergestellt werden können (UBA 2019a).

Gemäß dieser Definition zielen Sektorkopplungen primär darauf, Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) dadurch zu senken, dass fossile Energieträger durch erneuerbare Energien substituiert werden; neben diesem Hauptziel kann die Sektorkopplung auch noch zur Flexibilisierung und Energieeffizienzsteigerung beitragen (UBA 2019a).

Der Begriff innovative Infrastrukturkopplung grenzt sich von der o. g. Begriffsverwendung Sektorenkopplung in mehrfacher Hinsicht ab:

1. *Der Begriff **innovative Infrastrukturkopplung** fokussiert auf bisher nicht oder kaum etablierte, innovative Verbindungen von Infrastrukturen in den Sektoren Verkehr, Energie, Wasser, Abwasser, Abfallwirtschaft sowie Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Im Vordergrund dieses Begriffsverständnisses stehen Infrastrukturkopplungen, die insgesamt zumindest zum Klimaschutz beitragen.* Das umfasst auch solche Kopplungen, welche den Ausstoß von Treibhausgasemissionen durch eine Substitution fossiler Energieträger reduzieren helfen. Der Fokus ist jedoch nicht darauf begrenzt. Denn so werden hier auch weitere, zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit beitragende Infrastrukturkopplungen berücksichtigt, beispielsweise zwischen öffentlichen Mobilitätsdienstleistungen und IKT, welche die Nutzung des ÖPNV und geteilter vs. individueller Mobilität mittels Mobilitätsapps und Intermodalität steigern wollen und somit Klimaschutz im Verkehrssektor stärken. Daher werden in TRAFIS Nachhaltigkeitsbewertungen durchgeführt, um zu untersuchen, welche potentiellen Nachhaltigkeitseffekte mit Beispielen für innovative Infrastrukturkopplungen aus den vorgenannten Sektoren verbunden sind. Dabei umfassen Nachhaltigkeitseffekte über Umweltwirkungen (inkl. Energiebedarf sowie Klima- und Rohstoffwirkungen) hinaus auch Aspekte der Leistungsfähigkeit, Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und sozialen Gerechtigkeit von Infrastrukturkopplungen (Olfert et al. 2020a; Olfert und Walther 2023). Dieser Analyseschritt dient dazu, nachhaltige von weniger nachhaltigen Infrastrukturkopplungen unterscheiden zu können. Damit stehen hier auch solche Infrastrukturkopplungen im Fokus der Untersuchungen, die als primäres Ziel nicht die Senkung von THG-Emissionen durch Substitution fossiler Energieträger haben.
2. *Innovative Verbindungen von Infrastrukturen werden als **Nischeninnovationen** in sozio-technischen Infrastruktursystemen aufgefasst – d. h., ihre Entwicklung findet in relativ geschützten, aber auch vom Regime abgegrenzten Räumen statt (Frantzeskaki und Loorbach 2010; Bulkeley et al. 2014). Daraus ergibt sich ein analytischer Blick sowohl auf innovative Infrastrukturkopplungen als auch darauf, wie solche Nischeninnovationen in die Breite getragen werden können.*

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass es Schnittmengen zwischen den beiden vorgenannten Definitionen gibt und auch in TRAFIS solche Infrastrukturkopplungen in den Blick

genommen werden, die Sektorkopplung gemäß der o. g. Definition entsprechen. So sollen in der Prozessbegleitung in lokalen und regionalen Fallbeispielen auch die in Hirschnitz-Garbers et al. (2020a) genannten Infrastrukturkopplungen weiter untersucht werden, die über PtG-Nutzung und Nutzung von erneuerbar erzeugtem, grünem Wasserstoff für Mobilitätszwecke unter den Begriff Sektorkopplung fallen. Gleichzeitig untersuchen wir auch Fallbeispiele, die nicht unter die o. g. engere Definition von Sektorkopplung fallen, die aber dennoch das Potenzial haben, einen Beitrag zum Klimaschutz bzw., allgemeiner, zu mehr Nachhaltigkeit zu leisten, beispielsweise indem sie den Einsatz fossiler Brennstoffe reduzieren helfen.

Weiterhin resultiert aus dem analytischen Fokus auf innovative Infrastrukturkopplungen und dem Ansatz der Transformationsforschung, dass das TRAFIS-2-Projekt den Blick auf die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen richtet. Hier wird untersucht, wie solche Kopplungen aus der Nische in die Verbreitung gelangen können, um jenseits der Nischen, in denen sie erprobt wurden bzw. werden, angewendet zu werden und Nachhaltigkeitswirkungen entfalten zu können. Damit sind auch die Analysen in diesem vorliegenden Berichtsteil darauf ausgerichtet, Verbreitungsansätze zu untersuchen, die in Nischen erprobte (z. B. über Modellprojekte) innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential in ihrer Verbreitung unterstützen könnten.

Dementsprechend zielen die vorliegenden Analysen nicht darauf ab, wie bestehende Aktivitäten und Technologien mit Fokus Klimaschutz bzw. auch Sektorkopplung nach dem obigen Verständnis (UBA 2019a) allgemein besser umgesetzt oder gefördert werden könnten. Dennoch gelten Befunde dieser explorativen Analyse, insbesondere die Erkenntnisse aus den Expert*innen-Interviews, nicht nur für innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential, sondern auch für Nachhaltigkeitsaktivitäten allgemein. Daher möchten wir betonen, dass diese Analysen dazu dienen sollen, potentiell vielfältige, für eine Umsetzung in der Breite denkbare Nachhaltigkeitsaktivitäten mitzudenken, die zusätzlich zu und über die Umsetzung bestehender Ansätze auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene hinaus Nachhaltigkeitswirkungen entfalten können. Unbenommen bleibt natürlich, dass Klimaschutz und Nachhaltigkeit auf allen Ebenen stattfinden und insbesondere vorhandene Lösungen stärker umsetzen muss, um einen wirksamen Beitrag zur Reduktion von THG-Emissionen in Deutschland zu erzielen. Wir nehmen hier die Perspektive ein, dass es um eine Parallelität, ein Sowohl-als-auch, um die Umsetzung bestehender Lösungen in der Breite und Entwicklung und Erprobung von Klimaschutzlösungen in Nischen (z. B. durch Modellprojekte, Experimentieren, Reallabore) gehen muss.

1.2.2 Systematisierung von Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential

Die Kopplungen von Infrastruktursystemen nehmen ihren Ursprung in unterschiedlichen Sektoren. Eine Kopplung entsteht durch die funktionale Verknüpfung von Prozessen in bisher getrennt voneinander agierenden Teilsystemen unterschiedlicher Sektoren (Beispiel: Abwasser + Fernwärme). Teilweise erfolgt auch Sektor-intern eine Einkopplung neuer Teilsysteme in bestehende Systeme (Beispiel: Solarthermie-Anlagen in Wärmenetzen oder Speicher in Stromnetzen) oder die Verkopplung bisher vorhandener Teilsysteme mithilfe einer neuen IKT-Lösung (Beispiel: Schaffung multimodaler Verkehrsangebote durch IKT-gestützte Integration von Bussen, Leihfahrrädern und Carsharing).

In einer Kopplung wird damit auch die Bereitstellung von traditionell separaten Infrastrukturdienstleistungen miteinander verknüpft. Dies fördert oft Redundanzen und kann zu einseitigen oder wechselseitigen Abhängigkeiten der gekoppelten Teilsysteme führen. Die hier betrachteten Verknüpfungen beziehen sich auf funktionale Kopplungen technischer Teilsysteme. Rein räumliche oder organisatorische Verknüpfungen stehen nicht im Vordergrund.

Die Erbringung der Dienstleistungen wird durch Kopplungen nicht völlig integriert, so dass aus einem neuartig verknüpften Prozess zwei Dienstleistungen resultieren würden. Verknüpft werden zumeist Teilprozesse der beteiligten Infrastrukturen, um durch den ein- oder wechselseitigen Austausch von Energie, Daten oder Stoffen und den dadurch entstehenden Synergien zu profitieren. Kosten und Nutzen sind zwischen den beteiligten Teilsystemen meist nicht symmetrisch verteilt. Oft zeigt sich ein Teilprozess als der „Gebende“ und ein Prozess als der „Profitierende“. Eine Herausforderung von Kopplungen besteht daher auch im Ausgleich von Lasten und Nutzen zwischen den Infrastrukturbetreibern. Dies ist solange kein Problem, wie diese entweder in der Hand eines Betreibers liegen (Kommune) oder zu ihrem gegenseitigen Nutzen wirtschaften können – letzteres ist in der Praxis eher selten. Die Einbeziehung nichtmonetärer Nutzenkategorien wie Klimaschutz, Ressourcenschutz, Resilienz (siehe TRAFIS.NB) ist daher bedeutend, um im Sinne der Kopplung entstehende Aufwendungen sichtbar zu machen und ggf. zu rechtfertigen.

Insgesamt bestand in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten eine hohe Dynamik bei der Entwicklung neuer Infrastrukturlösungen. Grundsätzlich lassen sich Kopplungen bzw. innovative Infrastrukturlösungen⁴ im Allgemeinen in zwei Kategorien einteilen: a) solche, die bestehende Dienste durch Synergien zwischen Systemen bzw. neue Systemelemente verändern (Beispiele siehe oben) und b) solche, die durch eine neuartige Kopplung gänzlich neue Dienste schaffen (Beispiel: virtuelle Fuhrparks im privaten Carsharing).

Systematisierungsversuche, die die entstandene große Breite der Nischen und Lösungen strukturieren, sind teils in den Arbeiten RELIS und TRAFIS dokumentiert. An dieser Stelle soll ein weiterer Schritt zur Systematisierung unternommen werden. Das Ziel der Systematisierung ist die Schaffung einer gut nachvollziehbaren Ordnung der innovativen (potenziell nachhaltigen) Infrastrukturlösungen. *Unter „potenziell nachhaltig“ verstehen wir vereinfacht, dass der Charakter der Kopplung einen Anlass gibt zu der Annahme, dass diese Kopplung einen Beitrag zu mehr Nachhaltigkeit einschließlich Resilienz leisten kann.*

Systematisierungen sind grundsätzlich nach verschiedenen Merkmalen denkbar. Dabei sollte die Merkmalsauswahl idealerweise eine Zuordnung eines Objekts (in unserem Fall einer innovativen Infrastrukturlösung) zu nur einer Kategorie ermöglichen. Auf Grund der zumeist intersektoralen Kopplung der Infrastrukturen erscheint eine Systematisierung nach Kategorien und Unterkategorien von Sektoren öffentlicher Dienstleistungen nicht zielführend. Eine solche könnte genutzt werden, um aufzuzeigen, innerhalb welcher Sektoren aktuell besonders häufig Kopplungen zu beobachten sind.

Zwei unterschiedliche Systematisierungen sind in TRAFIS (1) vorgeschlagen worden – a) nach Politikfeldern und b) nach funktionalen Bereichen – die dieser Anforderung weitgehend genügen (im Anhang). Die im Weiteren vorgeschlagene Systematisierung (Tabelle 1) greift diese Ansätze auf und verfeinert die Klassifikation, ohne einen gänzlich neuen Ansatz zu verfolgen. Wie auch schon einer der beiden TRAFIS-Systematisierungsansätze, geht auch diese Systematisierung funktional vor. Unterscheidendes Kriterium der vorgeschlagenen Kategorien ist die angenommene Hauptveränderung, die der Kopplungstyp bewirkt, verglichen mit dem nicht-gekoppelten Betrieb. Dabei geht es nicht um eine Wirkungsbewertung, sondern um das Grundverständnis der Kopplung. Die Klassen sind, wie schon bei TRAFIS explorativ aus dem Bestand der identifizierten Infrastrukturlösungen abgeleitet. Eine zweite Untergliederungsebene hat sich in der Systematisierung nicht konsistent umsetzen lassen, da Kopplungen sich oft nicht eindeutig zuordnen lassen.

⁴ Der Begriff der **innovativen Infrastrukturlösung** steht für nicht etablierte (zumeist) technische Lösungen oder neuartige Kopplungen grundsätzlich etablierter Lösungen

Grundsätzlich sind alle Sektoren an innovativen Kopplungen mit Nachhaltigkeitspotenzial beteiligt. Die abgeleiteten Kategorien zeigen deutlich die Schwerpunkte der entwickelten Kopplungen. Diese liegen in den Bereichen

- ▶ Gewinnung und Speicherung von Energie sowie der Netzstabilisierung,
- ▶ Vernetzte Verkehrsdienste sowie
- ▶ Stoffkreisläufe

Einige wenige der weiteren identifizierten Kopplungen sind dem optimierten Betrieb und Sonstigem zuzuordnen.

Tabelle 1: Systematisierung innovativer Infrastrukturkopplungen

Nr.	Kategorien
1	Gewinnung und Bereitstellung alternativer Energien (Strom, Gas, Wärme)
2	Flexibilisierung der Energiebereitstellung durch Pufferung und Lastverschiebung
3	Vernetzte Verkehrsdienste einschließlich, multimodales öffentlicher Angebote, Sharing-Dienste, Logistik
4	Stoffkreisläufe
5	Sonstiges/Neue Dienste, optimierter Betrieb

Quelle: eigene Darstellung

1.2.3 Eignung von Kopplungen für eine Verbreitung

Die Einschätzung der Eignung für eine Verbreitung ist ein im Vorhaben vorgesehener pragmatischer Schritt, um sicherzustellen, dass die ausgewählten Infrastrukturkopplungen tatsächlich wesentliche Parameter erfüllen, die sie geeignet bzw. prädestiniert für eine weitergehende Verbreitung machen. Dieser Schritt erfolgt durch eine Einschätzung ausgewählter Parameter, auch unter Zuhilfenahme der Expertenbewertungen der 14 synthetischen Fälle aus TRAFIS (1). Zusätzlich werden nach Möglichkeit die in Fallstudien in TRAFIS 2 eingebundenen Expert*innen konsultiert. Die Einschätzung erfolgt basierend auf eigenen Arbeiten in TRAFIS 1, dem vorhandenen Wissen über Infrastrukturen und Kopplungen, sowie einem Review von Literatur und Dokumenten durch das Konsortium. Sie ist eine Indikation für eine potenzielle Eignung v. a. mit dem Ziel, sicher ungeeignete gekoppelte Infrastrukturlösungen aus der Betrachtung auszuschließen.

Die Eignung innovativer Infrastrukturlösungen für eine Verbreitung ist eine Frage nach der prospektiven Einschätzung, inwieweit eine Innovation grundsätzlich das Potenzial hat, von der Umsetzung einer kleinen Anzahl von Innovatoren oder Erstanwendern (early adopters) zu einer Lösung für die Mehrheit zu werden (Rogers 2003). Es ist daher auch eine Frage nach der Reife der jeweiligen technischen Lösung, nach den nötigen Rahmenbedingungen oder nach der Akzeptabilität im Sinne der Konsistenz der Lösung mit gesellschaftlichen Prioritäten und möglichen Nebenwirkungen, wie potenziell steigenden Kosten, sowie nach Wirtschaftlichkeit aus Betreibersicht.

Tabelle 2: Kriterien für die Einordnung der Eignung einer Infrastrukturlösung für die Verbreitung

Faktor*	Kriterium**	Operationalisierung
1. Ressourceneffizienz und Resilienz	1.1 Basierend auf Kriterien von TRAFIS.NB können positive Wirkungen in Bezug auf Ressourceneffizienz und/oder Resilienz grundsätzlich erwartet werden.	Kriterien und Indikatoren, beschrieben im Bewertungswerkzeug „Nachhaltigkeitscheck“, Vorhaben TRAFIS (Olfert et al. 2020a)
2. Technologische Reife	2.1 Die Lösung ist in Pilotanlagen erprobt und erreicht Technology Readiness Level 7 (TRL 7: Test eines System-Prototyps im realen Einsatz)	Stufen der Technologischen Reife werden teilweise unterschiedlich definiert. Eine Übersicht, auch unter Beachtung der Überlappung der Stufen, bietet Frerking (2016)
	2.2 Der Betrieb der Technologie kann durch existierende Fachkräfte/Berufsbilder sichergestellt werden.	Die Auswahl dieses Aspekts beruht auf dessen Bedeutung in Gesprächen in laufenden Fallstudien im Vorhaben TRAFIS.
3. Institutionelle und übergeordnete Rahmenbedingungen	3.1 Aktuelle Regelwerke und Normungen und daran angeschlossene Vorgänge (z. B. Haftungsfragen) stehen der Umsetzung nicht entgegen	Die Kompatibilität mit geltenden Regelwerken, Normungen etc. sind ein zentrales Kriterium für die Umsetzung und den Betrieb innovativer Infrastrukturlösungen (Hölscher et al. 2020).
4. Gesellschaftliche Akzeptanz	4.1 Gesellschaftliche Prioritäten bzw. Werte lassen Aufgeschlossenheit gegenüber der Lösung erwarten (z. B. Klimaschutz)	Entspricht „compatibility“ nach Rogers (2003): Compatibility is the degree to which an innovation is perceived as consistent with the existing values, past experiences, and needs of potential adopters.“
	4.2 Ökonomische Barrierefreiheit: Nutzung der Infrastrukturdienstleistung erfordert nur geringe nutzerseitige Investitionen, die sich amortisieren.	Die ökonomischen Auswirkungen auf Nutzerseite erwiesen sich als explizit bedeutend bei der Delphi-basierten Befragung zum Bewertungswerkzeug „Nachhaltigkeitscheck“ und bedürfen einer expliziten Beachtung, TRAFIS (Olfert et al. 2020b).
	4.3 Technologische Barrierefreiheit: Nutzung der Lösung erfordert keine spezifischen technologischen Kompetenzen/Vorkenntnisse seitens der Nutzer*innen (i.S. von: Nutzer müssen keine „digital natives“ sein)	Die technologische Erreichbarkeit neuartiger Dienstleistungen stellt durch ihre häufige Basierung auf IKT eine Herausforderung für Teile der Bevölkerung dar (vgl. z. B. Yao et al. 2011). Dies ist damit eine Frage nach der Inklusivität der angebotenen Lösungen, wie in Befragungen in der der Stadt Augsburg (Hirschnitz-Garbers et al. 2020a) und Dresden (Olfert und Hirschnitz-Gabers 2020) gezeigt werden konnte.
5. Wirtschaftlichkeit	5.1 Der Investition steht keine Wirtschaftlichkeitslücke gegenüber	Im Gegensatz zu privatwirtschaftlich angebotenen Diensten, welche in erster Linie gewinnorientiert ausgerichtet sind (vgl. z. B. beispielhafte risk-reward chart in

Faktor*	Kriterium**	Operationalisierung
		<p>Olechowski et al. 2020, S. 8), handelt es sich bei den durch uns betrachteten Diensten der Daseinsvorsorge mehrheitlich um Dienstleistungen im öffentlichen Interesse, von denen viele nach dem Kostendeckungsprinzip erbracht werden (Wasser, Abwasser), andere eine Gewinnansicht verfolgen (z. B. Energie) andere wiederum mangels der Möglichkeit der Internalisierung von Nutzen und Kosten auch nicht die Absicht einer Kostendeckung verfolgen (z. B. öffentlicher Verkehr).</p> <p>Ein aus wirtschaftlicher Sicht nachvollziehbares Kriterium der Risikoreduktion und Gewinnmaximierung ist hier daher nicht angesetzt. Wir schlagen vor, das Fehlen einer Wirtschaftlichkeitslücke als ausreichenden Hinweis auf Verbreitungsfähigkeit zu betrachten. Nicht zuletzt auch, da innovative Lösungen erst mit der Zeit und mit einsetzenden Skaleneffekten Effizienzen entwickeln, die das Nutzen-Kosten-Verhältnis positiv beeinflussen können.</p>

Quelle: * Faktor 1 ist eine inhaltliche Setzung in TRAFIS, da die Verbreitung nur solche Ansätze betrifft, die Nachhaltigkeitspotenzial haben (Olfert et al. 2020a); Faktoren 2 bis 5 sind Ergebnis der Untersuchung von Einflussfaktoren im Vorhaben TRAFIS (vgl. Synthese in Hirschnitz-Garbers et al. 2020b); ** Die Bewertungskriterien sind Ergebnis der Zusammenstellung auf Basis der bisherigen Arbeiten in TRAFIS, ergänzt durch weitere Quellen.

Im Rahmen des Vorhabens TRAFIS wurde anhand abgeschlossener lokaler Infrastrukturinnovationen herausgearbeitet, dass technische, institutionell-organisatorische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Faktoren (Hölscher et al. 2020; Hirschnitz-Garbers et al. 2020b) das Gelingen maßgeblich beeinflussen. Wir nutzen diese vier Kategorien, um sie auf Basis unserer Arbeiten in TRAFIS 2 und durch Heranziehen weiterer Quellen mit Kriterien zu untersetzen, die eine potenzielle Eignung für eine Verbreitung in den genannten Kategorien beschreiben. Langfristiges Ziel könnte die Entwicklung eines umfangreichen Bewertungsansatzes für erfolgreiche Infrastrukturinnovationen sein. Dieses ist im geplanten Rahmen des Vorhabens noch nicht vorgesehen. Die hier verwendete Bewertung stellt vielmehr einen pragmatischen Schritt dar, die in den Vorhaben TRAFIS und TRAFIS 2 bearbeiteten Fälle in Bezug auf ihre Verbreitungseignung gegenüberzustellen.

Für die Bewertung ausgewählte Eigenschaften, die die Eignung der Verbreitung einer Infrastrukturlösung beschreiben können, sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Da es sich um eine Einschätzung von Innovationen handelt, bietet sich eine vereinfachte Skala an, die eine grundlegende Zuordnung ermöglicht, aber keine Genauigkeit vortäuscht, die im Rahmen des Vorhabens nicht möglich ist. Vorgeschlagen ist daher eine dreistufige Skala:

- (2) Kriterium wird bereits gut erfüllt – diese Bewertung deutet auf eine gute Eignung zur Verbreitung.
- (1) Erste Ansätze zur Erfüllung des Kriteriums sind erkennbar – diese Bewertung reicht in der Regel nicht aus, um eine Eignung zur Verbreitung anzunehmen, sie kann im Einzelfall angenommen werden.
- (0) Kriterium ist auch im Ansatz nicht bis kaum erfüllt – eine Eignung für die Verbreitung ist nicht gegeben.
- (?) Bewertung des Kriteriums hängt stark am regulativen Rahmen bzw. der individuellen Umsetzung.
- (X) Kriterium ist bei dieser Kopplung nicht bewertungsrelevant.

Die Einordnung der Eignung einer Infrastrukturlösung für die Verbreitung anhand der hier aufgestellten Kriterien setzt ein hohes Maß an Wissen über die innovativen Kopplungen voraus. Es ist davon auszugehen, dass z. B. in Bezug auf Fragen der technologischen Reife oder der ökonomischen Wirkungen für viele Kopplungen eine begrenzte Wissensgrundlage (begründet durch die Breite und Spezifik der Fragestellungen) im Konsortium besteht. Die Einordnung soll daher nur für eine Kernausswahl der systematisierten Infrastrukturkopplung durch das Projektteam erfolgen, darunter

- ▶ **Priorität 1:** die bis zu 10 im Arbeitspaket 2 ausgewählten Kopplungsfälle mit Unterstützung der Interviews in den Fallstudien.
- ▶ **Priorität 2:** Auswahl weiterer Kopplungen, die mit dem Wissen im Konsortium anhand der aufgestellten Kriterien eingeordnet werden können. In die engere Auswahl rücken hier z. B. die 14 in TRAFIS 1 im Rahmen der Delphi-basierten Bewertung und teilweise die unter Leitung des DRIFT analysierten Kopplungen.

Anhang A.1 präsentiert die Systematisierung innovativer Infrastrukturkopplungen und Bewertung ihrer potenziellen Eignung zur eine Verbreitung.

1.3 Verbreitung – Begriffsdiskussion

Im Zuge der Arbeiten wurden die Begrifflichkeiten Mainstreaming, Verbreitung, Ausbreitung, Diffusion und Regionalisierung untersucht. Nach den Arbeiten wurde eine weitere Verwendung der Begriffe „Ausbreitung“ und „Regionalisierung“ aufgrund geringer Verwendung verworfen. Der Begriff „Mainstreaming“ wird ebenfalls eher weniger im Kontext von Nachhaltigkeitsinnovationen verwendet, er findet verstärkt im Bereich „Gender“ Verwendung und scheint weniger für TRAFIS geeignet.

Wir schlagen vor, die Begriffe Diffusion und Verbreitung im weiteren Projektverlauf zu verwenden, wobei Diffusion den Prozess der Verbreitung einer Nachhaltigkeitsinnovation **beschreiben sollte und „Verbreitung“ das Ergebnis darstellt. Folgende Begriffsdefinitionen liegen den Arbeiten zugrunde:**

„Verbreitung“ bedeutet die Vervielfältigung und Durchsetzung einer Innovation in einem bestimmten geographischen Gebiet oder in einem gewissen Maße, was reale Veränderungen sozialer Systeme zur Folge hat. Es kann somit zwischen geographischer Verbreitung (innerhalb eines bestimmten Gebietes) und Verbreitung zwischen Akteuren (vermehrte Nutzung) unterschieden werden.

„Diffusion“ ist der Prozess der Verbreitung einer Innovation im Zeitverlauf durch eine wachsende Anzahl von Akteuren, die diese Innovation anwenden oder umsetzen, in einem immer größer werdenden räumlichen Gebiet.

Die Begriffe Mainstreaming, Verbreitung, Ausbreitung, Diffusion und Regionalisierung lassen sich insgesamt wie folgt einordnen und voneinander abgrenzen.

1.3.1 Verbreitung

Definition: Für TRAFIS 2 schlagen wir die Verwendung des Begriffs „Verbreitung“ als Beschreibung eines Ergebnisses vor: **Verbreitung bedeutet die tatsächliche Vervielfältigung und Durchsetzung einer Nachhaltigkeitsinnovation bei unterschiedlichen Akteuren in einem bestimmten geographischen Gebiet, was reale Veränderungen sozio-technischer Systeme zur Folge hat.** Der Begriff umfasst damit sowohl die geographische Verbreitung (innerhalb eines bestimmten Gebietes) als auch Verbreitung zwischen Akteuren (vermehrte Nutzung), da beides eng miteinander zusammenhängt.

Herleitung: Der Begriff der Verbreitung wird in bundespolitischen sowie wissenschaftlichen Texten oftmals undefiniert verwendet. Verbreitung wird teilweise auch als synonym mit Diffusion und damit bezogen auf Verbreitungsprozesse (als bewusste oder unbewusste Handlung des Verbreitens) verwendet. In wenigen Fällen wird Verbreitung auch auf unerwünschte Entwicklungen angewendet, wie Verbreitung von Krankheiten durch Klimawandel (siehe zum Beispiel die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel der Bundesregierung im Jahr 2008).

Meistens wird Verbreitung als Ergebnis verwendet: der Zustand, in einem bestimmten Raum oder in einem gewissen Maße verbreitet zu sein (Howaldt und Schwarz 2010). Verbreitung als Ergebnis stellt die reale Veränderung sozialer Systeme in den Vordergrund: bezogen auf die Verwendung neuer Technologien, Designs, Dienstleistungen, aber auch soziale Innovationen (z. B. neue soziale Beziehungen, neue Praktiken), organisatorische Innovationen (z. B. neue Management-Prozesse) und Marktinnovationen (z. B. neue Geschäftsmodelle) (Howaldt und Schwarz 2010; Lüdeke-Freund 2017; Schönborn 2019). Hier wird Verbreitung meist normativ in Verbindung mit der Umsetzung von Lösungen zur Bewältigung konkreter Problemstellungen

verwendet (z. B. Verbreitung von Umweltinnovationen) (Naumann et al. 2015; BMUB 2015; Lüdeke-Freund 2017; Bundesregierung 2019).

1.3.2 Diffusion

Definition: Diffusion beschreibt den Prozess der Verbreitung einer Nachhaltigkeitsinnovation im Zeitverlauf, angetrieben durch die Kommunikation zwischen den Akteuren eines sozio-technischen Systems.

Herleitung: Der Begriff „Diffusion“ wird in einer Vielzahl von Fachrichtungen verwendet, insbesondere im naturwissenschaftlich-technischen Bereich. Dies gilt es insbesondere in der Kommunikation mit Partnern aus diesen Bereichen zu bedenken.

In den untersuchten politischen Dokumenten findet der Begriff begrenzt Anwendung, u. a. bezogen auf die Einführung und den Prozess einer Verbreitung in soziale Systeme, eine Verwendung, die auch in der Betriebswirtschaft üblich ist. Das BMBF förderte das Vorhaben „Diffusionspfade von Nachhaltigkeitsinnovationen“, und lenkt damit den Blick ebenfalls auf die Wege der Verbreitung.

In der deutschsprachigen wissenschaftlichen Diskussion über die Verbreitung von Nachhaltigkeitsinnovationen wird der Begriff Diffusion intensiv genutzt. Vielfach wird sich dabei auf die Definition im Referenzwerk „Diffusion of Innovations“ (Rogers 2003) gestützt: *„Diffusion is the process in which an innovation is communicated through certain channels over time among the members of a social system.“* Diese prozessorientierte Sichtweise wird aber teilweise auch um eine Ergebnisdimension ergänzt: *„Diffusion ist der Prozess der Anwendung einer Innovation durch eine wachsende Anzahl von Adoptoren und umfasst den Zeitraum nach der erstmaligen erfolgreichen Anwendung bzw. nach der erfolgreichen Markteinführung“* (Clausen et al. 2011). Gerade Untersuchungen zur Einführung technischer Innovationen trennen teils unscharf zwischen Prozess und Ergebnis in der Nutzung des Diffusionsbegriffs. Zeitlich wird „Diffusion“ in verschiedenen Publikationen, die sich mit technischen Innovationen befassen, nach der Markteinführung und vor Durchsetzung am Markt angeordnet. Die Zeiträume und Ausgang, also erfolgreiche oder nicht erfolgreiche Einführung, je nach Innovation stark variieren können (Klinglmair et al. 2015). In der politologischen Diffusionsforschung wird überdies die Abgrenzung zur Institutionalisierung vorgenommen, welche die normative Verankerung darstellt (u. a. Kristof 2010).

1.3.3 Mainstreaming

Wir verstehen Mainstreaming als Unterbegriff von Verbreitung und Diffusion, bezogen auf politisch-institutionelle Verbreitungsprozesse zur – horizontalen und vertikalen – Verbreitung eines Themas in andere Politik- und Arbeitsbereiche, damit es in allen Entscheidungsprozessen und Handlungsfeldern berücksichtigt wird. Der Begriff Mainstreaming erscheint im Kontext der Arbeiten in TRAFIS nicht geeignet bzw. missverständlich, vor allem wenn er in der Kommunikation mit Praxisakteuren verwendet wird.

Herleitung: Mainstreaming wird innerhalb der untersuchten bundespolitischen Dokumente ausschließlich im Kontext von Klimawandelanpassung verwendet. Darin, sowie auch in wissenschaftlicher Literatur, findet der Begriff hauptsächlich in Bezug auf die querschnittsübergreifende Integration von Klimawandelanpassung in politischen und administrativen Entscheidungsprozessen Anwendung (von Winterfeld und Schüle 2010; Schüle et al. 2016; Born et al. 2016). Oftmals wird „Gender-Mainstreaming“ besonders hervorgehoben (vgl. z. B. Howaldt und Schwarz 2010; Birkmann et al. 2013).

Birkmann et al. (2013) definieren in ihrem „Glossar Climate Adaptation“ den Begriff Mainstreaming als „die Reorganisation, Verbesserung, Entwicklung und Evaluation von Entscheidungsprozessen in allen Politik- und Arbeitsbereichen einer Organisation in Bezug auf die Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels“. Durch Mainstreaming werden politische Ziele, Strategien, Maßnahmen, Instrumente etc. querschnittsorientiert in alle Politik- und Arbeitsbereiche (z. B. Gesetze, Kriterienkataloge, Fördermaßnahmen, tägliche Planungspraxis, Verwaltungsstrukturen) aufgenommen, um sie in alle Entscheidungsprozesse und Handlungsfelder – in verschiedenen Sektoren und auf verschiedenen Ebenen – zu integrieren (Birkmann et al. 2013).

1.3.4 Regionalisierung

Der Begriff Regionalisierung wurde weder in den ausgewerteten bundespolitischen Dokumenten noch in der wissenschaftlichen Literatur im Kontext von Nachhaltigkeitsinnovationen vorgefunden. Aufgrund der fehlenden thematischen Einbindung des Begriffs Regionalisierung in den Kontext von TRAFIS 2 – und da die o. g. Begriffe Verbreitung und Diffusion den Aspekt einer räumlichen Verbreitung von der lokalen auf eine regionale Ebene bzw. von lokalen auf regionale Akteure umfasst – schlagen wir vor, den Begriff im Rahmen des TRAFIS-2-Projekts nicht zu verwenden.

Herleitung: Der Begriff „Regionalisierung“ wird im Vergleich zu den anderen untersuchten Begriffen wenig in politischen oder wissenschaftlichen Dokumenten verwendet, in keinem der untersuchten Dokumente wurde der Begriff definiert. Grundsätzlich bezeichnet der Begriff laut Duden die kleinräumige Vernetzung von (wirtschaftlichen) Aktivitäten und die Betonung regionaler Qualitäten.

In den untersuchten bundespolitischen Dokumenten wird der Begriff in Bezug auf „Regionalisierungsmittel“, also finanzielle Fördermittel verwendet. Des Weiteren in der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ sowie in einigen wissenschaftlichen Abhandlungen in Bezug auf die räumliche Auflösung von Klimamodellen. Weitere Verwendung findet der Begriff in Bezug auf die Regionalisierung von Wertschöpfungsketten und die „Regionalisierung“ von Politikansätzen, d. h., bei an lokale Problemlagen angepassten Politikansätzen.

Eine ausführliche Herleitung der Begriffsdiskussion findet sich in Anhang A.2.

2 Ansätze zur Unterstützung der Verbreitung auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene – Synthese

2.1 Zielsetzung und Vorgehen

Ob und inwiefern innovative Infrastrukturkopplungen in Deutschland gut umgesetzt werden können oder nicht, hängt wesentlich von der politischen Rahmung und von bestehenden Ansätzen und Mechanismen ab, die eine Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungen unterstützen können. Daher untersucht die hier vorliegende Analyse bestehende politische Ansätze und Mechanismen für (eine Unterstützung der) Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential. Betrachtet wurden insgesamt 13 Fallstudien auf unterschiedlichen Ebenen, die sowohl „Top-down“- (Bund und ausgewählte Bundesländer) als auch „Bottom-up“-Ansätze (in ausgewählten Regionen/Kommunen) umfassen. Die Auswahl der Fallstudien beruht einerseits auf den Fallbeispielen aus (Hirschnitz-Garbers et al. 2020a), andererseits auf bekannten beispielhaft relevanten Infrastrukturkopplungen auf kommunaler und regionaler Ebene aus den Projekterfahrungen der beiden TRAFIS-Projektpartner BTU und IÖR.

Tabelle 3: Liste der untersuchten Fallstudien

Bund & Länderebene (Top-Down)	Landkreis bzw. kommunale Ebene (Bottom-Up)
Bund	
Bayern	Augsburg Rödental
Mecklenburg-Vorpommern	Schwerin
Nordrhein-Westfalen	Kreis Steinfurt
Sachsen	Dresden
Schleswig-Holstein	
Thüringen	Erfurt

Quelle: eigene Darstellung

Bestehende Ansätze in den Fallstudien wurden vor allem dahingehend untersucht, welche Synergieeffekte oder Konflikte sich in der Zusammenschau bzw. Verzahnung der Top-down- und Bottom-up-Ansätze ergeben können. Daraus soll abgeleitet werden, inwieweit sich aus der politischen Rahmung **Chancen und Hemmnisse für eine Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential** ergeben und welche zusätzlichen Handlungen auf Bundes-, Landes-, oder kommunaler Ebene geeignet erscheinen, um die Verbreitung voranzutreiben.

Dafür wurde ein strukturiertes, aber exploratives Vorgehen gewählt, was sich vor allem auf Quellenauswertung (Dokumentenanalyse) stützt, kombiniert mit einer kleinen Anzahl telefonischer Interviews. Zunächst wurden für die Bundesebene sowie für die Ebene der Bundesländer, in denen beispielhaft relevante Infrastrukturkopplungen bekannt sind, verfügbare relevante politischen Konzepte und Strategien gesammelt (z. B.

Klimaschutzkonzepte, Energie- bzw. Nachhaltigkeitskonzepte) und nach relevanten Inhalten zum Thema Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen durchsucht. Auf Ebene der Kommunen und Regionen (Kreise), in denen die o. g. beispielhaft relevanten Infrastrukturkopplungen liegen, würden ebenfalls verfügbare Dokumente (z. B. Klimaschutzkonzepte) durchsucht.

Konkret wurden die jeweiligen Dokumente und Konzepte nach den folgenden Schlagworten durchsucht und analysiert:

- ▶ kopp* (für den Begriff Kopplung in allen möglichen Kombinationen)
- ▶ infrastruktur* (für den Begriff Infrastruktur in allen möglichen Kombinationen)
- ▶ innovat* (für den Begriff innovativ bzw. Innovation)
- ▶ sektor* (für den Begriff Sektor in allen möglichen Kombinationen)
- ▶ Sektorkop* bzw. Sektorenkop* (für den Begriff Sektor-/Sektorenkopplung)
- ▶ sektorü* bzw. sektorenü* (für den Begriff sektor/sektorenübergreifend)

Die Breite der vorgenannten Schlagworte sollte sicherstellen, in den z. T. über 100 Seiten langen Dokumenten keine potentiell relevanten Textstellen zu übersehen. Alle auf diese Weise gefundenen Textstellen wurden im nächsten Schritt auf den Zusammenhang von Ansätzen zur Verbreitungsunterstützung von Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential analysiert. Als Hilfsmittel wurde ein gemeinsames Analyseraster für alle Fallstudien verwendet, in welches die Ergebnisse eingetragen wurden (siehe Anhang B.1).

Für Fälle, für welche die ermittelten Informationen als nicht ausreichend eingeschätzt wurden, haben wir zusätzlich telefonische, leitfadengestützte Expert*innen-Interviews geführt, um Lücken zu füllen und Erkenntnisse der Dokumentenanalyse zu ergänzen. Insgesamt wurden neun telefonische Experteninterviews geführt, davon drei mit Vertreter*innen der Bundesländer und sechs mit Akteuren der kommunalen Ebene. Unter den Interviewpartner*innen waren sowohl wirtschaftliche Akteure als auch Vertreter*innen der öffentlichen Verwaltung vertreten (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Übersicht der geführten Telefoninterviews

Fallanalyse	Ebene	Interviewpartner/in	Datum des Interviews
Bayern	Bundesland	Zwei Mitarbeiter*innen der Bayern.Innovativ	10.6.2020
Mecklenburg-Vorpommern	Bundesland	Mitarbeiter*in der Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern GmbH (LEKA MV)	10.8.2020
Thüringen	Bundesland	Mitarbeiter*in der Thüringer Energie- und GreenTech Agentur (THEGA)	5.8.2020
Augsburg	Kommune	Mitarbeiter*in des Umweltamtes Augsburg	5.11.2020
Dresden	Kommune	Mitarbeiter*in der Dresdner Verkehrsbetriebe AG (DVB)	3.7.2020
Erfurt	Kommune	Mitarbeiter*in der Stadtwerke Erfurt Energie GmbH	3.9.2020
Rödental	Kommune	Mitarbeiter*in der Gemeinde Rödental, Arbeitskreis Klimaschutz	9.11.2020

Fallanalyse	Ebene	Interviewpartner/in	Datum des Interviews
Schwerin	Kommune	Mitarbeiter*in der Stadtwerke Schwerin GmbH	6.10.2020
Steinfurt	Kreis	Mitarbeiter*in der Kreisverwaltung Steinfurt	8.9.2020

Quelle: eigene Darstellung

Im Folgenden werden zentrale Erkenntnisse aus dem Vergleich aller Fallstudien dargestellt. Dabei liegt der Fokus auf besonders vielversprechende Ansätze, die eine Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential unterstützen. Wenn aus den explorativen Analyseergebnissen der Bezug zur o. g. Definition von Sektorkopplungen hervorgeht, wird der Begriff Sektorkopplung dort genannt. In allen anderen Fällen folgen wir unserem Begriffsverständnis von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential.

2.2 Zentrale Ansätze zur Unterstützung der Verbreitung von Infrastrukturinnovationen

Vier zentrale Ansätze, welche die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential unterstützen können, wurden in allen Fallstudienanalysen in der Desktop-Recherche gezielt untersucht und in den Expert*innen-Interviews explizit abgefragt:

1. Bildung und Weiterbildung relevanter Akteure
2. Förderung von Experimentierräumen und Demonstrationsprojekten
3. Netzwerkbildung
4. Institutionalisierung

Darüber hinaus wurden relevante Dokumente nach weiteren Unterstützungsansätzen untersucht und Interviewpartner*innen ebenfalls nach weiteren Ansätzen befragt. Diese sind zusammengefasst unter

5. weitere Unterstützungsmaßnahmen.

Zunächst sei mit Blick auf die Begriffsverwendungen festgehalten, dass die Begriffe Sektorkopplung und Infrastrukturkopplungen sowohl in den analysierten Dokumenten als auch im Sprachgebrauch der Interviewpartner*innen unterschiedlich und z. T. synonym verwendet werden. So fällt auf, dass in den untersuchten Dokumenten auf

- ▶ Bundesebene der Begriff Sektorkopplung in der o. g. Definition nach UBA (2019a) an vielen Stellen als ein strategisches Ziel und zu unterstützender Gegenstand verwendet wird;
- ▶ Länderebene insbesondere der Begriff Sektorkopplung in der o. g. Definition verwendet, jedoch oftmals auf Kraft-Wärme-Kopplung, Elektrifizierung der Mobilität sowie PtG eingeschränkt wird;
- ▶ kommunaler und Kreisebene oftmals nur der Begriff Kraft-Wärme-Kopplung oder in wenigen Fällen (z. B. Augsburg und Steinfurt) der Begriff Sektorkopplung mit Blick auf die Vernetzung von Energie und Mobilität ohne weitere Begriffsklärung genutzt wird.

In den Interviews haben die Interviewpartner*innen auf Länderebene die Begrifflichkeiten innovative Infrastrukturkopplungen und Sektorkopplung ohne weitere begriffliche Trennung oftmals synonym verwendet. Gleichzeitig gingen sie in ihren Ausführungen aber insbesondere

auf Ansätze und Beispiele ein, die sich der o. g. Definition des Begriffs Sektorkopplung zuordnen lassen.

Auf Ebene der kommunalen Interviewpartner*innen lässt sich insgesamt eine eher geringe Vertrautheit mit den Begriffen innovative Infrastrukturkopplungen und Sektorkopplung in Verwaltungen berichten. Die befragten Stadtwerks-Akteuren hingegen waren mit den Begrifflichkeiten sehr vertraut, nutzten aber beide Begriffe eher synonym oder bezogen sich alternativ auf den Begriff „integrierte Entwicklungen“. Auf Kreisebene (Steinfurt) war die Vertrautheit hoch, hier stand jedoch der Begriff Sektorenkopplung im Vordergrund.

2.2.1 Bildung und Weiterbildung relevanter Akteure

In den analysierten Dokumenten auf Bundes- und Länderebene wird die Bildung und Weiterbildung zum Thema innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential (z. B. Sektorenkopplung) kaum thematisiert. Als Unterstützungsmaßnahme für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen stehen Bildungs- und Weiterbildungsangebote nach Befunden dieser explorativen Analyse aktuell nicht im Fokus.

In der Perspektive der Energieagenturen auf Länderebene in Mecklenburg-Vorpommern und Thüringen stellen Weiterbildungsangebote allerdings ein wichtiges Instrument sowohl für eine Stärkung der Nachhaltigkeit generell als auch für die Stärkung von Sektorkopplung – im Sinne der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energie – dar. Die Interviewpartnerin der Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern (LEKA MV) sieht dabei auch einen Zusammenhang mit der Akzeptanz von innovativen Technologien zur Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien, z. B. für den Einsatz von Biogas in Nahwärmenetzen: „Hochskalierung wollen alle, das hört sich gut an. Das ist aber in der Fläche aufgrund fehlender Akzeptanz und Relevanz des Themas oder auch nur von erneuerbaren Energien schwierig“ (Interview LEKA MV, 10.8.2020). Konkret ist die LEKA MV bestrebt, Wissen und Kenntnisse im Bereich Energie und Klimaschutz durch Schulungen für Bürgermeister*innen und Gemeindevertreter*innen dezentral vor Ort zu verbessern – denn hier fehle es auch am Wissen bzw. Verständnis der Begriffe Infrastrukturkopplung sowie Sektorkopplung und was in diesem Zusammenhang auf der kommunalen Ebene alles möglich ist. Eine wichtige Aktivität der Thüringer Energie- und GreenTech Agentur (THEGA) ist es seit 2020, vierteljährlich alle kommunalen Klimaschutzmanager*innen für Fortbildungen zusammenbringen. Dabei steht das gegenseitige voneinander Lernen im Vordergrund (peer learning), auch zu den Themen Infrastrukturkopplung und Sektorkopplung. Allerdings erreiche man mit diesem Angebot nur jene Kommunen mit Klimaschutzmanager*innen, d. h. ca. die Hälfte der Kommunen Thüringens. Die Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur (THEGA) bildet kommunale Energiemanager aus und kann so auch kleine Kommunen erreichen. Neben den kommunalen Klimaschutzmanager*innen sind aus Sicht der Interviewpartnerin insbesondere auch die Stadtwerke Treiber für die Infrastrukturkopplung (verwendeter Begriff: Sektorenkopplung), denn sie haben die Netze und den Bezug zu den lokalen Kund*innen. Daher werden deren Mitarbeiter*innen als eine weitere zentrale Zielgruppe für Fortbildungen zur Infrastrukturkopplung und Sektorkopplung wahrgenommen.

Befragte Akteure aus Kommunal- und Kreisverwaltungen sehen Angebote zur Bildung und Weiterbildung von Schlüsselakteuren im Themenbereich Sektorenkopplung zwar auch als eine notwendige Maßnahme für die Verbreitung und Umsetzung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential an, allerdings nicht als Einzelmaßnahme, sondern im Zusammenhang mit weiteren und z. T. vorrangigen Ansätzen. So müsse in der Wahrnehmung der Kreisverwaltung Steinfurt zunächst ein Netzwerk etabliert sein, dann erst können sinnvolle und geeignete Weiterbildungsangebote geschaffen werden. Dies würde im

konkreten Fall der Wasserstoff-Mobilität im Kreis Steinfurt eine Teilaufgabe des geplanten Wasserstoff-Kompetenzzentrums darstellen, beispielsweise über Weiterbildungsangebote an Hochschulen, im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit oder technische Fortbildungen für Werkstätten. So erläuterte die Interviewpartnerin der Kreisverwaltung Steinfurt:

„Als Teil eines größeren Programms zur Unterstützung der Wasserstoff-Mobilität im Kreis Steinfurt werden Weiterbildungsangebote als sinnvoll angesehen und sind so auch vorgesehen. Als singuläre Maßnahme werden sie als weniger sinnvoll gesehen.“ (Interview Kreisverwaltung Steinfurt, 8.9.2020).

Weiterhin zeigen die Analyseergebnisse, dass in den meisten der untersuchten Fallbeispiele auf kommunaler Ebene keine konkreten Bildungs- und Weiterbildungsangebote zu innovativen Infrastrukturkopplungen oder Sektorkopplung bestehen und auch nicht eingeplant sind. Die Interviewpartner*innen aus Dresden und Erfurt (beide wirtschaftliche Akteure) betonten, dass viel Wissen eher durch Prozesslernen als über Weiterbildungsangebote eingeholt würde. Eine Ausnahme bildete Schwerin. Hier verwies der Interviewpartner auf bestehende Vortragsveranstaltungen in Verbandszusammenhängen und hob es als besonders wichtig hervor, dass Grundlagenthemen einfach und verständlich erklärt würden (Interview Stadtwerke Schwerin, 6.10.2020).

2.2.2 Förderung von Experimentierräumen und Demonstrationsprojekten

Die Schaffung von Experimentierräumen und Demonstrationsprojekten wird grundsätzlich und auf allen politischen Ebenen als wichtig eingeschätzt, um innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential verbreiten zu helfen. Ansätze, um Experimentierräume zu unterstützen, lassen sich auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene finden.

Die Bundesregierung unterstützt Experimentierräume für die Sektorkopplung in der o. g. Definition insbesondere dadurch, dass Mittel für die Forschungsförderung bereitgestellt werden. So wurden im 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung „Reallabore der Energiewende“ als neue Säule der Forschungsförderung etabliert und finanziell verstärkt. Konkret sollen große und thematisch umfassende Demonstrationsprojekte gefördert werden, die einen Pilotcharakter für die Transformation des Energiesystems haben (z. B. auch zur Sektorkopplung). Neben der Erprobung von innovativen Technologien sollen die Reallabore Wege zum „regulatorischen Lernen“ eröffnen, d. h. Testräume für eine Neugestaltung von Regulierungen schaffen (Bundesregierung 2019).

Ein weiteres relevantes Förderprogramm für die Verbreitung von Sektorkopplung in der o. g. Definition ist „SINTEG – Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende.“ Mit dem Programm fördert das BMWi Modellregionen, die innovative Technologien und Marktmechanismen für intelligente und flexible Netze und Märkte, auch als Beitrag zur Sektorkopplung, erproben. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Digitalisierung (Bundesregierung 2019). Das Corona-Konjunkturpaket vom 3. Juni 2020 sieht vor, die projektbezogene Forschung mit einem stärkeren Fokus auf Digitalisierung und Sektorkopplung auszuweiten und nennt dabei explizit die Förderprogramme SINTEG und „Reallabore der Energiewende“. Der Klimaschutzplan 2050 (BMUB 2015) sieht zudem vor, Musterquartiere im Gebäudebereich stärker zu fördern, die neue Formen der Vernetzung und Sektorenkopplung erproben.

Die Fallanalysen auf kommunaler und Länderebene zeigen, dass ein Bewusstsein bei den relevanten Akteuren für die Bedeutung von Experimentierräumen vorhanden ist. Es wird als sehr wichtig eingeschätzt, Möglichkeiten zu schaffen, um Ansätze und Lösungen für innovative Infrastrukturkopplungen auszutesten, Erfahrungen zu sammeln und ein Lernen zu ermöglichen.

Zahlreiche Experimentierräume und Pilotprojekte sind bereits umgesetzt oder geplant. Die Größenordnungen unterscheiden sich dabei sehr stark und reichen von einzelnen Anlagen, die als Demonstrationsprojekte dienen, bis hin zu ganzen Modellregionen.

Beispielsweise sieht Bayern in seiner Klimaschutzoffensive die Förderung einer Modellregion ‚Zukunft der Mobilität‘ vor, um innovative Lösungen für den Verkehrssektor zu erproben und ganzheitlich in den Blick zu nehmen. Neben innovativen Technologien steht dabei im Fokus, wie unterschiedliche Verkehrsträger vernetzt werden können und wie Schnittstellen zum Übergang vom Individualverkehr auf den öffentlichen Verkehr sowie nutzerfreundliche Mobilitätsplattformen aufgebaut werden können (BSMUV 2019, S. 56).

Gleichzeitig werden in Bayern zahlreiche kleinteiligere Demonstrationsprojekte gezielt gefördert und als Instrument genutzt, um innovative Technologien in die Breite zu tragen. So wurde z. B. im Rahmen eines vom Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie geförderten Forschungsprojekt („Power-to-Mobility“) eine spezielle Power-to-Gas-Anlage entwickelt und in Betrieb genommen, die auf einer mikrobiologischen Methanisierung basiert. Ziel ist, die Technologie durch einfache Nachrüstung bei bestehenden Bio- bzw. Klärgasanlagen einzusetzen. So kann deren Effizienz gesteigert und die durch Methanisierung gespeicherte Energie im Verkehr- oder Wärmesektor genutzt werden (BSMWLE 2019).

Ein wichtiger Beitrag von Experimentierräumen und Demonstrationsprojekten für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential besteht darin, dass mit ihnen Vertrauen in neue Technologien aufgebaut werden kann. Indem wirtschaftlichen Akteuren bzw. Nutzer*innen die Möglichkeit gegeben wird, neue Technologien kennenzulernen und auszuprobieren, können Vorbehalte abgebaut und die **Akzeptanz** gestärkt werden. Besonders deutlich wird dies im Fallbeispiel des Kreises Steinfurt, wo mit dem Konzept für eine regionale Wasserstoff-Wirtschaft (welche aus erneuerbaren Energien erzeugten grünen Wasserstoff für Verwendung in anderen Sektoren, z. B. in der Mobilität, nutzen will; siehe Hirschnitz-Garbers et al. 2020a) ein komplett neuer Markt aufgebaut werden soll. Mit Blick auf Wasserstoff-Mobilität gibt es vor Ort bislang weder Wasserstoff-Fahrzeuge noch Tankstellen, sodass die wirtschaftlichen Akteure im Kreis bisher keine Erfahrungen mit Wasserstoff-Technologien sammeln konnten. Die Kreisverwaltung legt daher in ihren Unterstützungsmaßnahmen einen Schwerpunkt auf das Thema Akzeptanz. Dabei gelte es, gleichzeitig Akzeptanz bei den Versorger*innen als auch bei den potenziellen Abnehmer*innen von Wasserstoff aufzubauen. Als wichtige Unterstützungsmaßnahme sieht die Kreisverwaltung ‚Roadshows‘, bei denen marktfähige Wasserstoff-Fahrzeuge ausprobiert werden können. Ein weiterer Ansatz sei, den Firmen im Kreis gezielt Fahrzeuge für zwei Wochen zum Ausprobieren bereitzustellen. Wichtig sei es dabei für die Anschlussfähigkeit an die Praxis, solche ‚Experimentierräume‘ ganz gezielt für die unterschiedlichen Anwender*innen-Gruppen zu schaffen – z. B. indem Entsorgungsfahrzeuge mit Wasserstoff-Technologie für Entsorgungsunternehmen bereitgestellt werden (Interview mit Akteur der Kreisverwaltung Steinfurt; Kreis Steinfurt 2020).

In anderen Fallbeispielen auf kommunaler Ebene hoben die wirtschaftlichen Akteure die Bedeutung des **Erfahrungslernens** hervor. Ein Vorteil von Experimentierräumen ist demnach, dass sie einen Schutzraum darstellen, in dem Fehler und Lernen bewusst vorgesehen und erlaubt sind. Wichtig sei dabei, dass ein partielles Scheitern nicht zwingend auf das Image der beteiligten Unternehmen zurückfalle. Die folgenden Erläuterungen des Akteurs der Dresdner Verkehrsbetriebe veranschaulichen dies:

„MOBipunkte sind ein Experimentierraum. Alles ist neu. Lösungen müssen neu entwickelt werden. Prozesse müssen quer laufen. Neue, auch informelle Allianzen sind wichtig, um

Lösungen und Entscheidungen schnell voranzubringen. So können Pilotierungen in kurzen Zeiträumen realisiert werden. Entscheidend ist, dass sich niemand den neuen Lösungen und Arbeitsweisen in den Weg stellt. So ist es möglich, dass MOBIpunkte auch auf privatem Gelände entstehen können.“

Die kommunalen Akteure in unseren Fallanalysen waren interessiert an den Förderprogrammen für Experimentierräume und Demonstrationsprojekte, wiesen jedoch auch auf einige Schwierigkeiten hin. Aus Sicht der Stadtwerke Erfurt kommen Pilotprojekte und ein Erfahrungslernen noch etwas zu kurz, da derzeitige Förderprogramme vor allem auf Konzepte ausgerichtet seien, weniger auf konkrete Projekte. Die Interviewpartnerin der Stadtwerke Schwerin sah dies ähnlich und wies darauf hin, dass die wissenschaftliche Begleitung der Erfahrungsgewinnung stärker in der Förderung verankert werden sollte.

Die Interviewpartnerin des Umweltamtes Augsburg berichtete dagegen von einer Desillusionierung, da Experimentierräume in der Stadt zwar stark gewünscht, diese in der Vergangenheit aber häufig schon in der Planungsphase gescheitert seien. Das liege zum einen an zu knappen Ressourcen bei den beteiligten (öffentlichen) Unternehmen, wie den Stadtwerken oder der Wohnungsbaugesellschaft. Gleichzeitig bestünden häufig Zielkonflikte und das Thema Klimaschutz würde nicht priorisiert (Interview Umweltamt Augsburg, 5.11.2020).

Insgesamt gesehen stellt die Förderung von Experimentierräumen und Demonstrationsprojekten in verschiedenen Größenordnungen einen sehr sinnvollen und wirksamen Mechanismus dar, um die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential zu unterstützen. Zu empfehlen ist dabei, nicht nur die Erprobung der Technik allein, sondern auch den Erfahrungsaustausch sowie regulatorisches Lernen gezielt mitzufördern.

Ein interessanter Vorschlag, um gezielt das regulatorische Lernen zu stärken, kommt von der Interviewpartnerin in Mecklenburg-Vorpommern. Eine Experimentierklausel soll es ermöglichen, bei Sektorkopplungs-Projekten den rechtlichen Rahmen vorübergehend „auszuschalten“. Die Idee dabei ist, in einer Projektphase von beispielsweise drei bis fünf Jahren über Experimentierklauseln rechtliche Rahmenbedingungen so zu verbessern, dass sie die wirtschaftliche Herausforderungen überwinden helfen, die in vielen Fällen durch die bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen bedingt sind, und so einen wirtschaftlichen Betrieb von Sektorkopplungs-Technologien und neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen (siehe IKEM 2018). Erkenntnisse aus der Experimentierphase können später der zukünftigen Ausgestaltung eines rechtlichen Rahmens dienen, der die Energiewende und Sektorkopplungen unterstützt (Interview LEKA MV, 10.8.20). Das Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern hat dafür eine Studie in Auftrag gegeben, die einen konkreten Gesetzesentwurf enthält (IKEM 2018). Experimentierklauseln könnten beispielsweise in zukünftige Innovationsausschreibungen integriert werden. Solche Experimentierklauseln könnten nach (IKEM 2018) u. a. darauf abzielen, für eine Teilnahme an diesen Experimenten

- ▶ Anlagenkopplungen – zwischen Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und mit Anlagen zur Umwandlung aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms in andere Energieträger – als neuen Anlagentypus zu verankern, um Erzeugung und Entnahme bestmöglich aufeinander abzustimmen und entsprechend system- und netzdienliches Verhalten zu ermöglichen,
- ▶ bei Anlagenkopplungen den Einspeisevorrang – wegen besserer Planbarkeit volatiler Energieträger durch die Kopplung – durch eine Quotenregelung zu ersetzen und die EEG-

Förderung auszusetzen (da der Strom nicht im Energiesektor verbleiben soll). Das gilt nur für Strom, der im Experiment angegeben und genutzt wird.

- ▶ Die Stromnebenkosten innerhalb der Anlagenkopplung, vor allem aus Stromsteuer und EEG-Umlage, auszugleichen und Netzentgelte in etwa der Höhe der Einsparung zu reduzieren, welche der Netzbetreiber durch Verzicht des Anlagenbetreibers auf den Einspeisevorrang hat.

Im Rahmen der bereits o. g. Förderprogramms SINTEG finden ähnliche, auf Kostenausgleich fokussierende Experimentierklauseln bereits Anwendung: durch die SINTEG-Verordnung können sich SINTEG-Projekteilnehmende wirtschaftliche Nachteile, die durch systemdienliches Verhalten (u. a. Stromspeicherung, Umwandlung von elektrischer Energie in andere Energieträger oder Lastmanagement) aufgrund der Projektstätigkeit entstehen, für die Dauer des Projektes bei der Bundesnetzagentur erstatten lassen (Bundesnetzagentur 2021). Damit werden auch Innovationen in Infrastrukturkopplungen bzw. Sektorkopplung ökonomisch erleichtert und damit attraktiver.

2.2.3 Netzwerkbildung und Unterstützung von Netzwerken

In den untersuchten Bundesländern spielt die Schaffung von Netzwerken (Netzwerkbildung) eine wichtige Rolle und wird aktiv vorangetrieben. Relevante Netzwerke für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen und Sektorkopplung in der o. g. Definition laufen häufig unter den Überthemen Klimaschutz bzw. Energiewende. Kern dieser Unterstützungsmaßnahme ist es, die jeweils relevanten Akteure zu erreichen und miteinander zu vernetzen.

In den Fallanalysen gab es dabei Beispiele für Netzwerkangebote, die sich an Kommunen richtete. Interessant ist hier der Blick auf Schleswig-Holstein. Mit der Energiewende- und Klimaschutzinitiative (EKI) bietet das Bundesland für Städten und Gemeinden Unterstützung bei der Umsetzung der Energiewende "vor Ort" an. Zu den Angeboten zählen u. a.:

- ▶ kostenfreie Initialberatung durch die IB.SH Energieagentur,
- ▶ Informationsmaterialien und Tools,
- ▶ Unterstützung bei der Beantragung von Fördermitteln der EU, des Bundes und des Landes sowie
- ▶ Fachveranstaltungen & Community-Treffen.

Auch das Bundesland Thüringen engagiert sich dafür, die relevanten Akteure auf kommunaler Ebene zu erreichen und zu vernetzen. Wichtig sind hier das Netzwerk kommunaler Klimaschutzmanager sowie die kommunalen Energiemanager. Letztere setzen sich in den Kommunen mit dem Thema Energieeffizienz auseinander. Darüber hinaus bringt das Thüringer Erneuerbare-Energien-Netzwerk (THEEN) Verbände und Unternehmen zusammen für die Nutzung von erneuerbaren Energien (Interview THEGA, 5.8.2020).

Netzwerkangebote können sich auch an Unternehmen richten. Eine Interviewpartnerin der Bayern.Innovativ verwies hier auf die bundesweite Initiative zu Energieeffizienz-Netzwerken, die in jedem Bundesland umgesetzt wird. Die bayerische EnergieEffizienz-Netzwerk-Initiative bietet u. a. **Beratung zu Förderanträgen**. Die Initiative wird in Bayern erfolgreich umgesetzt und soll weiter ausgebreitet werden. Dazu gibt es eine freiwillige Selbstverpflichtung mit dem Ziel, die Zahl der teilnehmenden Unternehmen auf 700 zu erhöhen (Interview Bayern.Innovativ, 10.6.2020). Ein Beispiel in Nordrhein-Westfalen zeigt, wie eine gezielte Vernetzung von Unternehmen mit finanzieller Förderung verknüpft werden kann. Das **Spitzencluster Industrielle Innovation** fördert eine Reihe von Unternehmen in der Rhein-Ruhr-Region, die sektorübergreifende Lösungen entwickeln wollen (Power-to-X-Technologien, thermische

Speicher, KI-basiertes Anlagenmonitoring, maschinelles Lernen u. a.). Ziel ist es, innovative Technologien und Abläufe schnell in die Testphase zu bringen. Das Spitzencluster hat sich im November 2019 gegründet und erhält eine Förderung von 15 Mio. € im ersten Jahr vom Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie NRW (Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen 2019, S. 43). Ein niedrigschwelliges Vernetzungsangebot sind dagegen die Clustertreffen der Bayern.Innovativ, bei der auch für bzw. von kleinen Firmen interessante Projekte oder Ideen vorgestellt werden (z. B. Heizungsbauer: was gibt es für neue Technologien) (Interview Bayern.Innovativ, 10.6.2020).

Grundsätzlich wird sowohl von den Bundesländern als auch von den Kommunen der Austausch mit Wissensträgern auch aus dem Hochschul- und Forschungsbereich als sehr wichtig eingestuft.

Alle untersuchten kommunalen Fallbeispiele sehen es als sehr wichtig an, relevante Akteure miteinander zu vernetzen und deren regelmäßigen Austausch in Netzwerken zu unterstützen, um die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen und auch Sektorkopplung in die Breite zu tragen. Dabei sind sowohl formelle als auch informelle Austauschmöglichkeiten und Netzwerke von Bedeutung. Im Fokus für formelle Netzwerke stehen dabei thematische, akteursübergreifende Netzwerke innerhalb der Kommunen sowie kommunenübergreifende Netzwerke. Bei Letzterem ist für einen sinnvollen Austausch wichtig, dass die Kommunen ähnliche Voraussetzungen (z. B. etwa gleichgroße Stadt, ähnliche wirtschaftliche Strukturen) aufweisen und vor ähnlichen Herausforderungen beim Thema Sektorenkopplung stehen – und idealerweise auch interkommunal gemeinsame Ziele festlegen und Strategien entwickeln (IfaS und DUH 2015).

Eine besondere Herausforderung für die Umsetzung von innovativen Infrastrukturkopplungen und Sektorkopplung auf kommunaler Ebene besteht darin, dass Akteure aus verschiedenen Bereichen mit oftmals sehr unterschiedlichen Kenntnisständen und Interessen zusammenarbeiten sollen. Häufig besteht vor Beginn des geplanten Vorhabens zwischen den unterschiedlichen Akteuren kaum bzw. gar keine Kommunikation. Strukturen für den Austausch und die Kooperation müssen somit erst geschaffen werden. So bildet im Fallbeispiel Dresden die partnerschaftliche Zusammenarbeit der beteiligten Akteure (zwischen der DVB und den für die Verkehrsdienstleistungen zuständigen Drittanbietern) die Basis für den Aufbau der intermodalen MOBIpunkte. Eine wichtige Herausforderung zu Beginn des Projektes war die Herstellung der Rollenverständnisse der verschiedenen Partner (Verkehrsbetriebe, Energieversorger, Stadtverwaltung Dresden sowie kleinere Partner auf Seiten der Sharing-Dienste). Hier war ein kontinuierlicher Aufbau von Vertrauen in Kombination mit einer gewisse „Hartnäckigkeit“ erforderlich. Dafür waren Austauschtreffen extrem wichtig (Interview Dresdener Verkehrsbetriebe, 3.7.2020). Durch Netzwerktreffen werden somit oftmals überhaupt erst die Voraussetzungen für das Gelingen von Projekten zur Infrastrukturkopplung geschaffen. Inzwischen verstehen sich die MOBI-Akteure als Netzwerk, indem die Partner*innen vertrauensvoll zusammenarbeiten. Zentrales Instrument der Vernetzung ist dabei die vom Oberbürgermeister eingerichtete „**Task Force**“. Diese wird operativ mit der Unterstützung weiterer Partner zum Leben erweckt, indem beispielsweise in gemeinsamen Exkursionen im Stadtgebiet Standorte und Optionen für mögliche MOBIpunkte vor Ort gemeinsam diskutiert und priorisiert werden können.

Fehlende Personalkapazitäten auf kommunaler Ebene können Netzwerkaktivitäten jedoch hemmen. Dies wird am Fallbeispiel der Kommune Rödental deutlich. Aktuell befindet sich die Kommunalverwaltung Rödental noch nicht im Erfahrungsaustausch mit anderen Kommunen oder dem Landkreis. Dass bei benachbarten Kommunen Interesse am Thema

Infrastrukturlösungen für den Klimaschutz (ohne explizite Nennung von Infrastrukturkopplung oder Sektorkopplung) bestehe, habe man in Rödental über die Zeitungen erfahren – nicht über einen direkten Austausch. Ein Netzwerk auf Landkreis-Ebene wird gewünscht, um sich kommunenintern und mit Klimaschutzbeauftragtem des Landkreises auszutauschen. Tatsächlich bietet der bzw. die Klimaschutzbeauftragte des Landkreises Coburg einen solchen Austausch an, jedoch fehlt es in Rödental an Personalkapazitäten, um dies neben dem Tagesgeschäft voranzutreiben (Interview Gemeinde Rödental, 9.11.2020). Darüber hinaus gibt es zwar auf der Landkreisebene ein integriertes Klimaschutzkonzept des Landkreises Coburg (Landkreis Coburg 2012) sowie ein kommunales Elektromobilitätskonzept für den Landkreis und die Stadt Coburg (Stadt und Landkreis Coburg 2019), doch die Kommune Rödental scheint hier nicht aktiv eingebunden zu sein.

Hier stellt sich die Frage, wie insbesondere sehr kleine (und finanziell weniger gut aufgestellte) Kommunen besser Anschluss an vorhandene Netzwerkangebote erhalten können. Es geht aus der Analyse hervor, dass kommunenübergreifende, gemeinsame Ziele und Visionen förderlich für den aktiven Austausch in Netzwerken sind. Beispielsweise haben alle Stadtwerke in Thüringen die gleichen Vorgaben durch das Thüringer Klimaschutzgesetz: § 4 (1) legt fest, dass zur Erreichung des Ziels, „den Energiebedarf in Thüringen ab dem Jahr 2040 bilanziell durch einen Mix aus erneuerbaren Energien aus eigenen Quellen decken zu können“ u. a. die Nutzung von Flexibilisierungsoptionen und Maßnahmen zur Sektorenkopplung – nach den Kriterien der Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Umweltverträglichkeit – erforderlich sind. Das erleichtert den Erfahrungsaustausch und hilft ihn zu fokussieren (Interview Stadtwerke Erfurt, 3.9.2020).

Darüber hinaus stellt der Aufbau von Strukturen und Personalstellen einen Erfolgsfaktor für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential – sowie auch generell für Klimaschutz – auf kommunaler Ebene dar (= Institutionalisierung; vgl. Kapitel 2.2 oben). Dabei hängen Netzwerke und Institutionalisierung oft eng zusammen. Netzwerke können ein erster Schritt sein, um die Bearbeitung bestimmter Themen bzw. die Zusammenarbeit bestimmter Akteure zu verstetigen. Der Kreis Steinfurt stellt ein Beispiel guter Praxis dafür dar, wie regionale Akteursnetzwerke aufgebaut, unterstützt und dauerhaft unterhalten werden können. Sehr erfolgreich umgesetzt hat der Kreis dies mit dem Verein Energieland2050 e.V. (siehe Box 1). Wie der strategische Aufbau solcher Netzwerke gelingen kann und welche Vorteile sich daraus ergeben, beschreibt die Kreisverwaltung Steinfurt wie folgt:

*„Vor allem auf der Kreis-Ebene ist ein **längerfristiges Denken in Strukturen** wichtig, statt Denken in Projekten. D. h. vor allem, Netzwerke in der Region aufbauen und so Akteure gewinnen als **Multiplikatoren**. Dadurch erreicht man eine **Hebelwirkung**: Die Zuständigen der Kreisebene müssen nicht alles selbst machen, sondern vernetzen und aktivieren die passenden Akteure. Z. B. wird im Kreis Steinfurt der Energielandverein zur Hälfte von lokalen Unternehmen mitfinanziert, weil die Unternehmen einen großen Sinn in dem Netzwerk sehen. Viel weniger bringt es dagegen, beispielsweise eine Themenwoche zu Mobilität zu organisieren, die viele Ressourcen bindet, aber nach Ende der Woche nicht weiter fortgeführt wird“ (Interview Kreisverwaltung Steinfurt, 8.9.2020).*

So plant die Kreisverwaltung auch für ihr Vorhaben, den Kreis Steinfurt als grüne Wasserstoffregion zu etablieren, den schrittweisen Aufbau von Strukturen und Netzwerken, in denen lokale Akteure eigene Interessen einbringen können (Box 1).

Box 1: Beispiel guter Praxis – Aufbau lokaler Akteursnetzwerke im Kreis Steinfurt

Beispiel guter Praxis: Aufbau lokaler Akteursnetzwerke im Kreis Steinfurt

Im Jahr 2017 wurde im Kreis Steinfurt der Energieland2050 e.V. gegründet. Der Verein sichert eine stabile und intensive Zusammenarbeit der beteiligten Akteure ab mit dem Ziel, die regionale Energiewende voranzubringen. Seine Mitglieder setzen sich zusammen aus der Kreisverwaltung Steinfurt, 24 Kommunen sowie inzwischen 75 regionalen Unternehmen. Mit der Gründung des Vereins konnte die Bearbeitung der regionalen Energiewende strukturell verankert und entsprechende Personalstellen gesichert werden. Eine Besonderheit ist die Finanzierung der Vereinsaktivitäten, welche zur Hälfte vom Kreis und zur Hälfte von den beteiligten Unternehmen übernommen wird. Diese Mitgliedsbeiträge ermöglichen eine kontinuierliche Arbeit an Projekten (vgl. Hirschnitz-Garbers et al. 2020a).

Aktuell hat der Kreis Steinfurt sich das Ziel gesetzt, eine regionale Wasserstoffwirtschaft aufzubauen. Dabei nimmt die Netzwerkarbeit eine zentrale Rolle ein. Vorhandene Akteursnetzwerke (z. B. zwischen Wirtschaft, Stadtwerken, kommunaler Verwaltung, Forschung) sollen thematisch um weitere relevante Akteure erweitert und zu einem Wasserstoff-Kompetenznetzwerk ausgebaut werden. Dabei kann der Kreis auf die bereits bestehende Netzwerkstruktur des Energieland2050-Vereins aufbauen.

Der Aufbau des Kompetenznetzwerks soll schrittweise erfolgen. Zunächst will der Kreis vier Kompetenz-Teams (sog. „Wasserstoff-Inkubatoren“) an verschiedenen Standorten im Kreis Steinfurt einrichten. „Aufgabe der Teams ist, konkrete erste Projekte der Wasserstoff-Mobilität zu realisieren, den Markthochlauf vor zu strukturieren und durch eine umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit ein optimales ‚Umsetzungsklima‘ für die Maßnahmenumsetzung vor Ort zu schaffen“ (energieland2050 2020, S. 5). Für jedes Team ist ein*e Wasserstoffmanager*in vorgesehen. Diese*r begleitet die Maßnahmen zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft vor Ort und leistet fachliche Beratung (z. B. zu technologischen und rechtlichen Fragestellungen, zu Finanzierungsmöglichkeiten und Fördermittelberatung).

Als zentrale Anlaufstelle ist zudem die Einrichtung eines Wasserstoff-Kompetenzzentrums geplant. Dieses wird u. a. für regionale und überregionale Netzwerkarbeit zuständig sein. Dabei wird die Vernetzung der Akteure vor Ort mit relevanten Akteuren im Bundesland NRW und darüber hinaus angestrebt, um Kooperationen zu ermöglichen. Ein wichtiger Punkt ist dabei, dass große Netzwerke bessere Chancen bieten, um Fördermittel auf nationaler und europäischer Ebene zu akquirieren (energieland2050 2020).

2.2.4 Institutionalisation

Bei der Institutionalisation als Ansatz zur Unterstützung der Verbreitung geht es darum, das Thema innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential oder auch Sektorkopplung in der o. g. Definition strukturell in bestehende institutionelle Prozesse zu verankern, um dadurch die Bearbeitung des Themas langfristig zu sichern. Dies kann beispielsweise gelingen, indem regelmäßig tagende Gremien oder feste Instanzen mit eigens dafür vorgesehenen Personalstellen eingerichtet werden. Dabei ist es nicht unbedingt erforderlich, das Thema Kopplung direkt zu verankern, da es als Teil der Überthemen Klimaschutz und Energiewende angesehen und bearbeitet werden kann.

In den kommunalen Fallbeispielen wird eine Institutionalisation von Klimaschutzbemühungen als wichtig angesehen, um eine kontinuierliche Arbeit an entsprechenden Themen (wie z. B. Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen) zu ermöglichen. In einigen Fällen

befinden sich entsprechende Strukturen gerade im Aufbau bzw. sind erst vor kurzem entstanden. Beispielsweise ist in der Schweriner Verwaltung eine Personalstelle in Planung, die sich mit dem Überthema Klimaschutz und nicht spezifisch mit Kopplungen befassen soll. Ein weiteres aktuelles Beispiel ist die Einrichtung des Klimabeirats in der Stadt Augsburg. Dieser ist ein öffentliches Gremium der Stadt Augsburg und seit 2020 beratend der politischen Entscheidungsebene vorgelagert. Damit möchte die Stadt ein Signal für mehr Klimaschutz setzen und reagiert u. a. auch auf Proteste der Fridays for Future- und Extinction Rebellion-Bewegungen vor Ort (Interview Umweltamt Augsburg, 5.11.2020). Speziell für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential ist zudem der Innovationsbeirat der Stadtwerke Augsburg nennenswert. Als feste Institution dient er den Stadtwerken dazu, externe Expertise und Knowhow einzuholen. Somit stellt der Innovationsbeirat ein gutes Beispiel für eine enge Zusammenarbeit von relevanten Akteuren aus verschiedenen Bereichen dar (Verwaltung, lokale Wirtschaft, Wissenschaft). U. a. ist ein Vertreter des Umweltamts Augsburg festes Mitglied des Innovationsbeirates (ebenda).

Der Aufbau von institutionellen Strukturen kann durch Projektgelder des Landes, Bundes oder der EU gelingen. Oftmals ermöglichen Förderprogramme es, Personal für die Bearbeitung der projektbezogenen Themen einzustellen. Nach Auslaufen der Förderphase muss dann ein gutes Konzept für eine Verstetigung gefunden werden (bzw. neue Fördermittel akquiriert werden). Diese Problemstellung wird im Masterplan Elektromobilität der Stadt Augsburg illustriert:

„Um den für ein nachhaltiges Mobilitätssystem sehr wichtigen Themenbereich E-Mobilität langfristig bearbeiten zu können und dessen Verstetigung zu gewährleisten, müssen Verwaltungsstrukturen geschaffen werden, die über das Ende des laufenden Prozesses (Elektromobilitätskonzept und Masterplan Elektromobilität) hinaus agieren. Hierfür ist eine stadtverwaltungsinterne Koordinationsstelle nötig, wobei die organisatorische Angliederung und die personelle Ausstattung noch festzulegen sind“ (SWA und Green Experience 2018, S. 4).

Durch eine Verankerung des Themas innovative Infrastrukturkopplung in institutionelle Prozesse können konkrete Vorhaben ganz gezielt unterstützt werden. Das zeigt sich im Fallbeispiel Dresden. Eine wichtige Unterstützung für das Projekt MOBI stellt hier die vom Oberbürgermeister eingerichtete Task Force dar, in der alle Ämter der Stadt vertreten sind. Die Task Force ermöglicht Entscheidungen außerhalb der üblichen langwierigen Prozesse und beschleunigt dadurch die Entwicklung der MOBIpunkte deutlich (Interview Dresdener Verkehrsbetriebe, 3.7.2020). Darüber hinaus trägt eine Institutionalisierung dazu bei, den oftmals erforderlichen „sehr langen Atem“ für die erfolgreiche Umsetzung von Projekten der Infrastrukturkopplung bzw. integrierten Entwicklung bereitzustellen (Interview Stadtwerke Schwerin, 6.10.2020). Die Voraussetzungen dafür können durch langfristig angelegte Strukturen geschaffen werden.

Ferner ist es ein wichtiges Anliegen für wirtschaftliche Akteure, eine*n zentrale*n Ansprechpartner*in in der Kommunalverwaltung für den Themenbereich Infrastrukturkopplung zu haben. In einigen Fallbeispielen wird dieses Anliegen adressiert durch die Einrichtung von Kompetenzstellen, die das Wissen und Beratungsangebote zu bestimmten Technologien bündeln – insbesondere zu Elektro- und Wasserstoffmobilität im Mobilitätssektor. Dabei werden meist auch verschiedene Unterstützungsaktivitäten durch die Kompetenzstellen zentral angeboten – wie beispielsweise Fördermittelberatung, Betreuung von Demonstrationsprojekten, Fortbildungs- und Kommunikationsangebote und die Betreuung von Netzwerken. Ein Beispiel ist das geplante Wasserstoff-Kompetenzzentrum im Kreis Steinfurt, welches neben Vernetzungsaktivitäten u. a. auch für Wissenstransfer, Weiterbildungsangebote und die Betreuung von Projekten zum Thema Wasserstoff zuständig sein soll (Kreis Steinfurt

2020) (siehe auch Box 1 oben). Ein ähnliches Beispiel auf Länderebene ist das Zentrum Wasserstoff.Bayern (H2.B). Es wurde im September 2019 gegründet und soll Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik vernetzen. Gemeinsam sollen die Akteure eine bayerische Wasserstoffstrategie erarbeiten und umsetzen. Darüber hinaus ist das Zentrum damit beauftragt, durch Demonstrationsvorhaben (z. B. Elektrolyseure und Brennstoffzellen) neue Technologien zur Marktreife zu führen (BSMWLE 2019, S. 31).

Allgemein für das Thema innovative Infrastrukturkopplung bzw. Sektorkopplungen in der o. g. Definition fungieren häufig die Energieagenturen der Bundesländer als zentrale Anlaufstellen. Sie bieten Informationen und Beratung zum Thema an. Die Energieagentur NRW stellt beispielsweise mit der „Plattform Sektorenkopplung“ ein Webtool für wirtschaftliche Akteure bereit, mit dem Informationen zu Technologien, laufenden Projekten und Fördermöglichkeiten gesammelt angeboten werden.⁵

2.2.5 Weitere Unterstützungsansätze

Im Folgenden werden weitere Ansätze für die Unterstützung der Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential bzw. Sektorkopplung in der o. g. Definition kurz dargestellt, die häufig in den analysierten Dokumenten genannt wurden.

2.2.5.1 Ökonomische Anreize setzen (z. B. finanzielle Zuschüsse für klimafreundliche Technologien)

Das wirtschaftliche Risiko zu tragen für die oftmals im Vergleich teureren Kopplungstechnologien ist für viele wirtschaftlichen Akteure abschreckend und stellt eine relevante Hürde für die Verbreitung solcher Technologien dar. Dies betrifft so gut wie alle Infrastrukturkopplungstechnologien, von der Abwärmenutzung bis hin zu Wasserstofffahrzeugen. Zudem stehen innovative Technologien oftmals in Konkurrenz zu etablierten Strukturen und Technologien. Finanzielle Zuschüsse – oder Ausgleichs für finanzielle Nachteile durch o. g. Experimentierklauseln – können helfen, dieses Hemmnis abzufedern. Gleiches gilt für Konzepte zur Verteuerung von klimaschädlichen Technologien (z. B. eine CO₂-Steuer).

2.2.5.2 Beratungsangebote für Unternehmen schaffen

Vielen Unternehmen – insbesondere kleinen und mittelgroßen – fehlen das Wissen und die Erfahrung zur Umsetzung innovativer Infrastrukturkopplungen. Gleichzeitig fehlt gerade den KMU oftmals die Zeit, sich dieses anzueignen. Hier setzen Beratungsangebote an. Diese beziehen sich oftmals auf spezifische Kopplungstechnologien, wie beispielsweise Elektromobilität (Fallbeispiel Augsburg). Neben dem Angebot fundierter Informationen zur Technologie selbst und deren Anwendungsmöglichkeiten ist dabei auch die Beratung zu Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten eine wichtige Hilfestellung.

2.2.5.3 Kommunikations- und Marketingmaßnahmen

Kommunikationsmaßnahmen werden in einigen kommunalen Fallbeispielen als sehr wichtig eingeschätzt, um den Markthochlauf von innovativen Infrastrukturkopplungen und Technologien zur Kopplung zu unterstützen und deren Akzeptanz zu fördern. So sind im Kreis Steinfurt Kommunikationsmaßnahmen geplant, um lokale Akteure mit Wasserstofftechnologien vertraut zu machen, beispielsweise im Zusammenhang mit Demonstrationsansätzen wie z. B. Roadshows, die Testfahrten mit Wasserstofffahrzeugen ermöglichen. Vorbehalte gegen neue Technologien sollen so abgebaut werden, und dies an vielen Stellen gleichzeitig, um Vertrauen

⁵ <https://www.energieagentur.nrw/tool/sektorenkopplung/>

sowohl bei Versorgern als auch Abnehmern aufzubauen (Interview Kreisverwaltung Steinfurt, 8.9.2020). Ein ähnliches Konzept verfolgt Augsburg in seinem Masterplan Elektromobilität: *„Wichtig ist hier, dass eine Kommunikations- und Marketingstrategie nicht „für sich alleine“ stehen kann, sondern immer auch konkrete Inhalte, Erlebnisbausteine und eine positive Emotionalisierung des Themas transportieren muss. Das heißt, dass auch entsprechende Angebote, Best-Practice-Beispiele und Beratungs- sowie Anwendungsmöglichkeiten existieren müssen und diese entsprechend kommuniziert werden. Eine reine (passive) Werbekampagne für E-Mobilität greift dabei zu kurz und deckt nur einen kleinen Teilbereich möglicher Kommunikationsmaßnahmen ab.“* (SWA und Green Experience 2018, S. 6).

Im Fall Dresden wurde als ausgesprochen hilfreich angesehen, dass aus Projektmitteln eine Marke für die MOBIPunkte entwickelt werden konnte, die eine sehr gute Sichtbarkeit und Wiedererkennung im Stadtgebiet, und damit Steigerung der Nutzung der Angebote, unterstützt.

2.2.5.4 Öffentliche Beschaffung nutzen

Mit der öffentlichen Beschaffung soll vor allem eine Vorbildwirkung der öffentlichen Hand erreicht und damit die Marktschaffung unterstützt werden. Aus den Analysen geht hervor, dass in Sachsen Elektromobilität als ein Kopplungsbeispiel darüber gefördert werden soll, den Anteil an elektrischen Dienstwagen der öffentlichen Hand – d. h. Ministerien, Behörden – auszubauen.

2.3 Hemmnisse für eine Verbreitung innovativer Lösungen angehen

Das hier vorliegende Kapitel beschreibt Hemmnisse, die aus der explorativen Analyse hervorgehen. Auch hier beziehen sich die Befunde einerseits explizit auf innovative Infrastrukturkopplungen, andererseits sind sie aber auch übergreifender Natur und treffen auch auf Klimaschutzbemühungen allgemein (ohne Kopplungsbezug) zu. Das machen wir im Folgenden textlich deutlich, in dem wir explizite Infrastrukturkopplungs-Bezüge und auch generelle Bezüge zur Nachhaltigkeit herausstellen.

Fehlender Rückhalt von der Politik und dass unterschiedliche Ressorts nicht „an einem Strang ziehen“ kann die Umsetzung und Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungen auf kommunaler Ebene erheblich erschweren. Das Problem ergibt sich u. a., wenn die politische Richtungsvorgabe nicht im ausreichenden Maße stringent, eindeutig und vor allem langfristig angelegt ist. Dadurch ist die finanzielle Unterstützung nicht kontinuierlich und berechenbar gegeben, was die Planbarkeit beeinträchtigt und zu einer Verunsicherung der Akteure auf Kreisebene führen kann (Interview Kreisverwaltung Steinfurt, 8.9.2020). Gleichzeitig besteht große Unsicherheit darüber, ob sich die Gesetzeslage ändert und dadurch evtl. längerfristige Projekte nicht beendet werden können oder unwirtschaftlich werden (Interview Bayern.Innovativ, 10.6.2020). Beispielsweise führte die lange Ungewissheit mit Blick auf die Ausgestaltung einer CO₂-Steuer und des 52-Gigawatt-Deckels für Solarenergie auf Bundesebene oder die Abstandsregelung für Windenergieanlagen in Bayern zu Planungsunsicherheit bei Unternehmen. Längerfristige, technisch aufwändigere und ökonomisch riskantere Vorhaben innovativer Infrastrukturkopplungen wurden dann oftmals erst einmal nicht umgesetzt. Somit kann eine fehlende politische Richtungsvorgabe die Akzeptanz der wirtschaftlichen Akteure vor Ort beeinträchtigen – und ihre Bereitschaft, Kopplungen umzusetzen, sinken lassen. Planungssicherheit für Investor*innen durch mehr *„Kontinuität bei der Bereitstellung von Fördermitteln und der Laufzeit von Förderprogrammen“* ist nach Befunden von UBA (2019b, S. 33) auch für die Errichtung klimagerechter kommunaler Infrastrukturen insgesamt ein wichtiges Anliegen.

Aktuell ist die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential auf kommunaler Ebene oftmals davon abhängig, ob **Verantwortliche**

in Führungspositionen (z. B. Bürgermeister*innen) dieses Anliegen unterstützen. Dies drückt sich beispielsweise im Wunsch des Akteurs der Dresdner Verkehrsbetriebe aus, dass freiwerdende Führungsstellen mit Personen besetzt werden sollten, die innovative Infrastrukturkopplungen wie die MOBIPunkte unterstützen wollen. Während dies sicherlich schwer in der Praxis garantiert werden kann, könnte hier eine klar festgeschriebene Zielsetzung auf kommunaler Ebene Planungssicherheit schaffen. Beispielsweise in Form einer amtlich beschlossenen Strategie. Beschlossene Strategien und politisch gesetzte Ziele müssen dann auch im Falle von Personalwechseln weiterverfolgt werden.

Klare Vorgaben auf Bundes- bzw. Länderebene können dabei Anreize setzen für Kommunen, eigene Strategien zu entwickeln. Im Idealfall greifen die kommunalen Strategien die Ziele der Bundes- bzw. Länderebene auf und brechen diese für den Landkreis bzw. die Stadt oder Kommune operationalisierbar herunter. Langfristige, eindeutige Zielsetzungen und Richtungsvorgaben der Bundes- bzw. Länderebene schaffen darüber hinaus Planungssicherheit für wirtschaftliche Akteure. So kann darauf gebaut werden, dass finanzielle Förderungen für Infrastrukturvorhaben auf Nachhaltigkeitsaspekte ausgelegt sein, Nachhaltigkeit mitgedacht werden und sich Investitionen in diesem Bereich langfristig lohnen müssen. In diesem Punkt sind auch ehrgeizige kommunale Zielsetzungen nicht immer unbedingt ausreichend, um Vertrauen bei den wirtschaftlichen Akteuren zu schaffen. Vorgaben ‚von oben‘ sind also wichtig, um die Richtung vorzugeben, sollten jedoch keine detaillierten – und beispielsweise Technologie-spezifischen – Regelungen treffen, da diese je nach Bedingungen vor Ort eher hinderlich sein könnten für die Verbreitung innovativer Infrastrukturkopplungen. In diesem Sinne wurde das Prinzip der Technologieoffenheit von den Akteuren in mehreren Fallstudien als wichtig hervorgehoben und ist beispielsweise auf Länderebene in Bayern und Mecklenburg-Vorpommern als Leitprinzip verankert.

Aus den Befunden werden auch Hemmnisse für die Umsetzung und Verbreitung von Nachhaltigkeitsaktivitäten generell sichtbar. So beeinflussen Vorgaben und Ziele auf Bundes- bzw. Länderebene die Vorgänge, Zielsetzungen und Priorisierungen auf Landkreis- und kommunaler Ebene wesentlich. **Fehlt die Richtungsvorgabe „von oben“** oder ist diese zu schwach ausgeprägt, kann dies auch zu einer geringen Durchsetzungskraft von Nachhaltigkeitsaktivitäten, darunter auch innovativer Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential, auf kommunaler Ebene führen. Ebenfalls hinderlich ist es, wenn die Stadt- oder Kommunalverwaltung selbst kein klares Bekenntnis zu Klimaschutzzielen ausgegeben oder keine eigenen Strategien entwickelt hat (siehe auch Sinning et al. 2011). Ein Akteur der Stadtwerke Energie GmbH aus Erfurt beschrieb die Problematik folgendermaßen: „Lokalpolitik ist oftmals von anderen Themen getrieben – Klimaschutz ist zwar wichtig, hat aber nicht diese Durchsetzungskraft, insbesondere auch, weil Klimaschutz Geld kostet.“ Dies kann in Extremfällen sogar so weit führen, dass die Etablierung von Innovationen mit Nachhaltigkeitspotenzial vor Ort von den kommunalen Ämtern behindert wird. So berichtete ein Akteur der Stadtwerke Schwerin: „Die in der Stadtverwaltung angesiedelten unterschiedlichen Fachbereiche ziehen nicht an einem Strang. Dadurch sind Genehmigungsverfahren sehr schwierig. Das geht so weit, dass eine regelrechte Verweigerungshaltung einzelner Ämter wahrgenommen wird. Damit werden beispielsweise Erkundungsfahrten im Stadtgebiet erschwert.“

Daraus lässt sich für die kommunale Ebene ein Bedarf nach einer **klaren und möglichst verbindlichen Zielsetzung** erkennen, die von den verantwortlichen Stellen auf kommunaler bzw. auf Kreisebene mitgetragen und verfolgt wird (vgl. auch Sinning et al. 2011). Sehr deutlich formuliert wurde dies im Fallbeispiel Dresden. Im Interview forderte die Interviewpartnerin der Dresdner Verkehrsbetriebe „klarere Positionierungen und Ansagen ‚von oben‘, um z. B.

Aufgaben zu priorisieren oder verwaltungsseitige (z. B. Kooperations-)Hindernisse schnell und wirksam zu beseitigen.“ Sehr ähnliche Forderungen stellten die Akteure der weiteren kommunalen Fallstudien. Aus der Perspektive der Stadtwerke Schwerin wird vor allem „mehr ‚Move‘ von den genehmigenden Behörden“ gewünscht. Der Akteur der Kreisverwaltung Steinfurt betonte: „Sehr klare politische Signale wären hilfreich. Konkret heißt das, eine klare Richtungsvorgabe, Eindeutigkeit und Bekenntnis zur Präferenz von Klimaschutz.“ Wichtig sei dabei, dass die Zielvorgaben unabhängig vom tagesaktuellen Geschehen oder von Regierungswechseln beibehalten werden. Gleichmaßen erscheint es essentiell, Klimaschutz und Klimaschutzmanagement durch Stellenschaffung und Kontinuität zu verstetigen – viele Klimaschutzkonzepte und Klimaschutzmanagementstellen werden in der Praxis nach Ende der Projektdauer zu ihrer Einrichtung nicht verstetigt (Sieck 2018; ifeu 2020). Hier ist wiederum entsprechender politischer Wille auf allen Ebenen erforderlich, der u. a. eine kontinuierliche finanzielle Förderung für eine Verstetigung und für eine Priorisierung von Klimaschutzaktivitäten schafft (Heinbach et al. 2020; ifeu 2020). Fehlen Verstetigung und Kontinuität, ist auch eine wirksame Beteiligung und Mitwirkungen von Bürger*innen im kommunalen Klimaschutz beeinträchtigt (Hemmati und Schmidt 2020).

2.4 Fazit für die Unterstützung der Verbreitung

Die Studie untersuchte die politischen Rahmenbedingungen sowie bestehenden Ansätze, die eine Verbreitung von Innovationen mit Nachhaltigkeitspotenzial (mit dem Fokus auf Klimaschutz) in Deutschland auf verschiedenen politischen Ebenen unterstützen. Insgesamt wurden 13 Fallstudien betrachtet, die sowohl „Top-down“- (Bund und ausgewählte Bundesländer) als auch „Bottom-up“-Ansätze (in ausgewählten Regionen/Kommunen) umfassen. Die Analyse der Fallstudien basierte auf einer Dokumentenanalyse und gezielten telefonischen Expert*innen-Interviews.

In der Gesamtschau der Fallstudien stellen sich eine Reihe von Unterstützungsansätzen als besonders sinnvoll heraus, um innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential in die Breite zu tragen. Sie sind für alle untersuchten politischen Ebenen relevant und bilden sozusagen die Grundpfeiler für eine Verbreitungsstrategie. Dabei handelt es sich um:

1. die Förderung von Experimentierräumen und Pilotprojekten;
2. die Vernetzung relevanter Akteure und Verstetigung von Akteursnetzwerken;
3. die institutionelle Verankerung und Verstetigung der Bearbeitung des Themas innovative Infrastrukturkopplungen.

(1) Experimentierräume und Demonstrationsprojekte ermöglichen ein Erfahrungslernen und können dazu beitragen, Vertrauen in neue Technologien aufzubauen und dadurch die Akzeptanz zu stärken. Zu empfehlen ist dabei, nicht nur die Erprobung der Technik allein sondern auch den Erfahrungsaustausch sowie regulatorisches Lernen gezielt mit zu fördern. Bereits heute lassen sich zahlreiche Beispiele für bereits umgesetzte bzw. geplante Experimentierräume und Pilotprojekte in verschiedenen Größenordnungen finden. Zentrale Unterstützungsmaßnahmen umfassen neben der Bereitstellung von Fördermitteln auch Beratungsangebote zu den Fördermöglichkeiten.

(2) Relevante Akteure zu vernetzen, um einen regelmäßigen Austausch in Netzwerken zu unterstützen, kann entscheidend dazu beitragen, dass innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential umgesetzt und entsprechende Technologien verbreitet werden. Eine Besonderheit bei Projekten der Infrastrukturkopplung ist, dass die Zusammenarbeit von Akteuren aus verschiedenen Bereichen erforderlich ist – wobei der Kenntnisstand und die Interessen der einzelnen Akteure sehr unterschiedlich ausfallen können. Oftmals müssen die

Möglichkeiten für einen Austausch der verschiedenen wirtschaftlichen, politischen und zivilgesellschaftlichen Akteure erst neu geschaffen werden. Thematische, akteursübergreifende Netzwerke vor Ort nehmen daher eine wichtige Rolle ein. Zudem sind kommunenübergreifende Netzwerke sehr hilfreich, um einen Erfahrungsaustausch (und z. T. Kooperationen) zu initiieren und zu ermöglichen.

(3) Bei der institutionellen Verankerung und Verstetigung als Unterstützungsmaßnahme geht es darum, das Thema innovative Infrastrukturkopplungen strukturell in bestehende institutionelle Prozesse zu verankern, um dadurch die Bearbeitung des Themas langfristig zu sichern. Dabei scheint eine Verankerung als Teil der Überthemen Klimaschutz und Energiewende zielführend. In der Praxis gelingt der Aufbau von institutionellen Strukturen in den Kommunen – d. h. beispielsweise die Einrichtung von Gremien oder Personalstellen, die das Thema bearbeiten – oftmals durch eine projektgebundene finanzielle Förderung des Landes, Bundes oder der EU (vgl. auch Sinning et al. 2011).

Hervorzuheben ist, dass die drei oben genannten Unterstützungsansätze sich gegenseitig bedingen und beeinflussen. So ist die Umsetzung eines Pilotprojektes im Bereich der Infrastrukturkopplung kaum möglich, wenn keinerlei Strukturen für den Austausch zwischen den relevanten Akteuren bestehen. Allerdings können solche Akteursnetzwerke im Rahmen der Förderung von Experimentierräumen oder Pilotprojekten entstehen. Regelmäßig zusammenkommende Netzwerke wiederum können eine erste Form der Institutionalisierung darstellen, da sie die längerfristige Bearbeitung des Themas Infrastrukturkopplung ermöglichen. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, diese Unterstützungsansätze zusammenzudenken und gleichzeitig zu fördern.

Als eine Möglichkeit für ein solches Zusammendenken bietet es sich an, eine zentrale Anlaufstelle für das Thema innovative Infrastrukturkopplungen einzurichten. Dies wird in Form von Kompetenzzentren bereits vielerorts auf kommunaler und Länderebene umgesetzt. Mit der Einrichtung eines Kompetenzzentrums (z. B. zum Thema Wasserstoff) kann gleichzeitig eine Institutionalisierung gelingen und eine stetige Betreuung von Netzwerken gewährleistet werden. Zudem wird mit den Kompetenzzentren das Anliegen vieler wirtschaftlicher Akteure adressiert, eine*n zentrale*n Ansprechpartner*in in der Kommunalverwaltung für den Themenbereich Infrastrukturkopplung zu haben. Zudem kann einem solchen Zentrum die Verantwortung für Beratungs- und Weiterbildungsangebote oder Informationskampagnen anvertraut werden. Durch die Bündelung von Unterstützungsangeboten kann besser dafür gesorgt werden, dass diese gut ineinandergreifen.

Alle drei vorgenannten Ansätze können auch mit Blick auf die o. g. Definition des Begriffs Sektorkopplung als relevant eingeschätzt werden, sodass die Befunde über den weiteren Begriff der innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential auch für Sektorkopplung bestehen dürften.

Durch die Analyse der Fallstudien konnten weitere Unterstützungsansätze identifiziert werden, die allerdings insgesamt gesehen eine geringere Priorität einnehmen als die drei oben genannten Ansätze. Je nach örtlichen Begebenheiten und Zielsetzungen erscheint es aber sinnvoll, auch die folgenden Unterstützungsansätze als Teil eines Politikmixes für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturkopplungen heranzuziehen:

- ▶ Bildungs- und Weiterbildungsangebote werden grundsätzlich als wichtiges Instrument auf kommunaler und Länderebene anerkannt, aber als Einzelmaßnahme als wenig effektiv eingeschätzt. Ein Grund dafür ist, dass insbesondere wirtschaftliche Akteure das Prozesslernen und Experimentieren im Bereich innovativer Infrastrukturkopplungen als tendenziell wichtiger ansehen als formelle Weiterbildungen. Dennoch können

Bildungsangebote als Baustein einer Gesamtstrategie dazu beitragen, Grundlagenwissen vor Ort aufzubauen und dadurch gute Bedingungen zu schaffen für die Umsetzung von Sektorkopplungsprojekten.

- ▶ Beratungsangebote für Unternehmen sind insbesondere für KMU relevant. Als besonders hilfreich wird dabei die Beratung zu Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten eingeschätzt. Darüber hinaus stellt auch die öffentliche Beschaffung ein sinnvolles Instrument dar, um Infrastrukturkopplungstechnologien zu unterstützen und eine Vorbildwirkung zu erzielen.
- ▶ Einige Akteure nehmen bereits heute eine wichtige Funktion als Multiplikator*innen im Bereich der Sektorenkopplung ein. Dazu zählen die Energieagenturen, Klimaschutzmanager*innen sowie die Stadtwerke. Hier scheint es sinnvoll, diese Funktion zu stärken und auszubauen.

Die Analyse zeigte des Weiteren, dass mit Blick auf die aktuellen politischen Rahmenbedingungen an vielen Stellen Verbesserungsbedarf besteht, wenn innovative Infrastrukturkopplungen verstärkt in die Breite getragen werden sollen.

Eine relevante Hürde für viele Akteure ist das wirtschaftliche Risiko, welches mit der Umsetzung von solchen Infrastrukturkopplungsvorhaben eingegangen wird. Politisch gesetzte, ökonomische Anreize können helfen, dieses Risiko abzufedern – beispielsweise durch gezielte finanzielle Zuschüsse oder eine CO₂-Bepreisung. Darüber hinaus können Kommunikations- und Marketingmaßnahmen hilfreich sein, um den Markthochlauf von innovativen Technologien zur Infrastrukturkopplung zu unterstützen und deren Akzeptanz zu fördern.

Weiterhin sollten beispielsweise Förderprogramme stärker darauf ausgerichtet werden, ein Erfahrungslernen zu ermöglichen. Zudem sollten Unterstützungsangebote stärker auf die Bedürfnisse von kleinen und/oder finanziell schwächeren Kommunen ausgerichtet werden, damit diese nicht den Anschluss verlieren.

Des Weiteren ist es zentral, dass von der Bundes- bzw. Länderebene langfristige, eindeutige Zielsetzungen und Richtungsvorgaben gemacht werden, um Planungssicherheit für wirtschaftliche Akteure zu schaffen. Klare und technologieoffene Zielvorgaben ‚von oben‘ können gleichzeitig Anreize für Kommunen setzen, eigene Strategien für die Zielerreichung zu entwickeln. Sofern solche Strategien als verbindlich betrachtet werden und von den verantwortlichen Stellen auf kommunaler bzw. auf Kreisebene mitgetragen werden, bieten sie die Chance, Infrastrukturkopplungsvorhaben längerfristig und unabhängig von tagesaktuellem Geschehen und Personalwechseln zu verfolgen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass bereits vielfältige politische Unterstützungsansätze in Deutschland bestehen, um innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential zu fördern – auch wenn diese noch nicht flächendeckend greifen. Grundsätzlich erscheint es sinnvoll, die verschiedenen politischen Ebenen in den Blick zu nehmen und das Zusammenspiel von Unterstützungsansätzen auf verschiedenen Ebenen stärker aufeinander abzustimmen. Vor allem sollten Rückkopplungsmöglichkeiten geschaffen bzw. ausgebaut werden, damit kommunale Akteure signalisieren können, wenn Unterstützungsangebote von Bund und Ländern nicht in den Kommunen ankommen. Viele kommunale Akteure zeigen ein großes Interesse an der Umsetzung von Infrastrukturkopplungsprojekten. Die Möglichkeiten, innovative Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential umzusetzen, unterscheiden sich allerdings sehr stark zwischen den verschiedenen Bundesländern und Kommunen. Daher ist es essentiell, dass der politische Rahmen hier entsprechende Freiheit lässt, um Potenziale vor Ort zu heben.

Während die vorgenannten Hemmnisse nicht nur für Nachhaltigkeit und Klimaschutz durch innovative Infrastrukturkopplungen gelten, sondern auch für die Umsetzung von Nachhaltigkeit

auf der kommunalen Ebene generell (weil sie kommunales Handeln für Klimaschutz und Nachhaltigkeit erschweren), ist das mit Blick auf die Unterstützungsansätze zur Verbreitung differenzierter. Essentiell erscheint hier eine **Gleichzeitigkeit** für eine spätere Umsetzung, ein **„Sowohl-als-auch“ aus der breiten Umsetzung bestehender Nachhaltigkeitsaktivitäten und -lösungen** (z. B. durch institutionelle Verankerung und Verstetigung), und auch **der Erprobung neu- und weiterentwickelter Klimaschutzansätze über Experimente und Modellprojekte** (wie z. B. innovative Infrastrukturkopplungen). Hier muss es folglich darum gehen, bestehende Lösungen kontinuierlich in die Breite zu bringen und neue Lösungen zu erarbeiten, die bei Wirksamkeit für den Klimaschutz und Nachhaltigkeit dann auch zukünftig in die Breite getragen werden sollten.

3 TRAFIS.NB – ressourcenleichtes Werkzeug für die prozessbegleitende Bewertung von Nachhaltigkeit und Resilienz von innovativen Infrastrukturlösungen

3.1 Einleitung

Infrastruktursysteme erfüllen wesentliche Funktionen und Dienstleistungen von großem öffentlichem Interesse, wie die Bereitstellung von **Energie, Wasser, Mobilität und Kommunikation** oder die **Entsorgung** von Abfall und Abwasser. Derzeit setzen Digitalisierung, Urbanisierung, demografischer Wandel, Klimaschutz, Klimawandelanpassung und die laufende Energiewende inklusive Atom- und Kohleausstieg in Deutschland die Infrastruktur unter großen Druck und treiben grundlegende Veränderungen voran. Es ist ein Wandel von zentraler zu dezentraler bzw. von passiver zu intelligenter Infrastruktur zu beobachten (Loorbach 2010; Markard 2011; Malekpour et al. 2015). Neue technische Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und deren Verbreitung beschleunigen die Veränderungsdynamik zusätzlich, da sie bestehende Dienste nutzerfreundlicher machen oder völlig neue Dienste ermöglichen. Bei all diesen Veränderungen müssen die Infrastruktursysteme und ihre Dienstleistungen Wirtschafts- und Ressourceneffizienz, Versorgungssicherheit und soziale Gerechtigkeit gewährleisten.

In diesem Zusammenhang bietet die **Transformation** bestehender Infrastruktursysteme ein großes Potenzial, zu Nachhaltigkeitsübergängen beizutragen (Frantzeskaki und Loorbach 2010; Hölscher et al. 2020). Die Transformation von Infrastruktursystemen bedeutet, radikal neue sozio-ökotechnische Systeme durch die Ko-Konstruktion von sozialen und technologischen Veränderungen zu schaffen, einschließlich politischer Ambitionen, sozialer Praktiken, institutioneller Arrangements, Wissen und Werte (Monstadt und Coutard 2019; Chester et al. 2019). Innovative Infrastrukturlösungen können zu einem solchen Wandel beitragen, indem sie zu neuen Marktstrukturen, neuen Anforderungen, sozialen Innovationen oder neuen Formen der Interaktion zwischen Interessengruppen (z. B. "Prosumenten") führen (Frantzeskaki und Loorbach 2010). Dies eröffnet Spielräume, um zu Nachhaltigkeitsübergängen beizutragen.

Große Hoffnungen werden insbesondere auf **gekoppelte Infrastrukturlösungen** gesetzt, um mehr Nachhaltigkeit bei der Bereitstellung von Infrastrukturleistungen zu erreichen. In politikorientierten Debatten zu Ressourceneffizienz, Resilienz und "intelligenter" Entwicklung werden gekoppelte Infrastrukturen als Möglichkeit angeführt, bisher ungenutzte Synergiepotenziale durch das Zusammenspiel von Ressourcenströmen, technologischen Vernetzungen, institutionellen Interaktionen und finanziellen Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Infrastrukturbereichen zu heben (Monstadt und Coutard 2019). Sie haben somit das Potenzial, ökologische, soziale und ökonomische Vorteile, wie Ressourceneffizienz, Maximierung der Investitionsrendite und bürgernähere Ansätze für die Bereitstellung von Dienstleistungen, zu schaffen (Anderies et al. 2016; van Broekhoven und Vernay 2018).

Die Umgestaltung von Infrastruktursystemen ist komplex und bewegt sich in einem **Spannungsfeld zahlreicher gesellschaftlicher Anforderungen**. Einmal etablierte Infrastruktursysteme sind aufgrund von versunkenen Kosten, Eigeninteressen, gesellschaftlichen Erwartungen und bestehenden regulatorischen Rahmenbedingungen nur schwer zu verändern (Schiller 2010; Frantzeskaki und Loorbach 2010). Insbesondere die Kopplung von Teilsystemen aus verschiedenen Sektoren konterkariert bestehende Regelwerke und impliziert die Beteiligung einer größeren Anzahl von Akteuren und Interessen (Monstadt und Coutard 2019). Die Umwälzung bestehender Regime wird unweigerlich zu Konflikten,

Widerstand und Chaos führen, und einige Innovationen könnten kontroverse soziale und wirtschaftliche Konsequenzen nach sich ziehen (z. B. geografische Verlagerung von Industrien und Arbeitsplätzen, weitere Konzentration von Wohlstand) (Bulkeley et al. 2014).

Wandel führt jedoch nicht automatisch zu mehr Nachhaltigkeit. Während Nachhaltigkeit in der Infrastrukturplanung an Bedeutung gewinnt, gibt es nur wenige empirische Informationen über die Nachhaltigkeitseffekte von innovativ gekoppelten Systemen. Die Umgestaltung von Infrastruktursystemen im Sinne der Nachhaltigkeit erfordert ein kontinuierliches soziales Lernen über die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen, wobei systemische Synergien und Zielkonflikte sowie die Perspektiven der verschiedenen Akteure zu berücksichtigen sind. Letzteres ist eine praktische Herausforderung.

Betreiber, Kommunen und Regionen stehen vor der Aufgabe, durch ein **gezieltes Management von Veränderungsprozessen** die Nachhaltigkeitstransition von Infrastrukturen zu unterstützen oder sogar voranzutreiben. Fundierte Entscheidungen entlang des Entwicklungsprozesses innovativer und nachhaltigerer Lösungen sind eine zentrale Herausforderung, die durch eine systematische und differenzierte Betrachtung von Nachhaltigkeitswirkungen gelöst werden kann. Diese können dazu beitragen, in frühen Phasen von Veränderungsprozessen auf Stärken und Schwächen von Optionen aufmerksam zu machen, nachhaltige Optionen zu entwickeln und dabei auch unerwartete Herausforderungen zu bewältigen.

Insbesondere neuartige Infrastrukturlösungen brauchen einen neuen Zugang zu einem prozessbegleitenden **Nachhaltigkeitsmonitoring während der Umsetzung**. Etablierte Verfahren wie Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) oder strategische UVP sind sehr zeitaufwendig, teuer und kommen zu spät, um Richtungs-Entscheidungen beeinflussen zu können. Sie beginnen in einem fortgeschrittenen Planungsstadium und decken nur ausgewählte Bereiche der Nachhaltigkeit ab. Daher bieten auch die Screening-Stufen dieser etablierten Verfahren keine geeignete Option zur Nachhaltigkeitsbewertung. Auch die in der Beratungspraxis angewandten Nachhaltigkeitsratings sind sehr aufwendig und eher auf die klassischen Nachhaltigkeitsbereiche zugeschnitten (Clevenger et al. 2013; Diaz-Sarachaga et al. 2016). Aspekte der Resilienz oder der Versorgungssicherheit werden in der Regel nicht erfasst – sicherlich auch, weil das Resilienzkonzept in vielerlei Hinsicht schwer zu operationalisieren erscheint (insbesondere quantitativ).

In den Jahren 2016 bis 2018 sind mit dem Vorhaben TRAFIS bereits wegweisende Vorarbeiten für die vorliegende Arbeit geleistet worden. Unter anderem wurde in einem breit angelegten konzeptionellen Arbeitsschritt eine Systematik potenzielle relevanter Nachhaltigkeitskriterien für ein Werkzeug zur Bewertung innovativer Infrastrukturvorhaben abgeleitet. Diese wurde mit Fachleuten und Praktikern diskutiert und für eine webbasierte Befragung von über 100 Expert*innen zur Nachhaltigkeit innovativer gekoppelter Infrastrukturen operationalisiert. Diese Anwendung des Bewertungsansatzes diente zugleich als Test für ein solches thematisch breit angelegtes Bewertungswerkzeug, wie es im Kontext von Infrastrukturen bisher keine Anwendung findet.

Um einen „drop-out“ der sorgsam ausgewählten Expert*innen zu minimieren und die inhaltliche Qualität der Bewertungen zu unterstützen, erfolgte die Operationalisierung der Kriterien für die 14 ausgewählten Kopplungen in dieser ersten Phase fallspezifisch. Nach Durchführung und Auswertung der Online-Befragung wurde das Bewertungswerkzeug in angepasster Form zusätzlich in zwei realen Fällen erprobt. Neben Erkenntnissen zu Nachhaltigkeitswirkungen neuartiger Infrastrukturkopplungen signalisierten die Ergebnisse einerseits eine grundsätzliche Anwendbarkeit des Nachhaltigkeitskonzepts und der ausgewählten Nachhaltigkeitskriterien

(Olfert et al. 2020a). Andererseits zeigten die Anwendungen in den Praxisfällen das Potenzial des Bewertungswerkzeugs, in realen Planungsprozessen strukturierend und im Sinne der Nachhaltigkeit lenkend zu wirken (Hirschnitz-Garbers et al. 2020a).

Die Anwendung des Bewertungswerkzeugs in realen Fällen erfolgte operativ im Rahmen der Transformationsforschung des Vorhabens TRAFIS. Die Erkenntnisse hierzu waren daher zunächst ein Zufallsbefund. In einem anderen Arbeitsblock des Vorhabens TRAFIS konnte anhand von zahlreichen analysierten Praxisfällen aufgezeigt werden, dass das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen in der Projektgenese nicht selbstverständlich ist (Hölscher et al. 2020) und möglicherweise einer expliziteren und systematischen Hinwendung zu einzelnen Nachhaltigkeitsaspekten bedarf.

Aus der Kombination dieser Erkenntnisse erwächst die Fragestellung, ob prozessbegleitende Nachhaltigkeitsbewertung mit Unterstützung eines entsprechenden Werkzeugs reale Planungsprozesse darin unterstützen kann, die Orientierung hin zu mehr Nachhaltigkeit zu unterstützen. Der vorliegende Entwicklungsschritt dient der **Entwicklung eines ressourcenleicht handhabbaren Werkzeugs für die prozessbegleitende Bewertung der Nachhaltigkeit bei innovativen Infrastrukturvorhaben** auf Basis des bereits erprobten Bewertungsansatzes (Olfert et al. 2020a, b).

Als Hintergrund für die Entwicklung des Werkzeugs legen wir zunächst einen besonderen Fokus auf die Bewertungsansätze (Kapitel 3.2) und die mögliche **konzeptionelle Fassung des Resilienzbegriffs** als Basis für das angewandte Verständnis der Versorgungssicherheit auf Ebene einzelner Infrastruktursysteme (Kapitel 3.3). Als Basis für die Entwicklung eines in der kommunalen Praxis anwendbaren Bewertungswerkzeugs diskutieren wir die interviewbasiert erhobenen „Praxisbedarfe“ (Kapitel 3.4).

Die **Operationalisierung der Resilienz**kriterien wird in Kapitel 3.5 angesprochen. Das **Excel-basierte Bewertungswerkzeug TRAFIS.NB** selbst sowie die Operationalisierung der Bewertungskriterien sind Gegenstand eines gesonderten Anwendungsleitfadens (Olfert und Walther 2023).

3.2 Hintergrund: Bewertung von Resilienz und Nachhaltigkeit von Infrastrukturen

Zahlreiche Studien befassten sich in den vergangenen Jahren mit der Widerstandsfähigkeit von Infrastrukturen im Zusammenhang mit Naturgefahren wie Wetterextremen (Tobin 1999; McDaniels et al. 2008; Ewing und Synolakis 2012; Karnatak et al. 2014; Fu et al. 2016; Memarzadeh und Pozzi 2017; Lugo 2019; Trakas et al. 2019), Erdbeben (Sun Li et al. 2019), aber auch sogenannten "slow-onset events" des Klimawandels (Gasper et al. 2011; Porfiriev 2015; Zaidi 2018).

Die Betrachtung der Resilienz steht dabei meist im Kontext der Risikoanalyse. Dominant sind hier die (potenziellen) Auswirkungen von Schadereignissen. Bezogen auf die Klimaresilienz sind dies klimatisch beeinflusste Wetterextreme oder langfristige „schleichende“ ("slow-onset events") Veränderungen Muster von Temperaturen, Niederschlag und Wind, mit Auswirkungen z. B. auf den Wasserhaushalt.

Eine besondere Beachtung zur Bewertung von Resilienz finden sogenannte kritische Infrastrukturen. Diesbezügliche Arbeiten auf nationaler Ebene dienen dem Diskurs über die Auswirkungen von Ausfällen und möglichen Kaskadeneffekten insbesondere kritischer Infrastrukturen (Geier 2016; Lauwe 2016) oder an den Anforderungen der Mindestversorgung (Fekete 2012; Fekete et al. 2018).

Nationale und europäische Forschungsnetzwerke beschäftigen sich mit unterschiedlichen Themen, wie der Resilienz von kritischen Infrastrukturen (Capodiecì et al. 2010; Cavallini et al. 2014; Eid et al. 2016; Jovanovic und Auerkari 2016; Petrovic, N. et al. 2018; Ugarelli et al. 2019) oder der Schadensbewertung von Infrastrukturen und technischen Systemen (Finger et al. 2016; Habermann und Hedel 2018). Eine wichtige Rolle spielt die Diskussion der Resilienz von kritischen Infrastrukturen im technischen und sozialen Bereich, z. B. von Energiesystemen und IKT (Dick et al., 2019) oder Gesundheitseinrichtungen (Tariverdi et al. 2019). Insbesondere befassen sich nationale und europäische Netzwerke mit verschiedenen Unterthemen wie der Infrastruktursicherheit (Benesch et al. 2012; Siedschlag 2013; Xie et al. 2014; Rosqvist 2017; Varianou Mikellidou et al. 2018), wetterbedingten Auswirkungen wie Starkniederschlägen, Wind, Hitze, Brand (Xie et al. 2014; Karali et al. 2014; Casanueva et al. 2014; Dubus et al. 2018; Troccoli 2018; Dunn et al. 2018; Zuccaro et al. 2019; De Felice et al. 2019), den Auswirkungen des Klimawandels auf kritische Infrastrukturen (Snorrason und Hardardóttir 2008; Nordic Council of Ministers 2012; van Vliet et al. 2012; Burnett et al. 2014; Cradden et al. 2015; Varianou Mikellidou et al. 2018; Clark et al. 2019) oder der Modellierung der Resilienz von Infrastrukturen (Ottens et al. 2006; Cavallini et al. 2014; Zuccaro et al. 2019). Zunehmend rücken auch die sozioökonomischen Folgen von Infrastrukturausfällen in den Fokus von Studien zur Resilienz von Infrastrukturen (Hasan und Foliente 2015; Chang 2016; Li Yundong et al. 2019; Kyriakou et al. 2019). Darüber hinaus entwickeln sich auch Fragen der sozialen Gerechtigkeit zu einem Unterthema (Doorn 2017, 2019; Olfert et al. 2020a).

Bei einem Screening europäischer und internationaler Netzwerke zur Infrastrukturforschung konnten zahlreiche Forschungsprojekte identifiziert werden, die sich mit der Bewertung und/oder dem Management von Funktionsausfällen, der Widerstandsfähigkeit oder der Nachhaltigkeit befassen. Lückerath et al. (2020) haben in einem Arbeitspapier Beiträge der unterschiedlichen Vorhaben in Bezug auf die Resilienzbewertung zusammengestellt. Demnach werden in zahlreichen Forschungsprojekten Ansätze zur Resilienzbewertung identifiziert. Jedoch sind dies in der Regel komplexe analytische Ansätze, fern von einer operativen Anwendbarkeit in einer kommunalen Praxis der Entwicklung von Infrastrukturlösungen.

Groth et al. (2023) benennen eine Reihe von Arbeiten aus den vergangenen Jahren, die zu einer Weiterentwicklung der Risikoanalyse kritischer Infrastrukturen beigetragen. Die Ergebnisse zeigen unterschiedliche Bezüge zu einem Umgang mit Resilienz. Die Ansätze gliedern sich in (Auszug aus Groth et al. 2023):

- ▶ solche, die sich mit Risiko, Vulnerabilität und/oder (jedoch seltener, vgl. Ani et al. 2019) der Resilienz von kritischen Infrastrukturen anhand von direkten Effekten und Wirkungsketten innerhalb der Systeme befassen (z. B. Vamanu et al. 2016; Rehak und Novotny 2016; Espinoza et al. 2016; Romero-Faz und Camarero-Orive 2017; Habermann und Hedel 2018);
- ▶ solche, die systemüberschreitende Kaskaden- bzw. Dominoeffekte von Ausfällen über Systemgrenzen hinaus analysieren (z. B. Reichenbach et al. 2011; Klaver et al. 2014; Dierich et al. 2019);
- ▶ solche, die sich mit den indirekten gesellschaftlichen Folgen der Ausfälle von kritischen Infrastrukturen befassen (z. B. qualitativ Reichenbach et al. 2011; Hassel et al. 2014; oder quantitativ Svegrup et al. 2019) (z. B. quantitativ Svegrup et al. 2019; oder qualitativ Hassel et al. 2014; Reichenbach et al. 2011);
- ▶ und solche, die sich (oft ergänzend) der Wirkungsanalyse von Managementoptionen in kritischen Infrastruktursystemen widmen (Panteli und Mancarella 2015; Hedel 2016; Katopodis et al. 2018).

Andere Ansätze nutzen Risiko- beziehungsweise Resilienzanalysen zur Ableitung möglicher Managementoptionen, jedoch ohne eine Wirkungsanalyse durchzuführen (z. B. Rehak et al. 2019). Insgesamt zeigt sich dabei, dass die außerordentliche Bedeutung sozio-ökonomischer Auswirkungen von Infrastrukturausfällen weitgehend anerkannt ist (Chang 2016; Clark et al. 2019), sich die Ansätze zur Resilienzsteigerung aber zumeist noch immer auf einer eher konzeptionellen Ebene befinden (z. B. Brashear 2020).

Basierend auf einer Auswahl von Ansätzen – die in Tabelle 1 gegenübergestellt sind – lassen sich für die Risikoanalyse bei kritischen Infrastrukturen typische Teilschritte identifizieren, die in unterschiedlicher Art und Weise Berücksichtigung finden.

Bei den Ansätzen kann nicht in jedem Fall von einer regelrechten Operationalisierung gesprochen werden. Es ist offenkundig, dass die Identifikation und Analyse von Abhängigkeiten von Systemkomponenten auf unterschiedlichen Ebenen (Knoten, [Teil-]Systeme, Netzwerke, Funktionen) eine zentrale Aufgabe der Risikoanalyse darstellt. Dies ist naheliegend, da Abhängigkeiten und Interdependenzen technisch komplexer Systeme letztlich für die Fortpflanzung von Störungen im System und darüber hinaus verantwortlich sind (Rinaldi et al. 2001; Schaberreiter et al. 2013; Bloomfield et al. 2017). Für die Bewertung der Fortpflanzung innerhalb des Systems und über die Systemgrenzen hinaus ist die Identifikation dafür verantwortlicher Elemente ein wesentlicher Teil der Analyse (Luijff et al. 2010; Klaver et al. 2014; Hedel 2016; Espinoza et al. 2016; Dierich 2019; Rehak et al. 2019; Svegrup et al. 2019).

Praktische, einfach handhabbare Ansätze der Resilienzbewertung oder auch der Nachhaltigkeitsbewertung kommen kaum vor. Auch die in Deutschland etablierten Verfahren, wie die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) oder die strategische UVP, sind sehr zeitaufwändig und teuer. Sie setzen in einem fortgeschrittenen Stadium der Planung an und decken nur ausgewählte Bereiche der Nachhaltigkeit ab. Daher bietet auch deren Screening-Phasen keine geeignete Option für eine Nachhaltigkeitsbewertung, wie sie in TRAFIS angestrebt wird.

Speziell auf Infrastrukturen ausgelegte Nachhaltigkeitsbewertungswerkzeuge, sog. „sustainability ratings“ (z. B. CEEQUAL, Envision, Infrastructure Sustainability), wie sie durch spezialisierte Dienstleister angeboten werden, sind ebenfalls summativ, kostspielig und fokussieren eher die klassischen Themen der Nachhaltigkeit (Clevenger et al. 2013; Diaz-Sarachaga et al. 2016). Auch werden Aspekte der Resilienz oder der Versorgungssicherheit in der Regel nicht behandelt – sicherlich auch deshalb, weil das Resilienzkonzept in vielerlei Hinsicht schwer zu operationalisieren (insbesondere quantitativ) scheint.

Bei der Anwendung des Resilienzkonzepts auf Infrastrukturen wurden große Fortschritte erzielt, aber es bleibt die Aufgabe, es für den praktischen Einsatz nutzbar zu machen. Während die Bewertung der Resilienz einen wichtigen Beitrag zur Prioritätensetzung bei der Verwaltung von Infrastruktursystemen leisten kann, fehlt eine einheitliche Antwort auf die Frage nach den Metriken der Resilienz oder der Nachhaltigkeit von Infrastrukturen. Damit verharret die Operationalisierung von Resilienz an der Schnittstelle zwischen Konzept und der Operationalisierung für einen Ansatz in der Praxis (Hutter et al. 2021). Der im Rahmen von TRAFIS entwickelte Bewertungsansatz TRAFIS.NB leistet an dieser Stelle einen spezifischen Beitrag.

Einen in dieser Beziehung hilfreichen Beitrag leistet die Richtlinie 4605 des Verbands Deutscher Ingenieure zur Bewertung der Nachhaltigkeit (VDI 2017), die als eine wichtige Quelle für die Operationalisierung des Kriteriensatzes innerhalb TRAFIS.NB dient.

Tabelle 5: Identifizierte Teilschritte der Risikoanalyse bei kritischen Infrastrukturen (auf Basis ausgewählter Ansätze)

Bewertungselement	Ansatz (Projekte)						
	PREDICT ¹	EU-CIRCLE ²	KIRMin ³	RESNET ⁴	CIERA ⁵	CaskEff ⁶	Svegrup et al. ⁷
Identifikation relevanter kritischer Infrastrukturen	X					X	
Gefahrenanalyse (natürlich, strukturell, technogen; interne und externe Quellen), ggf. Szenarien (Wahrscheinlichkeit, Magnitude, zeitliche und räumliche Merkmale etc.), z. B. durch Einbeziehung regionaler Klimamodelle und historischer Daten	X	X		X	X		
Identifikation (ggf. Strukturierung) wichtiger Komponenten und Einheiten*, Knoten, (Teil-)Systeme, Netzwerke, Funktionen ² von kritischen Infrastrukturen	X	X	X	X	X		X
Dependenzanalyse zwischen wichtigen Elementen (Netzwerkanalyse) ² (Gruppierung der wichtigsten Elemente zu Einflussfaktoren, Cross-Impact-Analysen zur Ableitung von Dynamiken und besondere Schwachstellen zwischen den Einflussfaktoren, Visualisierung der Interdependenzen) ³	X	X	X	* **	X	X	* **
Direkte Wirkungen im Infrastruktursystem; Vulnerabilität/Schadensanfälligkeit im betroffenen System gegenüber (spezifischen) Gefahren (Systemreaktion einschl. Ereignisintensität, Suszeptibilität der Elemente, ggf. Schadenskurven etc.) (Connectivity Loss, Service Flow Reduction ²); Robustness assessment ⁵ (crisis preparedness, redundancy, detection capability, responsiveness, physical resistance)	X	X		X	X	X	
Betrachtung von Resilienzaspekten (Integration von Redundanzen, Modularität); Resilience assessment ⁵ (robustness assessment + recoverability assessment, adaptability assessment)		X		X	X		X
Analyse der Kaskadeneffekte (Dominoeffekte) in betroffenen verknüpften Systemen	X	X			X	X	
Indirekte sozio-ökonomische Auswirkungen; Analyse (potenzieller) indirekter gesellschaftlicher (Todesfälle, Verletzte ² , ökonomisch ⁷) Auswirkungen		X				(X)	X
Wirkungsanalyse von Managementoptionen ² Ableiten von Managementoptionen ⁵		X			X		

Quellen: Eigene Zusammenstellung, Alfred Olfert, IÖR.

*Begriffe nach Rinaldi et al. (2001); **Schritt naheliegend, aber nicht explizit benannt; 1 Klaver et al. (2014); 2 Hedel (2016) und Katopodis et al. (2018), Critical Infrastructure Resilience Platform (<http://www.eu-circle.eu/cirp/>), Fokus auf klimawandelbezogene Risiken, virtuelle Daten, Analyse- und Managementperspektive; 3 Dierich (2019), Qualitative Methode für Analyse und Management von (Inter-)Dependenzen; 4 Espinoza et al. (2016), Wirkungsketten innerhalb des Energiesystems, Fokus auf Resilienz gegenüber Extremwetter-Ereignissen, Analyse- und Managementperspektive; 5 Rehak et al. (2016), Ansatz/Methode zur Resilienzanalyse von kritischen Infrastrukturen, Resilienzbewertung nach fünf Variablen, fünfstufige Resilienzeinschätzung von „high level of resilience (5)“ bis „critical level of resilience (1)“; 6 Hassel et al. (2014), Ansatz zur empirischen ex-post-Analyse von Störungen (inkl. Ursprung, Art und Stärke von Auswirkungen, Merkmale der Störung, Kontext/Umfstände); 7 Svegrup et al. (2019), Integration von Wirkungsmodellen physischer Infrastrukturen mit einem ökonomischen Input-Output-Modell (Infrastructure consequence model, societal consequence model), Analyse- und Managementperspektive.

3.3 Resilienz in der Nachhaltigkeitsbewertung

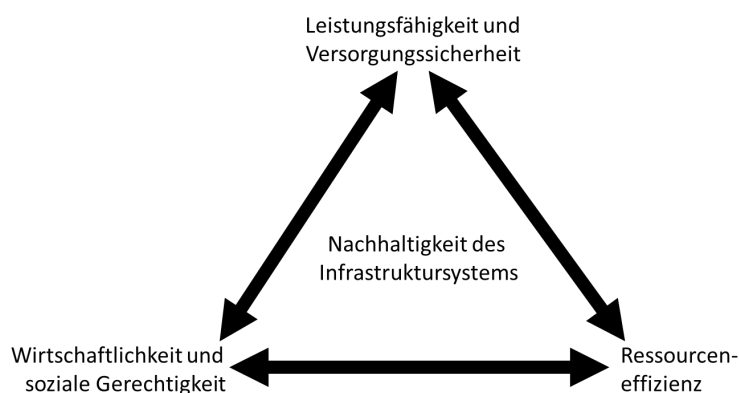
3.3.1 Resilienz und Nachhaltigkeit

Die Themen Infrastruktur und Nachhaltigkeit sind eng miteinander verbunden. In vielerlei Hinsicht haben Infrastrukturen das Potenzial, direkt und indirekt auf den Grad der Nachhaltigkeit einer Gesellschaft einzuwirken. Laut Thacker et al. (2019) können Infrastrukturen 72 % der 169 Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDG) beeinflussen. Adshead et al. (2019) unterscheiden zwischen 30 direkten und 91 indirekten Pfaden, wie Infrastrukturen die Nachhaltigkeitsziele beeinflussen können. Neben Wirkungen durch einzelne Systeme werden hier auch explizit gekoppelte Lösungen genannt (Adshead et al. 2019, S. 4).

Die Diskurse zu Nachhaltigkeit und Resilienz von Infrastrukturen finden parallel statt (Thomé et al. 2016; Bhatkoti et al. 2018; Uda und Kennedy 2018; Olfert et al. 2020b). Diskurse zu "Sustainable Urban Systems" (SUS) (Sahely et al. 2005; Ramaswami et al. 2012; Kennedy 2016; Dong et al. 2016), "Infrastructure Ecology" (Xu et al. 2012; Brown 2014; Pandit et al. 2017) oder "Sustainable Urban Infrastructure" (SUI) (Pandit et al. 2017) sind speziell auf die Nachhaltigkeitsimplikationen kommunaler Infrastrukturleistungen ausgerichtet.

Wir betrachten Resilienz als integralen Bestandteil eines an die Bedürfnisse der Infrastruktur angepassten Nachhaltigkeitskonzepts. Wenn wir davon ausgehen, dass Infrastrukturleistungen ein Grundbedürfnis unserer Gesellschaften sind, dann können wir Folke (2006) folgen, dass es eine Nachhaltigkeit ohne Resilienz nicht geben kann. Dies ist nicht unumstritten. Während Nachhaltigkeit einen Rahmen für normative Diskussionen bietet, wird Resilienz oft als eine komplexe, nicht-normative Systemeigenschaft verstanden (e. g. Elmqvist et al. 2019). Wie bei der Nachhaltigkeit greifen wir auf das "Triple Bottom Line"-Konzept zurück (e. g. Schweikert et al. 2018) und passen es an die besonderen Bedürfnisse der Nachhaltigkeit von Infrastrukturen an. Dieses "Drei-Säulen-Modell" aus Ökologie, Ökonomie und Sozialem ist vielfältig ausdifferenziert und interpretiert worden. Wichtige Beiträge diskutieren die Priorisierung der drei Dimensionen untereinander (Dietz und Neumayer 2007; Neumayer 2013) – bleiben aber eher theoretisch und damit wenig instruktiv.

Abbildung 1: Dimensionen der Nachhaltigkeit von Infrastrukturen



Quelle: Eigene Abbildung, Alfred Olfert (IÖR)

Wichtige konzeptionelle Beiträge zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit in Bezug auf Infrastrukturen liefert das im Rahmen der deutschen Energiewende-Debatte entwickelte politisch motivierte "Energiepolitische Zieldreieck" (BMW und BMU 2010) und das damit eng verknüpfte, 2015 verabschiedete SDG 7 (bezahlbare und saubere Energie). Beide Ansätze (Zieldreieck und SDG 7) fokussieren auf drei Hauptkriterien für nachhaltige Energiesysteme:

Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Diese drei Dimensionen lassen sich direkt mit den Diskussionen über Ressourceneffizienz, Resilienz und wirtschaftliche Effizienz verknüpfen. Wir integrieren dieses Verständnis mit der Triple Bottom Line, um sowohl soziale Gerechtigkeit als auch Versorgungssicherheit (Abbildung 1) in einem angepassten Konzept zu erfassen. Die Versorgungssicherheit stellt dabei die direkte Verbindung zur Resilienz von Infrastruktursystemen her.

Ein Hauptargument für die Integration von Resilienz und Nachhaltigkeit ist, dass die Bereitstellung von Dienstleistungen als primäres und gesellschaftlich unhinterfragtes Ziel von Infrastruktursystemen durch das in der Nachhaltigkeit traditionell dominierende Effizienzkriterium nur unzureichend abgedeckt wird – sowohl in Bezug auf die Ressourcen als auch auf die Ökonomie. Resilienz steht in diesem Zusammenhang für die Bereitstellung von Strukturen, Prozessen und Ressourcen zur Sicherstellung der Funktionalität und ist die "natürliche" Ergänzung zum Effizienzkriterium. Es ist wichtig, diese beiden Aspekte (Effizienz und Resilienz) getrennt und differenziert, aber dennoch verbunden zu betrachten, da sie in ihren Perspektiven teilweise konkurrieren. Gleichzeitig sind sie im Sinne der sozialen und wirtschaftlichen Erfüllung von Infrastrukturzielen untrennbar miteinander verbunden. Die Perspektive der Effizienz besteht darin, einen Beitrag zur Ressourcenschonung zu leisten oder, absolut gesehen, den Ressourcenverbrauch durch effizientere Nutzung real zu reduzieren. Dieses Verständnis steht im Gegensatz zu einem weithin akzeptierten Effizienzbegriff, der das Verhältnis von Input und Output betrachtet und demzufolge auch solche Entwicklungen als effizient ansehen kann, bei denen ein höherer Einsatz natürlicher Ressourcen zu einem überproportional höheren Output führt – oder natürlich umgekehrt; Effizienz kann formal auch durch eine Verringerung des Inputs von Ressourcen wie Waren und Dienstleistungen, Personal, Investitionen usw. erreicht werden. In der Praxis wird eine höhere Effizienz nicht unbedingt nur durch technologische Verbesserungen erreicht, sondern auch durch eine ökonomisch positiv konnotierte "Verschlankung", d. h. durch den Abbau von Ressourcenpuffern, die Ausschöpfung von Systemreserven oder den Abbau von Redundanzen. Was den Betrieb unter normalen Bedingungen effizienter macht, kann jedoch unter Krisenbedingungen Ausfälle provozieren oder erleichtern und die Erbringung von Infrastrukturleistungen stören.

Demgegenüber erfordert Resilienz geeignete Strukturen, Ressourcen und Fähigkeiten (Olfert et al. 2020a), um die Versorgungssicherheit auch dann zu gewährleisten, wenn der Regelbetrieb durch interne oder externe Faktoren beeinträchtigt wird (selbst wenn man nur die Mindestversorgung betrachtet, vgl. Fekete et al. 2019). Strukturen, Ressourcen und Fähigkeiten dienen dem Ziel, das Überschreiten kritischer Schwellen zu verhindern, zu verzögern oder zu verkürzen, die die Erbringung von Infrastrukturleistungen gefährden oder unmöglich machen (betriebstechnische Resilienz). **Die Suche nach einem Gleichgewicht zwischen Effizienz und Resilienz ist somit eine wichtige Managementaufgabe beim Betrieb von Infrastrukturen.**

Über diese operative Perspektive auf Resilienz hinaus, wie wir sie in unserem Ansatz verfolgen, bleibt die mittel- bis langfristig zielgerichtete Entwicklung (bis hin zu Transformation) von Infrastruktursystemen wichtig, um mit Unsicherheiten und sich verändernden Gefährdungssituationen, z. B. im Kontext des Klimawandels, umzugehen oder neue technische Möglichkeiten für mehr Klimaschutz zu nutzen (strategische/evolutionäre sozial-ökologische Resilienz). Während resilienzfördernde Faktoren wie Puffer, Redundanz, Flexibilität etc. für die Sicherstellung der Infrastrukturleistungen essentiell sind, wirken sie engen Effizienzzielen zwangsläufig entgegen und sind somit ein wichtiges Gegenstück zum Effizienzkriterium (vgl. z. B. Schiller et al. 2012 zur Effizienz von Siedlungsstrukturen).

3.3.2 Operatives Resilienzverständnis

Das Werkzeug TRAFIS.NB, welches wir für die Nachhaltigkeitsbewertung innovativer Infrastrukturprojekte vorschlagen, setzt sich wie eingeführt aus Kriterien in drei Dimensionen zusammen: "Versorgungssicherheit", "Wirtschaftlichkeit und soziale Gerechtigkeit", "Ressourceneffizienz". Die gesamte Palette der vorgeschlagenen Kriterien ist in Abbildung 6 aufgeführt.

In wenigen Worten und Sätzen gefasste Definitionen von Resilienz vermögen es kaum, eine oft omnipotente, aber stets eher konzeptionelle Ebene zu verlassen. Daher verzichten wir auf eine griffige Definition. Stattdessen unternehmen wir den Versuch, ein operatives (i.S. in die Praxis übertragbares, im Optimalfall anwendbares) Resilienzverständnis entlang von sieben Leitfragen zu charakterisieren. Ein explizit ausdifferenziertes Resilienzverständnis ist sowohl für die Operationalisierung seiner Bewertung als auch als Grundlage für das konkrete Management von Systemresilienz wichtig. Meerow und Newell (2019) beschreiben fünf W's der Resilienz: "... *resilience for whom, what, when, where, and why?*" Mögliche (Leit-)Fragen, um das Verständnis von Resilienz zu charakterisieren, haben in diesem Zusammenhang eine längere Vorgeschichte und beispielsweise die Perspektiven von White und O'Hare (2014): "*Whose resilience?*"; Carpenter et al. (2001): "*Resilience of what to what?*"; Colker (2020) and White and O'Hare (2014): "*Why resilience?*". Darüber hinaus erscheint es insbesondere aus operativer Sicht sinnvoll, grundsätzlich die W-Frage zu stellen: "*Which resilience?*" (White und O'Hare 2014).

Insbesondere bei der Betrachtung sozial-ökologisch-technischer Systeme ist es grundlegend, nicht nur zu klären, welche technischen und/oder sozialen Teilsysteme bzw. welche Perturbationen im Fokus stehen (What to What?), sondern auch, ob ein engeres Verständnis von Resilienz (engineering resilience im Sinne eines "bounce back") oder ein erweitertes evolutionäres Verständnis (im Sinne eines "bounce forward") verwendet wird (Folke 2016; Doorn et al. 2019). Schließlich stellt sich die Frage, wie Resilienz für praktische Anwendungen operationalisiert werden kann. Wir formulieren dieses zusätzliche "W" als "Resilienz – Wie?". Diese Frage ist absichtlich mehrdeutig. Einerseits bezieht sie sich auf den Aspekt einer summativen oder formativen Bewertung (Resilienz – Wie messen?). Andererseits bezieht sie sich auf das operative Ziel des Resilienzmanagements oder -aufbaus (Resilienz – Wie verbessern?). Beide Perspektiven sind unmittelbar miteinander verknüpft, wenn man davon ausgeht, dass Kriterien zur Messung von Resilienz auch als relevante Parameter bzw. potenzielle Stellschrauben zur Erreichung einer höheren Resilienz angesehen werden können. Daher verfolgen wir eine erweiterte Reihe von Leitfragen:

- ▶ Warum Resilienz? (→ Kapitel 3.3.2.1)
- ▶ Resilienz von was gegenüber was? (→ Kapitel 3.3.2.2)
- ▶ Welche Resilienz? (→ Kapitel 3.3.2.3)
- ▶ Resilienz – Für wen (bzw. für wen nicht?) (→ Kapitel 3.3.2.4)
- ▶ Resilienz – Wann? (→ Kapitel 3.3.2.5)
- ▶ Resilienz – Wo? (→ Kapitel 3.3.2.6)
- ▶ Resilienz – Wie messen? Wie entwickeln? (→ Operationalisierung in Kapitel 3.3.4)

Zusätzlich thematisieren wir die Frage nach der Integration von Kritikalität in das Resilienzverständnis.

3.3.2.1 Warum Resilienz?

Fazit: *Resilienz ist eine geeignete Strategie, um bei Unsicherheiten und Herausforderungen durch externe und interne Störungen durch einen gezielten Aufbau und die Unterhaltung geeigneter*

Strukturen, Ressourcen und Fähigkeiten Handlungsfähigkeit zu bewahren und Versorgungssicherheit auch jenseits des „Normalbetriebes“ zu gewährleisten.

Infrastruktursysteme sind kein Selbstzweck. Als Rückgrat des gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens stellt die Infrastruktur Dienste bereit, auf die im Grunde alle Akteure in allen Bereichen (Gesellschaft, Wirtschaft usw.) angewiesen sind. Das Konzept der Resilienz entwickelt eine Antwort auf die Unsicherheiten und Gefährdungen des Funktionierens von Systemen auf unterschiedlichsten Ebenen. Bezogen auf Infrastrukturen stellen sich diese Fragen in drei wesentlichen Bereichen:

- ▶ Extern 1: Veränderte (oder sich ändernde) Umfeldfaktoren:
 - Ressourcenknappheit – politisch (z. B. Auflagen zum Umweltschutz), ökonomisch (z. B. Einkaufspreise oder erzielbare Verbraucherpreise), physisch (z. B. durch Klimawandel),
 - äußere Gefährdungen (Wetterextreme, Terrorismus, Pandemien),
- ▶ Extern 2: Veränderte Anforderungen an Versorgungssicherheit
 - Strom- und IT-Ausfälle werden zunehmend zum Problem, da viele Funktionen auf diesen Diensten beruhen
 - Volatilität von Ressourcen (z. B. Elektrizität)
- ▶ Intern: Veränderte Konfiguration sozio-technischer Systeme
 - neue Technische Komponenten und Prozesse, höhere technische Komplexitäten - komplexere Akteurskonstellationen (organisatorische Komplexitäten), kompliziertere Entscheidungsstrukturen ...
 - neue Anforderungen an Wissen und Fähigkeit des Personals, mehr Akteure, (z. B. volatile Energiequellen)

Diese Unsicherheiten können das Funktionieren von Infrastrukturen und die Sicherheit der Infrastrukturdienstleistungen vor große Herausforderungen stellen. Ziel der Resilienz ist es, die Bereitstellung der Infrastrukturdienstleistungen auch außerhalb des Normalbetriebs sicherzustellen bzw. die Dauer von Unterbrechungen auf ein Minimum zu reduzieren. Es geht darum, sowohl im internen Betrieb als auch in Hinblick auf die bereitgestellte Dienstleistung kritische Schwellen nicht oder nur kurzzeitig zu überschreiten, ab denen (intern) Prozesse der Dienstleistungs-Erbringung gefährdet sind oder (extern) das soziale oder ökonomische Funktionieren der Gesellschaft erheblichen Schaden nimmt.

In einigen Fällen werden Infrastrukturen und ihre Dienste als kritisch angesehen – dies ist immer dann der Fall, wenn selbst eine kurzfristige Unterbrechung des Dienstes zu erheblichen Auswirkungen auf das soziale und/oder wirtschaftliche Leben einer Gesellschaft führen kann. Infrastrukturdienste können zu den Grundbedürfnissen des menschlichen Lebens gezählt werden. Wenn Infrastrukturdienste unterbrochen werden, verlieren wirtschaftliche und soziale Aktivitäten ihre Dynamik und die Sicherheit ist gefährdet. Daher ist die zuverlässige Bereitstellung von Infrastrukturleistungen (verstanden als Versorgungssicherheit) zunehmend zu einem zentralen Thema der Resilienzforschung zu Infrastrukturen geworden (vgl. z. B. Shafiee 2016). Libbe et al. (2018) beschreiben die Nachhaltigkeit von Infrastrukturen durch drei zentrale Eigenschaften:

- ▶ Universelle Verfügbarkeit von Dienstleistungen – überall, jederzeit, für jeden,
- ▶ universelle Zugänglichkeit von Infrastrukturleistungen in räumlicher, zeitlicher, technologischer, wirtschaftlicher, kognitiver oder sicherheitstechnischer Hinsicht und
- ▶ hohe Qualität und Ressourceneffizienz der angebotenen Dienste.

Die Versorgungssicherheit ist also ein zentraler Punkt, wenn es um den Umgang mit Infrastrukturleistungen geht. Wie sich im Zusammenhang mit der CoViD 19-Pandemie gezeigt

hat, ist die Verfügbarkeit und Zugänglichkeit von Infrastrukturdienstleistungen in Krisenzeiten besonders wichtig, um z. B. medizinische und soziale Infrastrukturen und den physischen Zugang zu diesen aufrechtzuerhalten, um den Informationsfluss und die Kommunikation in Zeiten sozialer Distanzregelungen zu gewährleisten oder um eine sichere und informierte Isolierung der am meisten gefährdeten Personen zu ermöglichen.

Von Infrastrukturen wird erwartet, dass sie ihre Dienste zuverlässig und durchgängig erbringen. Das heißt, auch dann, wenn interne oder externe Faktoren das Funktionieren des Infrastruktursystems durch eine starke Abweichung von Normalbedingungen bedrohen. Gleichzeitig wird die Leistung von Infrastrukturen durch interne und externe Bedingungen beeinflusst, die einerseits einen sich verändernden grundlegenden Rahmen für ihr Funktionieren setzen, andererseits aber auch neue Herausforderungen für die erforderlichen Inputs und die beabsichtigten und unbeabsichtigten Outputs definieren.

Unsicherheiten, die sich aus veränderten Bedingungen und potenziellen Gefahren ergeben, können das Funktionieren von Infrastrukturen und die Zuverlässigkeit ihrer Dienstleistungen vor große Herausforderungen stellen. Resilienz ist in diesem Zusammenhang nicht nur eine beschreibende (multiple) Eigenschaft des betrachteten Systems, sondern auch eine Strategie in Bezug auf die Gestaltung, den Betrieb und die Entwicklung von Systemen, einschließlich der Elemente, Verknüpfungen, gegenseitigen Abhängigkeiten, Fähigkeiten, Ressourceninputs im weitesten Sinne und verschiedener Arten von Outputs. **Eine Resilienzstrategie zielt darauf ab, die Funktionsfähigkeit eines Systems sowohl im internen Betrieb als auch in Bezug auf die erbrachten Leistungen auch unter angespannten bzw. gestörten Bedingungen aufrechtzuerhalten und Funktionsverluste gegebenenfalls rasch zu beheben, bevor das soziale oder wirtschaftliche Funktionieren der Gesellschaft erheblichen Schaden erleidet** (enge Resilienz, technische Resilienz, Mono-Equilibrium-Resilienz, kurzfristige operative Resilienz). Resilienz kann jedoch auch als eine Strategie verstanden werden, die es Systemen ermöglicht, sich als Reaktion auf oder in Erwartung von wichtigen Ereignissen und Bedingungen weiterzuentwickeln, um die Versorgungssicherheit auch bei sich mittel- bis langfristig ändernden Anforderungen und Ressourcen zu gewährleisten (erweiterte Resilienz, sozio-ökologische Resilienz, Multi-Gleichgewichts-Resilienz, langfristige Resilienz). Resilienz ist somit eine Antwort auf Risiken und Unsicherheiten, die durch äußere und innere Einflüsse verursacht werden und die dazu führen können, dass kritische Schwellenwerte für die Leistungserbringung (u. a. Elemente, Prozesse, Ressourcen) überschritten werden. Resilienz, Risikomanagement und Kritikalität hängen damit unmittelbar miteinander zusammen. Während einzelne Autoren Risikomanagement als Teil von Resilienzstrategien betrachten, sehen andere Resilienz als ergänzendes Konzept, welches die Grenzen des Risikomanagements ergänzen (Linkov et al. 2014).

3.3.2.2 Resilienz von was gegenüber was?

Fazit: Der in TRAFIS.NB verfolgte Ansatz bewegt sich auf dem Niveau eines Screenings und ermöglicht die Orientierung auf generelle oder spezifische Resilienz. Entscheidend sind die Definition von Bezugssystem und der zu betrachtenden Einwirkungen.

Wenn man unter Resilienz die Fähigkeit eines Systems versteht, trotz widriger Umstände oder Störungen seine Funktionsfähigkeit zu erhalten oder wiederherzustellen, ist die oft zitierte Frage "Resilienz von was gegenüber was?" naheliegend. Diese stark verkürzte Frage impliziert: Resilienz von welchem System (WAS 1) gegenüber welchen Bedingungen (WAS 2)? Es ist also auch die Frage nach der allgemeinen Resilienz gegenüber der spezifischen Resilienz (Folke et al. 2010). Diese Unterscheidung ist jedoch nur scheinbar klar, da sie nicht erklärt, wie allgemein die allgemeine Resilienz und wie spezifisch die spezifische ist. Wir gehen davon aus, dass sich

zwischen "allgemein" und "spezifisch" eine Art "Kontinuum" von unbestimmten Zwischenformen erstreckt. Auch kann das betrachtete System spezifischer sein als die betrachtete(n) Perturbation(en) und umgekehrt.

Abbildung 2: Analytischer Raum zwischen genereller und spezifischer Resilienz

Spezifität der Einwirkung	Alle internen / externen Einwirkungen	Interne oder externe Einwirkung	Domänen-spezifisch z.B. Natur-gefahren	Typ einer Einwirkung z.B. Wetter-extreme	Einzelne Einwirkung z.B. Hitze, Starkregen
Komplexität des Systems					
Regionales / über-regionales System z.B. nationales Energienetz					
Sozio-(öko-)technisches System z.B. lokales Infrastruktursystem incl. Management und Nutzer					
Technisches, soziales etc. (Teil-) System auf lokaler Ebene z.B. technischer Teil einer lokalen Abwasserinfrastruktur	eher generell				
Technisches Artefakt; z.B. Abwasserleitung	eher spezifisch				
Komponente, Knoten, Verbindung; z.B. Rohrabschnitt zwischen zwei Konten					

Quelle: Eigene Darstellung, Alfred Olfert, IÖR

Die Matrix in Abbildung 2 schlägt eine mögliche stufenweise Differenzierung zwischen spezifischen und allgemeinen Perspektiven der Resilienz vor. Als ein Kriterium differenziert sie die Spezifität der Systemkomplexität, indem sie diskrete oder interdependente (Teil-)Systeme oder Teile davon betrachtet (vgl. auch Abbildung 4). Diese Unterscheidung ist ein Vorschlag, sie gibt keinen wissenschaftlichen Konsens zu dieser Frage wieder. Hier geht es darum, mögliche Stufen zunehmender Komplexität zu beschreiben, wie sie für ein System angenommen werden können, um die Herausforderung möglicher genereller oder spezifischer Betrachtungen anzudeuten. Natürlich sind auch andere als die vorgeschlagenen Stufen möglich. Wir denken, dass die verwendeten Komplexitätsstufen hilfreich sind, um die Perspektive auf dieses Thema zu erläutern. Auch wenn Artefakte oder Teile von Systemen nicht als Systeme bezeichnet werden können, so sind sie doch wichtige Objekte von Ausfall, Analyse und Anpassung zur Verbesserung der Systemresilienz, wie in kritikalitätsorientierten Ansätzen, z. B. der Abhängigkeits- und Sensitivitätsanalyse, gesehen (z. B. Dierich 2019).

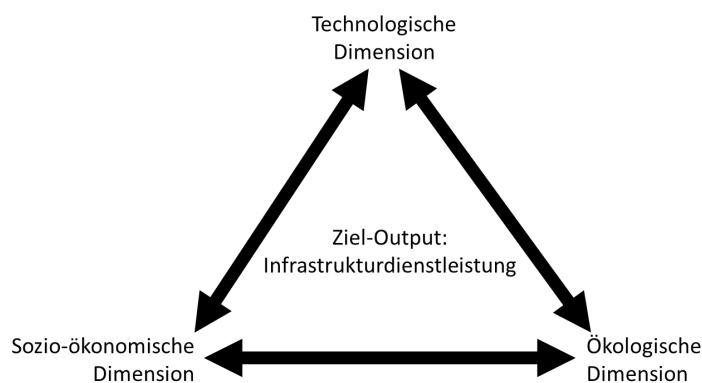
Ein ähnlich schrittweiser Ansatz zur Definition von Typen oder Gruppen möglicher Störungen kann hilfreich sein, um zu verstehen, wie spezifisch oder allgemein der Resilienzfokus aus der Perspektive der Fehlerquellen sein kann. Infolgedessen beschreiben wir auch eine Art "Kontinuum" zwischen einer spezifischen und einer allgemeinen Perspektive auf mögliche Störungen. So kann sich Resilienz speziell auf ein diskretes Teilsystem oder sogar einen Teil davon gegen eine Störung mit einer bestimmten Größenordnung in Bezug auf Ausmaß,

Dynamik, Dauer usw. konzentrieren. In einer allgemeinen Perspektive kann die Resilienz Systeme verschiedener Komplexität gegen alle Arten von Störungen betrachten. Je allgemeiner die Resilienzperspektive wird, desto allgemeiner ist der Anspruch an einzusetzende Methoden und Daten und desto allgemeiner sind folglich die erwartbaren Ergebnisse. Letzteres ist jedoch kein Petitum für die Anwendung eines sehr spezifischen Fokus, da die interessierenden Systeme unterschiedliche Besonderheiten aufweisen und der Fokus auf eine Gefahr oder Systemkomponente nicht eine breitere Sicht auf die vielfältigere Realität ersetzt. Und umgekehrt: eine allgemeine Betrachtung kann Hinweise erbringen auf spezifische Herausforderungen, ersetzt dann aber nicht eine spezifische Betrachtung. Wir verwenden Abbildung 2, um die aufgeworfene Frage *"Resilienz von was (1) gegenüber was (2)?"* in diesem Unterabschnitt zu diskutieren.

WAS (1): Von welchem System sprechen wir?

Jede Infrastruktur ist ein komplexes System. Durch die Erbringung grundlegender Dienstleistungen sind die Infrastruktursysteme eng mit der Gesellschaft verwoben. Die meisten Infrastrukturen werden durch ein dichtes Zusammenspiel von technologischen, sozio-ökonomischen und ökologischen Elementen und Bedingungen ermöglicht. Das Funktionieren solcher soziotechnischen (Frantzeskaki und Loorbach 2010; Moss 2014) oder besser sozioökotechnischen Systeme (Grabowski et al. 2017; Chester et al. 2019) integriert physische Artefakte, Technologien, gesellschaftliche Erwartungen und Verhaltensweisen, Marktmuster, institutionelle Strukturen, Wissen und Fähigkeiten, rechtliche Regelungen, technische Standards und natürliche Ressourcen. Die Inputs, Outputs und Bedingungen in diesen drei Dimensionen sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Abbildung 3: Inputs und Outputs von Infrastrukturen als sozial-ökologisch-technischen Systemen



Quelle: Eigene Darstellung, Alfred Olfert (IÖR)

In der **technologischen Dimension** werden Infrastrukturen oft als technische oder physische Artefakte bzw. einzelne Elemente wie Straßen, Rohre oder kleine Anlagen wahrgenommen. Doch bereits auf dieser untersten Ebene sind in der Regel verschiedene technische Komponenten miteinander verbunden, darunter Kommunikationsleitungen, Ampeln oder Pumpen, die das technische Funktionieren der Anlagen ermöglichen. Technologien werden benötigt, um definierte Dienstleistungen zu erbringen. Mehr oder weniger komplexe Betriebssysteme ermöglichen die Verarbeitung von Stoffen, Energie und Informationen.

Die **ökologische Dimension** erhält ihre Bedeutung v. a. durch die Ressourcen, die zur Produktion und Bereitstellung von Infrastrukturleistungen eingesetzt werden. Einerseits benötigen Anlagen, Prozesse und oft auch die eigentlichen Dienstleistungen einen kontinuierlichen Input an Ressourcen wie Energie, Stoffe oder Raum (Inputs). Andererseits

werden natürliche Ressourcen wie Luft, Wasser oder Boden als "Senke" für verschiedene, in die Umwelt freigesetzte Ab-Produkte wie CO₂, Schadstoffe, Abfall, Lärm oder Wärme genutzt (Outputs).

Tabelle 6: Inputs, Outputs und Bedingungen für das Funktionieren sozial-ökologisch-technischer Infrastruktursysteme

	Technologische Dimension	Sozioökonomische Dimension	Ökologische Dimension
Inputs	Technologie, Betriebssysteme Energie, Daten, etc.	Kenntnisse und Fertigkeiten – Management, technischer Betrieb, Planung, Verkauf usw. Investitionen und Ausgaben	Natürliche Ressourcen (Energie, Rohstoffe, Raum, etc.)
Outputs	Energie, Stoffe, Daten	Einnahmen	Senkenfunktion der Umwelt (CO ₂ , Immissionen, Abfall, Lärm)
Bedingungen	(interne) technische und organisatorische Komplexität (Vielfalt der Artefakte, Akteure, Verbindungen, Abhängigkeiten, Prozesse usw.)	(intern) Betriebsorganisation, Netzwerke, Routinen, Zugang zu Technologie (extern) Gesellschaftliche Erwartungen, Vorschriften, Nutzerpräferenzen und Kapazitäten (Fähigkeiten, technische Ausstattung, Finanzierung)	(externe) Verfügbarkeit von Input- und Output-Ressourcen

Quelle: Eigene Darstellung, Alfred Olfert (IÖR)

Die **sozioökonomische Dimension** umfasst zum einen die Betriebsorganisation einschließlich etablierter Routinen, interner und externer Netzwerke, gesellschaftlicher Erwartungen, gesetzlicher Regelungen sowie der Präferenzen und Fähigkeiten der Nutzer. Letzteres ist ebenso wichtig wie die anderen Faktoren – eine Dienstleistung, die nicht genutzt wird, ist irrelevant; eine Dienstleistung, die aufgrund mangelnder (physischer, technologischer, ökonomischer) Erreichbarkeit nicht genutzt werden kann, ist nicht sozial gerecht. Andererseits sind die Kenntnisse und Fähigkeiten des Personals entscheidend für das Management, die Planung oder den technischen Betrieb der Infrastruktur. Nicht zuletzt erfordern Investitionen und Ausgaben einen kontinuierlichen finanziellen Input, und die Einnahmen müssen häufig die Deckung der vollen Kosten der erbrachten Dienstleistungen gewährleisten.

Für die Charakterisierung des Systems (WAS 1) nutzen wir die in Abbildung 2 Unterscheidung von Systemperspektiven in fünf Ebenen. Wie oben dargestellt, sind diese schematisch und sollen vor allem verdeutlichen, dass eine Positionierung der Betrachtungsebene mit dem „System“ noch nicht hinreichend beschrieben ist.

- ▶ Einzelkomponenten (z. B. eine Pumpe, ein Sensor, ein Steuermodul, ein Straßenbelag), Verbindungen zwischen Elementen (eine Kommunikationsleitung zwischen zwei Komponenten). Während das angegebene Beispiel von einem technischen System abgeleitet ist, kann die Ebene auch auf soziale Systeme angewendet werden, z. B. durch die Betrachtung eines einzelnen Individuums (cf. e. g. Jönsson et al. 2008).
- ▶ Artefakte, betrachten als eine erste einfache funktionale Agglomeration von Elementen, die z. B. einen Abwasserkanal mit Rohren, Pumpen etc. bilden. Auf dieser Ebene können Knotenpunkte von Verbindungen ohne die angeschlossenen Elemente lokalisiert werden.

Aus sozialer Sicht kann ein Haushalt, der aus mehr als einer Person besteht, mit dieser Ebene in Verbindung gebracht werden.

- ▶ Teilsysteme umfassen verschiedene Artefakte, die durch Kommunikation und Steuerung miteinander verbunden sind und so erste komplexere Funktionseinheiten bilden, wobei jedoch noch zwischen Bereichen wie Technik, Soziales usw. unterschieden wird. Aus sozialer Sicht kann hier eine gemeinschaftliche Perspektive eingenommen werden, die z. B. mehrere räumlich (geographisch) zusammenhängende Haushalte umfasst, die von einem Viertel bis zu Stadtteilen oder sogar ganzen Klein- und Mittelstädten reichen kann.
- ▶ Eine nächste und immer noch auf lokaler Ebene angesiedelte, potenziell höhere Komplexität kann durch die Betrachtung miteinander verbundener und voneinander abhängiger (Teil-)Systeme aus verschiedenen Bereichen erreicht werden, wobei z. B. sozial-technische oder sozial-ökologisch-ökotechnische Systeme im Mittelpunkt stehen. Eine Differenzierung zwischen Teilsystemen aus verschiedenen Bereichen wird hier nicht vorgeschlagen, ist aber potenziell nicht ausgeschlossen.
- ▶ Schließlich könnte eine regionale bis supra-regionale Ebene verbundener domänenübergreifender Systeme die allgemeinste (und zugleich komplexeste) Ebene sein.

Abbildung 4: Komplexität der Systemperspektive bei der Nachhaltigkeitsbewertung

Systemperspektive	technisches Artefakt	technisches (Teil-)System	sozio-technisches System*	sozio-öko-techn. System**
Berücksichtigte Elemente				
Technisches Artefakt (physische Elemente, Betriebssystem, Sensoren, Aktoren)				
+ Verbindungen, Anhängigkeiten	Leistungs- und Resilienz-Faktoren			
+ Betreiberorganisation, Kapazitäten, techn. Fähigkeiten, Ressourcen, Routinen				
+ Gesellschaftliche Erwartungen, gesetzl. Rahmen			Sozio-ökonomische Faktoren	
+ Erwartungen und technische Fähigkeiten auf Nutzerseite				
+ Natürliche Input- und Outputressourcen				Ökologische Faktoren
*Folke 2006, Doorn 2018 **Grabowski et al. 2017, Chester et al. 2019	Steigende Komplexität der Systemperspektive in der Bewertung			

Quelle: eigne Abbildung, Alfred Olfert, IÖR

Infrastrukturen als sozial-ökologisch-technische Systeme sind grundsätzlich komplex in ihrem technischen Aufbau und Management, ihrer in der Verfechtung verschiedener sub-Systeme und Sektoren begründeten Funktionsweise und auch hinsichtlich ihrer Wirkungen, Wechselwirkungen und Abhängigkeiten. Entsprechend der gewählten Betrachtung von Elementen, Teilsystemen oder des Gesamtsystems ist ein möglicher Bewertungsansatz ebenfalls mehr oder weniger komplex. Mit der Einbeziehung der Komponenten aus den technischen, sozioökonomischen und ökologischen Dimension und der Verbindungen zwischen diesen steigt entsprechend auch die Komplexität einer anzustrebenden Resilienz Betrachtung in Richtung eines sozial-ökologisch-technischen Systems und der damit einhergehenden methodischen Herausforderungen (vgl. Abbildung 4). Mit der Abbildung verdeutlichen wir, dass der hier vorgestellte Bewertungsansatz TRAFIS.NB um alle drei Dimensionen bemüht ist, sich diese aber additiv den unterschiedlichen Dimensionen widmen.

Was (2): Welche Arten von Störungen stehen im Fokus?

Physische oder virtuelle Störungen durch Naturereignisse, menschliches Versagen, Cyber-Attacken und andere „Einwirkungen“ können Schäden an Infrastruktursystemen verursachen und die Zuverlässigkeit der Dienste gefährden. Einschränkungen der Dienste in Quantität (z. B. Kapazität des Abwassernetzes, Datenvolumen) oder Qualität (z. B. Trinkwasserqualität, Frequenzstabilität im Stromnetz) sind die Folge. Solche Störungen reichen oft tief in die Prozesse des täglichen Lebens, der Wirtschaft und der öffentlichen Verwaltung hinein. Die sozioökonomischen Folgen von Infrastrukturausfällen gehen oft weit über die Schäden an der Infrastruktur selbst hinaus (vgl. z. B. Chang 2016). Gegenwärtige oder zukünftige Gefährdungen, aus welchen Quellen auch immer, sind daher ein primärer Fokus des Resilienzmanagements. Tabelle 7 schlägt eine Systematik für interne und externe Störquellen für Infrastruktursysteme vor, von denen natürlich nur einige mit dem Klimawandel in Zusammenhang stehen (in der Tabelle fett markiert).

Tabelle 7: Quellen für Störungen für den Betrieb von Infrastrukturen

Quelle der Störung	Naturogen	Technogen	Anthropogen
intern	- organisatorische Störungen (Personalmangel bei Epidemien/Pandemien)	- verfahrenstechnische Störungen	- menschliches Versagen bei Analyse, Entscheidung und Umsetzung
extern	- geologisch (z. B. Erdbeben, Erdbeben, unterirdische Instabilität, Tsunamis) - meteorologisch (z. B. Häufigkeit, Schwere und Dauer von Wetterextremen) - ressourcenbezogen (natürliche Knappheit) - gesundheitsbezogen (z. B. durch Vektoren übertragene Krankheiten)	- Kaskaden von Störungen im Zusammenhang mit Waren und Dienstleistungen	- Cyber-Bedrohungen - physische Bedrohungen (terroristische Anschläge) - politische Entscheidungen, Instabilitäten - wirtschaftliche Auswirkungen - gesellschaftlicher Druck (Akzeptanz)

Quelle: Eigene Darstellung, inspiriert durch Rehak et al. (2019, S. 128), ergänzt

Es bedarf keiner großen Erklärung, dass ein System für eine Gefahr anfälliger sein kann als für eine andere. Die aufgelisteten Gefahren sind vielfältig und in ihrer Ausprägung facettenreich. Naturgefahren wie Überschwemmungen oder Hitzewellen können trotz aller Unwägbarkeiten in Bezug auf Zeit, Ort, Häufigkeit oder Ausmaß teilweise gut vorhersehbar sein, da sie weitgehend verstandenen physikalischen Prozessen, Mustern und Grenzen folgen. Wie die Kraftwerkskatastrophe von Fukushima jedoch zeigt, können selbst relativ gut verstandene Gefahren wie ein Tsunami physikalisch unterschätzt werden. Dieses Beispiel zeigt auch, dass ein vom Menschen verursachtes internes Managementversagen ebenso entscheidend dafür sein kann, welchen „Zerstörungs-“ Pfad eine ursprünglich rein physische Einwirkung nimmt. Und dasselbe Beispiel eignet sich sehr gut, um zu zeigen, dass externes natürliches, internes menschliches und externes politisches Versagen kaskadenartig einen komplexen Kontext erschaffen können, in dem sich eine Naturgefahr zu einem atomaren Super-GAU entwickeln kann (Funabashi und Kitazawa 2012).

Um den Raum zwischen einem spezifischen und einem allgemeinen Grad der Störung zu unterscheiden, werden die folgenden Ebenen vorgeschlagen (vgl. Abbildung 2):

- ▶ Als relevante, potentiell spezifischste Ebene wird eine einzelne Gefährdung wie Überschwemmung oder Hitzewelle einer definierten Auslegungsebene (Ausmaß inkl. Intensität, Dynamik, räumlicher Ausdehnung, Dauer) angenommen. Auf dieser Ebene könnte auch ein spezifisches menschliches Eigenversagen angesiedelt sein. Für die meisten vom Menschen verursachten Störfälle lassen sich jedoch kaum Auslegungsniveaus definieren.
- ▶ Die Störungsdefinition könnte auch weniger spezifisch bleiben, indem mehrere in ihrer Genese ähnliche Gefahren angenommen werden, z. B. Wetterextreme. Diese Ebene wäre z. B. anwendbar, wenn es um die Betrachtung vom Klimawandel beeinflusster Gefahren geht, einschließlich ihrer unterschiedlichen Dynamiken, physikalischen Eigenschaften und räumlichen Muster wie Überschwemmungen, Starkregen, Hitzewellen, Dürren, Stürme usw. Wenn es Arten von menschlichem Versagen gibt, würden sie wahrscheinlich hier untergebracht werden.
- ▶ Auf der nächsten Ebene könnten alle potenziell definierbaren natürlichen oder vom Menschen verursachten Gefahren (z. B. Erdbeben, technologische Gefahren, Kaskadeneffekte) summarisch als Referenz für die Betrachtung herangezogen werden.
- ▶ Noch allgemeinere (oder kompliziertere), externe und interne Gefahren können zusätzlich berücksichtigt werden, einschließlich weitaus weniger definierbarer politischer und wirtschaftlicher Verwerfungen, Nebenwirkungen, Fehlentscheidungen oder kaum vorhersehbarer terroristischer Angriffe.
- ▶ Schließlich könnten auf der potenziell allgemeinsten (abstraktesten) Ebene alle internen und externen Störungen, einschließlich ihrer Kaskaden, herangezogen werden.

Wie diese Ebenen zeigen, impliziert die Frage der spezifischen und allgemeinen Resilienz die Komplexität der zu verwendenden Bewertungsmethoden. Mit der allgemeiner werdenden Resilienzperspektive steigt die Unsicherheit bzw. nimmt Robustheit (i.S. Belastbarkeit) der Bewertungsergebnisse ab. Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, können die verschiedenen Abstraktionsebenen möglicher Störungen hilfreich sein, um den Grad der Spezifität der angewandten Resilienzperspektive zu bestimmen.

Der mit **TRAFIS.NB** zu adressierende Grad von Spezifität ist grundsätzlich frei wählbar. Der auf dem Niveau eines Screenings angesiedelte Bewertungsansatz ermöglicht je nach Anwendung die Orientierung auf generelle oder spezifische Resilienz. **Entscheidend sind die bei der Operationalisierung zu erfolgende Definition von Bezugssystem und der zu betrachtenden Einwirkungen.**

3.3.2.3 Welche Resilienz?

Fazit: Als Referenz für TRAFIS.NB wird das auf dem „engineering resilience“ basierende operative stabilitätsorientierte Resilienzverständnis („bounce back“) angenommen.

Das Resilienzkonzept bewegt sich zwischen zwei grundlegenden Ansätzen: einem stabilitätsorientierten und einem evolutionären Verständnis von Resilienz (Folke 2006; Seeliger und Turok 2013; White und O’Hare 2014; Doorn et al. 2019). Auf der einen Seite steht ein stabilitätsorientiertes Resilienzverständnis („mono-equilibrium resilience“), welches als Reaktion auf mehr oder weniger erwartete Störungen auf die Erhaltung des bestehenden System ausgerichtet ist – agile Anpassung und Resilienz (Lundberg und Johansson 2015) zielen auf eine kurzfristige (operative) Rückkehr zum ursprünglichen Zustand (dem einen definierten Gleichgewichtszustand) des Systems (Folke 2016; „bounce back“, „engineering resilience“, vgl. Doorn 2017) ab. Auf der anderen Seite steht ein evolutionäres Verständnis von Resilienz welches auch prospektiv, Veränderung antizipierend das System mittel- bis langfristig verändert. Mit dem Anspruch einer dynamischen, d. h. prozessorientierten, zielgerichtet induzierten und lernenden Transformation soll das Systeme in einen anderen, z. B. künftig

resilienteren oder nachhaltigeren Systemzustand überführt werden (Folke 2016; „multi-equilibria resilience“, „socio-ecological resilience“, vgl. Doorn 2017).

Dieses Spannungsfeld gilt auch für Infrastrukturen der kommunalen Daseinsvorsorge: Sie sollen Störungen standhalten, eine Mindestversorgung auch unter ungünstigen Bedingungen sicherstellen und nach Störungen möglichst schnell wieder in den Normalbetrieb zurückkehren. Diese operationelle Perspektive auf die Resilienz (engineering resilience) ist für die Versorgungssicherheit von zentraler Bedeutung. Die Forderung nach möglichst kurzen Ausfallzeiten schließt einen strategischen, evolutionären bzw. transformativen Systemumbau aus einer Störung heraus aus – eine kurzfristige Rückkehr zum Ausgangszustand ist zunächst zwingend. Mittel- und langfristig können kommunale Infrastrukturen jedoch auch vor der Herausforderung stehen, radikale Veränderungen (Transformation) der Systeme vorzunehmen, um auf neue Erwartungen, Bedrohungen und technische Möglichkeiten zu reagieren oder um eine größere Nachhaltigkeit unter weitestgehender Wahrung der Resilienz zu erreichen.

Das enge Verständnis einer engineering resilience hat in der Vergangenheit nicht zu Unrecht zu der Kritik geführt, dass Resilienz durch die Fokussierung auf die Rückkehr zu einem früheren Zustand zu sehr auf die Bewahrung eines Status quo bestehender Systeme ausgerichtet ist (Folke 2016; Meerow und Newell 2019). Hauptkritikpunkt ist dabei, dass die Rückkehr zum Ausgangszustand immer alte Pfadabhängigkeiten erneuert und damit konventionelle, nicht resiliente bzw. nicht nachhaltige oder/und sozial ungerechte Strukturen und Lösungen konserviert und damit die notwendige Transformation von Systemen unter dem "Deckmantel" der Resilienz verhindert (vgl. z. B. Davoudi et al. 2012; Seeliger und Turok 2013; Davoudi 2018a). Resilienz wird sogar in die Nähe neoliberaler Denkmuster gerückt, indem bestehende Systemversagen oder ein gezielter "Rückzug des Staates" aus traditionellen Aufgaben wie der Gefahrenabwehr (Davoudi et al. 2012; White und O'Hare 2014, S. 940) durch (unfreiwillige oder erzwungene) Flexibilität und Resilienz der betroffenen Teile der Gesellschaft kompensiert werden sollen, anstatt das System für alle gerechter und resilienter zu machen (Davoudi 2018a; Meerow und Newell 2019).

Diese grundsätzliche Kritik an Resilienzansätzen ist bedeutend. Ein nachhaltiges Resilienzdenken muss darauf bedacht und systematisch vorbereitet sein, geplante (z. B. im Rahmen des Lebenszyklus) und ungeplante (Störungen) Ereignisse als Gelegenheitsfenster zu nutzen, um mit den einzusetzenden Ressourcen antizipierend resilientere Systemeigenschaften⁶ zu erschaffen. Der Fokus von TRAFIS.NB liegt darauf, neuen bzw. innovativen Infrastrukturlösungen zu mehr Nachhaltigkeit zu verhelfen. Das Bewertungswerkzeug richtet sich an Systeme in Transformation, die bereits die Idee von „breaking down the ... resilience of the old and building the resilience of the new“ (Folke et al. 2010) beinhalten. Der Ansatz betrachtet die künftigen, potenziell transformativen Lösungsvarianten⁷. Das hier favorisierte „bounce back“ betrifft damit die operative Betriebssicherheit des künftigen, potenziell nachhaltigeren Systems – einschließlich dessen Flexibilitäten – z. B. in Bezug auf Ressourcenverfügbarkeit durch Puffer und Redundanzen, bezogen auf Rohstoffe, Energie und Personal oder auf die Fähigkeit zur (zeitweise) abgekoppelten, d. h. modularen Arbeitsweise.

Resilienzmerkmale bezogen auf eine längerfristige Fähigkeit eines Systems zur transformativen Veränderung der Systeme fokussieren wir daher nicht. Die Bewertung eines innovativen Systems setzt bei den Akteuren neben viel Antizipation auch den Umgang mit Unsicherheiten

⁶ Wir sprechen bewusst nicht von „Resilienzständen“. Wir folgen damit dem Verständnis: Resilienz ist nicht ein Zustand. Resilienz ist eine komplexe Fähigkeit eines Systems - unter anderem auch zur Flexibilität und zur ständigen und antizipierenden Veränderung.

⁷ „Lösungsvarianten sind Gegenstand der Nachhaltigkeitsbewertung in TRAFIS NB. Sie konkretisieren Lösungsoptionen in einer oder mehreren Lösungsvarianten durch ein verdeutlichen von Zweck, Beschaffenheit (z. B. technische/organisatorische Konfiguration) und die Funktionsweise der jeweiligen Variante.

voraus. Ein zusätzlicher Fokus auf die Lernfähigkeit des noch nicht bekannten Systems würde der Bewertung eine zusätzliche hypothetische Ebene der Unsicherheit hinzufügen, von der im Sinne der Handhabbarkeit des Werkzeugs abgesehen wird.

Der Fokus liegt demzufolge auf innovativen, nachhaltigkeitsorientierten Projekten, die bereits Teil einer Transformation sind und unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit "auf Kurs" gehalten werden sollen. Zugleich sind die Infrastrukturdienstleistungen als Teil der Daseinsvorsorge operativ von höchster Bedeutung, so dass im Regelbetrieb nur kurzfristige Beeinträchtigungen der Versorgung mit Infrastrukturdienstleistungen gesellschaftlich toleriert werden können. Hier kann TRAFIS.NB unterstützen, insgesamt nachhaltigere Systeme mit hoher Versorgungssicherheit umzusetzen.

Das engere, stabilitätsorientierte Verständnis von Resilienz, das auf dem Ansatz der "engineering resilience" (Holling 1996; Folke 2006; Doorn et al. 2019) beruht, scheint daher gut geeignet zu sein, eine operative Management-orientierte Perspektive auf technisch basierte Infrastruktursysteme einzunehmen, wie sie Gegenstand unserer Arbeit sind (Wasser-, Abwasser-, Energie-, Verkehrs-, Abfall-, IKT). Im Zusammenhang mit Störungen geht es bei diesen Systemen in der Tat meist darum, die geplante Leistung so zuverlässig wie möglich aufrechtzuerhalten oder im Störfall so schnell wie möglich zu genau dem vorherigen Leistungsmodus zurückzukehren, d. h. um die Fähigkeit, wieder zum gleichen, d. h. den künftigen potenziell nachhaltigeren, Normalzustand zurückzukehren, wie im Konzept des engineering resilience vorgesehen.

Über dieses enge Verständnis hinaus ist es bei der Betrachtung von technischen Infrastrukturen sinnvoll, das operative Verständnis von Resilienz im Sinne eines evolutionären "Resilienzdenkens" zu erweitern. Resilienz ist dann auch der Rahmen, die Strukturen, Ressourcen und Fähigkeiten der betroffenen Systeme proaktiv und zielgerichtet im Sinne der Versorgungssicherheit (d. h. verbesserter Resilienz) zu verändern oder komplett neu zu gestalten und zielgerichtet neu aufzurichten.

3.3.2.4 Resilienz – für wen (für wen nicht)?

Fazit: In unserem Ansatz geht es um die Resilienz im „Technik-Management-System“ von Infrastrukturen zur Sicherstellung der Erbringung definierter Infrastrukturdienstleistungen. Adressaten von TRAFIS.NB sind Management-Akteure dieses Systems. Die lokalen sozialen Systeme sind Profiteure jedoch nicht Adressaten unseres Ansatzes.

Vielfach wird Resilienz als „Handlungsfähigkeit“ (agency) bzw. als ein durch Handeln bestimmter Prozess (z. B. als Agency Towards Resilience, Posch et al. 2021) beschrieben – in Abgrenzung zu einer eher statischen Zustandseigenschaft, die bestenfalls eingengt eine Momentaufnahme von Eigenschaften in einem sozial-ökologisch-technischen System sein könnte.

Die Frage ist daher in Hinsicht auf das Ziel der Resilienz und das betrachtete Bezugssystem zu interpretieren. Bezogen auf Infrastrukturen lässt sich die Frage in zweierlei Hinsichten beantworten:

- ▶ Ziel des Betriebs von Infrastrukturen ist die Bereitstellung von Infrastrukturdienstleistungen, die als essenzielle Güter das soziale und ökonomische Leben der Gesellschaft ermöglichen. Die Sicherstellung dieser Dienstleistungen ermöglicht die Handlungsfähigkeit (d. h. auch die Resilienz) auf Seiten der Gesellschaft.
- ▶ Die Infrastruktur selbst ist ein in das Gesamt-System einer Gesellschaft integriertes System mit eigenen Komponenten, Verknüpfungen, Systemgrenzen und einer klaren, auf die Erbringung seiner Dienstleistungen ausgerichteten Zweckbestimmung.

Die Frage nach der Zielgruppe der mit TRAFIS.NB verfolgten Resilienz ist zweifellos wichtig. Meerow und Newell (2019) spitzen diesen Aspekt auf die Frage zu: Resilienz für wen und für wen nicht? – D. h. auch, wer profitiert und wer nicht? Bei der Frage geht es um die kritische Auseinandersetzung mit der Interpretation von Resilienz, darin vor allem des Gedankens der Selbstorganisation von Systemen als neo-liberalen Ansatz zur Verlagerung von Unsicherheiten und Verantwortung (Davoudi et al. 2012; Davoudi 2018b) ohne Bereitstellung von Ressourcen (Kuhlicke et al. 2020). Im Raum steht die Frage: auf welcher Ebene wird Stabilität und Sicherheit durch staatliches Handeln erhalten (z. B. durch Schutzanlagen oder Kompensationszahlungen) und wer muss (Stichwort „Rückzug des Staates“ Davoudi 2018a) Resilienzstrategien entwickeln und tragen, um auf (nicht staatlich kontrollierte bzw. kompensierte) Risiken und Unsicherheit zu reagieren? Gedanken zur neoliberalen Auslegung von Resilienz ließen sich weiter vertiefen.

Diese Zuspitzung wollen wir nicht weiter verfolgen. Bezogen auf Infrastrukturen der Daseinsvorsorge ist die Frage nach der sozialen Gerechtigkeit durchaus berechtigt. Doorn (2019) diskutiert dies mit dem Fokus auf die Versorgungsgerechtigkeit. Dies greifen wir auf, sofern sich der Zugang zu einer Infrastrukturdienstleistung an sozialen Faktoren wie der technologischen oder ökonomischen Barrierefreiheit entscheidet. Dieser Aspekt scheint für Infrastrukturinnovationen durchaus relevant zu sein, wie Ergebnisse einer Umfrage unter 115 Expert*innen zu innovativen Infrastrukturlösungen zeigt (Olfert et al. 2020a). Ein Beispiel für die Frage nach Versorgungsgerechtigkeit ist auch die in der Vergangenheit geführte Diskussion um Netzneutralität. TRAFIS.NB adressiert diese Aspekte in der Dimension „Wirtschaftlichkeit und soziale Gerechtigkeit und ökonomische Verträglichkeit“ durch den Blick auf Versorgungsqualität, Kosten und Investitionsbedarfe aus der Nutzerperspektive.

Dennoch ist die Frage der sozialen Gerechtigkeit somit nach der gesamtgesellschaftlichen Resilienz nicht im Fokus von TRAFIS.NB. Das primäre Ziel ist die Resilienz des jeweiligen dienstleistungserbringenden Infrastruktursystems i. S. der Sicherstellung dieser Dienstleistung (output) sei es als Hintergrundservice für die Gesellschaft, sei es als input-Ressource für weitere Infrastrukturdienstleistungen. TRAFIS.NB und darin der Teil zur Resilienzbewertung richtet sich gezielt an die Planer und Betreiber von Infrastrukturen. Diese haben einen entscheidenden Zugriff auf die Entwicklung (Design i. w. S.) der Eigenschaften einer Infrastruktur, die für einen zuverlässigen Betrieb – also auch das Management der technischen Elemente und Funktionen – und die Nutzung bedeutend sind. Daher thematisiert der Abschnitt „Resilienz“ in erster Linie Strukturen, Ressourcen und Fähigkeiten im Technik-Management-System von Infrastrukturen.

3.3.2.5 Resilienz – Wann? (Um welchen Zeitraum geht es?)

Fazit: TRAFIS.NB fokussiert die operative Resilienz innovativer, d. h. bereits in ihrer Anlage transformierender, Infrastrukturlösungen in einem oben diskutierten engeren Resilienzverständnis. Es geht um Merkmale neu entstehender Systeme, operativ mit künftigen Herausforderungen umzugehen.

Das generelle Resilienzziel hinter der Entwicklung von TRAFIS.NB betrifft die gesellschaftliche Ebene in einem sozialen Sinne, verstanden als "Fähigkeit von Gruppen und Gemeinschaften, mit externen Belastungen und Störungen infolge sozialer, politischer und ökologischer Veränderungen umzugehen" (Adger 2000). Die Infrastruktur auf Gemeinschaftsebene spielt eine herausragende Rolle, da sie eine zuverlässige Versorgung mit lebenswichtigen Ressourcen und Dienstleistungen gewährleistet, was gleichzeitig hohe Erwartungen an die Resilienz der Infrastruktursysteme selbst stellt.

Zeit ist eine zentrale Frage im Umgang mit Resilienz (Rinaldi et al. 2001; Francis und Bekera 2014, S. 92; Chen und Milanovic 2017). Geht es um vergleichsweise ereignishaft auftretende Störungen mit einem definierbaren Anfang und Ende in einem überschaubaren Zeitraum, wie

z. B. Stromausfall – Minuten bis Tage, Hochwasser – Stunden bis Wochen oder eine Pandemie – Wochen bis Monate? Oder geht es um schleichende Veränderungen wie den Klimawandel allgemein, bzw. etwas spezifischer steigende Belastungen durch höhere Temperaturen oder häufiger werdende Extremereignisse. Diese zeitliche Komponente hat Auswirkungen für die Strategien für den Umgang mit Gefahren – angefangen von Strukturen, Prozessen und Kapazitäten im operativen Geschäft bis hin zu Strukturen und Fähigkeiten für eine mittel- bis langfristige gezielte Transformation der Systeme von einem ursprünglichen Stand hin zu einem im Idealfall resilienten neuen System (Folke 2016).

TRAFIS.NB arbeitet auf Ebene einzelner Systeme und nimmt, wie bereits diskutiert, eine operative Managementperspektive auf diese Systeme ein. Zielgruppe unserer Arbeit sind daher in erster Linie die Betreiber kommunaler Infrastruktursysteme im weiteren Sinne, zu denen neben Betreibergesellschaften auch verantwortliche Teile der öffentlichen Verwaltung gehören. Mit Hilfe von TRAFIS.NB sollen die für Planung, Verwaltung und Betrieb verantwortlichen Akteure dabei unterstützt werden, die Resilienz eines Systems im Kontext des laufenden Wandels zu stärken. Der Fokus liegt dabei auf beginnenden Veränderungsprozessen, in denen in absehbarer Zeit (z. B. Wochen, Monate bis wenige Jahre) Vorschläge für neue Lösungen gemacht werden sollen. Aufgrund der hohen Persistenz von Infrastruktursystemen sind die Auswirkungen dieser Entscheidungen und damit die möglichen Resilienz-Effekte dennoch eher langfristig einzuschätzen.

3.3.2.6 Resilienz – Wo? (Um welchen Raumausschnitt geht es?)

In unserer Arbeit konzentrieren wir uns auf innovative Infrastruktursysteme, die auf lokaler oder regionaler Ebene als einzelne oder voneinander abhängige Systeme implementiert und betrieben werden sollen. Wir befassen uns nicht mit großräumigen Systemen, wie z. B. überregionalen Stromverteilungsnetzen.

3.3.3 Integration von Kritikalität als Teilaspekt der Resilienz Kriterien

Kritikalität und Resilienz sind eng verzahnt. Kritikalität innerhalb von Systemen beschreibt sowohl die Verletzlichkeit oder Anfälligkeit als auch die Bedeutung von Systemelementen, Verknüpfungen oder Prozessen für das Funktionieren des Gesamtsystems (vgl. z. B. Neumeier et al. 2018; Dierich 2019). Drei zentrale Merkmale der Kritikalität sind dabei hervorzuheben: 1. Die Bedeutung eines Systems bzw. von dessen Elementen, Verknüpfungen und Interaktionen (intern und extern) und Prozesse für das Funktionieren des darüber liegenden Systems. 2. Die Anfälligkeit eines Systems bzw. von dessen Elementen, Verknüpfungen und Interaktionen (intern und extern) und Prozesse gegenüber internen oder externen Störereignisse. 3. Die Dauer und das Ausmaß von durch Störereignisse und spezifische Anfälligkeiten verursachten Störungen bzw. Ausfällen bei den Erbringungen von Infrastrukturdienstleistungen.

Potenzielle Störeinflüsse, wie auch für die Resilienz im Allgemeinen, sind für die Kritikalität grundsätzlich breit gesehen werden. Dazu gehören a) eine große Breite potenziell kritischer Konstellationen (Umfeldfaktoren, Szenarios) von denen Extremwetter nur einen Teil ausmachen (Junietz et al. 2017, 2018; Hallerbach et al. 2018), b) die Kritikalität von Ressourcen im Sinne deren Verfügbarkeit und Substituierbarkeit im Rahmen von Lieferkaskaden (z. B. Walz et al. 2016), aber auch deren Umweltkritikalität oder Preisschwankungen oder c) die Frage der Technologiesouveränität als technologische Unabhängigkeit von Dritten (Edler et al. 2020)(Edler et al. 2020)(Edler et al. 2020)(Edler et al. 2020)(Edler et al. 2020)(Edler et al. 2020).

Analytisch wird meistens die Kritikalität im Hinblick auf Verletzlichkeit mit Aspekten wie Störanfälligkeit, Dependenz oder Sensitivität oder betrachtet. Nach diesem Verständnis ist

Kritikalität grundsätzlich eine wichtige Komponente der Versorgungssicherheit. Kritikalität, verstanden als die Bedeutung von Systemelementen für das Funktionieren eines Gesamtsystems, wird im Rahmen von Risikoanalysen betrachtet. Dies erfolgt oft durch a) die Identifikation relevanter kritischer Infrastrukturen^{1, 6}; b) die Identifikation (ggf. Strukturierung) wichtiger Komponenten und Einheiten, Knoten, (Teil-)Systeme, Netzwerke, Funktionen von kritischen Infrastrukturen^{1, 2, 3, 4, 5}; c) die Analyse von Abhängigkeiten zwischen Systemelementen^{1, 2, 3, 4, 5, 6}; d) die Untersuchung von Vulnerabilität (Schadensanfälligkeit) im betroffenen System gegenüber (spezifischen) Gefahren (inkl. Ereignisintensität, Verletzlichkeit, Robustheit einzelner Elemente, etc.)^{1, 2, 3, 4, 5}; e) die Betrachtung von Resilienzaspekten (Redundanzen, Modularität, Robustheit, Anpassungsfähigkeit, Wiederherstellung)^{2, 3, 5, 7}; f) die Betrachtung von Kaskadeneffekten (Dominoeffekten) in betroffenen verknüpften Systemen^{1, 2, 5, 6}; g) einen Fokus auf indirekte sozio-ökonomische Auswirkungen von Störfällen^{2, 7} (1 (Klaver et al. 2014); 2 (Hedel 2016; Katopodis et al. 2018); 3 (Espinoza et al. 2016); 4 (Dierich et al. 2019); 5 (Rehak et al. 2019); 6 (Hassel et al. 2014); 7 (Svegrup et al. 2019)).

Im Rahmen der hier diskutierten Nachhaltigkeitsbewertung von Infrastrukturen bedient Kritikalität unterschiedliche Teilaspekte, die teils durch die vorgeschlagenen Resilienz-Kriterien abgebildet werden können. Damit bildet der für die Nachhaltigkeitsbewertung vorgeschlagene Kriteriensatz (vgl. Kapitel 3.3.4) einen umfassenden Rahmen, um unterschiedliche Aspekte der Kritikalität in den Kriterien „Störungsanfälligkeit“, „Abhängigkeit“, „Redundanz/Diversität“, „Modularität/Subsidiarität“, „Puffervermögen im technischen System“, „Anpassungsfähigkeit des technischen Systems“, „Kosten und Dauer der Funktionswiederherstellung“, oder „Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen“ zu integrieren.

Andere Aspekte von Kritikalität, wie die Identifikation von zentralen Teilsystemen für das Gesamtsystem, gehen über die vorgeschlagenen Resilienz-kriterien hinaus, da sie Teil einer umfassenderen Risikoanalyse sind.

3.3.4 Fazit: Resilienz – Wie messen? Wie entwickeln?

Die Diskussion des Resilienzverständnisses, wie es auf Infrastrukturen angewendet werden kann, bildet eine wichtige Grundlage für die Operationalisierung der Kriterien in TRAFIS.NB und insbesondere der Resilienz als Teil davon. Im Folgenden wird die Zusammenfassung aus den vorangegangenen Unterkapiteln dargestellt, die die Operationalisierung leitet.

- ▶ Unser Ansatz ist motiviert durch ein Verständnis von Resilienz als geeignete Strategie, um angesichts von Unsicherheiten, Gefährdungen und anderen Herausforderungen durch externe und interne Störungen durch den gezielten Aufbau und Erhalt geeigneter Strukturen, Ressourcen und Fähigkeiten die Handlungsfähigkeit zu erhalten und die Versorgungssicherheit auch in Situation jenseits eines "Normalbetriebs" zu gewährleisten.
- ▶ Wir fokussieren auf sozial-ökologisch-technische Infrastruktursysteme der lokalen Ebene unter Berücksichtigung von Kopplungen zwischen verschiedenen Sektoren. Der Bewertungsansatz ist dafür ausgelegt, externe klimawandelbeeinflusste Störungen (wie Hitze, Starkregen, Überschwemmungen, Stürmen usw.) zu berücksichtigen.
- ▶ Als Referenz für die Nachhaltigkeitsbewertung wird ein operatives, stabilitätsorientiertes Verständnis von Resilienz angenommen („engineering resilience“, "bounce back"-orientiert).
- ▶ Mit Blick auf die Resilienz auf lokaler Ebene befasst sich unsere Arbeit vor allem mit dem Betrieb und der Verwaltung von Infrastrukturunternehmen auf lokaler Ebene, die kurz- und mittelfristige Innovationsprozesse als Teil eines lokalen Nachhaltigkeitsprozesses realisieren und hierbei die Versorgungssicherheit auch während Veränderungen sicherstellen müssen.

- Um die Versorgungssicherheit zu bewerten, führen wir daher Resilienz Kriterien ein, die relevante Systemeigenschaften wie Struktur, Ressourcen und Fähigkeiten beschreiben. Diese Eigenschaften werden anhand einer qualitativen fünfstufigen Bewertungsskala beurteilt. Die Bewertung der Resilienz in einen Ansatz zur Bewertung der Nachhaltigkeit eingebettet, der eine frühzeitige Bewertung auf Projektebene unterstützen soll.

Für die Dimension "Versorgungssicherheit" schlagen wir 14 Kriterien vor (Tabelle 8), die Auswirkungen auf die Systemleistung (Output-Kriterium) und das dahinterstehende Struktur-, Ressourcen- und Fähigkeitssystem beschreiben. Die drei letztgenannten werden zusammen als Resilienz verstanden und sind in erster Linie durch systembeschreibende Kriterien⁸ repräsentiert. Diese beschreiben Parameter, die für die Verlässlichkeit des Systems der Leistungserbringung relevant sind, aber nicht die Leistung selbst darstellen (Details siehe Olfert et al. 2020a). Die Kriterien bedienen in zweierlei Hinsicht das Flexibilitätserfordernis von Resilienz. Einerseits mittelfristig in Bezug auf die Technologische Anpassungsfähigkeit und die Verfügbarkeit von Fachkräften für die innovative Lösung. Andererseits kurzfristig durch Fähigkeiten zur Pufferung, Redundanz und Modularität (entkoppelter Betrieb).

Soweit neuartige Kopplungen von Infrastruktursystemen Gegenstand der Bewertung sind, müssen einige der Kriterien für jedes der gekoppelten Teilsysteme separat angewendet werden. Da wir uns auf eine eher mittel-spezifische Systemebene konzentrieren und hauptsächlich die interne Funktionsweise und die Bereitstellung von Dienstleistungen von Infrastruktursystemen betrachten, befassen sich die ausgewählten Kriterien hauptsächlich mit Fragen des technischen Systems und seines Betriebs. Dies bedeutet, dass die soziale Dimension von Resilienz auf den Managementteil des Infrastruktursystems beschränkt bleibt.

Anhang C.2 umfasst die Resilienz Kriterien, die bei der Bewertung der Nachhaltigkeit von Infrastrukturlösungen die Dimension „Versorgungssicherheit“ untersetzen.

Tabelle 8: Übersicht der Resilienz Kriterien in TRAFIS.NB

Nr.	Bewertungskriterium	... näher erläutert
1	Leistungsfähigkeit (System A)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die grundsätzliche Eignung des Systems, die definierte Dienstleistung in angestrebter Qualität und Quantität zu erbringen
2	Leistungsfähigkeit (System B)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die grundsätzliche Eignung des Systems, die definierte Dienstleistung in angestrebter Qualität und Quantität zu erbringen
3	Störungsanfälligkeit (System A)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Störungsanfälligkeit des Systems gegenüber äußeren Einwirkungen/Einflüssen
4	Störungsanfälligkeit (System B)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Störungsanfälligkeit des Systems gegenüber äußeren Einwirkungen/Einflüssen
5	Abhängigkeit (System A)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Abhängigkeit der Betriebsfähigkeit des Systems A von der Betriebsfähigkeit des Systems B
6	Abhängigkeit (System B)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Abhängigkeit der Betriebsfähigkeit des Systems B von der Betriebsfähigkeit des Systems A

⁸ Wir verwenden keine prozessbeschreibenden Kriterien. Einen Bezug zu ergebnisbeschreibenden Kriterien hat das Kriterium „Leistungsfähigkeit“.

Nr.	Bewertungskriterium	... näher erläutert
7	Technologische Anpassungsfähigkeit	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf das Potenzial, das System mittelfristig technisch zu modifizieren und an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen
8	Redundanz im technischen System (System A)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Redundanz bzw. Ersetzbarkeit erforderlicher Ressourcen und Anlagen/Technologien für die Erbringung der Dienstleistungen
9	Redundanz im technischen System (System B)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Redundanz bzw. Ersetzbarkeit erforderlicher Ressourcen und Anlagen/Technologien für die Erbringung der Dienstleistungen
10	Redundanz im personellen Bereich	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Ersetzbarkeit personeller Ressourcen insbesondere im operativen Bereich der Erbringung der Dienstleistung
11	Puffervermögen	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf das Potenzial des Systems, Schwankungen in der Verfügbarkeit von Energie und Rohstoffen (auch Abnahmeschwankungen) zu überbrücken
12	Dezentraler/entkoppelter Betrieb	Auswirkung auf die Möglichkeit, das System (zeitweise) entkoppelt von übergeordneten Netzen (z. B. Strom, IKT) , d. h. auf lokaler bzw. regionaler Ebene als eigenständiges Modul zu betreiben
13	Verfügbarkeit von Fachkräften	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf den Bedarf und die Verfügbarkeit von Fachkräften
14	Kosten der Funktionswiederherstellung	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf den zu erwartenden Aufwand (Personal- und Mitteleinsatz, Dauer) der Funktionswiederherstellung im Fall von Störereignissen

Quelle: Eigene Zusammenstellung, Alfred Olfert (IÖR) und Jörg Walther (BTU)

3.4 Anforderungen an eine sektorübergreifende Nachhaltigkeitsbewertung für die kommunale Ebene

3.4.1 Vorgehen zur Erhebung der Praxisanforderungen

Eine Vorstufe zu TRAFIS.NB wurde zunächst für einen rein wissenschaftlichen Zweck entwickelt. Mithilfe des Werkzeugs sollten Nachhaltigkeitspotenziale innovativer, i. S. nicht etablierter, gekoppelter Infrastrukturlösungen expertenbasiert bewertet werden. Mögliche Anwendungen in echten Entwicklungsprozessen auf kommunaler Ebene waren bei der Entwicklung zunächst nicht vorgesehen. Im Rahmen der transformativen Begleitforschung wurde der Bewertungsansatz testweise auf reale Vorhaben angepasst und unter Einbeziehung lokaler Experten testweise angewendet. Die Testanwendungen haben gezeigt, dass der Ansatz von TRAFIS.NB geeignet sein kann, konkrete Prozesse bei der Entwicklung innovativer Infrastrukturlösungen für mehr Nachhaltigkeit auf lokaler Ebene zu unterstützen. Eine Weiterentwicklung des Bewertungswerkzeugs ist naheliegend, um dessen Potenziale für reale Prozesse zu erschließen.

Das Ziel der Arbeit ist die Bereitstellung eines leicht handhabbaren Werkzeugs für eine kostengünstige, prozessbegleitende und gut wiederholbare Nachhaltigkeitsabschätzung für Infrastrukturvorhaben auf kommunaler Ebene. Für die Weiterentwicklung sollte zunächst der Bedarf und die Anwendbarkeit in Kommunen sondiert werden. Hierzu wurden die Praxisbedarfe in drei Interviews erhoben.

Als potenziell geeignete Gesprächspartner wurden 10 Vertreter*innen kommunaler Verwaltungen in den Städten Bitterfeld-Wolfen, Cottbus, Dresden, Erfurt, Hannover, Kiel, Spremberg, Stuttgart, Pforzheim und Plauen (Vogtland) ausgewählt und kontaktiert. Die ausgewählten Personen bekleiden zentrale Funktionen mit Bezügen zu kommunaler Planung und/oder Klima- bzw. Umweltschutz. Mit den Vertreter*innen aus Cottbus, Dresden und Plauen wurden schließlich semi-standardisierte Interviews geführt. Die Interviews mit Mitarbeiter*innen kommunaler Verwaltungen sollten aus Perspektive unterschiedlicher sektoraler Zugehörigkeiten und unterschiedlicher kommunaler Realitäten dabei helfen, den grundsätzlichen Bedarf nach einem Bewertungswerkzeug sowie dessen mögliche Auslegung zu eruieren.

Präsentationsgrundlage TRAFIS-Nachhaltigkeitsbewertung

Als Basis für die Durchführung der Interviews mit den kommunalen Vertreter*innen wurde eine weiterentwickelte Version des Bewertungsansatzes als Präsentationsunterlage aufbereitet und den Interviewpartner*innen zur Verfügung gestellt. Ziel der Präsentationsgrundlage war eine konzentrierte Einführung in das Thema zur Vorbereitung der Interviews in zwei Dokumenten:

1. Eine **zusammenfassende Darstellung** des Ansatzes auf sechs locker bedruckten und schnell zu lesenden Seiten. Dieses Dokument stellte den Bewertungsansatz grundsätzlich vor und sollte helfen, ihn auf kommunale Handlungsfelder zu projizieren und (Interview-vorbereitend) der Frage nachzugehen, ob und wie der Ansatz in dieser oder einer anderen Form Entwicklungsprozesse unterstützen kann. Ein Anwendungsbeispiel zeigt, wie das Bewertungswerkzeug in der ersten Entwicklungsphase bereits konkret in einem laufenden Entwicklungsprozess eingesetzt wurde.
2. Eine **Übersicht der ausgewählten Kriterien** (ein erweiterter Satz von 33 Kriterien zum Zeitpunkt der Interviews) einschließlich einer Test-Operationalisierung als eine operative Definition der Kriterien. Dieses Dokument sollte es (optional) ermöglichen, das Vorgehen im Bewertungswerkzeug besser zu verstehen und die Eignung von Vorgehen und einzelner Kriterien zu verschränken. Diese detaillierte Information sollte den Gesprächspartner*innen einen tieferen Einblick in das Vorgehen ermöglichen.

Das gewählte Vorgehen löst sich von der ursprünglich vorgesehenen reinen Bedarfsanalyse in bis zu vier Interviews. Vorbereitungen und Vorgespräche haben deutlich gemacht, dass eine Weiterentwicklung des Kriteriensatzes vorab sinnvoll ist, um das Vorgehen und Umfang im Kontext der Interviews und damit den Gesprächsgegenstand transparent machen zu können. Zugleich können die Interviews so auch als Chance genutzt werden, bereits eine mögliche Weiterentwicklung des Bewertungswerkzeugs zum Gegenstand zu machen, statt die ursprüngliche Version des Bewertungsansatzes zu diskutieren.

Semi-standardisierter Interviewleitfaden

Die Interviews wurden jeweils entlang eines identischen Interviewleitfadens durchgeführt (vgl. Anhang C.1). Die einzelnen Leitfragen bilden die Erkenntnisinteressen im Zusammenhang mit dem Bewertungswerkzeug ab. Sie gliedern sich in zwei Abschnitte. Bei Fragen 1 bis 4 geht es um den grundsätzlichen Bedarf und den potenziellen Einsatzkontext für ein flexibles und ressourcenleichtes Bewertungswerkzeug bei kommunalen Infrastrukturplanungen. Fragen 5 bis 11 gehen auf den Aufbau des zu entwickelnden Bewertungswerkzeugs generell, den Kriteriensatz und das Verständnis der Kriterien ein.

Die gestellten Fragen wurden von Gesprächspartner*innen generell gut angenommen. Insgesamt waren die Leitfragen rahmengebend für ein Gespräch, welches teilweise über die Fragen selbst hinausging. Je nach Tiefe, in der die Gesprächspartner*innen die Präsentationsunterlagen im Einzelnen durchgearbeitet haben, konnte nicht in jedem Gespräch jede Frage des zweiten Interviewteils vertiefend behandelt werden. Viele wertvolle Informationen wurden nicht explizit ausgesprochen, sondern „zwischen den Zeilen“ interpretiert bzw. geschlussfolgert.

3.4.2 Ergebnisse aus den Interviews

Die semi-standardisierten leitfadengestützten Interviews mit Akteuren aus drei Kommunen sollten instruktive Ergebnisse für die Weiterentwicklung des Bewertungswerkzeugs liefern. In einem ersten Schritt werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der drei Gespräche entlang der diskutierten Fragen zusammengefasst wiedergegeben. Thematisch unterschiedliche Aussagen zur jeweiligen Frage stehen nebeneinander. Aus Gründen der Anonymität werden die Namen der kommunalen Vertreter*innen nicht benannt und die einzelnen Aussagen werden nicht den beteiligten Kommunen zugeordnet. Im folgenden Kapitel werden die identifizierten Aussagen, Anregungen, Einschränkungen sowie die gezogenen Schlussfolgerungen extrahiert und der Umgang mit diesen im Entwicklungsprozess des Bewertungswerkzeugs skizziert.

Grundsätzliche Einordnung der Nachhaltigkeitsbewertung in der kommunalen Praxis (Frage 1)

Bisher werden in der kommunalen Praxis keine Werkzeuge zur Nachhaltigkeitsbewertung verwendet. In der Regel besteht aktuell eine Konzentration auf das Kriterium „CO₂“ im Kontext der Klimaschutzbemühungen. Auch in den Fällen, in denen seitens der Fördermittelgeber die Prüfung von Nachhaltigkeitsaspekten vorgegeben ist, konzentriert sich dies meist auf Energieverbrauch und/oder CO₂-Ausstoß. Kommunale Akteure betrachten die Wirkungen von Vorhaben zumeist aus ihrer spezifischen sektoralen Sicht. Übergreifende Betrachtungen werden in der Regel nicht angestellt. In der Realität schlägt die Frage der Wirtschaftlichkeit und Kostenstabilität meist alle anderen Fragen.

Fragen nach der Versorgungssicherheit/Resilienz spielen jedoch häufig implizit im weiteren Verfahren eine Rolle – z. B. in Vorbereitung kommunalpolitischer Entscheidungen. TRAFIS.NB könnte ein hilfreiches Werkzeug sein, neue Lösungen rechtzeitig zu durchdenken und umfassender als bisher zu begründen.

In einem Gespräch wurde berichtet, dass ein Nachhaltigkeitsnachweis dazu verwendet wurde, um (ähnlich einem „Greenwashing“) bereits gefällten Entscheidungen eine Nachhaltigkeit zu bescheinigen. Grundsätzlich wäre es wünschenswert, wenn bei kommunalen Projekten in Hoch- und Tiefbau stadtklimatische Aspekte und Werkzeuge zur Nachhaltigkeitsbewertung Berücksichtigung finden würden. Dies zu koordinieren, könnte z. B. eine Aufgabe der vielerorts etablierten Klimaschutzmanager sein.

Grundsätzlicher Bedarf für ein Nachhaltigkeitscreening auf der kommunalen Ebene (Frage 2a)

Ein grundsätzlicher Bedarf nach einem systematisch eingesetzten Nachhaltigkeitscreening von Vorhaben wird von den Gesprächspartnern klar bestätigt. Die Anwendung in der Praxis ist aber eine Frage von Handhabbarkeit, Aufwand und letztlich auch der dahinter liegenden Absichten der Anwender. Ein solches Bewertungsverfahren kann nach derzeitiger Lage nicht verbindlich sein, d. h., dieser ist für die Akteure fakultativ. Nachhaltigkeitsbewertung ist im Geschäft der Stadtverwaltungen daher eher eine Zusatzbelastung. In den Gesprächen wurden zurückliegende Vorhaben benannt, die im Entwicklungsstadium von einer systematischen Nachhaltigkeitsbewertung nach der Art von TRAFIS.NB profitiert hätten. Jedoch müssen für kommunale Innovationen bisweilen eigene Bewertungsraster entworfen werden.

Wie ein solches Bewertungswerkzeug verwendet wird, kann von den Akteuren frei gestaltet werden, sei es für substanzielle Fortschritte in Richtung mehr Nachhaltigkeit, nur zur Aufbesserung des Images bis hin zum Missbrauch für ein Greenwashing mithilfe eines solchen Werkzeugs. Grundsätzlich ist Nachhaltigkeit in der Praxis ein weites Feld.

Entwicklungsprozesse bzw. Inhalte oder Themen auf kommunaler Ebene (Frage 2b)

Das Potenzial für eine mögliche Anwendbarkeit eines Bewertungswerkzeugs wird breit gesehen. Grundsätzlich können sehr unterschiedliche Prozesse durch einen Nachhaltigkeitsblick unterstützt werden – genannt wurden zum Beispiel Prozesse wie

- ▶ Quartiers- bzw. Stadtteilentwicklung (z. B. der Prozess um den Ost-See in Cottbus [größter künstlicher See Deutschlands]),
- ▶ Immer dann, wenn neuartigen Infrastrukturlösungen gesucht werden,
- ▶ Grundsätzliche Lösungssuchen, wo noch keine Systemfestlegung erfolgt ist,
- ▶ Entwicklung eines Modus' für den Betrieb des ÖPNV in einem Stadtgebiet,
- ▶ Bau eines neuen Rathauses.

Geeignete Ebene der Planung bzw. Zeitpunkt der Anwendung (Frage 2c)

Es ist wichtig, das Bewertungswerkzeug früh bei der konkreten Suche nach neuen Lösungen, jedoch vor den ersten Festlegungen, z. B. für ein System, einzusetzen. D. h., immer dann, wenn sich eine neue Lösung „am Horizont abzeichnet“, kann ein Prozess zur Nachhaltigkeitsbewertung vorgesehen werden. In der Planungspraxis hat sich gezeigt, dass die Anwendung von Indikatoren (z. B. aus der Bauwirtschaft) zu einem späten Zeitpunkt keinen Einfluss mehr auf die getroffenen Entscheidungen haben konnte. Schlichte Erweiterungen bestehender städtischer Systeme (z. B. Infrastrukturen) sind als Fragestellung für TRAFIS.NB nicht interessant.

Es ist grundsätzlich davon auszugehen, dass Akteure auf einen solchen Bewertungsansatz sehr unterschiedlich reagieren werden. Einzelne Akteure sind aufgeschlossener als andere. Teilweise entwickeln Akteure auch bereits aus eigenem Antrieb Verfahren in Richtung zu mehr Nachhaltigkeit. Andere Akteure bleiben auf ihre Kernaufgabe fixiert und werden vermutlich wenig Aufgeschlossenheit zeigen. Ablaufende Transformationsprozesse in Richtung Klimaneutralität können jedoch zu Veränderungen diesbezüglich führen.

Praxis-orientierte Beschaffenheit eines hilfreichen Screening-Werkzeugs (Frage 3 und Frage 4)?

Ideal wäre ein lokal angepasstes Werkzeug. Eine schrumpfende Kommune hat ganz andere Bedingungen als eine wachsende. Lokal spezifische Kriterien und Maßstäbe wären daher sinnvoll.

Ein Werkzeug wie TRAFIS.NB muss in der kommunalen Praxis gut anwendbar sein – „das ist die Königsdisziplin“ (Zitat aus einem der Interviews). Oft sind die Ergebnisse wissenschaftlicher Entwicklungen nicht gut anzuwenden.

Die Anwender sollten nicht überlastet werden. Zugleich ist die Bewertungsaufgabe komplex, relevante Ergebnisse brauchen ein Mindestmaß an ernsthafter Hinwendung seitens der Anwender. Einzelne Kriterien können früher, andere erst später sinnvoll bewertet werden. Eine Bewertung von Kriterien oder Kriteriengruppen zu unterschiedlichen Zeitpunkten kann daher aus zwei Gründen sinnvoll sein: erstens, um den Bewertungsprozess nicht zu überfrachten, und zweitens, um früher klärbare, grundsätzliche Fragestellungen auch tatsächlich so früh wie möglich zu klären. Dazu könnte es sinnvoll sein, Kriterien zu priorisieren und TRAFIS.NB grundsätzlich in zwei Stufen anzuwenden. Ein „Vor-Screening“ als erste Phase, ausgestattet mit den wichtigsten Kriterien würde sicherstellen, dass ein Lösungsansatz grundsätzlich in Frage kommt. Das „Gesamt-Screening“ würde dann in einer zweiten Phase, ggf. mit etwas mehr Konkretisierung des Vorhabens, stattfinden.

Darüber hinaus sollte die Nachhaltigkeitsbewertung neuer Vorhaben als Daueraufgabe in einem Entwicklungsprozess angesehen werden, die in verschiedenen Entwicklungsphasen des Vorhabens wiederholt wird, um die Entwicklungsrichtung abzusichern.

Der Bewertungsprozess sollte flexibel gestaltet werden. Einzelne Kriterien verlangen nach Überlegung, ggf. sind sie dann oft nicht unmittelbar beantwortbar. Die Anwendung von TRAFIS.NB sollte für solche Kriterien Bedenkzeit vorsehen.

Eine zentrale Herausforderung für die Anwendung von TRAFIS.NB in der lokalen Praxis dürfte sein, dass viele der Kriterien im Denken der Fachleute nicht vorkommen. Sog. Expert*innen, die der jeweiligen Fragestellung fachlich am nächsten sein sollten, sind oft zu sehr auf die eigene Unternehmensphilosophie fixiert und oft wenig offen dafür, über den Tellerrand zu schauen.

Eine große Herausforderung ist daher, geeignete Expert*innen aufzustellen, die sowohl fachlich im Stande sind, den Sachverhalt zu bewerten, als auch gewillt sind, Dinge im Zusammenhang zu betrachten. Ggf. sind dies querschnittsorientierte Stabstellen, falls sie existieren. Grundsätzlich sollten Expert*innen nur solche Kriterien bewerten, die sie mit ihren Mitteln durchdenken und einschätzen können.

Eine große Bedeutung wurde dem Framing des Bewertungswerkzeugs beigemessen. Das heißt in erster Linie, dass die eingebundenen Expert*innen gut in die Ziele und Möglichkeiten der Anwendung von TRAFIS.NB allgemein, aber insbesondere auch in den Prozess, die Fragestellungen und Begriffsverständnisse eingeführt werden müssen.

Eignung der in TRAFIS.NB vorgeschlagener Kriterien und Skalen (Frage 5)

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass der Ansatz des Bewertungswerkzeugs für die ausgewählten Kriterien keine mit sektoralen quantitativen Bilanzierungsansätzen (z. B. CO₂-Bilanzierung) vergleichbar belastenden Ergebnisse liefern kann. Dennoch wird der Bewertungsansatz, wie er angelegt ist, grundsätzlich als hilfreich betrachtet, Prozesse zu unterstützen.

Ein sehr einfaches Monitoring wäre sinnvoll, welches auch von Menschen verstanden wird. CO₂ als Einheit ist für Menschen schwer verständlich. Besser geeignet sind ggf. Größen wie Energiebedarf oder Flächen etc.. Die Anwendung von TRAFIS.NB braucht ein Mindestmaß an

Konkretisierung des Vorhabens – z. B. sind räumliche oder organisatorische Wirkungen erst zu bewerten, wenn die Lösung über ein reines Ideenstadium hinaus entwickelt ist.

Nachhaltigkeitskriterien brauchen Überlegungen. Eine schnelle Anwendung bei komplizierteren Vorhaben wird kaum möglich sein. Ggf. kann es helfen, die Nachhaltigkeitsbewertung mehrstufig und als eine Art „Hausaufgabe“ zu begreifen und Akteure prozessbegleitend immer wieder zusammenzuführen.

Themenbreite und Relevanz der vorgeschlagenen Kriteriengruppen und Kriterien (Frage 6 und Frage 7 zusammengeführt)

Die durch TRAFIS.NB angesprochene Themenbreite wurde inhaltlich komplex, aber nachvollziehbar wahrgenommen. Die Einteilung in drei Dimensionen wurde als sehr gut nachvollziehbar beschrieben. Der Kriteriensatz wurde als sinnvoll angesehen, um unterschiedliche Aspekte von Nachhaltigkeit auf der operativen Ebene zu behandeln. Es wurde angemerkt, dass das Bewertungswerkzeug in seiner thematischen Breite über die in Stadtplanungsprozessen angewandten UVP-basierten Scoping-Instrumente deutlich hinausginge. Dies würde automatisch mit einer höheren Anzahl von zu involvierenden Akteuren einhergehen.

Die vorgeschlagenen Kriterien wurden grundsätzlich als sehr relevant und hilfreich angesehen, da sie einen umfassenden Blick auf mit der Nachhaltigkeit verbundene Fragestellungen erlauben würden.

Zugleich wurde von einem Gesprächspartner kritisch angemerkt, dass TRAFIS.NB den möglichen Beitrag eines Vorhabens in Richtung Nachhaltigkeit lediglich relativ zum Status quo betrachtet, statt ein Vorhaben an einem normativen bzw. absoluten Nachhaltigkeitsziel zu messen. Nachhaltigkeit in ihrer absoluten Gültigkeit und Übertragbarkeit thematisiere und messe TRAFIS.NB nicht. Dieser Umstand berge die Gefahr, dass TRAFIS.NB für das „Greenwashing“ von Vorhaben missbraucht werden könne. Es wurde angeregt, dahingehende Fragestellungen zu ergänzen, da der Ansatz sonst dem Anspruch an eine „echte“ Nachhaltigkeitsbewertung nicht gerecht würde. Mögliche ergänzende Teilfragen betreffen die übergeordnete Fragestellung, ob das betreffende Vorhaben auf Dauer durchhaltbar und weltweit übertragbar ist, ohne die Lebensgrundlagen langfristig zu gefährden? Teilfragen hierzu könnten sein:

- ▶ Liefert das betreffende Projekt einen wirksamen und langfristig durchhaltbaren Beitrag zum Ziel der Klimaneutralität? Das sei heute die Kernfrage aller Sustainability-Bestrebungen.
- ▶ Trägt es zum globalen Ausgleich bei? Können sich auf diesem Weg die ärmeren Regionen der Welt so entwickeln, dass ihnen nicht „die Luft ausgeht“?
- ▶ Ist dieses Vorhaben verträglich mit einer gleichberechtigten und tendenziell emanzipatorischen Bewirtschaftung der weltweiten Ressourcen, deren Nutzung aus heutiger Sicht noch vertretbar ist, ohne die Lebensgrundlagen künftiger Generationen zu gefährden?

Alternativ wurde vorgeschlagen, das Bewertungswerkzeug unter Verzicht auf das Wort „Nachhaltigkeit“ umzubenennen, um keinen Beitrag zu einem Greenwashing nicht nachhaltiger Vorhaben zu leisten.

In einem Gespräch wurde angemerkt, dass der inhaltliche Umfang von TRAFIS.NB bereits sehr hoch ist und als unübersichtlich wahrgenommen werden kann. Ggf. könnten zehn leicht verständliche Kernfragen formuliert werden. Der gesamte Kriteriensatz würde dann in Form von Unterpunkten hinter den wenigen Fragen stehen. Zu bedenken sei auch, dass, je mehr Aspekte vertreten sind, umso mehr Akteure von verschiedenen Zuständigkeitsbereichen zusammengebracht werden müssen – das kann die lokale Administration schnell überfordern.

Eignung der Bewertungsskala (Frage 8)

Die Frage wurde in den Gesprächen nur implizit thematisiert. Die Skala wurde grundsätzlich als klar verständlich bezeichnet und darüber hinaus auch als wichtige Basis für eine grafische Darstellung der Ergebnisse verstanden.

Bedarf nach weiteren Kriterien zur Unterstützung kommunaler Entwicklungsprozesse (Frage 9)

Angewandte Kriterien sollten grundsätzlich flexibel sein und sich an das jeweilige Vorhaben anpassen lassen. Auch eine Offenheit des Kriteriensatzes insgesamt – für Weglassungen und zusätzliche Kriterien – sei sehr wichtig.

Es wurde diskutiert, die Zukunftsfähigkeit einer Lösung im Kontext sich ändernder Rahmenbedingungen (z. B. Besteuerung) zu thematisieren, z. B. in Form einer Frage wie: Ist das Geschäftsmodell auch dann tragfähig, wenn der CO₂-Preis wie vorgesehen oder noch stärker steigt?

Darüber hinaus wurde die große Bedeutung der Akzeptanz von Lösungen unterstrichen. Gerade bei neuen und grundsätzlich anderen Lösungen sei dies im Vorfeld ein wichtiger Aspekt, der in kommunalen Planungen bedacht werden müsse, um ablehnenden Haltungen zuvorzukommen, z. B. bei Verkehrsmittelwahl in einer Kommune.

Möglichkeiten einer Kooperation für den Test des Bewertungswerkzeugs (Frage 10)

In den Städten Plauen und Cottbus wurden potenzielle Entwicklungsvorhaben identifiziert, die für einen Test von TRAFIS.NB geprüft werden sollten, z. B.:

- ▶ Planung einer Neubebauung des Sternquell-Brauerei-Geländes in Kooperation mit der BTU Cottbus und FH Erfurt. Einbindung von TRAFIS.NB in die Erarbeitung von Lösungen für eine innovative Versorgungsstruktur ist theoretisch denkbar.
- ▶ TRAFIS.NB könnte im Zuge der Lösungssuche um die Erschließung des Ost-Sees in Cottbus eingesetzt werden.

Ergebnisaufbereitung (Frage 11)

Die Frage konnte nur in einem Gespräch diskutiert werden. Demnach würde eine „Durchdigitalisierung“ von Bewertung (web-basiert) und Auswertung begrüßt. Eine unmittelbare Ausgabe der Ergebnisse wäre wünschenswert für die direkte Anwendbarkeit in Diskussionsprozessen. Das Spinnendiagramm wurde für die Darstellung der Ergebnisse gut geeignet befunden. Eine bessere Visualisierung von „positiv“ und „negativ“ wäre wünschenswert. Ein Readme zum Lesen des Diagramms wäre hilfreich. Ebenso könnte eine textliche Ausgabe der Ergebnisse hilfreich sein.

Weitere Anmerkungen (Frage 12)

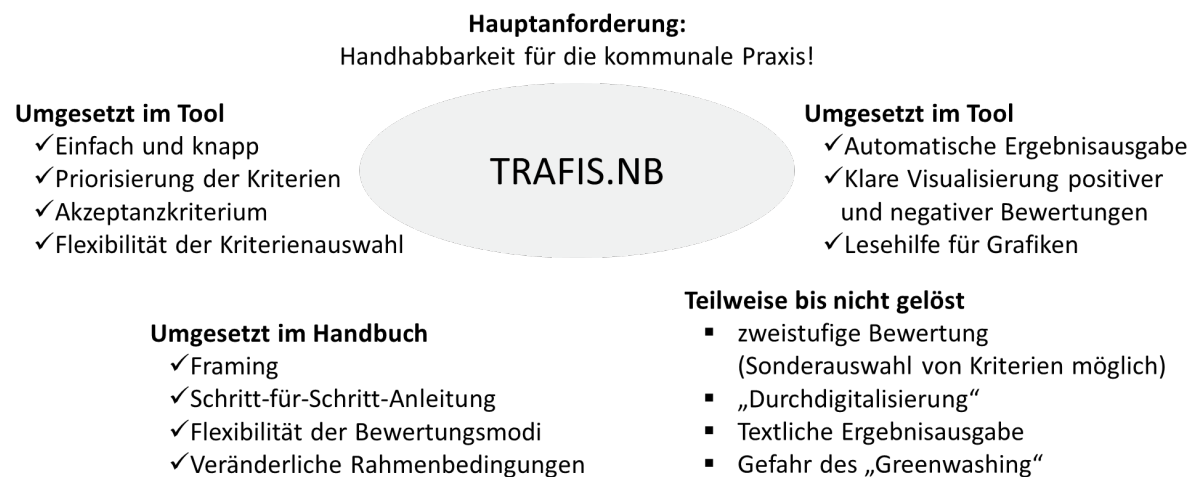
Die abschließend formulierten Anmerkungen wurden den entsprechenden Fragen (Fragen 1 bis 11) zugeordnet.

3.4.3 Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsbewertung auf kommunaler Ebene

Die im vorangegangenen Abschnitt zusammengefassten Interviews mit kommunalen Vertreter*innen brachten deutlich zum Ausdruck, dass die multikriterielle Betrachtung der Nachhaltigkeit bei kommunalen Prozessen wichtig ist und die Prozesse unterstützen kann. Die grundsätzliche Zustimmung zur Entwicklung eines solchen Werkzeugs wurde auch konkret unterstrichen beim Ansehen des für die Gespräche vorgelegten Entwurfs des Bewertungswerkzeugs.

Über die grundsätzliche Zustimmung hinaus können aus den drei Gesprächen eine Reihe von Schlussfolgerungen gezogen und direkte Anregungen und potenzielle Einschränkungen entnommen werden, die instruktiv für den Entwicklungsprozess von TRAFIS.NB sein können. Die folgende tabellarische Aufstellung greift diese Anregungen, Einschränkungen und Schlussfolgerungen in vier thematischen Gruppen auf (Zielebene [Tabelle 9], Kriterien [Tabelle 10], Operationalisierung [Tabelle 11], Bewertungsprozess [Tabelle 12]) und formuliert für die einzelnen Punkte Vorschläge zum Umgang bei der Weiterentwicklung der Nachhaltigkeitsbewertung. Abbildung 5 fasst die Praxisanforderungen und deren Umsetzung zusammen.

Abbildung 5: Zusammenfassung der Praxisanforderungen und deren Umsetzung



Quelle: eigene Darstellung, Alfred Olfert (IÖR)

Tabelle 9: Schlussfolgerungen für den Umgang mit den Anregungen auf der Ebene der Ziele

Anregung/Einschränkung (A/E) bzw. Schlussfolgerung aus den Gesprächen (S)	Verarbeitung in TRAFIS.NB
(S) Nachhaltigkeitsdiskussion auf kommunaler Ebene hat keine verbindliche Verankerung. Je nach persönlicher Interessenlage der Mitarbeiter*innen wird es mehr oder weniger beachtet. TRAFIS.NB ist möglicherweise ein Werkzeug für Nischenanwendungen.	TRAFIS.NB entsteht per se als ein Werkzeug, dessen Anwendung auf der Freiwilligkeit basiert. Er richtet sich an Personen, Arbeitsgruppen bzw. Struktureinheiten innerhalb von Verwaltungen und Betreiber-Unternehmen, die gewillt sind, den Suchprozess hin zu neuen Lösungen strukturiert mit einem multikriteriellen Fokus zu stärken. Zugleich entsteht TRAFIS.NB in Antizipation einer künftig stärker werdenden Aufmerksamkeit für das Thema und als Beitrag für Pilotanwendungen und eine weitergehende Diskussion des Ansatzes. (keine Konsequenzen für weiteren Entwicklungsprozess)
(S) TRAFIS.NB ist v. a. auf bestimmte Arten von Projekten sinnvoll anwendbar. Rein stadtplanerische Vorhaben gehören wahrscheinlich nicht dazu.	Die Eingrenzung des Einsatzspektrums ist klar als Teil des Framings, d. h. der Einführung und der Anwendungsbeschreibung (→ „Anwenderhandbuch“) zu formulieren.
(A) Es ist wichtig, das Werkzeug bereits früh bei der konkreten Suche nach neuen Lösungen, jedoch vor den ersten Festlegungen, z. B. für ein System, einzusetzen.	Dieses Ergebnis entspricht der Grundannahme und wird so als Teil des Framings im „Handbuch“ hervorgehoben.

Anregung/Einschränkung (A/E) bzw. Schlussfolgerung aus den Gesprächen (S)	Verarbeitung in TRAFIS.NB
(E) TRAFIS.NB kann nach derzeitiger Lage nicht verbindlich sein.	Dieses Ergebnis entspricht der Grundannahme und wird so als Teil des Framings im „Handbuch“ hervorgehoben.
(A) TRAFIS.NB braucht ein Mindestmaß an Konkretisierung des Vorhabens.	Dieses Ergebnis entspricht der Grundannahme und wird so als Teil des Framings im „Handbuch“ hervorgehoben.
(E) ... grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Akteure auf einen solchen Bewertungsansatz mit unterschiedlicher Aufgeschlossenheit reagieren werden.	Bei der Entwicklung ist darauf zu achten, dass das Bewertungswerkzeug durch Einfachheit und seine gute Zugänglichkeit und Handhabbarkeit möglichst wenige Barrieren zu potenziellen Anwender*innen aufbaut. Ablaufende Transformationsprozesse in Richtung Klimaneutralität können künftig die Aufgeschlossenheit gegenüber derartigen Werkzeugen grundsätzlich verbessern.
(E) Der Nutzen von TRAFIS.NB kann von den Akteuren gestaltet werden, sei es zur Aufbesserung des Images bis hin zur Gefahr eines Greenwashing mithilfe eines solchen Bewertungswerkzeugs.	TRAFIS.NB ist in seiner Anlage als Prozess-unterstützendes (formatives) Werkzeug und nicht als ein bilanzierendes (summatives) entworfen und beschrieben. Ein missbräuchlicher Einsatz ist für Anwender dennoch sehr leicht und kann durch dessen Entwicklung und Bereitstellung nicht verhindert werden. Wo dies geschieht, ist jedoch davon auszugehen, dass die betroffenen Prozesse auch ohne eine Nachhaltigkeitsbewertung nicht auf Nachhaltigkeit fokussiert sind und daher durch TRAFIS.NB keinen zusätzlichen Schaden erleiden werden. Ein regelrechtes Greenwashing im Sinne eines möglichen Vortäuschens nachhaltiger Lösungen ist durch die formative Anlage des Werkzeugs aber wenig wahrscheinlich.
(E) Wenn seitens der Fördermittelgeber die Prüfung von Nachhaltigkeitsaspekten vorgegeben ist, so konzentriert sich diese meist auf Energieverbrauch oder CO ₂ -Ausstoß.	Ggf. sollte TRAFIS.NB als begleitendes Werkzeug von relevanten Fördermittelgebern in Betracht gezogen werden um die Anwendung von TRAFIS.NB in geförderten Entwicklungsprozessen stärker zu motivieren. → Punkt mit UBA diskutieren

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 10: Schlussfolgerungen für den Umgang mit den Anregungen auf Ebene der Kriterien

Anregung/Einschränkung (A/E) bzw. Schlussfolgerung aus den Gesprächen (S)	Verarbeitung in TRAFIS.NB
(A) TRAFIS.NB thematisiert und misst die Nachhaltigkeit nicht in ihrer absoluten Gültigkeit und Übertragbarkeit. Dieser Umstand birgt die Gefahr, dass das Werkzeug für das „Greenwashing“ von Vorhaben missbraucht wird. Das Bewertungswerkzeug sollte daher umbenannt werden.	Die Entwickler sind der Ansicht, dass die Messung eines potenziellen Beitrags zu mehr Nachhaltigkeit, wie es das Ziel von TRAFIS.NB ist, einen wertvollen Beitrag für das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen darstellt. Eine Fokussierung auf eine absolute, universelle und unbegrenzt gültige Nachhaltigkeit als Referenz würde das Bewertungswerkzeug überfrachten und dieses einer Eignung für die operative Unterstützung realer Entwicklungsprozesse berauben. Die formative Anlage des Bewertungswerkzeugs und die Bewertung eines Beitrags zu mehr Nachhaltigkeit unterstützt nicht eine summative Deklaration einer absoluten Nachhaltigkeit. Der Anregung wird daher nicht gefolgt.

Anregung/Einschränkung (A/E) bzw. Schlussfolgerung aus den Gesprächen (S)	Verarbeitung in TRAFIS.NB
<p>(A) Fragen nach Pfadabhängigkeiten in Richtung einer echten Nachhaltigkeit integrieren.</p>	<p>Es wurden mögliche ergänzende Teilfragen im Gespräch diskutiert. Sie betreffen die übergeordnete Fragestellung nach einer dauerhaften und universellen Nachhaltigkeit. → Die Umsetzung der Anregung und der diskutierten Fragestellungen (siehe vorangegangenes Kapitel) wurden im Entwicklungsprozess geprüft, um ggf. entsprechende Ergänzungen vorzunehmen. Die Operationalisierung von einer „echten Nachhaltigkeit“ droht durch die damit einhergehende Komplexität und Unsicherheit den Prozess zu überfrachten bzw. die Beteiligten zu überfordern. Zugleich steht der Ruf nach einer Vereinfachung dieser Erweiterung entgegen.</p>
<p>(A) Angewandte Kriterien sollten grundsätzlich flexibel sein und sich an das jeweilige Vorhaben anpassen lassen. Auch eine Offenheit des Kriteriensatzes insgesamt – für Weglassungen und zusätzliche Kriterien – ist wichtig.</p>	<p>Die Flexibilität a) des Kriteriensatzes insgesamt (verstanden als Offenheit für das Weglassen und Hinzunehmen von Kriterien) wie auch b) der Operationalisierung einzelner Kriterien sind wichtige Grundsätze für die Anwendung des Bewertungswerkzeugs und als solche ein Bestandteil der Beschreibung im Anwendungshandbuch. → Es wurde ein hohes Maß an Flexibilität in Bezug auf die Auswahl, Priorisierung, Operationalisierung und Ergänzung im Bewertungswerkzeug umgesetzt.</p>
<p>(A/E) Für die vielfältigen kommunalen Innovationen müssen bisweilen eigene Bewertungsraster entworfen werden. Ideal wäre ein lokal angepasstes Werkzeug.</p>	<p>TRAFIS.NB bietet einen Rahmen für die multikriterielle Auseinandersetzung mit dem Nachhaltigkeitsziel in realen Entwicklungsprozessen. Im Rahmen des Vorgehens kann von dem formulierten Rahmen mehr oder weniger stark abgewichen werden. Hierfür wird TRAFIS.NB als ein möglichst breit anwendbares (d. h. nicht fallspezifisches) Werkzeug operationalisiert. Wenn der Ansatz potenzielle Anwender*innen bei der Erstellung fallangepasster, von der Ausgangsform stark abweichender Bewertungsraster unterstützt, kann das im Einzelfall hilfreich sein und wird grundsätzlich begrüßt. → Eine technische Umsetzung einer solchen Flexibilität in einem Bewertungswerkzeug wird geprüft.</p>
<p>(A) TRAFIS.NB sollte die Zukunftsfähigkeit einer Lösung im Kontext sich ändernder Rahmenbedingung (z. B. Besteuerung) thematisieren (z. B.: Ist das Geschäftsmodell auch dann tragfähig, wenn der CO₂-Preis wie vorgesehen oder noch stärker steigt?)</p>	<p>Künftige Kontextänderungen sind in vielerlei Hinsicht denkbar und sollten nach Möglichkeit im Zuge der Bewertung implizit oder fallspezifisch explizit bedacht werden. Welche Unsicherheiten besonders in den Blick genommen werden, ist Inhalt der Bewertung vor Ort. Methode und Werkzeug TRAFIS.NB lassen den Umsetzenden diese Freiheit. Insbesondere das Anwendungshandbuch weist explizit darauf hin, den Kontext und Perspektive der Bewertung zu spezifizieren, und macht einen Vorschlag zum Vorgehen.</p>
<p>(A) In den Gesprächen wurde die große Bedeutung der Akzeptanz von Lösungen unterstrichen.</p>	<p>Akzeptanz ist im entworfenen Bewertungsansatz bereits formuliert: a) aus Perspektive der Nutzer*innen durch die Kriterien technische und finanzielle Barrierefreiheit; b) aus Perspektive der betreibenden Organisationen mit den Kriterien Wirtschaftlichkeit und Komplexität. Ein weitergehender Ausbau dieses Aspekts wird nicht angestrebt.</p>

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 11: Schlussfolgerungen für den Umgang mit den Anregungen auf Ebene der Operationalisierung

Anregung/Einschränkung (A/E) bzw. Schlussfolgerung aus den Gesprächen (S)	Verarbeitung in TRAFIS.NB
(A) TRAFIS.NB muss in der kommunalen Praxis gut anwendbar sein – das ist die Königsdisziplin.	→ Die Anregung ist ein klarer Auftrag an die Entwicklung und Erprobung eines einfachen, möglichst selbsterklärenden und weitest möglich automatisiert funktionierenden Werkzeugs.
(S) TRAFIS.NB muss einfach und knapp sein. Die Fülle an Kriterien wirkt auf den ersten Blick abschreckend, da ein Teil ressortfremd ist. Ggf. Kriterien zweistufig aufbauen.	Die Anregung ist ernst zu nehmen und eine große Herausforderung für die Entwicklung eines in der Praxis anzuwendenden Werkzeugs. Eine deutliche Einschränkung des Kriterienspektrums ist jedoch kaum realisierbar. Ggf. bietet die Zweiteilung des Bewertungsprozesses hier eine Chance.
(S) TRAFIS.NB sollte nicht zu vieler Akteure bedürfen.	Die erforderliche Akteurskonstellation kann fallspezifisch unterschiedlich sein. Grundsätzlich ist das Ziel von TRAFIS.NB eine Orientierung auf potenzielle Wirkungen, noch nicht eine tiefgehende Analyse. Es sollte möglich sein, die Anzahl der einzubindenden Expert*innen zu begrenzen. Die Zusammenstellung einer geeigneten Gruppe von Expert*innen ist aber eine Kunst für sich, die eine sehr hohe Bedeutung für die Qualität des Ergebnisses hat. → Dies ist im Anwenderhandbuch thematisiert.
(A) Es wäre hilfreich, wenn die Kriterien in zwei Gruppen priorisiert und die Bewertung grundsätzlich in zwei Stufen angewendet würde. Ein „Vor-Screening“ als erste Phase, ausgestattet mit den wichtigsten Kriterien würde sicherstellen, dass ein Lösungsansatz grundsätzlich in Frage kommt. Das „Gesamt-Screening“ würde dann in einer zweiten Phase, ggf. mit etwas mehr Konkretisierung, stattfinden.	Die Möglichkeit zur Priorisierung einer flexiblen Anzahl von Kriterien wurde im Bewertungswerkzeug umgesetzt.
(A) Der inhaltliche Umfang von TRAFIS.NB ist bereits sehr hoch. Das Bewertungswerkzeug könnte dadurch als unübersichtlich wahrgenommen werden. Ggf. könnten 10 Kernfragen formuliert werden, die auf einmal übersehen werden können.	Die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit sind bereits sehr sparsam mit Kriterien untersetzt. Eine weitere Reduzierung des Kriteriensatzes erscheint nicht hilfreich. Der diskutierte Vorschlag einer Zweiteilung der Bewertung könnte aber ein praktikabler Lösungsvorschlag sein, der auch die Frage nach der Übersichtlichkeit unterstützt.
(A) Die „Durchdigitalisierung“ von Bewertung (web-basiert) und Auswertung wäre hilfreich.	Eine solche Umsetzung ist zweifellos wünschenswert, jedoch im Budget des Vorhabens leider nicht vorgesehen.
(A) Eine unmittelbare Ausgabe der Ergebnisse wäre wünschenswert.	Dies ist im Vorhaben so nicht vorgesehen. Die Anregung würde jedoch zweifelsohne die Anwendung unterstützen. → Eine technische Umsetzung einer Ergebnisausgabe in einem Bewertungswerkzeug wird geprüft.
(A) Bessere Visualisierung von „positiv“ und „negativ“ wäre gut.	Dies wird geprüft. Es ist vorgesehen, das bewertungsunterstützende Werkzeug auf Basis einer weit verbreiteten Software umzusetzen. Die größte Verbreitung hat in diesem Bereich MS Excel.

Anregung/Einschränkung (A/E) bzw. Schlussfolgerung aus den Gesprächen (S)	Verarbeitung in TRAFIS.NB
(A) Ein Readme zum Lesen des Ergebnis-Diagramms wäre gut.	Eine Lesehilfe für die Ergebnisse wird im Anwenderhandbuch bereitgestellt.
(A) Eine textliche Ausgabe der Ergebnisse wäre hilfreich.	Dies würde das bereitstehende Budget deutlich sprengen und kann daher nicht umgesetzt werden.

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 12: Schlussfolgerungen für den Umgang mit den Anregungen für den Bewertungsprozess

Anregung/Einschränkung (A/E) bzw. Schlussfolgerung aus den Gesprächen (S)	Verarbeitung in TRAFIS.NB
(S) Ein Bewertungswerkzeug muss einfach und knapp sein. Die Fülle an Kriterien wirkt auf den ersten Blick abschreckend, da ein Teil ressortfremd ist.	Eine Umsetzung als zweistufiges Bewertungswerkzeug ist bei der Operationalisierung zu favorisieren und sollte auch die Darstellung des Werkzeugs übersichtlicher gestalten.
(S) Bisher wirkt das Werkzeug zu abstrakt. Man muss sofort erkennen, wo TRAFIS.NB im eigenen Handlungsbereich angewendet werden könnte.	Das Anwenderhandbuch muss die Kulisse, in der TRAFIS.NB angewendet wird, klar vorgeben, ggf. mit Beispielen und einem deutlich erkennbar herausgearbeiteten Mehrwert.
Die Bewertungsaufgabe ist komplex, relevante Ergebnisse brauchen ein Mindestmaß an ernsthafter Hinwendung durch die Anwender. Nachhaltigkeitskriterien brauchen Überlegungen. Eine schnelle Anwendung bei komplizierteren Vorhaben wird kaum möglich sein. Ggf. kann es helfen, die Nachhaltigkeitsbewertung mehrstufig durchzuführen und einzelne Schritte als „Hausaufgabe“ zu begreifen.	Die Beschreibung der Anwendung sollte verschiedene Modi berücksichtigen, wie „Spontan“-Bewertung, Bewertung nach Diskussion, Bewertung nach Überlegungszeit; Komplettbewertung vs. stufenweise Bewertung; einmalige vs. iterierende Bewertung.
Die Nachhaltigkeitsbewertung sollte als Daueraufgabe in einem Entwicklungsprozess von Infrastrukturlösungen angesehen werden, die in verschiedenen Entwicklungsphasen des Vorhabens wiederholt wird.	Der iterierende Bewertungsmodus in Form eines mehrstufigen Delphi oder als wiederholte Bewertung im Prozess sollen im Anwenderhandbuch beschrieben werden.
Der Bewertungsprozess sollte flexibel gestaltet werden. Einzelne Kriterien verlangen nach Überlegung, ggf. sind sie dann oft nicht unmittelbar beantwortbar. Das Bewertungsverfahren sollte für solche Kriterien Überlegungszeit vorsehen.	Siehe oben. Unterschiedliche Bewertungsmodi können ermöglicht werden und sollen im Anwenderhandbuch Berücksichtigung finden.
Sog. Expert*innen, die der jeweiligen Fragestellung fachlich am nächsten sein sollten, sind oft zu sehr auf die eigene Unternehmensphilosophie fixiert und oft wenig offen dafür, über den Tellerrand zu schauen. Eine große Herausforderung ist daher, geeignete Experten aufzustellen.	Siehe oben. Die erforderliche Akteurskonstellation ist fallspezifisch. Die Zusammenstellung einer geeigneten Gruppe von Expert*innen ist eine Kunst für sich, die eine sehr hohe Bedeutung für die Qualität des Ergebnisses hat. Dies ist eine der wichtigsten Aufgaben im Anwendungsprozess und wird im Anwenderhandbuch thematisiert.

Anregung/Einschränkung (A/E) bzw. Schlussfolgerung aus den Gesprächen (S)	Verarbeitung in TRAFIS.NB
Eine große Bedeutung wurde dem Framing beigemessen. Eingebundene Expert*innen müssen gut in die Fragestellung und den Prozess eingeführt werden.	Das Anwendungshandbuch sollte eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Anwendung von TRAFIS.NB beinhalten und eine Einführung in den Prozess geben.

Quelle: eigene Darstellung

3.5 Operationalisierung der prozessbegleitenden Nachhaltigkeitsbewertung mittels TRAFIS.NB

Die detaillierte Darstellung des Bewertungsansatzes TRAFIS.NB und dessen Anwendung ist Gegenstand eines eigenständigen Anwendungshandbuchs „Prozessbegleitende Nachhaltigkeitsbewertung für innovative Infrastrukturlösungen“ (Olfert und Walther 2023). An dieser Stelle erfolgt daher nur eine Kurzdarstellung zur Operationalisierung.

3.5.1 Bewertungsansatz TRAFIS.NB

TRAFIS.NB ist in seinem Kern ein informelles Werkzeug für die expertenbasierte **Nachhaltigkeitsbewertung von innovativen Infrastrukturlösungen**. Das Werkzeug bietet einen Rahmen, um wichtige Akteure frühzeitig in einem Prozess zusammenzubringen und wichtige Zielklärungen, Priorisierungen und Lösungen im Austausch der Akteure zu skizzieren bevor in einem fortgeschrittenen Prozess Konflikte entstehen und den Prozess unnötig belasten können. Nicht zuletzt deswegen ist die Auswahl der Bewertungsgruppe eine zentrale Aufgabe bei der Anwendung von TRAFIS.NB – eingebundene Personen sollten kompetent und für den Prozess relevant sein.

Das Werkzeug aktiviert lokal verfügbares Wissen und zeigt mögliche **Stärken und Schwächen von Lösungsvarianten** in den Dimensionen Versorgungssicherheit, Ressourcenschonung, Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung auf. Das Werkzeug TRAFIS.NB in seinem Kern hilft, die Frage zu beantworten, welche Effekte auf unterschiedliche Aspekte der Nachhaltigkeit eine Lösungsvariante haben kann. Es ist somit ein Screening-Werkzeug, das auch Hinweise auf mögliche Herausforderungen gibt, die bei der Entwicklung der Lösung besondere Aufmerksamkeit erfordern, um unerwünschte Effekte und Konflikte sowie Unsicherheiten zu antizipieren und zu minimieren. TRAFIS.NB gibt keine Antwort auf die Frage, ob eine Veränderung ein Infrastruktursystem absolut nachhaltig macht (siehe Definition von „Nachhaltigkeit“ im Brundtland-Bericht, UNWCED 1987). Vielmehr geht es um die Frage: „Wie wirkt eine (innovative) Lösungsoption⁹ auf unterschiedliche Nachhaltigkeitskriterien im Vergleich zu einem Status Quo?“ *Der Status quo beschreibt ein zum Zeitpunkt der Bewertung etablierten technischen Standard. Bei der Veränderung bestehender Systeme ist es das existierende Infrastruktursystem.* Bei Neubauten oder Erweiterungen wäre es der jeweils gültige technische „state of the art“ bzw. der „Stand der Technik“ einschließlich der gültigen gesetzlichen Regelungen. Dabei wird davon ausgegangen, dass sowohl der Stand der Technik als auch gültige gesetzliche Regelungen im Wesentlichen etablierte, insofern also nicht mehr innovative Lösungen beschreiben. Bei der Bewertung stellt sich also die Frage, inwieweit eine neuartige Lösungsoption zu Vorteilen führt oder mögliche Abwägungen zwischen Nachhaltigkeitskriterien erfordert.

Die Anwendung von TRAFIS.NB strukturiert den Bewertungs- und Diskussionsprozess, arbeitet Diskussionsbedarfe heraus, liefert Begründungen für Entscheidungen und stärkt Transparenz

⁹ „Lösungsoption“ ist eine allgemeine Bezeichnung für einen innovativen Ansatz für den Neu- oder Umbau eines Infrastruktursystems. Lösungsoptionen können mit einer oder mehreren Lösungsvarianten untersetzt sein.

und Legitimität von Entscheidungen. Damit kann TRAFIS.NB für die Auswahl der bestgeeigneten Lösungsoption und die zielgerichtete Weiterentwicklung von Varianten genutzt werden.

Nutzer*innen von TRAFIS.NB sind in erster Linie Betreiber*innen und Planer*innen von Infrastrukturen oder öffentliche Verwaltungen, beispielsweise im Rahmen einer Machbarkeitsstudie. Der Bewertungsprozess wird von einer kompetenten und vor Ort akzeptierten „**Prozessmoderation**“ organisiert. Eine mit lokalen Expert*innen besetzte „**Bewertungsgruppe**“, die verschiedene fachliche Perspektiven vereint, bewertet mögliche Wirkungen einer Lösung mithilfe speziell auf innovative Infrastrukturlösungen zugeschnittener **Nachhaltigkeitskriterien**.

Das Excel-basierte **TRAFIS.NB-Tool** unterstützt den Bewertungsprozess. Es stellt das empfohlene Kriterienset bereit und erlaubt fallbezogen dessen Anpassung oder Ergänzung. Daran entlang bewerten die Mitglieder der Bewertungsgruppe die erwarteten Nachhaltigkeitswirkungen. Nach Übernahme der Einzelbewertungen in das Tool erfolgt eine **automatisierte Ergebnisausgabe** in Form von Tabellen, Grafiken und als zusammenfassender Bericht – z. B. als Input für Abstimmungsprozesse oder für die Weitergabe an Entscheider.

3.5.2 Kriteriensatz und Operationalisierung

TRAFIS.NB definiert mit den Dimensionen 1) Versorgungssicherheit, 2) Ressourcenschonung, 3) Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung drei Kriteriengruppen mit einem Grundset an Kriterien (vgl. Abbildung 6, Anhang C.2), das sich flexibel anpassen lässt.

Versorgungssicherheit (Resilienz) hinterfragt die Fähigkeit der innovativen Infrastrukturlösung, ihre Leistung generell und im Fall externer Störungen (z. B. Naturereignisse, technische Fehler, interne Ausfälle) zu erbringen. Versorgungssicherheit wird durch Merkmale abgebildet, welche die Fähigkeit eines Systems repräsentieren, bei externen und internen Störungen seine Funktionsfähigkeit zumindest teilweise aufrechtzuerhalten bzw. schnell wiederherzustellen. Diese Merkmale stehen in ihrer Gesamtheit für die Resilienz eines Systems, die nicht direkt gemessen werden kann. Neben der Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen geht es um Strukturen, Ressourcen und Fähigkeiten auf Seiten der technischen Anlagen und des Managements sowie um die benötigten natürlichen Ressourcen. TRAFIS.NB fokussiert die eher operativen Aspekte der Resilienz in der kurzfristigen Bewältigung von Störungen. Mittel- bis langfristige Aspekte der Anpassung des technischen Systems, von Routinen oder der Personalentwicklung sind wichtig, aber nicht durch Kriterien abgebildet.

Anhand der Kriterien der Dimension **Ressourcenschonung** werden Wirkungen auf den Verbrauch bzw. die Beeinträchtigung natürlicher Ressourcen beschrieben. Es geht einerseits um Stoffe (Wasser, Energieträger etc.), Energie und Flächen, die für die Erbringung der Infrastrukturdienstleistung als Input in Anspruch genommen werden. Andererseits geht es auch um die Umweltbelastungen, die als Schadstoffe, Abwärme oder Lärm durch die Infrastruktur emittiert werden und Schutzgüter (Luft, Gewässer, Boden, Arten) belasten.

Die Dimension **Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung** beschreibt mögliche Auswirkungen für Nutzer*innen und Betreiber*innen von Infrastrukturen. Aus Nutzerperspektive stellen sich Fragen nach der Verteilungsgerechtigkeit im Sinne einer Qualität und ökonomischen und technischen Barrierefreiheit der Infrastrukturdienstleistung. Aus Betreiberperspektive geht es z. B. um Aspekte einer ökonomischen Tragfähigkeit bis hin zur Nutzungsdauer einer Lösung.

Abbildung 6: Dimensionen und Kriterien für die Nachhaltigkeitsbewertung

Leistungsfähigkeit und Versorgungssicherheit	Ressourcenschonung	Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung
<ul style="list-style-type: none"> • Leistungsfähigkeit • Störungsanfälligkeit • Dependenz • Anpassungsfähigkeit • Redundanz (techn. personell) • Puffervermögen • Entkoppelter Betrieb • Verfügbarkeit von Fachkräften • Kosten der Funktionswiederherstellung 	<ul style="list-style-type: none"> • Primärenergie, Endenergie • Fläche, Boden • Rohstoffe, kritische Rohstoffen • Wasser, Gewässer • Treibhausgase • Gesundheitsgefährdende Stoffe • Lärm und Abfall • Besonders geschützte Lebensräume und Arten • Alternative Flächenpotenziale 	<ul style="list-style-type: none"> • Ökonomische Tragfähigkeit (Betreiber) • Qualität und Quantität der Dienstleistung • Investitionsbedarf für Nutzer • Erforderliche Nutzerkompetenz • Endverbraucherpreis

Quelle: Kriteriensatz, weiterentwickelt nach Olfert et al. 2020, VDI 2016

Anhang C.2 (Tabelle 27, Tabelle 28, Tabelle 29) stellt den Kriteriensatz von TRAFIS.NB samt der generellen Operationalisierung der Kriterien vor. Die vorgeschlagenen Kriterien sind in vier Stufen beschrieben und operationalisiert:

- ▶ Zuordnung zur Nachhaltigkeitsdimension & Kriteriengruppe
- ▶ Stufe 1: „Bewertungskriterium“ – Kurzbezeichnung i. S. einer effizienten Kommunikation mit oft nur begrenzter Aussagekraft über den Inhalt des Kriteriums.
- ▶ Stufe 2: „... näher erläutert“ – diese Langbezeichnung des Kriteriums umreißt etwas deutlicher die Intention des Kriteriums und soll ein kurz gefasstes Verständnis über den Inhalt eines Kriteriums ermöglichen.
- ▶ Stufe 3: „Fragestellung für die Wirkungsbewertung“ – die ausformulierte Fragestellung ist die Basis für die Bewertung einer Wirkung und bildet damit den Kern der angestrebten generellen, Operationalisierung. Die Fragestellung formuliert das Anliegen einer Bewertung. Sie soll es den Bewertenden erlauben, den Inhalt der Bewertung zu erfassen. Eine Fragestellung sollte möglichst wenig Interpretationsraum lassen und damit sichern, dass alle Bewertenden den gleichen Sachverhalt bewerten. Auf dem Level der gewählten geringen Spezifität der Bewertung ist jedoch auch die Spezifität der Fragestellungen begrenzt.
- ▶ Stufe 4: „Weitere Hinweise für die Erwägungen“ (der Bewertenden) vertiefen die Fragestellung um Teilaspekte, die in das Verständnis der Frage und die Erwägung der Bewertung einfließen können bzw. sollten. Die Hinweise sind nicht erschöpfend. (Stufe 4 der Operationalisierung ist nur im Excel-basierten Bewertungswerkzeug integriert und nicht in der Tabelle wiedergegeben.)
- ▶ Ein wichtiges weiteres Element ist die fünfstufige Bewertungsskala für die Bewertung der einzelnen Kriterien (Tabelle 13) (Details siehe Olfert und Walther 2023).

Tabelle 13: Legende zur fünfstufigen Bewertungsskala

(-2)	deutlich negative Bewertung (z. B. nicht geeignet, deutlich Kostensteigerung, deutlich negative Auswirkung etc.)
(-1)	geringfügig negative Bewertung (z. B. wenig geeignet, geringfügige Kostensteigerung, eher negative Auswirkung)
(0)	keine Veränderung
(+1)	geringfügig positive Bewertung (z. B. gut geeignet, geringfügige Kostensenkung, eher positive Auswirkung)
(+2)	deutlich positive Bewertung (z. B. sehr gut geeignet, deutliche Kostensenkung, deutlich positive Auswirkung)

4 Erfolgsfaktoren für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen auf lokaler und regionaler Ebene – Reflektion aus der Prozessbegleitung von Praxisbeispielen

4.1 Zielsetzung, Vorgehen, Begriffsklärung

Eine Verbreitung¹⁰ von innovativen Infrastrukturlösungen mit Nachhaltigkeitspotential kann nur dann wirksam werden, wenn die dazu vorgesehenen Ansätze und Mechanismen auf den Bedarf und die Spezifika konkreter räumlicher und sozio-technischer Kontexte zugeschnitten bzw. angepasst sind. Andernfalls besteht das Risiko, dass die Verbreitung nicht wie angestrebt wirkt oder sich sogar potenziell negativ auf die anvisierte Nachhaltigkeit auswirkt.

Vor diesem Hintergrund zielte dieser Analyseschritt in vier Unterschritten darauf ab.

1. anhand einer Recherche und Analyse internationaler, englischsprachiger Literatur praxisrelevante Verbreitungsansätze zu analysieren, die in ähnlich gelagerten Praxiskontexten Anwendung fanden, und in die Diskussionen mit Praxisakteuren einzubringen (siehe b) unten);
2. in Diskussionen mit Akteuren aus drei Praxisfallbeispielen auf den jeweiligen Fallstudienkontext angepasste Verbreitungsansätze zu konzipieren (unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus Kapitel 2) und einzelne Ansätze für eine Erprobung auszuwählen;
3. die ausgewählten Verbreitungsansätze in den drei Praxisfallbeispielen zu erproben, soweit möglich deren potenzielle Nachhaltigkeitswirkungen im Fallstudienkontext unter Einsatz von TRAFIS.NB zu bewerten sowie die Eignung, Erfolgsfaktoren und Hindernisse für die Verbreitungsansätze zu reflektieren.

Die Analyseergebnisse dienen auch als Quelle für die Beschreibung von Beispielen für gelungene oder gelingende Verbreitung in der Praxis. Diese sind eingeflossen in den Kurzbericht "Verbreitungswege nachhaltiger Infrastrukturlösungen – Drei Beispiele auf kommunaler und regionaler Ebene" (Olfert et al. 2023).

Das genaue Vorgehen in den hier genannten drei Unterschritten wird in den folgenden Kapiteln detaillierter beschrieben.

4.2 Literaturbasierte Analysen von Verbreitungsansätzen zur Diskussion mit Fallbeispielakteuren

4.2.1 Ziel

Dieser Analyseschritt diente dazu, anhand von Erkenntnissen aus vorangegangenen Arbeitsschritten und weiterer Literatur sowie von Vorgesprächen mit Akteuren aus den ausgewählten Praxisfallbeispielen mögliche bzw. relevante Bedarfe an und Verständnisse von Verbreitung zu erheben und zu diskutieren.

Die in diesem Analyseschritt erarbeitete Übersicht von Verbreitungsansätzen gibt Hinweise und Empfehlungen für mögliche Verbreitungstätigkeiten der TRAFIS Praxisfälle. Basierend auf 19

¹⁰ Dieser Teil stützt sich auf das in Kapitel 1.3 eingeführte Begriffsverständnis des Terminus „Verbreitung“: *Verbreitung bedeutet die tatsächliche Vervielfältigung und Durchsetzung einer Nachhaltigkeitsinnovation bei unterschiedlichen Akteuren in einem bestimmten geographischen Gebiet, was reale Veränderungen sozio-technischer Systeme zur Folge hat. Der Begriff umfasst damit sowohl die geographische Verbreitung (innerhalb eines bestimmten Gebietes) als auch Verbreitung zwischen Akteuren (vermehrte Nutzung), da beides eng miteinander zusammenhängt.*

Fallstudien aus der Literatur wurden daher Verbreitungsansätze herausgearbeitet, einschließlich möglicher Einflussfaktoren und relevanter Akteure.

4.2.2 Vorgehen

Dazu wurde zunächst eine gezielte Literaturrecherche in englisch- und deutschsprachiger wissenschaftlicher Literatur durchgeführt. Die Literaturanalyse zielte darauf ab, diejenigen Quellen auszuwählen, die im Hinblick auf Erkenntnisse zu Verbreitungsansätzen von innovativen Infrastrukturlösungen vielversprechend erschienen und einen Bezug zu den in TRAFIS untersuchten Fällen haben:

- ▶ grüne Wasserstoffherzeugung für eine regionale Wertschöpfung und Wasserstoffwirtschaft;
- ▶ dezentrale und klimaschonende Energienutzung über Power-To-Gas-Anlagen im Gebäudebestand;
- ▶ Klimaschutz/erneuerbare Energien in der Abwasserbehandlung;
- ▶ IKT-basierte Stärkung der Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs durch Mobilitätsapps.

Aufgrund der wenigen vorhandenen Quellen zu ähnlich gelagerten Fällen zu TRAFIS, bzw. gekoppelten Infrastrukturen im Allgemeinen, haben wir unsere Suche auf andere Infrastrukturtypen erweitert. Die meisten Publikationen zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen fokussieren auf die (potenziellen) Umweltleistungen. Zahlreiche Artikel befassen sich zudem mit der konzeptionellen Definition von Verbreitungsansätzen, anstelle von spezifischen Fallstudien und Strategien, um übergreifende Kategorien zu finden (z. B. Lam et al. 2020b).

In der englischsprachigen Literatur finden sich viele unterschiedliche Begriffe für Verbreitung, einschließlich „scaling“ (einschließlich u. a. „scaling up“ und „scaling out“) (Buijs et al. 2019; Hughes et al. 2020; Lam et al. 2020b), „acceleration mechanisms“ (Ehnert et al. 2018), „replicating“ (Van Winden und Van Den Buuse 2017) und „embedding“ (Von Wirth et al. 2019; Zuniga-Teran et al. 2020).

Die Literaturrecherche erfolgt über relevante Suchmaschinen und Datenbanken wie SCOPUS und google scholar. Zusammenfassend haben wir die folgenden englischen Suchbegriffe verwendet:

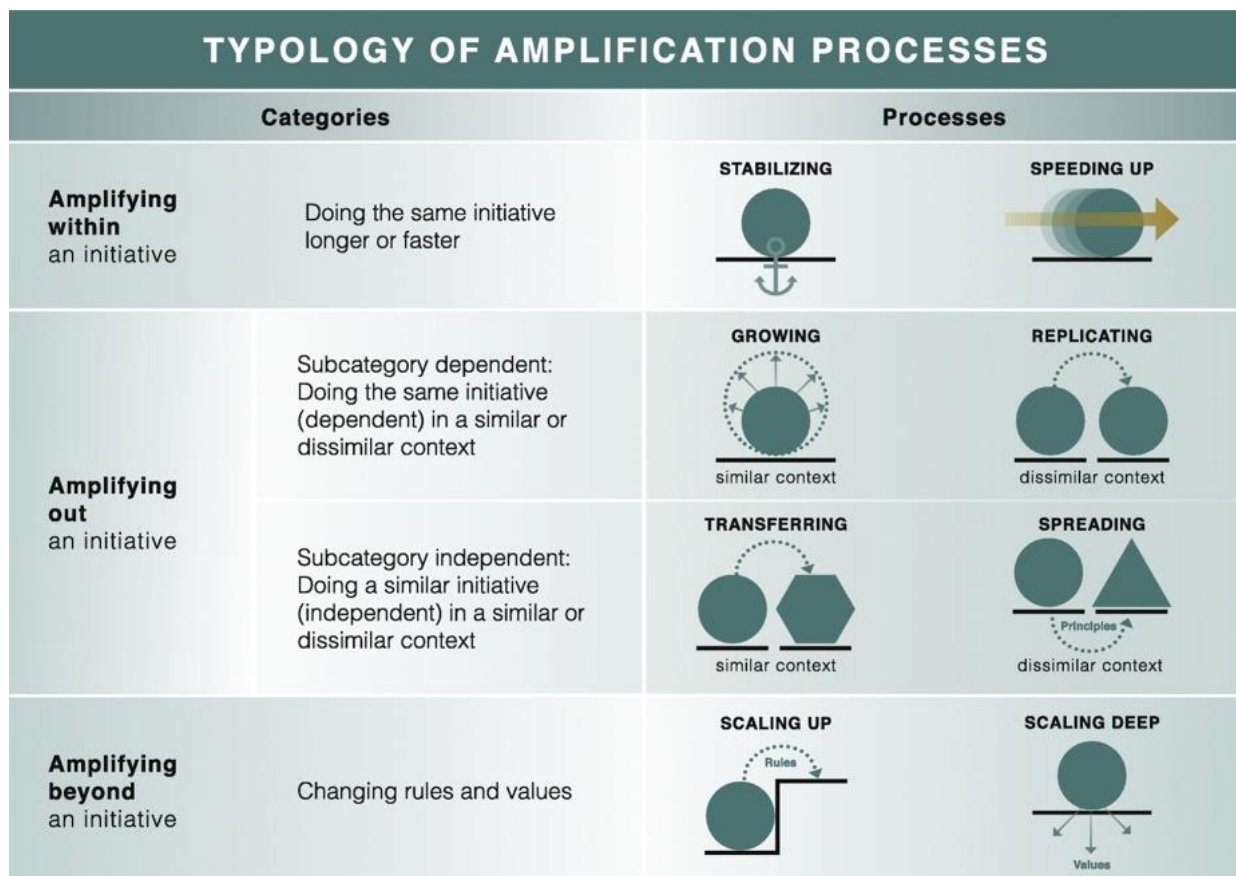
- ▶ (upscaling OR broadening OR mainstreaming OR Verbreitung OR Diffusion) AND infrastructure OR Infrastruktur AND (case study OR Fallstudie) AND (nature OR urban OR climate PR Klima)
- ▶ (innovation OR transition) AND (case study OR Fallstudie) AND (upscaling OR replicating OR broadening OR embedding OR mainstreaming OR Verbreitung OR Diffusion) AND (climate OR sustainability OR infrastructure OR Nachhaltigkeit OR Infrastruktur)
- ▶ (innovation OR transition) AND (pilot project OR Pilotprojekt) AND (upscaling OR replicating OR broadening OR embedding OR mainstreaming OR Verbreitung OR Diffusion) AND (climate OR sustainability OR infrastructure OR Nachhaltigkeit OR Infrastruktur)

Weitere Voraussetzungen für die Publikationen waren, dass sie zwischen 2010 und 2021 veröffentlicht worden sind, Infrastrukturen in (den TRAFIS-Fällen ähnlich gelagerten) politischen und sozio-ökonomischen Kontexten betrachten, einen Bezug zu Klimaschutz, Klimawandelanpassung und Nachhaltigkeit aufweisen und ausreichend Informationen über die Fälle sowie Verbreitungsansätze beinhalten.

4.2.3 Wesentliche Erkenntnisse aus der Literaturanalyse zu Verbreitungsansätzen für Infrastrukturlösungen

Anhand der Literatursuche haben wir **19 relevante Fälle aus sieben Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften ausgewählt**. Wir haben die Quellen entlang des von (Lam et al. 2020a) entwickelten Analyserasters für Verbreitungsansätze („amplification processes“ im englischen Original) ausgewertet¹¹ (Abbildung 7). Das Analyseraster basiert auf einer umfangreichen Analyse bestehender Typologien und Kategorisierungen zu Verbreitung. Es ermöglicht, die zahlreichen Verbreitungsansätze ausgehend von den unterschiedlichen Ergebnissen von Verbreitung, und somit zielorientierter, einzuordnen.

Abbildung 7: Illustration der acht Verbreitungsansätze in drei Kategorien



Quelle: Lam et al. 2020, S. 11

Box 2: Zusammenfassung und Empfehlungen zu übergreifenden Verbreitungsaktivitäten

Zusammenfassung und Empfehlungen zu übergreifenden Verbreitungsaktivitäten

Verbreitung bedarf einer Kombination von Verbreitungsansätzen, die sich gegenseitig stützen und aufeinander aufbauen. Die Einbettung in politische Pläne und Regulierungen stützt allgemein weitere Verbreitungstypen.

Drei übergreifende Verbreitungsaktivitäten stützen alle Verbreitungstypen:

¹¹ Ursprünglich sollte das Analyseraster von Ehnert et al. (2018) verwendet werden, welches zwischen unterschiedlichen Strategien (upscaling, replicating, partnering, instrumentalising, embedding) unterscheidet. Es stellte sich aber heraus, dass die zielbezogene Unterscheidung von Lam et al. (2020) eine deutlichere Unterscheidung zwischen Zielen bzw. Ergebnissen und Strategien ermöglicht. Beispielsweise stellte sich heraus, dass „embedding“ weitestgehend ein Ansatz für upscaling oder replicating ist.

- ▶ Bei der Bildung neuer Partnerschaften sollten die Projekte Engagement und ein gemeinsames Ziel unter den Partnern sicherstellen. Insbesondere Partnerschaften mit der lokalen Regierung stellen eine Strategie dar, die dem jeweiligen Projekt Unterstützung oder Möglichkeiten zur Skalierung oder Vertiefung bietet.
- ▶ Für die Nutzung und Instrumentalisierung bestehender Chancen müssen externe Faktoren beobachtet und aktiv mobilisiert werden.
- ▶ Die Schaffung und Verbreitung von Wissen ist die häufigste Aktivität für alle Arten der Verbreitung. Sie kann durch das Eingehen von Partnerschaften unterstützt werden und beruht auf verschiedenen Kommunikations-, Lern- und Bildungsformaten.

4.2.3.1 Verbreitungsansätze und -aktivitäten

Tabelle 14 gibt eine Übersicht über die Verbreitungsansätze der 19 Fallstudien, einschließlich der Ziele, Ergebnisse sowie Verbreitungsaktivitäten. In der Analyse konnten wir feststellen, dass alle Fallstudien eine Kombination der acht Verbreitungsansätze verwenden. In vielen Fällen bedingen sich die Verbreitungsansätze gegenseitig. Im Fall von Towerwise (Beispiel 1) wuchs zunächst das Pilotprojekt, indem mehrere Gebäude nachgerüstet wurden. Danach wurde das Projekt durch eine Wohnungsbaugesellschaft umgesetzt und somit repliziert. Zudem wurde der Retrofitting-Ansatz in provinzielle und nationale Pläne übernommen, was einen Skalierungsprozess darstellt (Hughes et al. 2020). Im Beispiel der Public Allotments Gardens (Entwicklung von 21 Kleingärten, Beispiel 10) musste zunächst die Praktik der gemeindebasierten Landwirtschaft legalisiert werden (scaling-up), um sie dann in ganz Lissabon zu replizieren (Buijs et al. 2019).

Box 3: Zusammenfassung der übergreifenden Aktivitäten zur Unterstützung von Verbreitung

Zusammenfassung: Übergreifende Aktivitäten zur Unterstützung von Verbreitung

Wir konnten drei übergreifende Aktivitäten identifizieren, die für mehrere Verbreitungsansätze angewendet wurden und auf die wir im Folgenden genauer eingehen:

- ▶ Neue Partnerschaften bilden
- ▶ (Politische) Möglichkeiten nutzen
- ▶ Neues Wissen schaffen und kommunizieren

Die meisten Verbreitungsaktivitäten werden von den Initiatoren eines Projekts durchgeführt. Diese entstammen oftmals unabhängigen lokalen Projekten. Vier Fälle wurden von der lokalen Regierung bzw. Verwaltung getragen (7, 8, 10 und 12). Die lokale Regierung war immer ein wichtiger Partner für die lokale Umsetzung und Verbreitung.

4.2.3.1.1 Neue Partnerschaften bilden

Die Innovationen profitieren im Allgemeinen von Partnerschaften mit den richtigen Akteuren. Der Aufbau von Netzwerken und Partnerschaften ist besonders wertvoll für eine gezielte Zusammenarbeit, die Bündelung von Ressourcen, gemeinsames Lernen, die Erweiterung des Einflussbereichs eines Projekts und die Erzeugung von Kohärenz. Durch Partnerschaften können Unterstützer gewonnen werden für Stabilisierung und Wachstum, und es kann die Kontinuität sichergestellt werden. Partnerschaften können sehr unterschiedlich ausgestaltet sein und umfassen verschiedene Akteure. Alle hier betrachteten Fälle zielten darauf ab, Partnerschaften mit der lokalen Regierung zu entwickeln. Die Fälle, die von der lokalen Regierung unterstützt

wurden (einschließlich Beratung, Finanzierung, Genehmigung, Bereitstellung von Raum, Land und Material) konnten ihre Dienste für die Regierung erbringen (z. B. Beispiel 14: Energieatlas) und Informationen bereitstellen, um die lokale Politik zu beeinflussen. Der Energieatlas (Beispiel 14) – eine interaktive Online-Plattform zu Wasser-, Energie- und Abwasserverbrauch – war auf viele verschiedene Akteure angewiesen, die Daten bereitstellen. Die Partnerschaft mit Datenanbietern trug zur erfolgreichen Stabilisierung des Projekts bei: Die Plattform stellte die Informationen an Entscheidungsträger (z. B. die Stadt Amsterdam) auf Grundlage der Daten bereit.

Andere Partnerschaften umfassen beispielsweise Wissensinstitutionen oder relevante Akteure aus dem jeweiligen Sektor, wie der Bauindustrie oder dem Sozialwohnungssektor. Der Energieatlas arbeitete mit drei Wissensinstituten zusammen, um Handbücher, Meisterklassen und ein Online-Tool zu entwickeln, und diese in andere Städte zu transferieren. Das Projekt war aufgrund des Fachwissens dieser Organisationen und des internationalen Netzwerks eines der Wissensinstitute erfolgreich (Van Winden und Van Den Buuse 2017). Das Concept House Village Lab (Beispiel 3) fokussierte sich auf den Mangel an praktischen Fähigkeiten und Kenntnissen für Innovationen im Bausektor. Das Projekt brachte Akteure der lokalen Regierung, Wissensinstituten und privaten Unternehmen des Sektors zusammen und bildete Student*innen aus (Von Wirth et al. 2019).

Das Beispiel der Climate Street (Beispiel 19) zeigt, dass die Bildung von Partnerschaften zielgeleitet stattfinden muss. Das Projekt umfasste eine zu große Gruppe von Akteuren mit zu wenig Engagement für das Projekt und ohne gemeinsames Ziel zur Verbreitung (Van Winden und Van Den Buuse 2017).

Tabelle 14: Verbreitungsansätze in 19 Fallstudien

Nr.	Fallstudie	Worum geht es?	Ansätze und Ergebnisse von Verbreitung	Verbreitungsaktivitäten	Einflussfaktoren
1	Towerwise retrofitting	Retrofitting von Sozialwohnungen in Toronto, Kanada	<p>Wachsen [Growing]: von 1 auf 7 Gebäude innerhalb des Programmes</p> <p>Replikation [Replication]: Umsetzung in anderen Gemeinden</p> <p>Hochskalieren [Scaling up]: Institutionalisierung in 10-Jahresplan des Wohnungsunternehmens</p>	<p>Finanzierung: Bereitstellung finanzieller Mittel für das Wachstum</p> <p>Wissensgenerierung und -transfer: über das Pilotprojekt für zukünftige Projekte</p> <p>Partnerschaften: mit Sozialwohnungssektor, nationalen und regionalen Behörden für Umsetzung in anderen Gemeinden</p> <p>Einbettung: in Ziele und Strategien</p>	<p>Fördernd: externe Finanzierung nach dem ersten Pilotprojekt und Möglichkeit, auf die lokale Politik einzuwirken aufgrund von politischem Momentum</p>
2	Large scale deep renovation	Umfassendes Retrofitting des niederländischen Wohnsektors	<p>Wachsen: Das Projekt zielt darauf ab, die Anzahl der Häuser innerhalb des Projektes zu erhöhen. Es gelang, mehrere Retrofitting-Arbeiten durchzuführen, wurde jedoch nicht weit verbreitet.</p> <p>Transfer [Transferring]: Elemente der Retrofitting-Optionen sollten von Wohnungsgesellschaften übernommen werden</p> <p>Hochskalieren: Retrofitting sollte in Regierungsprogrammen aufgenommen werden</p>	<p>Partnerschaften: mit Wohnungsbaugesellschaften und ihren Bewohner*innen für Umsetzung in weiteren Häusern</p> <p>Konzeptentwicklung: Erarbeitung und Angebot neuer Konzepte</p> <p>Instrumentalisieren: Nutzung eines Regierungsprogrammes</p>	<p>Hindernd: externe Entscheidungsprozesse waren nicht auf die Initiative abgestimmt und die Kosten der Dienstleistung waren zu hoch</p>
3	Concept House Village Lab	Benutzerorientierter Teststandort für Wohnungsbau und Retrofitting für Bildung und Experimentieren	<p>Stabilisieren [Stabilizing]: Unterstützung gewonnen aus Wissensinstitutionen, der Bauindustrie und der Gemeinde</p> <p>Ausbreiten [Spreading]: Umsetzung der Innovationen in anderen Orten</p> <p>Beschleunigen [Speeding up]: Schulung einer wachsenden Anzahl Student*innen und beschleunigte den</p>	<p>Partnerschaften: mit Wissensinstitutionen, Bauindustrie und Gemeinde für Unterstützung</p> <p>Forschung: um Innovationen zu beschleunigen</p> <p>Partnerschaften: mit Unternehmen und Instituten für die Umsetzung der Innovationen</p> <p>Bildung: Schulungen von Student*innen in Bezug auf Bau-/Retrofitting-Innovationen</p>	<p>Fördernd: Unterstützung durch die Stadtverwaltung und Interesse an Partnerschaft</p>

Nr.	Fallstudie	Worum geht es?	Ansätze und Ergebnisse von Verbreitung	Verbreitungsaktivitäten	Einflussfaktoren
4	Diepenheim Inside Out Forest	Bürgergeleitete Grünflächenentwicklung	allgemeinen Einsatz innovativer Baupraktiken Stabilisieren: Unterstützung von der lokalen Regierung Hochskalieren: Das Projekt zielte darauf ab, die Perspektive und Pläne der lokalen Regierung zu ändern. Nur geringfügige Änderungen wurden erreicht	Partnerschaften: Zusammenarbeit mit dem Stadtrat, um Unterstützung von der lokalen Regierung in verschiedenen Abteilungen zu erhalten und die lokalen Richtlinien zu ändern	Fördernd: Unterstützung durch die Stadtverwaltung (auch finanziell)
5	LivadaLAB	Reallabor für städtische grüne Infrastruktur	Wachsen: zielte auf Ausbau der Lernallianz (LA) ab; fast alle identifizierten Stakeholder konnten einbezogen werden Hochskalieren: zielte auf Einbettung der LA in lokale Steuerungsprozesse ab; Gemeinde verpflichtete sich zur Förderung der partizipativen Planung	Bildung: Workshop zum sozialen Lernen zur Einbeziehung in die LA Partnerschaften: Starke strategische Beziehung zwischen lokalen Forscher*innen und der Stadtverwaltung, die die Methoden implementieren würde	Fördernd: Interesse an Partnerschaften vorhanden
6	Green Walks	Bürgergeleitete Kartierung von grünen Korridoren und fehlenden Gliedern	Stabilisieren: Zunehmende Teilnahme von Bürger*innen Hochskalieren: zielte auf Einbezug des Projekts in die formelle Grünflächenplanung. Entwicklung zu Co-Governance für die Umsetzung und Instandhaltung grüner Korridore	Kommunikation: Inspirierende Beispiele und Daten über das Potenzial des Projekts Partnerschaften: Aktive Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung Kommunikation: Inspirierende Beispiele und Daten über das Potenzial des Projekts	Fördernd: externe Partner trugen Finanzierung und Daten bei
7	Urban Landscape Strategy	Von der Regierung geleitete Formalisierung von Bürgerinitiativen in die kommunale Grünflächen-Strategie	Ausbreiten: Aktive Bürgerschaft und Ko-Kreation in anderen Projekten Vertiefen [Scaling deep]: Veränderung von Einstellungen zu Ko-Kreation Hochskalieren: Einbettung in die kommunale Grünflächen-Strategie und andere kommunale Pläne	Kommunikation: Die Initiatoren verwendeten die Stadtlandschaftsstrategie als Beispiel für breiteren Diskurswechsel, indem sie Bilder und ihr Pilotprojekt verwendeten, um das Potenzial der Methode zu veranschaulichen Kommunikation: Dialog mit Bürger*innen und der Stadtverwaltung	nicht angegeben

Nr.	Fallstudie	Worum geht es?	Ansätze und Ergebnisse von Verbreitung	Verbreitungsaktivitäten	Einflussfaktoren
8	Neighbourhood Green Plans	Finanzierungsprogramm der Stadtverwaltung für Anwohner*innen für Grünflächeninterventionen	<p>Replikation: Ziel war, größere Anzahl von Grünflächenprojekten zu finanzieren. Neue Grünflächenprojekte entstanden</p> <p>Hochskalieren: Finanzierungsmethode sollte auf andere Teile der lokalen Regierung übertragen werden. Lokale Regierung wurde offener für die Unterstützung lokaler Initiativen</p>	<p>Kommunikation: Öffentliche Treffen und Öffentlichkeitsarbeit, um Bürger*innen zu informieren</p> <p>Konzeptentwicklung: Sie boten einen Rahmen für die Entscheidungsfindung und Wissensaufbau über die Methode</p>	<i>nicht angegeben</i>
9	Boscoincitta Park	Selbstverwalteter Park	<p>Stabilisieren: Der Park wuchs von 35 auf 120 Hektar und formelle Unterstützung durch ein regionales ökologisches Netzwerk</p> <p>Ausbreiten und Vertiefen: Wunsch, ein Modell für autonom verwaltete Parks zu sein, und es gelang ihnen, Parks in ihrer Region und in anderen Gebieten zu informieren und zu inspirieren</p>	<p>Finanzierung: Erwerb von Land für Erweiterung</p> <p>Partnerschaften: Zusammenarbeit mit der lokalen Regierung für rechtlichen Schutz</p> <p>Konzeptentwicklung: Unterstützung und Beratung anderer Projekte zur Einrichtung eines eigenen autonom verwalteten Parks</p>	Fördernd: Fördermittel der Stadtverwaltung (ca. 85 % des Jahresbudget des Parks) und Pachtvertrag für das Land der Stadtverwaltung
10	Public Allotments Gardens	Entwicklung von 21 Kleingärten	<p>Replikation: Entwicklung von 21 Kleingärten</p> <p>Hochskalierung: Legalisierung der gemeindebasierten städtischen Landwirtschaft, die zuvor illegal war</p>	<p>Finanzierung: Bereitstellung von Land und Material</p> <p>Bildung: Schulung der Bürger*innen, um die Gärten zu betreiben</p>	Fördernd: Stadtverwaltung stellte Land kostenlos/günstig bereit, sowie Material; Unterstützung durch Freiwillige

Nr.	Fallstudie	Worum geht es?	Ansätze und Ergebnisse von Verbreitung	Verbreitungsaktivitäten	Einflussfaktoren
11	De Ruige Hof	Bürger selbstverwaltung von 13 Hektar Natur	<p>Stabilisieren: Die Initiatoren wollten das Gebiet offiziell schützen, aber das wurde abgelehnt</p> <p>Ausbreiten: Das Projekt diente als Beispiel für andere grüne Projekte</p>	<p>Partnerschaften: Versucht Kooperationsaufbau mit der lokalen Regierung, war strukturell aber nicht möglich</p>	<p>Fördernd: Unterstützung durch symbolischen Pachtvertrag, Landverwaltung und Material von der Stadtverwaltung</p> <p>Hindernd: keine ausreichende (finanzielle) Unterstützung der Stadtverwaltung für dauerhafte Wirkung</p>
12	Gellerup - Greenspace Restoration	Wiederherstellung eines benachteiligten sozialen Wohngebiets	<p>Stabilisieren: Unterstützung von Bürger*innen für Wiederherstellung</p> <p>Hochskalieren: Dem Projekt gelang es, eine neue nationale Strategie im Bereich des sozialen Wohnungsbaus zu beeinflussen. Ihre Methoden wurden in lokale Regulierungsrahmen für Ko-kreation eingebettet</p>	<p>Kommunikation: Öffentlichkeitsarbeit und Workshops, um Bürger*innen zu informieren</p> <p>Konzeptentwicklung: Angebot eines Rechtsrahmens für Ko-kreation, einschließlich eines lokalen Planungsbüros, um Bürger*innen zu informieren und einzubeziehen</p>	<p>Fördernd: Möglichkeit nationale Politik zu beeinflussen</p>
13	Byhøst ('city forage')	App zur Förderung der städtischen Nahrungssuche	<p>Wachsen: Die App zog immer mehr Benutzer*innen in Kopenhagen und in anderen Städten in Dänemark an</p> <p>Stabilisieren: Weitere Unterstützung gewinnen</p> <p>Hochskalieren: Anwendung in der lokalen Politik</p>	<p>Kommunikation: Benutzer*innen anziehen</p> <p>Partnerschaften: Aktive Zusammenarbeit mit der lokalen Regierung, um die Nutzung der App zu unterstützen und den Wert für die lokale Politik zu fördern</p>	<p>Fördernd: finanzielle Unterstützung eines staatlichen Programmes und von der Stadtverwaltung; die Stadtverwaltung unterstützte auch die Promotion</p>
14	Energy Atlas	Interaktive Online-Plattform, die den Energie-, Wasser- und Abwasserverbrauch anzeigt	<p>Wachsen: Erhöhung der Anzahl der Benutzer (Entscheidungsträger)</p> <p>Stabilisieren: Die Plattform war erfolgreich darin, die Anzahl der Partnerorganisationen, die ihre Daten austauschen, zu erhöhen</p>	<p>Partnerschaften: Partnerschaften mit Datenanbieter*innen, um IT-Tool effektiv zu machen</p> <p>Lernen: Kontinuierliche Verbesserung der Funktionen für die Plattform als Entscheidungshilfe</p>	<p>Fördernd: Finanzierung durch EU und Bereitschaft von Partnern, Daten bereitzustellen; bestehende Datenbanken waren verfügbar</p>

Nr.	Fallstudie	Worum geht es?	Ansätze und Ergebnisse von Verbreitung	Verbreitungsaktivitäten	Einflussfaktoren
			<p>Hochskalieren: App wurde in die lokale Entscheidungsfindung in Amsterdam eingebettet</p> <p>Transfer: Schritte zur Replikation in andere Städte in Europa und bundesweite Version entwickelt</p>	<p>Partnerschaften: Aktive Zusammenarbeit mit der lokalen Regierung, um die Nutzung der App zu unterstützen und den Wert für die lokale Politik zu fördern</p> <p>Kommunikation und Bildung: Wissensaustausch und Erarbeitung von Handbüchern, Meisterklassen und ein Online-Tool für andere Städte</p>	
15	Cargohopper	Elektrischer Transport für innerstädtische Lieferungen	<p>Replikation: Das Projekt war eine Replikation eines Projekts in Utrecht von derselben Organisation, die Nutzeranzahl steigern und sich über mehrere Städte verteilen wollte. Es verbreitete sich erfolgreich in andere Städte</p> <p>Stabilisieren: eine Mindest-Anzahl von Nutzer*innen wurde gewonnen</p> <p>Wachsen: weitere Nutzer*innen gewonnen</p>	<p>Lernen: Wissenstransfer zwischen dem ersten Piloten und den neuen Implementierungen</p> <p>Keine Aktivitäten erwähnt</p>	<p>Fördernd: Regulierung zu Dieselverbot und Zuschüsse zu E-Fahrzeugen</p> <p>Hemmend: Wettbewerb</p>
16	BlueCity Lab 010	Multifunktionaler Raum mit einer Plattform für Experimente zu Kreislaufwirtschaft und einem (sozialen) Treffpunkt	<p>Stabilisieren: Wachsende Anzahl von lokalen Partnern und Unterstützern für Erweiterung</p> <p>Ausbreitung: Inspiration anderer Orte, ähnliche Projekte zu starten</p> <p>Vertiefen: Durch Netzwerk produzieren und verbreiten sie neue Narrativen über Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft</p>	<p>Partnerschaften: mit lokalen Partnern (z. B. Start-ups und kleinen Unternehmen)</p> <p>Lernen und Bildung: Das Labor lädt Gruppen und Organisationen zu Workshops und Schulungen ein, um Wissen auszutauschen und das Modell zu replizieren</p> <p>Partnerschaften und Lernen: Internationales Lernnetzwerk, um das BlueCity-Modell und Experimente auszubreiten</p>	<p>Fördernd: Unterstützung durch Stadtverwaltung</p>
17	Malmo Innovation Plattform	Reallabor für Wohnungsrenovierung und Regeneration auf Nachbarschaftslevel	<p>Stabilisieren: Das Projekt vertiefte und baute die Partnerschaften in der Nachbarschaft aus</p>	<p>Partnerschaften: mit Schlüsselakteuren und aktivierten Netzwerkpartnern (z. B., indem sie einen Raum zum Experimentieren bereitstellten; einen Wissenspartner, um Erkenntnisse zu übertragen)</p>	<p>Fördernd: externe Finanzierung und aktives Partnernetzwerk; Unterstützung durch lokale Stadtverwaltung</p>

Nr.	Fallstudie	Worum geht es?	Ansätze und Ergebnisse von Verbreitung	Verbreitungsaktivitäten	Einflussfaktoren
			<p>Ausbreitung: Methoden und Erzählungen über das Labor hinaus zu erweitern</p> <p>Vertiefen: Das Projekt zielte darauf ab, den Diskurs der Gemeinde zu ändern</p>	<p>Kommunikation: präsentierten der Stadt und anderen Partnern ihr Projekt und Erzählung</p> <p>Bildung: Methoden des sozialen Lernens sowie den Aufbau und das Training von Kapazitäten, um ihre</p>	
18	Stapeln Open Maker-Space	Kooperations-einrichtung für Kreative und (Technologie-) Innovatoren	<p>Transfer und Ausbreitung: Anwendung auf andere Standorte in der Gemeinde und Maker-Space-Modell wurde auf andere schwedische Städte übertragen</p>	<p>Partnerschaften: mit der Gemeinde selbst und mit anderen Organisationen und der örtlichen Universität</p> <p>Konzeptentwicklung: von Produkten/Methoden, die im Living Lab entwickelt wurden</p> <p>Lernen und Kommunikation: In Zusammenarbeit mit der örtlichen Universität generierten und kommunizierten sie Wissen (z. B., indem sie Menschen zu Beobachtungsbesuchen einluden oder Workshops organisierten, um ähnliche Projekte einzurichten)</p>	<p>Fördernd: Unterstützung und finanzielle Förderung der Stadtverwaltung</p>
19	Climate Street	Reallabor, um intelligente Produkte und Dienstleistungen zu präsentieren	<p>Beschleunigen: Sichtbarkeit von Innovationen erhöhen und Raum für Experimentieren zu schaffen</p> <p>Transfer und Ausbreitung: Ziel der Anwendung in anderen Städten ab, aber Einstellung wegen mangelnden Engagements und mangelnder Finanzierung. Ein im Pilotversuch getestetes Produkt wurde erfolgreich vermarktet.</p>	<p>Konzeptentwicklung und Lernen: Einzelhändler könnten eine breite Palette von Smart-City-Produkten anwenden, und Anbieter von Smart-Produkten könnten ihre Produkte testen. Es war als Lernerfahrung gedacht, daher wurde ein Bericht über die Lektionen geschrieben</p>	<p>Fördernd: Finanzierung und legislative Unterstützung der Stadtverwaltung</p> <p>Hemmend: Verständnisschwierigkeiten zwischen dem Projekt und Partnern, Finanzierung wurde gestoppt</p>

Quelle: eigene Zusammenstellung (Ecologic Institut)

4.2.3.1.2 (Politische) Möglichkeiten nutzen

Die sich im jeweiligen Kontext bietenden Möglichkeiten zu erkennen und möglichst zu nutzen, kann zum Erfolg von Projekten beitragen. Hierbei geht es vor allem darum, alte und neue Denk-, Handlungs- und Organisationsweisen aufeinander abzustimmen und zu integrieren, um so die Innovation zu verbreiten. Dieser Verbreitungsansatz konzentriert sich insbesondere auf politische Veränderungen, um diese sowohl zu beeinflussen als auch zu nutzen.

Projekte können Entwicklungen in der (lokalen) Politik nutzen, um zu wachsen, sich replizieren zu können oder in politische Pläne aufgenommen zu werden. Ein Beispiel ist Cargohopper (Beispiel 15): Das Projekt zu elektrischem Transport für innerstädtische Lieferungen konnte in weiteren Gemeinden umgesetzt werden, die ein neues Gesetz, das Dieselfahrzeuge in Stadtzentren regelte, verabschiedeten (Van Winden und Van Den Buuse 2017). Darüber hinaus zielen Projekte darauf ab, Entwicklungen in der Politik selbst zu beeinflussen und so eine weitere Verbreitung zu erreichen. Zum Beispiel wurde der Fall Gellerup Greenspace Restoration (Beispiel 12) als Beispiel für die neue nationale Politik für sozialen Wohnungsbau angesehen (Buijs et al. 2019). Weitere Beispiele sind die Projekte 1, 6, 7, 13.

Im Beispiel von Towerwise Retrofitting (Beispiel 1) konnte eine externe Nachfrage genutzt werden. Die Initiatoren stellten eine Lösung für eine Wohnungsbaugesellschaft bereit, die zwei der Probleme abdeckte, die die Wohnungsbaugesellschaft angehen wollte (Verringerung der Klimaauswirkungen und Verbesserung des sozialen Wohnungsbaus). Das Unternehmen war daher daran interessiert, das Towerwise-Pilotprojekt zu wiederholen (Hughes et al. 2020).

Die Abhängigkeit von bestehenden Regulierungen oder externen Finanzierungen kann Verbreitung auch beeinträchtigen. Im Fall De Ruige Hof (Beispiel 11) war es entscheidend, von der lokalen Regierung Grünflächen zur Selbstverwaltung durch Bürger*innen zu erhalten. Dies erforderte die Legalisierung der gemeindebasierten städtischen Landwirtschaft, jedoch wurde der notwendige formelle Schutz für die Selbstverwaltung abgelehnt (Buijs et al. 2019). Mehrere Projekte (z. B. 1, 6, 13) erhalten Finanzmittel von der lokalen Regierung oder unabhängigen Geldgebern. Der Nachteil kann jedoch sein, dass Projekte zu stark von der externen Finanzierung abhängig werden. Im Fall der Climate Street (Beispiel 19) konnte das Projekt aufgrund ausbleibender Finanzierung durch die lokale Regierung nicht weiter ausgeführt werden (Van Winden und Van Den Buuse 2017).

4.2.3.1.3 Neues Wissen schaffen und kommunizieren

Die Schaffung und Verbreitung von Wissen über die Innovation spiegelt die Notwendigkeit wieder, so viel wie möglich aus dem Innovationsprozess und den Ergebnissen zu lernen und die Erkenntnisse und neue Prinzipien zu verbreiten, um neue Unterstützer zu gewinnen, regulative Veränderungen vorzunehmen und in anderen Kontexten angewendet zu werden. Eine Reihe von Aktivitäten und Methoden unterstützt dies, darunter Mentoring, gemeinsame Reflektions- und Bewertungspraktiken, die Erstellung von Handbüchern und Bildungsmodulen.

Einige Beispiele schafften Raum für internen Wissenstransfer zur kontinuierlichen Verbesserung für Verbreitung. Towerwise Retrofitting (Beispiel 1) und Cargohopper (Beispiel 15) ermöglichten so Wissenstransfer zwischen dem ersten Pilotprojekt und den neuen Umsetzungen. Im ersten Fall unterstützte dies auch den fachlichen Beitrag zu politischen Entscheidungsfindungsprozessen (Van Winden und Van Den Buuse 2017; Hughes et al. 2020). Der Energy Atlas (Beispiel 14) verbesserte stetig die Funktionen der Plattform als Entscheidungshilfe, auch im Austausch mit Nutzern.

Auch die Erarbeitung von Konzepten und Handbüchern trug zu Wissensgenerierung und -transfer bei. Der Boscoincitta Park (Beispiel 9) entwickelte ein Konzept für einen selbstverwalteten Park und konnte damit andere Projekte zur Einrichtung eines solchen Parks

beraten und inspirieren. Das Gellerup Greenspace Restoration Projekt (Beispiel 12) bot einen Rechtrahmen für Ko-kreation an, wodurch es dem Projekt gelang, eine neue nationale Strategie im Bereich des sozialen Wohnungsbaus zu beeinflussen. Ihre Methoden wurden in lokale Regulierungsrahmen für Ko-kreation eingebettet. Der Energy Atlas (Beispiel 14) entwickelte Handbücher, Meisterklassen und ein Online-Tool für andere Städte.

Wesentlich ist die Kommunikation über die Projekte und daraus gezogene Erkenntnisse. Verschiedene Beispiele (6, 7, 8, 12, 17, 18) kommunizierten inspirierende Beispiele und Daten über das Potenzial der Projekte und konnten so zunehmende Unterstützung gewinnen, beispielsweise in Form von wachsenden Teilnehmerzahlen oder politische Unterstützung, wie die Einbettung von Ko-Kreation in die kommunale Grünflächenstrategie. Die Initiatoren der Urban Landscape Strategy (Beispiel 7) aus der Stadtverwaltung verwendeten die Stadtlandschaftsstrategie als Beispiel für einen breiteren Diskurswechsel, indem sie ihr Pilotprojekt als neue Methode veranschaulichten. Das Gellerup Greenspace Restoration Projekt (Beispiel 12) unternahm Öffentlichkeitsarbeit und organisierte Workshops, um Bürger*innen zu informieren. Das Stapeln Open Make-Space (Beispiel 18) erarbeitete und kommunizierte Wissen in Zusammenarbeit mit der örtlichen Universität.

Wissen wurde auch über Schulungen und Bildungsangebote verbreitet. Das Concept House Village Lab (Beispiel 3) bietet Schulungen für eine wachsende Anzahl Student*innen in Bezug auf Bau-/Retrofitting-Innovationen an. Das Public Allotments Gardens Projekt (Beispiel 10) führte Schulungen von Bürger*innen durch, um die Kleingärten zu bewirtschaften.

Einige Beispiele fokussieren sich insbesondere auf gemeinsames Lernen. Im Fall von BlueCity (Beispiel 16) werden Schulungen zum Aufbau eines ähnlichen Projekts angeboten und Veranstaltungen zu bestimmten Themen im Bereich Nachhaltigkeit und Zirkularität organisiert (von Wirth et al., 2019). Das LivadaLAB (Beispiel 5) zielte auf den Ausbau einer Lernallianz ab und organisierte einen Workshop, um die identifizierten Stakeholder einzubeziehen.

Die meisten dieser Projekte führten diese Wissensschaffung und -verbreitung mit ihrer eigenen Gruppe oder Organisation durch, einige (z. B. Beispiele 14 und 19) schlossen externe Akteure (z. B. Universitäten) ein, um ihre Projekte zu untersuchen. Für den Energieatlas (Beispiel 14) half die Einbeziehung dieser Wissensinstitute, ihre Methoden über die Netzwerke des Wissensinstituts zu verbreiten und die Methoden zu verbessern (Van Winden und Van Den Buuse 2017).

4.2.3.2 Einflussfaktoren

Für 17 der 19 Fallstudien wurden förderliche und hindernde Faktoren für die Verbreitungsbestrebungen genannt (siehe Tabelle 14). Obwohl diese Faktoren außerhalb des direkten Einflusses der Projekte liegen, können die verantwortlichen Akteure sich Faktoren zu Nutze machen beziehungsweise müssen sie versuchen, Barrieren zu umgehen.

Die Einflussfaktoren können wie folgt unterteilt werden:

- ▶ **Finanzierung durch externe Partner*innen:** Die Fälle wurden häufig von der Gemeinde oder einer anderen Regierungsbehörde, einschließlich der Europäischen Union, finanziert. In zwei Fällen (14 und 19) wurde das Auslaufen einer solchen staatlichen Finanzierung als hinderlicher Faktor genannt.
- ▶ **Staatliche Unterstützung:** Die staatliche Unterstützung wies einen positiven Einfluss auf, wobei die Art der Unterstützung je nach Projekt unterschiedlich war und häufig von der Notwendigkeit des Projekts abhing. Einige Projekte, die sich mit Grünflächen befassen (z. B. 4 und 10), erhielten Land oder Landnutzungsgenehmigungen (z. B. 9 und 14). Byhøst (Beispiel 13) wurde von der lokalen Regierung unterstützt. BlueCity (Beispiel 16) wurde in einer von der Gemeinde bereitgestellten Stadtrundfahrt übernommen.

- ▶ **Kooperationsbereitschaft:** Der genaue Mehrwert der Partnerbereitschaft war von Fall zu Fall unterschiedlich. Zum Beispiel war es für LavadaLAB (Beispiel 5) wichtig, eine breite Gruppe von Stakeholdern einzubeziehen, um ihren sozialen Lernprozess effektiv zu gestalten. Für den Energieatlas (Beispiel 14) war es wichtig, Partner zu gewinnen, die ihre Daten für ihre Plattform bereitstellen.
- ▶ **Möglichkeiten zur Verknüpfung mit politischen Entwicklungen:** Die Projekte können die politische Dynamik nutzen, wenn neue Richtlinien erstellt oder bestehende Richtlinien überarbeitet werden. Zum Beispiel erhöhte die Änderung einer Richtlinie, um E-Fahrzeuge in der Innenstadt zu bevorzugen, die Nachfrage nach dem Angebot von Cargohopper (Beispiel 15). Andererseits können Richtlinien auch hemmend wirken.

4.2.3.3 Ähnlich zu TRAFIS gelagerte Fälle

Vier der 19 Fälle sind insbesondere für die in TRAFIS 1 betrachteten Fallstudien relevant.

4.2.3.3.1 Concept House Village Lab (ähnlich zu Flexkraftwerke in Steinfurt)

Wie das Concept House Village Lab (Fall 3) zielt das Projekt Flexkraftwerke in Steinfurt (Integration von Wasserstoff in die regionale Energiewende) darauf ab, **ein regionales Kompetenzzentrum aufzubauen**, in dem praktisches Lernen das Ziel ist. Trotz unterschiedlicher Ausrichtung (Wohnungsbau und Retrofitting) können Lehren aus den Erfolgen des Lernzentrums des Concept House Village Lab gezogen werden. Das Lab wurde in Rotterdam auf einer alten Werft eingerichtet. Am Standort bietet das Labor Test- und Experimentiermöglichkeiten in einer realitätsnahen Wohnumgebung mit vollständigen Bauzyklen (inklusive Abriss). Das Lab hatte eine integrierte Strategie zur Bildung von Partnerschaften, mit der es eine Vielzahl von Interessengruppen als Partner einbeziehen konnte, darunter Fachhochschulen und praktische Hochschulen, die Gemeinde, Bauunternehmen und Produktentwickler. Dies führte zu Stabilisierung durch weitere Unterstützungen sowie zur Ausbreitung (Umsetzung der Innovationen in anderen Orten). In den Partnerschaften stehen Lernen, Forschung und Entwicklung im Vordergrund. Mit einer kontinuierlich steigenden Zahl von Studierenden in Schulungen zu Bau-/Retrofitting-Innovationen zielte das Lab darauf ab, den allgemeinen Einsatz innovativer Baupraktiken zu beschleunigen (Von Wirth et al. 2019).

4.2.3.3.2 Byhøst („Stadtfutter“) (ähnlich zur Mobilitäts-App in Augsburg)

Obwohl Byhøst („Stadtfutter“) (Fall 13) und die Mobilitäts-App in Augsburg unterschiedliche thematische Schwerpunkte haben (städtische Nahrungssuche vs. Bündelung von Mobilitätsangeboten), könnten die Verbreitungsansätze von Byhøst die App in Augsburg inspirieren. Byhøst ist eine **App für Mobiltelefone**, die 2011 von einer Bürgergruppe entwickelt wurde, um die urbane Nahrungssuche zu fördern. Es schafft eine virtuelle Community zum Austausch von Wissen über Wildnahrung (z. B. Standorte, Rezepte). Die Entwickler arbeiteten aktiv mit der Stadt Kopenhagen zusammen; die Stadt unterstützte die App zunächst, indem sie ihre Verwendung förderte, und schließlich entwickelte die Gemeinde einen Food Forest in Zusammenarbeit mit Byhøst und Bürger*innen. Durch die zunehmende Nutzung der App (Wachsen) und die gleichzeitige aktive Zusammenarbeit mit der Gemeinde ging das Projekt über die Schaffung einer virtuellen Community hinaus und beeinflusste die Entwicklung von Grünflächen, basierend auf dem gewonnenen Wissen (Scaling up) (Buijs et al. 2019).

4.2.3.3.3 Energy Atlas (ähnlich zu Demand-Side-Management in Rödental)

Die **Interaktive Online-Plattform** des Energy Atlas (Fall 14) legt Daten zum Energie-, Wasser- und Abwasserverbrauch jedes Gebäudeblocks in der Stadt Amsterdam offen, um Standorte mit dem höchsten Potenzial für neue Energielösungen zu identifizieren. Die Plattform war erfolgreich darin, die Anzahl der Nutzer*innen (Entscheidungsträger*innen) zu erhöhen (Wachsen [Growing]), sowie die Anzahl der Partnerorganisationen, die ihre Daten austauschen,

zu steigern (Stabilisieren). Das Projekt musste mit Akteuren wie Versorgungsunternehmen und Wohnungsunternehmen zusammenarbeiten, um Daten zu erhalten und Nutzer*innen zu gewinnen. Die Geschäftsleitungen dieser Akteure erkannten das Potenzial der Plattform und waren trotz einiger rechtlicher und technischer Herausforderungen beim Datenaustausch dazu bereit, eine Partnerschaft einzugehen. Es war hilfreich, dass die Stadt Amsterdam eine treibende Kraft bei der Durchführung des Projekts war und somit die Glaubwürdigkeit sicherstellte. Der Energy Atlas arbeitete mit drei Wissensinstituten (Accenture, dem Austrian Institute of Technology und Macomi) zusammen, um die Lehren und Werkzeuge der Plattform in andere Städte zu übertragen (Transfer) (Van Winden und Van Den Buuse 2017).

4.2.3.3.4 Towerwise Retrofitting (ähnlich zu Power-to-Gas in Augsburg)

Towerwise Retrofitting (Fall 1) zeigt erfolgreiche Verbreitungsstrategien für den Wohnungssektor. Der Fall nutzte Wachsen [Growing] und schaffte es, ihre Retrofitting-Methoden in sieben Gebäuden innerhalb des Programms umzusetzen. Anschließend institutionalisierte die Wohnungsbaugesellschaft ihre Vorgehensweisen in den 10-Jahres-Plan des Unternehmens (Scaling up). Schließlich wurde der Plan in Zusammenarbeit mit nationalen und provinziellen Behörden in anderen Gerichtsbarkeiten als der ursprünglichen Stadt Toronto umgesetzt (Replikation). Neben diesen Partnerschaften waren einige erfolgreiche Aktivitäten zur Verbreitung, dass das Wissen aus dem Pilotprojekt eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung des Projekts und der Informationspolitik der Wohnungsbaugesellschaft sowie der nationalen und provinziellen Behörden spielte. Darüber hinaus nutzte das Projekt die politische Dynamik sowohl zum Klimaschutz als auch zum sozialen Wohnungsbau strategisch, indem sie eine Lösung bereitstellte, die beide Probleme anging (Hughes et al. 2020).

4.3 Diskussion und ko-kreative Entwicklung fallbeispielangepasster Verbreitungsansätze

4.3.1 Ziel

Unter Rückgriff auf die Erkenntnisse der Literaturrecherche im vorangegangenen Untersuchungsschritt und den Prozessbegleitungen in TRAFIS 1 (Hirschnitz-Garbers et al. 2020a) diente dieser Analyseschritt dazu, gemeinsam mit Akteuren der Praxisfallbeispiele auf den jeweiligen Praxisfallbeispiel-Kontext angepasste konkrete Verbreitungsansätze zu diskutieren und zu entwickeln – und schließlich Verbreitungsansätze für eine Erprobung auszuwählen.

4.3.2 Vorgehen

Die gemeinsame Diskussion und Entwicklung von Verbreitungsansätzen erforderte partizipative Prozesse und damit **mehrere gemeinsame Austauschtreffen mit Akteuren aus den Praxisfallbeispielen**. Angesichts der Corona-Pandemie fanden alle Austauschtreffen mit Fallbeispiel-Akteuren in den Jahren 2020 und 2021 rein virtuell statt – physische Treffen, die in der Erkenntnis aus dem TRAFIS 1-Projekt (vgl. Hirschnitz-Garbers et al. 2020a) essenziell für den Vertrauensaufbau waren und es ermöglichten, gegenseitig als sinnvoll erachtete Prozessbegleitungen zu konzipieren, konnten nicht durchgeführt werden. Da jedoch zwei der drei begleiteten Fallbeispiele bereits in TRAFIS 1 begleitet wurden und dort mehrere physische Treffen stattfanden, bestanden **bereits eine gute Vertrauensbasis und etablierte Kommunikationswege**. Im dritten Fallbeispiel, Cottbus, konnte auf bestehenden guten Beziehungen aufgebaut werden, da ein leitender Mitarbeiter der Cottbusser Stadtverwaltung vormals am Lehrstuhl der BTU Cottbus-Senftenberg beschäftigt war - Projektpartner in TRAFIS 1 und TRAFIS 2. Daher besteht hier ebenfalls eine Vertrauensbeziehung, die es leichter gemacht hat, auch relativ spät im Projektverlauf (Sommer 2021) und rein virtuell in den Austausch für eine Zusammenarbeit mit den Wissenschaftler*innen des TRAFIS-Projekts einzusteigen. Daher waren in allen drei Fallbeispielen die ausschließlich virtuellen Treffen gut geeignet, Verbreitungsansätze zu diskutieren und für eine Erprobung auszuwählen.

Bei den Austauschtreffen war es wichtig, die Treffen und Aktivitäten durch konkreten Bezug zu bestehenden Anknüpfungsmöglichkeiten und Bedarfen vor Ort **so relevant wie möglich für die Praxisakteure zu gestalten** und gleichzeitig deren zeitliche Belastung durch die TRAFIS-Projektbegleitung so gering wie möglich zu halten. Dazu wurden die Austauschtreffen mit entsprechenden Inputpräsentationen in praxistauglicher Sprache und Länge jeweils gut vorbereitet und nachbereitet sowie im Ausblick mit einer gemeinsamen Festlegung nächster Schritte und möglicher nächster Vor-Ort-Treffen beendet.

In jedem der drei Fallbeispiele wurden mehrere online-Austauschtreffen durchgeführt, um schrittweise gemeinsam mit den Fallbeispielakteuren

1. mögliche **Ziele für eine Verbreitung im Praxisfallbeispielkontext zu ermitteln** bzw. abzuleiten;
2. einzelne **konkrete Ansätze zur Unterstützung der Verbreitung zu skizzieren**, dabei soweit passend die Erkenntnisse aus der Literaturrecherche (siehe Kapitel 4.2) einzubringen, und dann 1-2 vielversprechende Ansätze auszuwählen, um diese im folgenden Analyseschritt in der Praxis zu erproben (siehe Kap. 4.4);
3. die zur Erprobung ausgewählten **Ansätze weiter auszuarbeiten, mit Blick auf relevante Akteure, Umsetzungswege, Zeitplan und Verantwortlichkeiten**.

Die Einschätzungen und Ergebnisse zu den beiden ersten vorgenannten Aspekten 1. und 2. wurden dann in ein **vorab entwickeltes Orientierungsraster** eingetragen, um 1-2 Verbreitungsansätze für die Erprobung gemeinsam auszuwählen (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Orientierungsraster zur Auswahl konkreter Verbreitungsansätze in den Fallstudien

Name und Kurzbeschreibung des Fallbeispiels	...			
Ziele für eine Verbreitung im Fallbeispielkontext (Kurzbeschreibung)	Verbreitungsansätze (Kurzbeschreibung)	Vorteile (z. B. vorhandene Kapazitäten)	Nachteile (z. B. Aufwand)	Passung für eine Erprobung (qualitative Gewichtung)
...

Quelle: eigene Darstellung (Ecologic Institut)

Für die ausgewählten Verbreitungsansätze wurde dann ein **kurzes Konzept erarbeitet**, welche Schritte (Was und Wie?) durch welche Akteure (Wer?) mit welchem Zeitplan (Wann?) umzusetzen sind. Je nach Bedarf der Fallstudienakteure und dem ausgewählten Verbreitungsansatz nahm das Konzept die Form einer Agenda für Austausch-Events oder eines Ablaufentwurfs für längerdauernde Austauschprozesse an.

Die folgenden drei Fallbeispiele¹² konnten nach mehreren Austauschprozessen mit Stand Sommer 2021 für eine Begleitung von Verbreitungsansätzen und den dazugehörigen Schritten gewonnen werden:

1. **Kreis Steinfurt:** regionale Wertschöpfung durch eine grüne Wasserstoffökonomie unterstützen;
2. **Stadt Augsburg:** die Nutzung intermodaler und geteilter Mobilität durch IKT-basierte Mobilitätsapps stärken;
3. **Stadt Cottbus:** Nachhaltige Quartierentwicklung am OstSee-Hafen initiieren.

Im Folgenden wird für jedes der Fallbeispiele kurz dargestellt, wie der Austausch im Rahmen der TRAFIS-Projektbegleitung stattgefunden hat

4.3.3 Entwicklung und Auswahl der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Kreis Steinfurt

In mehreren aufeinanderfolgenden Austauschrunden per E-Mail, Telefon und online¹³ zwischen Juni und September 2020 wurden mit der Leitung des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit der Kreisverwaltung Steinfurt mögliche, relevante Ansätze festgehalten, für die eine Begleitung durch das TRAFIS-Projekt in Frage kommen könnte. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle 16 aufgeführt.

¹² Zwei weitere Fallbeispiele, die noch in TRAFIS 1 in der Begleitung waren (Demand-Side-Management in Rödental und Power-to-Gas-Anlage in Augsburg; siehe Hirschnitz-Garbers et al. 2020), schieden hier in TRAFIS 2 für eine weitere Prozessbegleitung aus. Das klärte sich erst im Laufe des Frühjahres 2021, sodass die Literaturanalyse in Kapitel 4.2 noch auf (auch für diese Fallbeispiele) potenziell interessante Erkenntnisse fokussierte – diese (siehe Kapitel 4.2.3.3.3 und 4.2.3.3.4) werden hier daher nicht weiter berücksichtigt.

¹³ Inklusive eines Interviews zu relevanten Verbreitungsansätzen auf regionaler Ebene im Oktober 2020.

Tabelle 16: Orientierungsraster zur Auswahl konkreter Verbreitungsansätze im Fallbeispiel grüne Wasserstoffökonomie im Kreis Steinfurt

Name und Kurzbeschreibung des Fallbeispiels					Regionale Wertschöpfung durch eine grüne Wasserstoffökonomie im Kreis Steinfurt				
Ziele für eine Verbreitung im Fallbeispielkontext (Kurzbeschreibung)	Verbreitungsansätze (Kurzbeschreibung)	Vorteile (z. B. vorhandene Kapazitäten)	Nachteile (z. B. Aufwand)	Passung für eine Erprobung (qualitative Gewichtung)					
Kenntnis und Expertise zur Erzeugung und Nutzung grünen Wasserstoffs für die regionale Wertschöpfung bekannt und verfügbar machen	1) Einrichtung eines Kompetenzzentrums zu Beratung, Kommunikation und Weiterbildung zu grünem Wasserstoff	Andockmöglichkeiten an das mit dem Feinkonzept bis 2050 geplante Kompetenzzentrum HYMAT-Energie im Kreis Steinfurt Personal in der Kreisverwaltung bzw. Know-How zur projektbezogenen Finanzierung von Personal für das Kompetenzzentrum bereits vorhanden	Langfristigkeit, Zeit- und Personalaufwand Das Kompetenzzentrum muss adaptiv auf aufkommende Informationsbedarfe reagieren können und daher flexibel und agil umgesetzt werden	interessanter und wichtiger Ansatz, der im Sinne der Begleitung einzelner vorgesehener Aktivitäten, aber nicht des Kompetenzzentrums insgesamt erprobt werden kann; aufgrund des Zeitbedarfs bis zur Umsetzung konkreter Aktivitäten des Zentrums nicht mehr im Projekt erprobbar					
s.o.	2) „Peer-Lernen“ und Austausch durch gegenseitiges Lernen auf Augenhöhe mit und von Vertreter*innen anderer, geförderter HyExpert- oder HyPerformer-Regionen	bereits bestehende Kontakte zu anderen HyExpert- und HyPerformer-Regionen	geographische und sozio-ökonomische Unterschiede zwischen Regionen erschweren Passung der Erfahrungen aus dem Peer-Austausch	gute Passung, wenn räumlich und sozio-ökonomisch ähnliche Regionen gefunden werden können => siehe Verbreitungsansatz 3					
Der sektorübergreifenden Nutzung grünen Wasserstoffs (Mobilität, Wärme, ...) in einer regionalen Wasserstoffwirtschaft Aufschwung geben	3) „Peer-Lernen“ durch kreisübergreifenden Austausch zwecks Förderung der Nutzung grünen Wasserstoffs in den Münsterlandkreisen und der Stadt Münster	Interesse auf Seiten der umgebenden Münsterlandkreise Borken, Coesfeld und Warendorf sowie bei der Stadt Münster vorhanden	k. A.	sehr gute Passung, anfangs niederschwellige Begleitungsoption mit verschiedenen Möglichkeiten der Weiterentwicklung; dient auch Vorbereitung der Aktivitäten des Kompetenzzentrums					

Quelle: eigene Darstellung (Ecologic Institut)

Anhand des vorgenannten Orientierungsrasters wurde dann in Abstimmung mit der Amtsleitung festgehalten, dass zunächst ein **kreisübergreifender Austausch** mit den anderen drei Münsterlandkreisen Borken, Coesfeld und Warendorf (**Verbreitungsansatz Nr. 3 oben**) durchgeführt werden soll, um gemeinsame Überlegungen für den Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen. Dabei sollten die Akteure sich gegenseitig auf den Stand der Ziele und umgesetzten Aktivitäten bringen sowie auch mögliche Synergien für potenziell gemeinsame, kreisübergreifende Aktivitäten identifizieren. Für diesen kreisübergreifenden Austausch entwickelte das TRAFIS-Team ein Konzept, welches im Anhang D.1 dargestellt wird.

Aufgrund der Auswahl des Verbreitungsansatzes Nr. 3 sind die in Kapitel 4.2.3.3.1 dargestellten Erkenntnisse aus der Literaturanalyse zum Concept House Village Lab in den Niederlanden, die in erster Näherung eine Passung im Sinne des Verbreitungsansatzes 1, „Einrichten eines Kompetenzzentrums“, möglich erscheinen ließen, hier nicht weiter anwendbar.

Zur Umsetzung des kreisübergreifenden Austauschs wurden mit Stand Februar 2022 insgesamt fünf online-Treffen durchgeführt und vom TRAFIS-Projektteam begleitet: am 19. November 2020, am 16. Februar 2021, am 13. April 2021, am 8. Juni 2021 und am 24. August 2021.

- Die Erkenntnisse aus der Begleitung und Erprobung der ausgewählten Verbreitungsansätze werden in Kap. 4.4.1, S. 119 ff. dargestellt.

4.3.4 Entwicklung und Auswahl der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Augsburg

In mehreren aufeinanderfolgenden Austauschprozessen per E-Mail, Telefon und online zwischen Juli und November 2020 konnten wir mit Experten der AVG Augsburger Verkehrsgesellschaft mbH (Teil der Stadtwerke Augsburg), Bereich Vertrieb und Marketing mögliche, relevante Ansätze festhalten, für die eine wissenschaftliche Begleitung durch das TRAFIS-Projekt in Frage kommen könnte. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle 17 aufgeführt.

Anhand des vorgenannten Orientierungsrasters wurde dann in Abstimmung mit den Experten aus Vertrieb und Marketing der Augsburger Verkehrsgesellschaft mbH (Teil der SWA) zunächst festgehalten, dass das TRAFIS-Projektteam an einem Austausch teilnehmen soll, der zwischen SWA und den Dresdener Verkehrsbetrieben bezüglich des dortigen MOBI-Konzepts intermodaler Mobilität für Frühjahr 2021 anberaumt wurde. Dieser Austausch wurde schließlich leider nicht realisiert. Daher wurde beschlossen, mit einer Kombination der beiden Verbreitungsansätze 1) und 3) aus der Tabelle 17 zu beginnen und die sich daraus potenziell ergebenden Kontakte zu anderen Stadtwerken zu nutzen, um dann ein „**Peer-Lernen**“ (**Verbreitungsansatz 2**) anzugehen und dazu auch die Darstellung des Entwicklungspfades zu nutzen. Eine solche **Vorreiter*innen-Session** wurde nach Angaben der Experten der SWA auch seitens der SWA-Geschäftsführung für wichtig erachtet, um die **Netzwerkarbeit zu stärken und vor allem dem ÖPNV angesichts Corona wieder mehr Auftrieb zu geben**.

Damit waren die in Kapitel 4.2.3.3.2 dargestellten Erkenntnisse aus der Literaturanalyse zur „Stadtfutter“-App im dänischen Byhøst, die eher eine näherungsweise Passung mit der Umsetzung und Weiterentwicklung einer kommunalen App möglich erscheinen ließen, hier nicht weiter anwendbar.

Tabelle 17: Orientierungsraster zur Auswahl konkreter Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Mobilitätsapp in Augsburg

Name und Kurzbeschreibung des Fallbeispiels				
Stärkung der Nutzung des ÖPNV und intermodaler Mobilität durch IKT-basierte Mobilitätsapps in Augsburg				
Ziele für eine Verbreitung im Fallbeispielkontext (Kurzbeschreibung)	Verbreitungsansätze (Kurzbeschreibung)	Vorteile (z. B. vorhandene Kapazitäten)	Nachteile (z. B. Aufwand)	Passung für eine Erprobung (qualitative Gewichtung)
Expertise zur Stärkung der Nutzung des ÖPNV und intermodaler (inkl. geteilter) Mobilität durch Mobilitätsapps weiterentwickeln und dazu von anderen lernen	1) Erarbeitung einer grafischen Darstellung des Entwicklungspfads in Augsburg zwecks Austausches mit anderen Vorreiter*innen in der Nutzung von Mobilitätsapps	bereits bestehende Analysen aus TRAFIS 1, die durch weitere Analysen zur SWA gut zu einer grafischen Darstellung weiterentwickelt werden können	-	sehr gute Passung für analytische Arbeiten in Kombination mit Unterstützung der Verbreitung – sehr gute Passung mit Verbreitungsansatz 2) unten
Expertise zur Stärkung der Nutzung des ÖPNV und intermodaler (inkl. geteilter) Mobilität durch Mobilitätsapps weiterentwickeln und dazu von anderen lernen	2) Peer-Lernen durch Austausch mit anderen Vorreiter*innen intermodaler Mobilität und der Nutzung von Mobilitätsapps	bereits bestehende Kontakte zu anderen Städten, die sich mit Mobilitätsapps und intermodaler Mobilität befassen	durch zunächst online-Umsetzung des Austauschs nur geringer Aufwand	sehr gute Passung, anfangs niederschwellige Begleitungsoption mit verschiedenen Möglichkeiten der Weiterentwicklung bereitet gute Basis für Verbreitungsansatz 2) unten
Kenntnis und Expertise zur Stärkung der Nutzung des ÖPNV und intermodaler (inkl. geteilter) Mobilität durch Mobilitätsapps bekannt machen	3) gemeinsame Vorreiter*innen-Session bei einer nationalen oder überregionalen Stadtwerke-Tagung mit Vertreter*innen weiterer Städte	bereits bestehende Kontakte zu anderen Städten und großes Interesse der SWA (auf Geschäftsführungsebene), einerseits die Nutzung des ÖPNV wieder zu stärken und andererseits die Erfahrungen in Augsburg an andere zwecks voneinander lernen zu teilen	Bei virtueller Umsetzung (wegen Corona) geringer Aufwand, bei physischer Umsetzung ggf. mehr als eintägiger Aufwand je nach Reisezeiten	sehr gute Passung für eine Umsetzung und Reflektion in 2021

Quelle: eigene Darstellung

Für den anvisierten Austausch zum „Peer-Lernen“ hat das TRAFIS-Projektteam zunächst mögliche, sowohl förderliche als auch hinderliche, **Einflussfaktoren für die Umsetzung der intermodalen Mobilität unter Nutzung von Mobilitätsapps als Entwicklungspfad visualisiert**, der die historische Genese der Entwicklung mitsamt wesentlichen Einflussfaktoren bis heute darstellt. Der Entwicklungspfad ist in Kap. 4.4.2 dargestellt. Auf dieser Grundlage entwickelte das TRAFIS-Team dann ein Konzept für eine Vorreiter*innen-Session im Rahmen von bundesweiten Stadtwerke-Austausch-Treffen. Die Session wurde so konzipiert, dass auch Lösungen für neuartige Herausforderungen (z. B. neue Kooperationsstrukturen zwischen unterschiedlichen Unternehmen, Tarifintegration, Standortwahl intermodaler Mobilitätsknotenpunkte) diskutiert werden konnten. Das Konzept für die Vorreiter*innen-Session ist in Anhang D.2 ausführlich dargestellt.

- ▶ Die Erkenntnisse aus der Begleitung und Erprobung der ausgewählten Verbreitungsansätze werden in Kapitel 4.4.2, S. 134 ff. dargestellt.

4.3.5 Entwicklung und Auswahl der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Cottbus

In mehreren aufeinanderfolgenden Austauschprozessen per E-Mail und online zwischen Juli und September 2021 konnten wir mit Expert*innen der Stadtverwaltung Cottbus mögliche, relevante Ansätze festhalten, für die eine wissenschaftliche Begleitung durch das TRAFIS-Projekt in Frage kommen könnte. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle 18 aufgeführt.

Anhand des vorgenannten Orientierungsrasters wurde in Abstimmung mit den Expert*innen der Stadtverwaltung festgehalten, dass das TRAFIS-Projektteam den **Verbreitungsansatz 1)** begleiten wird.

Für den moderierten Lösungsfindungsprozess für eine CO₂-neutrale Energieversorgung für das Hafenviertel am Cottbuser Ostsee unter Nutzung von TRAFIS.NB wurde ein Konzept entwickelt, welches mehrstufig das Wissen der Beteiligten zur Entwicklung von Lösungsvarianten und deren vergleichende Bewertung einsetzt.

- ▶ Die Erkenntnisse aus der Begleitung und Erprobung des ausgewählten Verbreitungsansatzes wird in Kapitel 4.4.3 dargestellt (vgl. auch Olfert et al. 2023, Fall 3).

Tabelle 18: Orientierungsraster zur Auswahl konkreter Verbreitungsansätze im Fallbeispiel nachhaltige Hafenviertel-Entwicklung in Cottbus

Name und Kurzbeschreibung des Fallbeispiels	Nachhaltige Transformation des Hafenviertels in Cottbus			
Ziele für eine Verbreitung im Fallbeispielkontext (Kurzbeschreibung)	Verbreitungsansätze (Kurzbeschreibung)	Vorteile (z. B. vorhandene Kapazitäten)	Nachteile (z. B. Aufwand)	Passung für eine Erprobung (qualitativ Gewichtung)
Erarbeitung und Diskussion verschiedener Infrastrukturlösungen für das nachhaltige Hafenviertel unter Nutzung des TRAFIS.NB, (Vertiefen und Stabilisierung) sowie ggf. Unterstützer gewinnen und Netzwerk stärken (Wachsen)	1) Begleitung der Neukonzipierung des Hafenviertels am OstSee als nachhaltiges Viertel über einen moderierten Lösungsfindungsprozess unter Nutzung von TRAFIS.NB	Viertel vollständig in der Hand der Stadt bereits bestehende Vorkenntnisse des Projektpartners BTU zu den Planungen	der zeitliche Planungs- und Entwicklungshorizont geht bis 2024, sodass das TRAFIS-Projektteam nur anteilig begleiten kann	gute Passung für eine anfängliche Begleitung und Vernetzung mit anderen Kommunen zum gegenseitigen Lernen in der Konzeptionsphase
Erfahrungen mit nachhaltiger Viertelsentwicklungen für Cottbus und von Cottbus nutzbar machen	2) Begleitung der geplanten Neukonzipierung der Seevorstadt in Cottbus bzgl. noch kommender und Analyse, von welchen Kommunen man dort für Cottbus lernen könnte	spannendes Feld für umfangreiche Transformation eines Viertels unter Einbeziehung möglichen Erfahrungswissens anderer Kommunen	Ansatz für wissenschaftliche Begleitung zu aufwändig und großteilig für den noch verfügbaren Zeitraum der zeitliche Planungs- und Entwicklungshorizont geht eher bis 2030, sodass das TRAFIS-Projektteam nur einen kleinen Teil begleiten kann	geringe Passung für eine Umsetzung und Reflexion im Jahr 2021 und 2022

Quelle: eigene Darstellung

4.4 Erprobung von Verbreitungsansätzen und Identifikation von Erfolgsfaktoren und Hindernissen

Mit diesem dritten Untersuchungsschritt wurden die im vorhergehenden Schritt ausgewählten, fallbeispielangepassten Verbreitungsansätze erprobt und Erfolgsfaktoren und Hindernisse identifiziert, welche Einfluss auf die Verbreitungsansätze nehmen (können).

- Im Folgenden werden zunächst für die drei Fallbeispiele Kreis Steinfurt, Augsburg und Cottbus jeweils die vom TRAFIS-Projektteam begleiteten Verbreitungsaktivitäten detailliert beschrieben. Eine kurze Zusammenfassung der Hauptaktivitäten und Erkenntnisse findet sich am Anfang der Unterkapitel. Anschließend werden jeweils der Erfolg bzw. die Erfolgsaussichten der Aktivitäten reflektiert und Erfolgsfaktoren betrachtet. Abschließend werden in Kapitel 4.4.4 übergreifende Erkenntnisse aus den drei Fallbeispielen zusammengefasst.

4.4.1 Begleitung und Erprobung der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Kreis Steinfurt

Im Zuge der Prozessbegleitung konnten die folgenden drei Verbreitungsansätze erprobt bzw. begleitet werden – der dritte Ansatz ergab sich während der Prozessbegleitung und findet sich daher nicht in den ursprünglich ausgewählten Ansätzen (siehe Tabelle 16, S. 114):

1. „Peer-Lernen“ durch kreisübergreifenden Austausch zwecks Förderung der Nutzung grünen Wasserstoffs in den Münsterlandkreisen und der Stadt Münster;
2. „Peer-Lernen“ und Austausch durch gegenseitiges Lernen auf Augenhöhe mit und von Vertreter*innen anderer, geförderter HyExpert- oder HyPerformer-Regionen;
3. Analyse und Begleitung von Transformationsprozessen zur Umsetzung von Klimaneutralität von Kreis- auf kommunale Ebene.

4.4.1.1 „Peer-Lernen“ durch kreisübergreifenden Austausch zwecks Förderung der Nutzung grünen Wasserstoffs in den Münsterlandkreisen und der Stadt Münster

Box 4: Zusammenfassung zum „Peer-Lernen“ in den Münsterlandkreisen

Zusammenfassung zum „Peer-Lernen“ in den Münsterlandkreisen

Das TRAFIS-Projektteam hat zwischen November 2020 und August 2021 einen kreisübergreifenden Austausch zwischen Expert*innen der vier Münsterlandkreise Steinfurt, Borken, Coesfeld, und Warendorf begleitet. Ziel der beteiligten Landkreise war es, die Nutzung von grünem Wasserstoff (z. B. für Mobilität) in der Region zu fördern. Eine Reihe von (Online-)Austauschtreffen diente dazu, gemeinsame Aktivitäten zu koordinieren, Informationen auszutauschen und Wissen weiterzugeben. Es hat sich gezeigt, dass durch die kontinuierlichen Absprachen und das konzertierte Vorgehen Synergie- und Skaleneffekte genutzt werden können, beispielsweise bezüglich einer Münsterland-weiten Beschaffung von H₂-Bussen sowie der Errichtung von H₂-Tankstellen und Elektrolyseuren. Der Ansatz des „Peer-Lernens“ scheint sehr gut geeignet, um die Erzeugung und Nutzung grünen Wasserstoffs auf Landkreisebene und landkreisübergreifend zu fördern und in die Breite zu tragen.

4.4.1.1.1 Beschreibung der begleiteten Verbreitungsaktivitäten

Insgesamt fanden **fünf landkreisübergreifende Austauschworkshops** zwischen November 2020 und August 2021 statt. Die Expert*innen aus den vier Münsterlandkreisen Borken, Coesfeld, Steinfurt und Warendorf identifizierten und besprachen im ersten Treffen sechs Optionen für kreisübergreifende Aktivitäten im Bereich „grüner Wasserstoff“: 1) Gemeinsame

(H2-)Buslinien, 2) Gemeinsame Datenlage zu Erzeuger-Kapazitäten und Abnahmeinteressen, 3) H2-Konzept für die Abfallwirtschaft, 4) Unternehmen kreisübergreifend stärker vernetzen, 5) Kommunale H2-Fuhrparke, 6) Gemeinsame politische Positionierung.

Im Laufe des ersten Treffens wurden verschiedene **Optionen** für die **konkrete gemeinsame Arbeit und Kooperation identifiziert**, u. a. gemeinsam mit dem Verkehrsverbund ins Gespräch zu kommen, ggf. eine Studie zur Datengrundlage gemeinsam zu vergeben, um Kosten zu sparen, und eine gemeinsame Wasserstoffkonferenz für 2022 zu planen, um Unternehmen zu vernetzen.

In den Folgetreffen wurden verschiedene **Verbreitungsaktivitäten** verfolgt, die sich teilweise gegenseitig verstärkten. So wurden im Laufe des Prozesses zusätzliche Akteure („**Partnerschaften**“) gewonnen. Bereits ab dem zweiten Treffen wurden beispielsweise Vertreter*innen der Stadtnetze Münster einbezogen. Dabei wurde frühzeitig versucht für die Projekte/Ansätze **Ownership** über alle vier Münsterlandkreise und die Stadt Münster hinweg zu kreieren und idealerweise alle Kreise und die Stadt Münster für die Weiterführung jeweils einer Aktivität zuständig zu machen.

Die Austauschtreffen an sich dienten auch der **Wissensgenerierung und dem Wissenstransfer**, im Nachgang wurden jedoch auch weitere Aktivitäten vorgenommen, die dieser Verbreitungsaktivität zuzuordnen sind, wie etwa der Informationsversand über kommunale Fuhrparke. **Institutionalisierung**, Wissenstransfer und Partnerschaften wiesen dabei teilweise Überschneidungen auf, so wurde bereits im zweiten Treffen beschlossen, dass die Kreisverwaltungen ihre Dezernent*innen über die Entwicklung gemeinsamer H2-Buslinien informieren sollten, gleichzeitig sollten die Dezernent*innen der vier Kreise das Thema in der Kommission des Verkehrsverbunds weiter vorantreiben. Auch wurde die Platzierung des Themas „Wasserstoffmobilität“ auf der Landrätekonzferenz – und die Unterstützung der Haushaltsausschüsse in allen Kreisen – frühzeitig besprochen und vorangetrieben. Parallel zu den Austauschtreffen schritt der politische Prozess voran. Es gab positive Impulse in Bezug auf den Klimaschutz allgemein – wie den politischen Beschluss des Kreises Steinfurt, bis 2040 klimaneutral zu sein, - aber auch konkrete Entwicklungen in Bezug auf die Wasserstoffwirtschaft. So hat der Kreis Steinfurt per politischem Beschluss festgelegt, dass eine Buslinie im Landkreis (Linie S50) auf Wasserstoff umgestellt werden soll und der Landkreis die Mehrkosten für die Anschaffung der H2-Busse trägt.

Inwieweit der Austauschprozess auf konkrete politische Maßnahmen gewirkt hat, ist nicht nachvollziehbar. Festzuhalten ist jedoch, dass Anknüpfungspunkte zu den politischen Prozessen im Austauschprozess identifiziert und genutzt wurden, auch scheinen die thematischen Überlappungen auf eine **gegenseitige Dynamisierung** hinzudeuten.

Die **Finanzierung** des Austauschs über eine regionale Wasserstoffwirtschaft wurde zunächst über die bereits bestehenden Netzwerke – im Sinne der eingesetzten Zeit der Teilnehmer*innen – geleistet. Gleichzeitig bot der Austausch Kosteneinsparungen und Finanzierungsoptionen für die Umsetzung der regionalen Wasserstoffwirtschaft, die die einzelnen Kreise nicht hätten mobilisieren können. Hier sind etwa die Beobachtung verschiedener Förderungen (u. a. für H2-Busse) und die koordinierte Vergabe von Aufträgen zur Schaffung der Datengrundlage zu nennen, oder auch die gemeinsame Ausrichtung der Wasserstoffkonferenz 2022. Die drei Münsterlandkreise Borken, Coesfeld und Warendorf haben überdies 2021 eine gemeinsame HyExpert Bewerbung eingereicht. Die Bewerbung war eine Mischbewerbung aus Einzelvorhaben in den drei Landkreisen plus einen gesamtstrategischen Teil. Der Antrag war leider nicht erfolgreich, nichtsdestotrotz sollte laufend eruiert werden, wie die Einzelvorhaben in den Kreisen weitergeführt werden können. Des Weiteren wurde Anfang 2022 eine HyPerformer-Bewerbung durch den Kreis Steinfurt in Kooperation mit der Region Emsland abgegeben. HyPerformer werden mit bis 20 Mio. EUR Investitionszuschüssen für konkrete

Umsetzungen (Tankstelle, Busse, Fahrzeuge, Elektrolyseure, Flurförderfahrzeugflotten) im Fokusbereich Mobilität gefördert. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung stand die Rückmeldung über den Antrag noch aus.

Zu guter Letzt stärkte der Austausch die **Netzwerke**. Über den Kreis Steinfurt sind alle vier Münsterlandkreise in einem Wasserstoff-Netzwerk auf Regierungsbezirks-Ebene vertreten, darüber sind beispielsweise Ansätze zur Beschleunigung von Genehmigungsprozessen möglich, z. B. für die Errichtung von Elektrolyseuren).

4.4.1.1.2 Reflexion zur Eignung des Ansatzes für das Verbreitungsziel

Die fünf landkreisübergreifenden Austauschtreffen zeigen, dass ein gemeinsames, großes Interesse daran besteht, regional grün erzeugten Wasserstoff zu nutzen und damit eine regionale Wasserstoffwirtschaft aufzubauen. Wenngleich die Projekte und Umsetzungsaktivitäten in den vier Landkreisen unterschiedlich weit gediehen sind, gibt es vielfältige gemeinsame Aktivitäten und Ansatzpunkte, die durch ein konzertiertes Vorgehen **Synergie- und Skaleneffekte** versprechen. Dazu gehören beispielsweise eine Münsterlandweite Beschaffung von H₂-Bussen sowie die Errichtung von H₂-Tankstellen und Elektrolyseuren. Damit können auf Ebene einzelner Landkreise **Mehrkosten in der Beschaffung verringert** und gemeinsame leitungsbezogene Planungen (z. B. zu den Gasleitungen im Münsterland) besser koordiniert werden. Durch eine **gemeinsame politische Priorisierung auf Ebene der Landräte und der Bezirksregierung** erhält eine koordinierte, regionale Wasserstoffökonomie weiteren Auftrieb und können rechtliche Aspekte, wie Genehmigungsfragen, übergreifend – und ggf. schneller – geklärt werden.

Mit Blick auf die Verbreitung der Erzeugung und Nutzung grünen Wasserstoffs auf Ebene eines Landkreises erscheint der Ansatz gemeinsamen Austausches und des „Peer-Lernens“ (in diesem Fall insbesondere in Richtung vom Landkreis Steinfurt zu den Landkreisen Borken, Coesfeld und Warendorf) sehr gut geeignet. Dazu trägt auch die koordinierende Rolle bei, welche der Kreis Steinfurt im Rahmen des Münsterland-übergreifenden Austausches angeboten und eingenommen hat. Neben der Terminkoordination und der Agenda-Erstellung gibt und organisiert die Kreisverwaltung Steinfurt immer wieder relevante Inputs (u. a. zu Beschaffungskosten H₂-Busse im Vergleich zu Dieselnissen) und teilt eigene Erfahrungen (z. B. mit Anfragen von H₂-Gegner*innen in politischen Gremien). Darüber hinaus wurde die Kreisverwaltung Steinfurt als Vertretung für das Münsterland in die Arbeitsgruppe der Bezirksregierung zur Vernetzung und Chancen für Unternehmen in der Region eingeladen. Dadurch kann der Kreis Steinfurt Aspekte aus dem landkreisübergreifenden Austausch dort einspeisen und auch zurück berichten.

Gleichzeitig wurde im Rahmen der Prozessbegleitung deutlich, dass der Landkreis Steinfurt auch nach Möglichkeiten des „Peer-Lernens“ sucht, bei dem die Infrastrukturverantwortlichen im Landkreis von räumlich und sozio-ökonomisch vergleichbaren ländlichen Räumen, die über weitergehende Erfahrungen in der Umsetzung von H₂-Infrastruktur und -Projekten verfügen (insbesondere HyPerformer Regionen aus der BMVI-Fördermaßnahme "HyLand - Wasserstoffregionen in Deutschland") lernen kann. Die Rolle als Vorreiter und Pionier in Sachen regionale Wasserstoffökonomie im Münsterland bringt für den Landkreis Steinfurt viele Fragen und Entscheidungen mit sich, zu denen es in der Region noch keine Erfahrungen gibt. Um hier auf dem Vorwissen anderer Regionen aufbauen zu können, erscheint daher ein weiterer Prozess des „Peer-Lernens“ wichtig.

4.4.1.2 „Peer-Lernen“ und Austausch durch gegenseitiges Lernen auf Augenhöhe mit und von Vertreter*innen aus HyExpert-Regionen

Box 5: Zusammenfassung zum „Peer-Lernen“ zwischen HyExpert-Regionen

Zusammenfassung zum „Peer-Lernen“ zwischen HyExpert-Regionen

Diese Verbreitungsaktivität ist aus dem Wunsch des Kreises Steinfurt entstanden, sich strategisch mit weiteren HyExpert-Regionen auszutauschen und eine gemeinsame HyPerformer-Bewerbung auf den Weg zu bringen. Das TRAFIS-Projektteam hat dafür HyExpert-Regionen identifiziert, die wegen räumlicher und struktureller Vergleichbarkeit mit dem Landkreis Steinfurt gute Kandidaten für ein „Peer-Lernen“ darstellen. Ferner hat das Projektteam den Austausch mit ausgewählten Regionen begleitet. Es fand ein intensiver Austausch mit der Region Emsland statt. Schlussendlich ist keine HyPerformer-Bewerbung zu Stande gekommen innerhalb des Zeitraums der Projektbegleitung. Dennoch konnte der Kreis Steinfurt weitere wichtige Netzwerke knüpfen und die Strategieentwicklung zu Klimaneutralität überregional voranbringen.

4.4.1.2.1 Beschreibung der begleiteten Verbreitungsaktivitäten

Dieser begleitete Verbreitungsprozess lässt sich eher dem Ansatz 2) aus Tabelle 16 (siehe S. 114) zuordnen: „Peer-Lernen“ und Austausch durch gegenseitiges Lernen auf Augenhöhe mit und von Vertreter*innen aus HyExpert-Regionen. Dahinter stand der Wunsch des Kreises Steinfurt, eine gemeinsame HyPerformer-Bewerbung auf den Weg zu bringen.

Das TRAFIS-Projektteam unterstützte den Prozess durch folgende Aktivitäten:

- ▶ HyExpert-Regionen identifizieren, die wegen räumlicher und struktureller Vergleichbarkeit mit dem Landkreis Steinfurt für einen Austausch in Frage kommen könnten;
- ▶ einen Prozess begleiten, in dem mit weiteren Landkreisen und Regionen (z. B. mit der südlich des Münsterlandes gelegenen Emscher-Lippe-Region) geprüft werden soll, ob eine gemeinsame HyPerformer-Bewerbung¹⁴ angegangen wird;

Basierend auf einer Literatur- und Quellenanalyse wurden aus den bestehenden HyExpert-Regionen anhand eines qualitativen Bewertungsrahmens solche Regionen ermittelt, die wegen räumlich und sozio-ökonomischer Ähnlichkeit, bestehender Netzwerke und Wertschöpfungsketten-übergreifender Ansätze für ein „Peer Lernen“ für den Kreis Steinfurt eignen könnten.

Dazu wurden verfügbare Unterlagen und online-Informationen ausgewertet und bezüglich ihrer Passung für einen Austausch mit dem Kreis Steinfurt qualitativ bewertet. Die nachfolgende Tabelle 19 gibt einen Überblick über die Erkenntnisse für die bestehenden HyExpert-Regionen.

In einem online-Austausch im Juni 2021 wurde diese Auswertung der Kreisverwaltung vorgestellt und diskutiert, welche Anknüpfungspunkte sich für welche HyExpert-Regionen eignen könnten. Dabei wurden u. a. die folgenden Punkte diskutiert:

- ▶ Konzeptionell werden Ende 2021 viele HyLand- und anderweitig geförderte Regionen auf einem ähnlichen Level sein. Die Umsetzungsproblematik ist damit nicht gelöst.
- ▶ Die Umsetzung wird aufgrund des damit verbundenen Nachfrageanstiegs nach Technik insbesondere im Mobilitätsbereich zu Verzögerungen in der Umsetzung führen. Hier ist die Bildung von Einkaufsgemeinschaften über die Projekte hinweg anzuregen (zwecks Planungssicherheit und Kapazitätsaufbau bei Herstellern). Die Stärkung des Angebotes kann helfen, Preise zu stabilisieren und Nachfrage zu generieren und die Zeit zu überbrücken. Hier

¹⁴ Mit der Kategorie HyPerformer werden als Teil der BMVI-Fördermaßnahme „HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland“ Investitionszuschüsse in zweistelliger Millionenhöhe zur Umsetzung bereits bestehender regionaler Konzepte zur Verfügung gestellt (siehe <https://www.now-gmbh.de/sectoren-themen/sectorenkopplung/>).

lohnt es, auch über Kopplungen nachzudenken (z. B. Erzeugung und Speicherung im Kontext von Wärmenutzung).

- ▶ Die Umstellung auf Wasserstoff wird nur eine von mehreren Wegen der „technischen Energiewende“ sein. Es sollte auf die Erhaltung einer systemischen Offenheit und eine ausgewogene, ganzheitliche Betrachtung der verfügbaren Lösungen geachtet werden.
- ▶ Die in der Praxis bei vielen Akteuren verankerte Skepsis bzgl. der Dauerhaftigkeit der Konzept-Strategie erfordert ein konstatiertes Vorgehen vor allem durch die das Bereitstellen langfristig berechenbarer Rahmenbedingungen (wie beim EEG). Das gilt es von der Politik einzufordern.

Im Nachgang dazu nahm die Kreisverwaltung Steinfurt Kontakt zu den besonders geeigneten Regionen auf und führte erste Sondierungsgespräche mit verschiedenen Regionen und Akteuren in NRW durch, die sich zur Strategieentwicklung mit H2 befassen: Duisburg, Düsseldorf, Essen, Emsland, Emscher-Lippe-Region, Steinfurt. Beim letzten Treffen im August 2021 wurde beschlossen, dass es keinen Gesamtantrag entlang einer großen Achse von der Nordsee bis nach Köln geben soll, da das einen hohen Abstimmungsaufwand und eher geringe Mittel für verschiedene Akteure bedeutet. Auf dieser Grundlage entwickelte sich ein Konsortium mit Regionen aus Norddeutschland, in welchem die Kreisverwaltung als Partnerin für eine HyPerformer-Antragstellung mitwirkt. Der Kreis Steinfurt plant mit der Region Emsland weiterzugehen, die starke Umsetzungspartner im Boot haben und mit der eine länderübergreifende Bewerbung zwischen Niedersachsen und NRW denkbar wäre. Hierzu bedarf es jedoch noch einer Gesamtnarrative für den Antrag, um einen überzeugenden roten Faden zu erarbeiten, entlang dessen dann auch Unternehmen dafür gewonnen werden können – auch viele kleine Unternehmen, die viele Ansätze aufzeigen könnten. Dazu setzt sich der Kreis Steinfurt zeitnah mit Emsland zusammen, um eine solche, auf den Bewerbungskontext angepasste Narrative zu entwickeln und relevante Unternehmen zu identifizieren. Eine solche Narrative könnte u. a. die Themen LKW-Logistik oder Kanalschifffahrt aufgreifen, die in den beiden Regionen relevant sind; hier könnten auch ländliche Regionen spannend für die Förderung grüner Wasserstoff-Mobilität sein, am besten auch dadurch, dass Projekte miteinander verbunden werden, um Synergien zu schaffen.

Ursprünglich war geplant, Nachhaltigkeitsbewertung mittels TRAFIS.NB auf den HyPerformer-Antrag anzuwenden, um multikriteriell zu ermitteln, welche potenziellen Nachhaltigkeitseffekte mit einer zu beantragenden Umsetzung bestehender regionaler Konzepte verbunden sein könnten. Damit sollten frühzeitig im Bewerbungsprozess Weichenstellungen ermöglicht werden, die ganzheitliche Nachhaltigkeitseffekte in den Vordergrund stellen sowie Synergien und negative Wechselwirkungen in den Blick nehmen. Aus Gründen mangelnder Umsetzbarkeit im laufenden Antragsprozess (mit der zeitlichen Verschiebung der Veröffentlichung der Bewerbungsunterlagen und Antragsabgabe auf nach Sommer 2022, die durch die neue Bundesregierung zum Tragen kommt, ergab sich hierfür keine zeitliche Passung mehr mit den Aktivitäten in TRAFIS) konnte dieser Schritt nicht wie geplant umgesetzt werden und ist entfallen.

Tabelle 19: Qualitative Bewertung der Passung bestehender HyExpert-Regionen für ein „Peer Lernen“ mit dem Kreis Steinfurt

Region	Schwerpunkt	Qualitative Einschätzung							Status und Anmerkungen	Einschätzung zur Passung für den Kreis Steinfurt
		primär kommunal verankerter Initiator	breites Netzwerk	privatwirtschaftlich verankerter Initiator	Erzeugung	Verwertung Gewerbe/Industrie	Verwertung Mobilität (Straße)	ländlicher Raum		
h2-region-emsland Landkreis Emsland	Auf- und Ausbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft im Emsland – auch auf der Ebene von kleinen und mittelständischen Unternehmen –		x	x	x	x	x	x	Konzept in Erarbeitung Eigene Geschäftsstelle, große Unternehmen im Boot, Bündelung vieler Ansätze bei HyExpert	sehr gute Eignung
HyDrive OWL Kreis Lippe	Mobilität mit regional erzeugtem, grünem Wasserstoff in der Region (Kooperationsprojekt der Kreise Lippe und Minden-Lübbecke sowie der Stadt Bielefeld)	x			x	(x)	(x)	x	Konzept in Erarbeitung (durch Fraunhofer ISE) moBiel hat 4 H2Busse bestellt, die ab 2022 im Linienverkehr fahren sollen	gute Eignung
HyAllgäu Landkreis Oberallgäu	Projekt zur wirtschaftlichen und regionalen Gewinnung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien (ein einsatzschwerpunkt soll Mobilität sein)	x			x	(x)	(x)	x	Konzept beauftragt (März 21) Ingenieurgesellschaft bluemove consulting GmbH Abschluss-Symposium des Projekts HyAllgäu findet am 29. und 30. Juli 2021 an der Hochschule Kempten und per Live-Übertragung im Internet statt.	gute Eignung
Wasserstoff-modellregion Wunsiedel	... soll die deutschlandweit größte Produktion von „grünem Wasserstoff“ auf der Basis der Elektrolyse entstehen. Geplant ist diesen, aus			x	x		x	x	Konzept in Erarbeitung	eher geringe Eignung

Region	Schwerpunkt	Qualitative Einschätzung							Status und Anmerkungen	Einschätzung zur Passung für den Kreis Steinfurt
		primär kommunal verankerter Initiator	breites Netzwerk	privatwirtschaftlich verankerter Initiator	Erzeugung	Verwertung Gewerbe/Industrie	Verwertung Mobilität (Straße)	ländlicher Raum		
Landkreis Wunsiedel im Fichtelgebirge	regenerativen Quellen gewonnenen Wasserstoff, in der Mobilität oder auch in den regionalen Firmen zu nutzen...								Rießner Gase braucht Wasserstoff für seine Prozesse >> Absichtserklärung mit Siemens und Stadtwerken Wunsiedel (SWW) >> Bau eines PEM-Elektrolyseurs, der vorwiegend mit Ökostrom betrieben werden soll. Mitte 2022 soll er in Betrieb gehen.	
H2-Lastverkehr 11 Landkreise unter Leitung LK Osterholz	Konzept zur Nutzung von WEAs für die Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse und Einsatz im Gütertransport (LKW)	x	x		x	x	x	x	Virtuelle Informationsveranstaltung für die Bürgermeister*innen Aktivitäten des Wasserstoffnetzwerkes Nordostniedersachsen (H2.N.O.N) am 08.06.2021 von 10:00 bis 11:30 Uhr Konzept beauftragt (März 21)	eher geringe Eignung
H2-Ecosystem Stadt Essen	Aufbau einer regional geprägten Wasserstoffwirtschaft für emissionsfreie und nachhaltige Mobilität	x	x		x	x	x		nymoen strategieberatung	eher geringe Eignung
HyWheels Stadt Fulda	Wasserstoffbasierter (Hy) Wirtschaftsverkehr in Osthessen zur Einsparung von Emissionen in der Logistik und im Straßenverkehr Umstellung lokaler Logistikdienstleister auf BZ-Lkw, ergänzend Betrieb von BZ-Bussen,	x			(x)		x		Konzept in Erarbeitung InfraserV + EMCEL	eher geringe Eignung

Region	Schwerpunkt	Qualitative Einschätzung							Status und Anmerkungen	Einschätzung zur Passung für den Kreis Steinfurt
		primär kommunal verankerter Initiator	breites Netzwerk	privatwirtschaftlich verankerter Initiator	Erzeugung	Verwertung Gewerbe/Industrie	Verwertung Mobilität (Straße)	ländlicher Raum		
IN2H2 Stadt Ingolstadt	Müllsammelfahrzeugen und Flurförderzeugen und BZ-Pkw in Carsharing-Flotten Einführung von Wasserstoffbussen im Öffentlichen Personennahverkehr und die Einführung von brennstoffzellengetriebenen Nutzfahrzeugen bei den Kommunalbetrieben	x	x					x	Konzept in Erarbeitung Wenger Engineering GmbH	eher geringe Eignung
HyLandEL Kreis Recklinghausen	klimaneutralen Verkehr auf der Grundlage von Wasserstoff aufzubauen, ist das Ziel der HyExperts Region Emscher-Lippe		x		x	x		(x)	Konzept in Erarbeitung BBH Consulting, Ergebnisse voraussichtlich Spätsommer 21	eher geringe Eignung
h2brakeco2 Stadt Brake	Anwendung von Wasserstofftechnologie in der Logistik in den Bereichen Häfen und Seegüterverkehr		x		x	x		(x)	Konzept in Erarbeitung	eher geringe Eignung
MH2Regio Stadt Frankfurt am Main	Wasserstoffproduktion aus Siedlungsabfällen und Betrieb der Müllfahrzeuge			x	x	(x)		x	Konzept beauftragt (Mai 21) Tractebel	eher geringe Eignung
H2Modell-region Saarland Bundesland Saarland	Ausbau von Wasserstofftankstellen, zur Nutzung im Schienenverkehr und im ÖPNV, im Energiebereich und im industriellen Sektor. Ziel ist es, den zukünftigen Bedarf an Wasserstoff im Bundesland abzuschätzen und in Einklang mit den ebenfalls schon avisierten Erzeugungsmöglichkeiten zu bringen.	(x)	(x)		x	x		x	RLI, IAV und Consulting4Drive	eher geringe Eignung
Hy PUnE Stadt Ulm	Erzeugung über die Logistik bis hin zur konkreten Nutzung von Wasserstoff in den Sektoren Verkehr, Industrie und Energie	x			x	x		(x)	Relevanz für den Zugverkehr	eher geringe Eignung

Quelle: eigene Darstellung

4.4.1.2.2 Reflexion zur Eignung des Ansatzes für das Verbreitungsziel

Mit dem gemeinsamen HyPerformer-Antrag zielte die Kreisverwaltung Steinfurt darauf ab, ihre bisherigen Aktivitäten, Ideen und Projekte im Rahmen einer neuen und größeren Umsetzungsachse weiterzuentwickeln und Skaleneffekte für eine (über)regionale Wasserstoffwirtschaft zu schaffen (beispielsweise im Hinblick auf spezifische Erzeugungspotentiale in beiden Regionen sowie auf den Ausbau der H2-Logistik über LKW- und Binnenschiff-Transport).

Nach Rückmeldung der Kreisverwaltung Steinfurt hat der Austausch mit der Region Emsland auch unabhängig vom Ergebnis der HyPerformer-Bewerbung dazu beigetragen, **weitere wichtige Netzwerke zu knüpfen** und die **Strategieentwicklung zu Klimaneutralität überregional voranzubringen**. Daher kann der Ansatz als geeignet für das Verbreitungsziel eingeschätzt werden. Das galt insbesondere für die Erarbeitung einer gemeinsamen Narrative mit einem überregionalen Konzept dazu, wie vorhandene Potentiale und Kapazitäten in den beteiligten Regionen effektiv und effizient miteinander verbunden werden können. Denn das hat geholfen, neue Ideen zu entwickeln, die auch ohne Antragserfolg und Förderung perspektivisch weiter angegangen werden sollen. Dazu zählen insbesondere die überregionale Vernetzung im Hinblick auf den Transport erzeugter Kapazitäten grünen Wasserstoffs und die bedarfsangepasste, lokale Nachfrage nach grünem Wasserstoff entlang der Transportwege.

Diese Aspekte will die Kreisverwaltung nun im Rahmen ihrer weiteren Aktivitäten, z. B. im Münsterland-übergreifenden H2-Netzwerk, mit aufnehmen und Umsetzungsmöglichkeiten dazu prüfen. Dazu gehört es nicht zuletzt, auch die Transmission der Wasserstoffnutzung als eine Komponente auf dem Weg zur Klimaneutralität von der Kreis- auf die kommunale Ebene, also innerhalb einer Region, in den Blick zu nehmen. Auf diesem Wege bestand weiterer Unterstützungsbedarf in der Prozessbegleitung durch das TRAFIS-Projekt.

4.4.1.3 Analyse und Begleitung von Transformationsprozessen zur Umsetzung von Klimaneutralität von Kreis- auf kommunale Ebene

Box 6: Zusammenfassung zur Verbreitung im Kreis Steinfurt

Zusammenfassung zur Verbreitung im Kreis Steinfurt

Das TRAFIS-Projektteam begleitete und unterstützte den Kreis Steinfurt dabei, Klimaschutzaktivitäten „nach innen“ zu verbreiten, d. h. in die 24 Kommunen des Landkreises hinein. Hintergrund war das gemeinsame Ziel der „Klimaneutralität bis 2040“ im gesamten Kreis Steinfurt. Konkret sollte das TRAFIS-Projekt die Kreisverwaltung in der Analyse unterstützen, wie diese Transformation vom Kreis in die Kommunen funktioniert und wie sie ausgestaltet werden kann. Dafür erarbeitete das TRAFIS-Projektteam eine Umfrage für die Klimaschutzmanager*innen und Umweltbeauftragten in den Kommunen und führte diese durch. Die Ergebnisse wurden in einem Netzwerktreffen der kommunalen Akteure und der Kreisverwaltung präsentiert und diskutiert. Es konnten prioritäre Handlungsfelder identifiziert und weitere Schritte abgeleitet werden, um den Klimaschutz in den Kommunen voranzubringen.

4.4.1.3.1 Beschreibung der begleiteten Verbreitungsaktivitäten: Netzwerk und Wissensgenerierung

Mit Kreistagsbeschluss des Kreises Steinfurt von Ende Juni 2021 strebt der Kreis an bis 2040 klimaneutral zu sein (Kreis Steinfurt 2021). Aufgrund der damit hohen politischen Relevanz des Themas im Kreis Steinfurt wurden und werden vielfältige Aktivitäten dazu auf den Weg gebracht. So wurde u. a. ein 50-Punkte-Handlungsprogramm Klimaschutz für den Kreis Steinfurt (mit Maßnahmen im Verantwortungs- und Einflussbereich des Kreises Steinfurt) entwickelt

(Kreis Steinfurt 2021) und konnten im Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit vier neue dauerhafte Stellen für die Umsetzung von Klimaschutz (u. a. eine Stelle für die Koordination des Themas Wasserstoff und Wasserstoffmobilität) in der Kommune bzw. im Kreis geschaffen werden.

Da diese Stellen über die 24 Städte und Gemeinden des Kreises finanziert werden, gilt es jetzt ein Konzept zu entwickeln, um mit diesen Stellen einen Mehrwert für die Kommunen schaffen und dort Klimaschutz unterstützen zu können sowie ein „Klimaschutzbündnis für den Kreis Steinfurt“ mit den Kommunen zu organisieren. Vor diesem Hintergrund **sollte das TRAFIS-Projekt die Kreisverwaltung in der Analyse unterstützen, wie diese Transformation vom Kreis in die Kommunen funktioniert und wie sie ausgestaltet werden kann.**

Im Sinne der Begriffsklärung zum Terminus „Verbreitung“ (siehe Kapitel 1.3) zielt der hier begleitete Verbreitungsansatz weder darauf, Akteure anderer Gebietskörperschaften durch eigenes Erfahrungslernen „nach außen“ in der Verbreitung einer innovativen Infrastrukturlösung zu unterstützen (siehe Verbreitungsansatz 1, Kapitel 4.4.1.1), noch darauf, die eigene innovative Infrastrukturlösung durch Lernen von Akteuren anderer Gebietskörperschaften „von außen“ in der Weiterentwicklung zu unterstützen. Vielmehr dient dieser Verbreitungsansatz der Unterstützung und Verstärkung der Infrastrukturlösung „nach innen“, indem sie als Teil der Bemühungen auf dem Weg zu Klimaneutralität innerhalb eines bestimmten Gebiets (in den 24 Kommunen des Landkreises Steinfurt) zu realen Veränderungen sozio-technischer Systeme beitragen soll.

Nach Austausch mit der Kreisverwaltung Steinfurt, Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit, unterstützte das TRAFIS-Projekt diesen Prozess der „Binnen-Transformation“ zur Verbreitung nach innen durch die folgenden Prozessbegleitungen:

- ▶ Teilnahme an online-Treffen des Netzwerks der Klimaschutzmanager*innen der 24 Kommunen und Städte des Kreises Steinfurt im Februar und April 2022;
- ▶ Konzeption, Durchführung, Auswertung und Vorstellung einer online-Umfrage zu den jeweiligen Stärken und Potentialen der 24 Kommunen und Städte des Kreises Steinfurt mit Blick auf ein gemeinsames Erreichen des Gesamtziels „Klimaneutralität 2040“.

Treffen des Netzwerks der Klimaschutzmanager*innen der 24 Kommunen und Städte des Kreises Steinfurt im Februar und April 2022 und TRAFIS online Umfrage für das Treffen

Die 24 Kommunen im Kreis Steinfurt tauschen sich regelmäßig in Netzwerktreffen aus. Für die Kommunen nehmen üblicherweise die Klimaschutzmanager*in oder Umweltbeauftragte*n teil, hinzu kommen Mitarbeiter*innen des gemeinnützigen Vereins energieland2050 und des Amtes für Klimaschutz und Nachhaltigkeit. Die Anzahl der Themen ist groß, und reicht über die Bandbreite einer Transformation hin zu einer klimaneutralen Wirtschaft und Gesellschaft. In Bezug auf **Sektoren** wurden in den begleiteten Treffen Aspekte zu u. a. Kläranlagen, PV-Anlagen, Wohnraum(verteilung), Heizen und Kühlen sowie Mobilität (Technologie und Konzepte) diskutiert. Auffällig war die Verbindung eben jenes umfassenden Transformationsansatzes, mit sehr konkreten Aktivitäten, die die Kommunen umsetzen möchten.

Der Austausch war durch eine hohe **Dynamik** geprägt, die Vertreter*innen wollten konkrete Vorhaben in ihrer Kommune voranbringen. Das **gemeinsame Ziel „Klimaneutralität bis 2040“** bietet den verbindenden Überbau für die Vielzahl an konkreten Einzelvorhaben.

Strukturierung der Vielzahl an Themen und Stimmen wurde institutionell durch die Moderation durch das Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit und den gemeinnützigen Verein „energieland2050“ sowie thematisch durch den Masterplan Klimaschutz geleistet. Der Masterplan Klimaschutz enthält ein Handlungsprogramm mit 50 Punkten. Würden diese 50

Aktivitäten umgesetzt, wäre die Klimaneutralität erreicht. Auch der Masterplan liefert somit eine Verbindung zwischen dem übergeordneten Ziel und den konkreten Handlungsoptionen.

Der Austausch erfüllte eine Reihe von Funktionen:

- ▶ Wissensgenerierung und Informationsverbreitung – über Förderungen, konkrete Infrastrukturlösungen und Entwicklungen in Prozessen des Kreises, die für die Kommunen von Relevanz sind (z. B. Zeitpunkt der Fertigstellung der Freiflächenanalyse), aber auch beispielsweise über bestehende Angebote des Kreises;
- ▶ Identifikation von Kooperationspotenzial und Aufbau von Partnerschaften zwischen den Kommunen in konkreten Fällen (z. B. zu gemeinsamen Mobilitätssharing);
- ▶ Bedarfsabfrage – Der Kreis erfährt von konkreten Unterstützungsbedarfen in den Kommunen, kann bestehende Angebote bewerben (s. Informationsverbreitung) und abfragen, ob bestehenden Angebote bekannt sind sowie wie ggf. die Nutzerfreundlichkeit erhöht werden könnte;
- ▶ Kritik, Erhöhung von Verständnis, Motivation – Teilnehmer*innen können Nachfragen z. B. zu Entscheidungen und Prozessen stellen (z. B. Warum enthält der Masterplan keinen Punkt zur Förderung des Fahrradverkehrs?). Die Klärung etwaiger Kritikpunkte sowie die Nachvollziehbarkeit von bestimmten Entscheidungen können helfen, die Motivation und das Engagement bei den Beteiligten zu erhalten.

Die zahlreichen Aktivitäten des Kreises sowie in den Kommunen fordern fortlaufenden Informationsfluss zwischen Kreis und Kommunen. Zum Zeitpunkt der Beteiligung des TRAFIS-Projekts in der „Binnenverbreitung“ bestand großer Bedarf die diversen Kenntnisse und Aktivitäten sowie die bestehenden Bedarfe zu listen. Die Koordinatorin für das kommunale Netzwerk beim Kreis Steinfurt hatte zwar eine Abfrage der Informationen versucht, aber nicht die Informationen zurückerhalten wie gehofft. Im Austausch mit dem Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit des Kreises wurde daher beschlossen, dass das TRAFIS-Team im Austausch mit dem Kreis Steinfurt eine **Umfrage der Klimaschutzmanager*innen und Umweltbeauftragten** in den Kommunen des Kreises Steinfurt entwirft, durchführt, anschließend auswertet und im Netzwerktreffen vorstellt. In der Umfrage wurde die Identifikation mit dem Ziel der Klimaneutralität abgefragt, die Bedeutung verschiedener Maßnahmen für die Kommune und die Schwierigkeit diese zu erreichen, die Stärken der Kommunen (zu Vernetzungszwecken) sowie gewünschte Unterstützung durch den Kreis. Die Teilnehmer*innen konnten die Bewertung auf einer Skala eintragen sowie freie Antworten ergänzen.

Die Umfrage wurde gut angenommen, es konnten 20 vollständige Datensätze sowie 3 weitgehend ausgefüllte Datensätze ausgewertet werden. Die **Ergebnisse** wurden durch Susanne Langsdorf (Ecologic Institut) und Sarah Vollrodt (Kreis Steinfurt) am 5. Mai 2022 vorgestellt.

Die Umfrage zeigte eine starke Identifikation mit dem gemeinsamen Ziel der Klimaneutralität und große Zuversicht, dass die Kommunen den Kreis Steinfurt hierbei unterstützen können und werden. Die zu bewertenden Maßnahmen waren unter Berücksichtigung des Klimaplanes gelistet worden. Die Einordnung der Maßnahmen ergab ein Schlaglicht auf die priorisierten Handlungsbereiche (1. PV- Ausbau auf allen öffentlichen Gebäuden, 2. Erhöhung der Sanierungsrate von Bestandsgebäuden, 3. Umstieg von fossilen Heizungen auf alternative Energieträger in Bestandsgebäuden...) und zeigte die Einschätzung über die Erreichbarkeit des Ziels.

Abbildung 8: Auszug aus der Umfrage im Kreis Steinfurt

Wir im Kreis Steinfurt möchten bis 2040 klimaneutral werden. Dieses Ziel ist nur durch enge Kooperation und gemeinsame Anstrengungen der Kommunen und des Kreises zu erreichen. ¶

1) → Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass Ihre Kommune... (bitte kreuzen Sie die für Sie passende Option in der Tabelle unten an) ¶

	Ziel wurde bereits beschlossen	sehr wahrscheinlich	wahrscheinlich	unwahrscheinlich	sehr unwahrscheinlich
... sich auch das Ziel setzt, Klimaneutralität bis 2040 zu erreichen? ¶	☐	☐	☐	☐	☐
... den Kreis auf seinem Weg zur Klimaneutralität 2040 unterstützt? ¶	☐	☐	☐	☐	☐

2) → Welche der folgenden Maßnahmen sind für Ihre Kommune auf dem Weg zu Klimaneutralität besonders wichtig bzw. besonders herausfordernd? (Bitte kreuzen Sie die für ihre Kommune passenden Optionen unten in der Tabelle an; eine Mehrfachantwort ist möglich) ¶

Maßnahmen	besonders wichtig	besonders „gut“ (einfach, zeitnah, wirksam) umzusetzen	besonders herausfordernd in der Umsetzung
... aus dem Sektor Erneuerbare Energien			
1. → PV-Ausbau auf allen öffentlichen Gebäuden	☐	☐	☐
2. → PV-Ausbau auf privaten Gebäuden	☐	☐	☐
3. → PV-Ausbau auf Gewerbegebäuden	☐	☐	☐
4. → PV-Freiflächen-Ausbau (entlang Bundesautobahnen/Bundesstraßen/Bahntrassen)	☐	☐	☐

Quelle: eigene Darstellung (Ecologic Institut)

Die Rückmeldungen zu Bedarfen zeigte eine hohe Zufriedenheit mit der Arbeit des Kreises. Es wurden des Weiteren Wünsche und Einschätzungen für die interkommunale Zusammenarbeit geäußert (u. a. Bereitstellung von Beschlussvorlagen, Förderprogrammen, Drucksachen). Weitere konkrete Leistungswünsche betrafen u. a. die gemeinsame Öffentlichkeitsarbeit, Umsetzung von Modellprojekten sowie Unterstützung bei Vergabe und Betreuung von energetischen Sanierungsprojekten. Hervorgehoben wurde die Unterstützung von Förderanträgen, rechtliche Unterstützung für die vertragliche Gestaltung von PV auf Freiflächenanlagen und Stromlieferverträgen; die Weiterbildung von Hausmeister*innen im Bereich Energiemanagement sowie die Erstellung von Mobilitätskonzepten.

Die Umfrage half mithin weitere Unterstützungsleistungen wie auch nächste Informationsangebote des Kreises zu identifizieren, teils konnten die Bedarfe bereits im

Austausch gedeckt werden – in Fällen in denen Unterstützungsleistungen bereits vorlagen, aber nicht bekannt waren.

4.4.1.3.2 Reflexion zur Eignung des Ansatzes für das Verbreitungsziel

Der Ansatz kann als sehr gut geeignet für die Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen betrachtet werden. Allerdings ist dabei festzuhalten, dass die Treffen der kommunalen Klimamanager*innen mit dem Kreis und dem Verein „energieland2050“ ein wichtiger Mosaikstein von vielen Aktivitäten im Kreis Steinfurt sind, die sich gegenseitig stärken. So wird der Verein „energieland2050“ zur Hälfte von Unternehmen finanziert, die ebenfalls hinter dem Ziel der Klimaneutralität des Kreises stehen. Dadurch können etwaige Projekte oder Kooperationen, z. B. mit Unternehmen der Region wesentlich schneller realisiert werden. Im Austausch über den Unterstützungswunsch zur Fortbildung von Hausmeister*innen gab es beispielsweise sofort eine Empfehlung und Kontaktherstellung durch einen Vertreter, der hier bereits Erfahrungen sammeln konnte.

In einer Rückfrage an das „Amt für Klimaschutz“ sah man dort die breite Beteiligung aller relevanten Akteure (von Kommunen über die lokale Politik, regionale Wirtschaft, Wissenschaft sowie die Zivilgesellschaft, z. B. über eine Mitgliedschaft im energieland2050 e.V.) und die starken Netzwerke als Kern des Erfolgs des Kreises.

Die kommunalen Treffen an sich unterstützen die beschleunigte Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen insbesondere über die

- ▶ Verteilung von Informationen die zur Umsetzung nötig sind
- ▶ Problemidentifikation und beschleunigte Lösungsfindung
- ▶ Geld- und Zeitersparnisse durch die Kooperation an Aufgaben, die gemeinsam leichter zu finanzieren oder bewerkstelligen sind (z. B. gemeinsame Beauftragung einer Thermografiebefliegung oder gemeinsame Erstellung von Förderanträgen)
- ▶ Motivation. Dies wurde in der Rückmeldung nach der Diskussion über die Umfrage deutlich. Auch die TRAFIS-Projektbegleiterin Susanne Langsdorf empfand die begleiteten Treffen als äußerst inspirierend und motivierend.

4.4.1.4 Reflexion zu Erfolgsfaktoren sowie ggf. weitere Unterstützungsbedarfe für eine Verbreitung

In der Zusammenschau der drei begleiteten Verbreitungsansätze in Steinfurt konnten die in der folgenden Tabelle 20 in alphabetischer Reihenfolge der Kategorien dargestellten Erfolgsfaktoren für eine Verbreitung ermittelt werden.

Tabelle 20: Erfolgsfaktoren aus den drei begleiteten Verbreitungsansätzen in Steinfurt

Erfolgsfaktor – Kategorie	Erfolgsfaktor – Kurzbeschreibung, ergänzt um konkrete Beispiele
bestehende rechtliche Vorgaben	EU Clean Vehicles Directive zur Beschaffung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge fordert auch die Beschaffung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben (z. B. Elektro- oder Wasserstofffahrzeuge) in öffentlichen Dienstleistungsaufträgen
Einbindung in Netzwerke	bestehende Netzwerke und Ausbau weiterer Netzwerke (z. B. das Regierungsbezirks-Netzwerk im Münsterland, der energieland2050 e.V. und das Unternehmensnetzwerk in Steinfurt)
institutioneller Rückhalt	die Amtsleitung unterstützt den Verbreitungsprozess, investiert Zeit in diesen und koordiniert den münsterlandweiten Austauschprozess (über die online-

Erfolgsfaktor – Kategorie	Erfolgsfaktor – Kurzbeschreibung, ergänzt um konkrete Beispiele
	<p>Austauschmeetings mit den anderen Münsterland-Kreisen hinaus beispielsweise auch als Kontaktperson für das Regierungsbezirks-Netzwerk)</p> <p>relevante Fachabteilungen (inkl. der Wirtschaftsförderungen) in allen beteiligten Münsterland-Kreisen nehmen sich Zeit für die Teilnahme in den Austauschprozessen und sind bereit, relevantes Wissen und Erfahrungen zu teilen</p>
personelle und finanzielle Kapazitäten	<p>mit relevanten Wissens- und Erfahrungsbeständen sowie mit Zugang zu Entscheidungsprozessen ausgestattete Personen können an den Verbreitungsaktivitäten teilnehmen</p> <p>eine dauerhafte und kontinuierlich erweiterte Personal- und Finanzausstattung unterstützt Verbreitungsaktivitäten</p> <p>Akquisebemühungen und -erfolge für Drittmittelförderungen ergänzen die Personal- und Finanzausstattung und sind damit auch Erfolgsfaktor für eine Verbreitung</p>
politische Unterstützung	<p>das Thema Wasserstoff ist auf der politischen Agenda verankert und erfährt auf relevanter politischer Ebene Unterstützung, auch überregional (z. B. im Sinne der gemeinsamen Landrät*innen-Konferenz und des Regierungsbezirks-Netzwerks im Münsterland zum Thema Wasserstoff und Wasserstoffmobilität)</p> <p>Kreistagsbeschluss vom Juni 2021 zur Klimaneutralität bis 2040 als ein Grundstein für das Interesse der Kreisverwaltung, von anderen zu lernen und eigene Erfahrungen mit anderen zu teilen</p>
Skaleneffekte	<p>münsterlandweites Vorgehen birgt mögliche Skaleneffekte, denn gemeinsam können: (1) mehr Busse bestellt und damit günstigere Konditionen erzielt werden; (2) die Abstimmungen mit dem Mobilitätsdienstleister im Münsterland konzertiert geführt werden; (3) die Regionen als Münsterland mehr Strahlkraft entfalten; (4) weitere und neue Fördermöglichkeiten ausgeschöpft werden; (5) übergreifende politische Zielsetzungen die Planungssicherheit in den Regionen erhöhen</p>

Quelle: eigne Darstellung (Ecologic Institut)

Die Tabelle verdeutlicht, dass sowohl auf Seiten der Akteure, die Erfahrungen mit der zu verbreitenden Infrastrukturlösung haben, als auch auf Seiten der Akteure, die die Infrastrukturlösung übernehmen und auf ihren Kontext anpassen wollen, eine (idealerweise institutionell relevante) **Bereitschaft zur Teilnahme an den Verbreitungsaktivitäten** bestehen muss. Das umfasst nicht nur die Investition von Zeit und Personalressourcen für die Austauschprozesse und deren Vorbereitung, sondern auch die **Bereitschaft, relevantes Wissen und Erfahrungen teilen zu wollen**. Für diese Bereitschaft und Offenheit ist ein **institutioneller Rückhalt** unabdingbar. Gleichzeitig setzt diese Verbreitung entsprechende **personelle Ressourcen** voraus: einerseits, um die Verbreitungsprozesse begleiten zu können, andererseits aber auch, um über die entsprechenden Personen relevantes Wissen und Erfahrungen verfügbar zu machen.

Die Bereitschaft, entsprechende Ressourcen in die Verbreitung zu investieren, wiederum wird positiv von mehreren anderen Faktoren beeinflusst: dazu gehört auf der einen Seite **politische Unterstützung**, die sich im Fallbeispiel Steinfurt insbesondere auf landkreisübergreifendes politisches Bekenntnis zum Ausbau der Wasserstoffwirtschaft und auf einen Kreistagsbeschluss zur Erreichung von Klimaneutralität bis 2040 bezieht. Das schafft den entsprechenden politischen Rahmen, um die Infrastrukturlösung als eine Komponente von Umsetzungsaktivitäten voranzutreiben und das gegenseitige „Peer-Lernen“ (ein

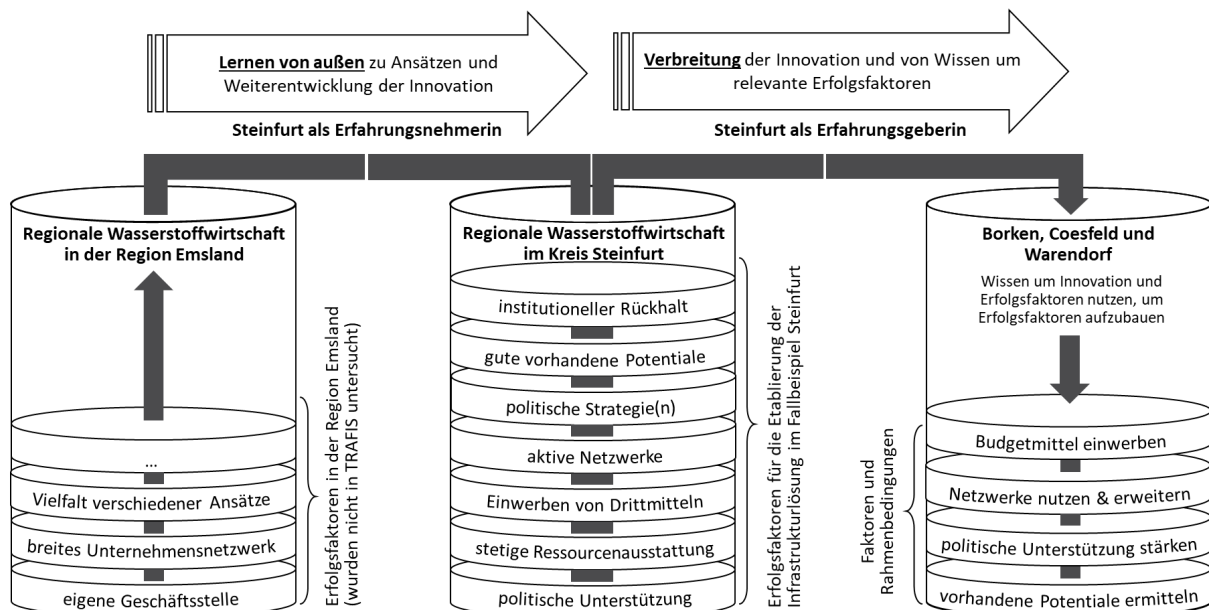
Voneinanderlernen) wichtig werden zu lassen. Auf der anderen Seite gehören auch **rechtliche Vorgaben** und **mögliche Vorteile durch Skaleneffekte** bei einer Verbreitung zu den Erfolgsfaktoren. So trägt beispielsweise die Clean Vehicles Richtlinie der EU in der nationalen Umsetzung dazu bei, dass auch im Landkreis Steinfurt bei öffentlichen Dienstleistungsaufträgen saubere und energieeffiziente Fahrzeuge beschafft werden müssen – hierzu passen die Bestrebungen hin zu verstärkter Wasserstoffmobilität sehr gut. Weiterhin stellen die gemeinsamen Bestrebungen münsterlandweiter Aktivitäten viele **Skaleneffekte** in Aussicht, die nicht zuletzt für alle Beteiligten auch **ökonomische Vorteile, vergrößerte Handlungsspielräume und größere Strahlkraft** mit sich bringen.

Und schließlich profitiert eine Verbreitung davon, dass es **vielfältige Netzwerke** gibt, die für die Verbreitung der Infrastrukturlösung genutzt werden können, da an der Verbreitung beteiligte Akteure Zugang zu oder Gewicht in diesen Netzwerken haben.

Abbildung 9 illustriert die für die Verbreitung wichtigen Einflussfaktoren nehmender und gebender Regionen im Fallbeispiel Steinfurt. Für alle Regionen können darüber hinaus folgende Eigenschaften als wichtige Erfolgsfaktoren gesehen werden:

- ▶ Motivierendes gemeinsames Ziel: „regional, dezentral, klimaneutral bis 2040“,
- ▶ dadurch hohe Teilnahmereitschaft und Investition von Zeit und Ideen in Verbreitungsprozesse;
- ▶ Aufbau eines umfassenden und dadurch resilienten Netzwerks;
- ▶ Teilnahme von Personen mit Zugang zu Entscheidungsprozessen;
- ▶ Offenheit für personelle und thematische Erweiterungen in den Verbreitungsprozessen;
- ▶ Anbindung des Verbreitungsprozesses auf hoher institutioneller Ebene (z. B. Amtsleitung);
- ▶ effizientes, verbindliches Einladungsmanagement und Leitung der Austauschprozesse;
- ▶ gut vernetzte Personen.

Abbildung 9: Erfolgsfaktoren für die Verbreitung im Fallbeispiel Steinfurt



Quelle: eigene Darstellung (Ecologic Institut)

4.4.1.5 Diskussion möglicher Nachhaltigkeitseffekte der erprobten Ansätze anhand des Nachhaltigkeitsbewertungstools

Eine Bewertung der möglichen Nachhaltigkeitseffekte der erprobten Verbreitungsansätze konnte im Rahmen der Prozessbegleitung mangels zeitlicher Passung nicht umgesetzt werden.

4.4.2 Begleitung und Erprobung der Verbreitungsansätze im Fallbeispiel Augsburg

Box 7: Zusammenfassung zu Verbreitungsansätzen in Augsburg

Zusammenfassung zu Verbreitungsansätzen in Augsburg

Im Fallbeispiel Augsburg wurden zunächst sowohl förderliche als auch hinderliche Einflussfaktoren für die Umsetzung der intermodalen Mobilität unter Nutzung von Mobilitätsapps als Entwicklungspfad visualisiert (siehe Kapitel 4.4.2.1). Dabei wurde ersichtlich, dass insbesondere technische Entwicklungen sowie Anreize und Regulierungen unterstützenden Einfluss auf die Umsetzung der Mobilitätsapp hatten (z. B. vereinfachte Nutzer*innen-Führung, die Nutzung von Pilotphasen zur Erprobung neuer Funktionsweisen). Auf dieser Grundlage wurde dann ein Konzept für eine Vorreiter*innen-Session für das bundesweite Stadtwerke-Austausch-Treffen entwickelt (siehe Kapitel 4.4.2.2). Das Format der Vorreiter*innen-Session erscheint gut geeignet, um bestehende Mobilitätsapp-Lösungen bekannt zu machen und bezüglich deren Weiterentwicklung und Umsetzung von anderen zu lernen.

4.4.2.1 Erarbeitung einer grafischen Darstellung des Entwicklungspfades in Augsburg zwecks Austausches mit anderen Vorreiter*innen in der Nutzung von Mobilitätsapps

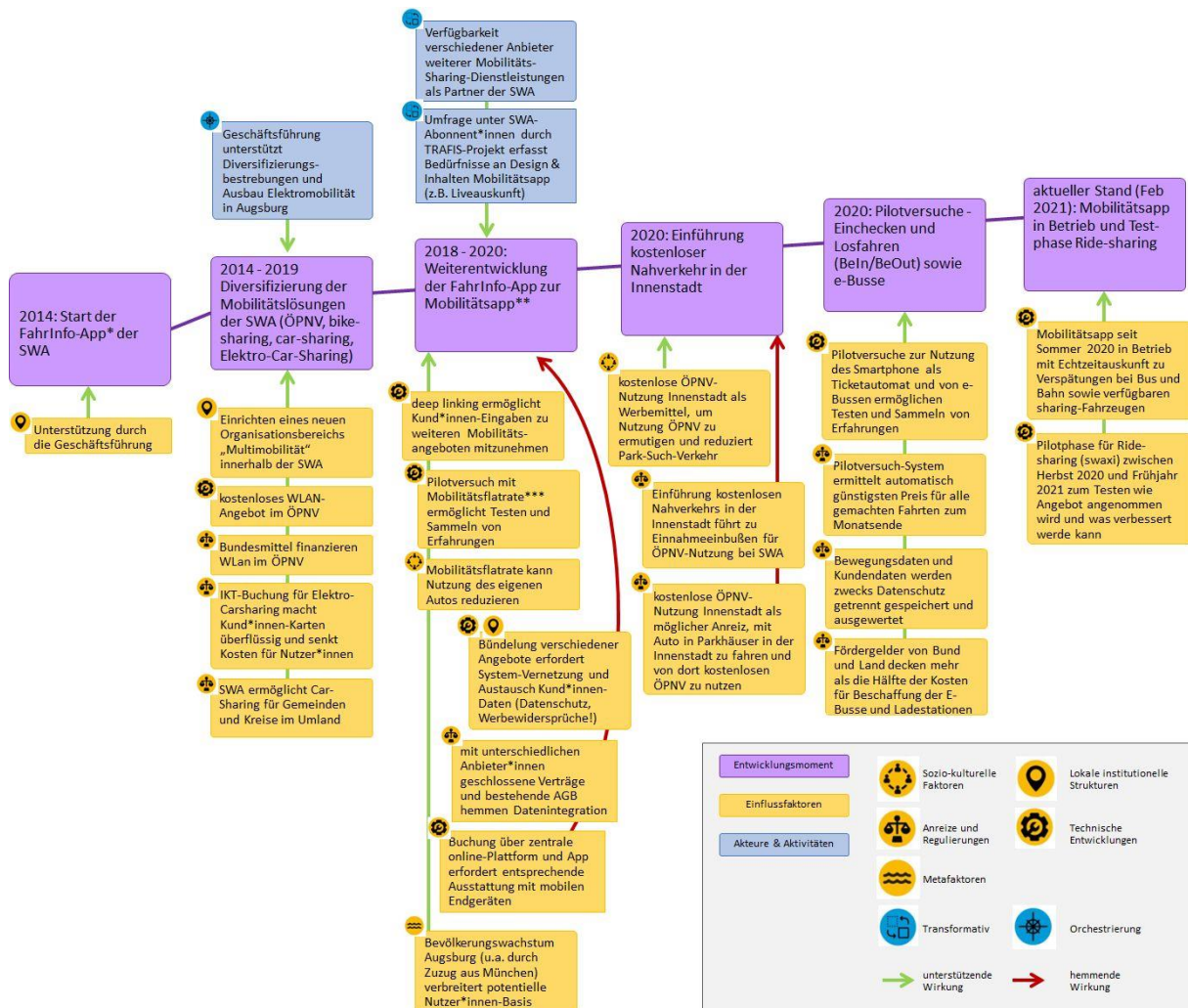
Basierend auf den Erkenntnissen zu relevanten Einflussfaktoren, Akteuren und Aktivitäten aus TRAFIS 1 (siehe Hirschnitz-Garbers et al. 2020) wurde eine Tabelle wichtiger Komponenten des Entwicklungspfades auf dem Weg zur Umsetzung einer Mobilitätsapp in Augsburg erarbeitet (siehe nachfolgende Tabelle 21) und als Grundlage für die Verständigung und weitere Begleitung im Fall Augsburg verwendet.

Diese Tabelle bildete dann die Grundlage, um im Rahmen verschiedener online-Austauschtreffen mit Expert*innen der SWA, die zwischen August 2020 und März 2021 stattfanden, gezielte Nachfragen zu stellen, wo Unklarheiten oder Lücken bezüglich relevanter Komponenten des Entwicklungspfades bestanden. Auf diese Weise wurde der in Abbildung 10 dargestellte Entwicklungspfad erarbeitet und zwecks Feedbacks an die Expert*innen der SWA gesendet.

Aus der Darstellung des Entwicklungspfades wird in der Analyse relevanter Einflussfaktoren, Akteure und Aktivitäten deutlich, dass

- ▶ insbesondere **technische Entwicklungen** sowie **Anreize und Regulierungen** unterstützenden Einfluss auf die Umsetzung der Mobilitätsapp hatten, beispielsweise durch vereinfachte Nutzer*innen-Führung, die Nutzung von Pilotphasen zur Erprobung neuer Funktionsweisen und durch Kostensenkungen für Nutzer*innen;
- ▶ **lokale institutionelle Strukturen** überwiegend positiv auf die Umsetzung der Mobilitätsapp gewirkt haben, insbesondere über Unterstützung durch die Geschäftsführung und die Einrichtung einer eigenständigen Organisationseinheit;
- ▶ **sozio-kulturelle Faktoren** und **Meta-Faktoren** nur vereinzelt als relevant genannt wurden und dabei unterstützend wirken, beispielsweise dadurch, dass die Einführung der Mobilitätsapp die PKW-Nutzung reduzieren helfen könnte und dass durch das Bevölkerungswachstum Augsburg die potenzielle Basis an Nutzer*innen der Mobilitätsapp steigt.

Abbildung 10: Entwicklungspfad für die Umsetzung der MobilitätsApp der SWA



Quelle: Martin Hirschnitz-Garbers & Susanne Langsdorf (Ecologic Institut), Auszug aus der Kommunikation mit den Stadtwerken Augsburg im Rahmen der Begleitung (unveröffentlicht)

4.4.2.2 Gemeinsame Vorreiter*innen-Session für intermodalen ÖPNV durch Mobilitätsapps beim mcc-StadtwerkeForum

Mittels einer Desktop-Recherche und Quellenanalyse wurden die folgenden Stadtwerke und Verkehrsgesellschaften identifiziert, die entweder bereits Mobilitätsapps nutzen oder gerade in der Entwicklung und Umsetzung solcher Apps begriffen sind:

1. Berliner Verkehrsbetriebe BVG, „Jelbi-App“
2. Nordhessischer Verkehrsverbund NVV, intermodale Softwarelösung „Mobilfalt“
3. Stadtwerke Krefeld, „App SWK unterwegs“
4. Stadtwerke Ulm, „SWU | Mobile App“

Über Email- und telefonische Ansprache konnten, bis auf den NVV, Vertreter*innen aller anderen drei Stadtwerke und Verkehrsgesellschaften für eine Teilnahme an einer gemeinsamen Vorreiter*innen-Session gewonnen werden.

Zur Planung und Abstimmung der gemeinsamen Vorreiter*innen-Session beim mcc-StadtwerkeForum im November 2021 fand ein online Austausch im Juni 2021 statt. Dieser diente auch dem Kennenlernen der vier beteiligten Vertreter*innen von Stadtwerken bzw. Verkehrsgesellschaften. Im Laufe des Gespräches kam es auf Initiative einzelner Vertreter*innen

über die Besprechung der gemeinsamen Session im November hinaus bereits zu einem ersten Erfahrungsaustausch – dieser Austausch besaß bereits Elemente von Verbreitungsansatz Nr. 2 aus Tabelle 17 „Peer-Lernen durch Austausch mit anderen Vorreiter*innen intermodaler Mobilität und der Nutzung von Mobilitätsapps“. Da die Mobilitätsapps der vier Stadtwerke bzw. Verkehrsgesellschaften einen unterschiedlichen Umfang von Funktionen und Mobilitätsangeboten haben, sind auch unterschiedliche, teilweise externe Anbieter*innen und Dienstleister*innen (z. B. für den Ticket-Shop oder die Finanzabwicklung) als Partner*innen einzubinden. Abstimmungen mit externen Partner*innen erfordern teilweise einen hohen Zeitaufwand und kurze, ad-hoc benötigte Klärungen sind nicht immer möglich. Daher haben hier Stadtwerke einen Vorteil, welche eigene Entwickler-Teams im Haus haben und damit kurze Wege für ad-hoc benötigte Klärungen haben. Weiterhin wurden Erfahrungen zu verschiedenen externen Dienstleister*innen ausgetauscht, um Inspirationen einzuholen.

Tabelle 21: Relevante Einflussfaktoren, Akteure und Aktivitäten für die Umsetzung der Mobilitätsapp in Augsburg

Entwicklungsmomente und Wendepunkte	Einflussfaktoren	Wirkungen	Akteure und Aktivitäten
2014: Start der FahrInfo-App (Fahrplan-basierte Reiseauskünfte und Ticketverkauf) der SWA	Lokale institutionelle Faktoren: Unterstützung durch die Geschäftsführung	Unterstützend	Orchestrierung: Geschäftsführung der SWA unterstützt Digitalisierungsbestrebungen
2014 - 2017: Diversifizierung der Mobilitätslösungen der SWA (ÖPNV, bike-sharing, car-sharing)	Lokale institutionelle Faktoren: Diversifizierung der Mobilitätslösungen stark von Geschäftsführung getrieben Lokale institutionelle Faktoren: Einrichten eines neuen Organisationsbereichs „Multimobilität“ innerhalb der SWA	Unterstützend	Transformativ: Verfügbarkeit verschiedener Anbieter weiterer Mobilitäts-Sharing-Dienstleistungen als Partner Orchestrierung: Geschäftsführung der SWA unterstützt Diversifizierungsbestrebungen
2018: Tarifreform der Mobilitätsangebote der SWA	Sozio-kulturelle Faktoren: Tarifumstellung hat für viel negative Presse gesorgt Anreize und Regulierungen: Tarifreform macht Nutzung von ÖPNV-Abonnements attraktiver und schafft Anreize für Gelegenheitsnutzer*innen	Hemmend Unterstützend	Transformativ: Stadtrat unterstützt die Tarifreform
2018 - 2019: Erweiterung des Dienstleistungs-Angebots im Bereich ÖPNV und Elektro-Carsharing	Anreize und Regulierungen IKT-Umsetzung mobiler Buchungen für Elektro-Carsharing senkt Kosten für Nutzer*innen. Technische Entwicklungen: freies WLAN-Angebot und Klimatisierung im ÖPNV als positive Faktoren für gesteigerte ÖPNV-Nutzung Anreize und Regulierungen: Bundesmittel (Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme) finanzieren freies WLAN-Angebot im ÖPNV	Unterstützend	Orchestrierung: Geschäftsführung der SWA unterstützt Ausbau der (geteilten) Elektromobilität in Augsburg, inkl. Ausbau von Ladestationen

Entwicklungsmomente und Wendepunkte	Einflussfaktoren	Wirkungen	Akteure und Aktivitäten
	<p>Anreize und Regulierungen: Rabattaktionen für App-/online-Nutzung gewisser Tarifoptionen (Rabattaktion für Streifenkarten als e-Fahrschein) gewährt Kund*innen ökonomische Vorteile und senkt Kosten für die Nutzung von Mobilitätsangeboten.</p> <p>Anreize und Regulierungen: SWA bieten im Umland in einigen Gemeinden Carsharing Autos an – über Festzuschuss erhalten die Gemeinden/Kreise die Möglichkeit, Einwohner*innen ein Mobilitätsangebot jenseits des ÖPNV zu unterbreiten.</p>		
<p>2018 - 2020: Weiterentwicklung der FahrInfo-App zu einer Mobilitätsapp**</p> <p>** Mobilitätsapp bündelt bestehende neu hinzukommende Produkte und macht alle Produkte für intermodale Mobilität plan- und buchbar</p>	<p>Technische Entwicklungen: deep linking erlaubt Mitnahme von Kund*innen-Eingaben zu anderen Mobilitätsangeboten</p> <p>Anreize und Regulierungen: Abonnement „FahrInfo-Plus“ integriert Bike- und Car-Sharing als kostenlose Zusatzangebot</p> <p>Technische Entwicklungen: Bündelung unterschiedlicher Angebote erfordert Vernetzung unterschiedlicher Systeme und Austausch von Kund*innen-Daten (Datenschutz, Werbewidersprüche!)</p> <p>Sozio-kulturelle Faktoren: Umfrage unter SWA-Abonent*innen bringt Erkenntnisse zu Bedürfnissen und Gestaltung der Mobilitätsapp (z. B. Relevanz einer Liveauskunft)</p> <p>Metafaktoren: Demographisches Wachstum der Bevölkerung Augsburg (u. a. durch Zuzug aus München) verbreitert potenzielle Nutzer*innen-Basis für ÖPNV und Mobilitätsapp</p> <p>Technische Entwicklungen: IKT-Umsetzung bestimmter Tarifangebote (Streifenkarte) fördert Missverständnisse und Fehlbuchungen bei Kund*innen.</p> <p>Übertragbarkeit des Mobilitätsabonnements auf andere Personen (Mitnutzung) bisher in der IKT-Umsetzung technisch nicht lösbar.</p>	<p>Unterstützend</p> <p>Hemmend</p> <p>Unterstützend</p> <p>Unterstützend</p> <p>Hemmend</p>	<p>Transformativ: Verfügbarkeit verschiedener Anbieter weiterer Mobilitäts-Sharing-Dienstleistungen als Partner der SWA</p> <p>Transformativ: TRAFIS-Projekt übernimmt Konzeption und Auswertung einer online-Umfrage mit n=160 TN; Ergebnisse unterstützen Design und Zuschnitt der App entlang von Nutzer*innen-Bedürfnissen und -wünschen</p>

Entwicklungsmomente und Wendepunkte	Einflussfaktoren	Wirkungen	Akteure und Aktivitäten
	<p>Anreize und Regulierungen: Zusammenführung der AGBs unterschiedlicher Anbieter stellt eine rechtliche Herausforderung dar.</p> <p>Sozio-kulturelle Faktoren: Kund*innen verstehen Kombiprodukte nicht leicht</p>		
<p>2020: Pilotversuch zum Einchecken und Losfahren (Beln/BeOut)</p> <p>(https://www.sw-augsburg.de/magazin/detail/smartphone-statt-ticketautomat/, eingesehen am 19. Januar 2022)</p>	<p>Technische Entwicklungen: Pilotversuch zur Nutzung des Smartphones als Ticketautomat ermöglicht Testen und Sammeln von Erfahrungen mit Beln/BeOut auf Anbieter*innen- und Nutzer*innen-Seite</p> <p>Anreize und Regulierungen: Pilotversuch-System ermittelt automatisch günstigsten Preis für alle gemachten Fahrten zum Monatsende</p> <p>Anreize und Regulierungen: Bewegungsdaten und Kundendaten werden zwecks Datenschutzes getrennt gespeichert und ausgewertet</p>	Unterstützend	-
<p>2020: Einführung kostenlosen Nahverkehrs in der Innenstadt</p> <p>(https://www.sueddeutsche.de/bayern/pilotprojekt-kostenloser-nahverkehr-startet-in-augsburg-1.4742878, eingesehen am 19. Januar 2022.)</p>	<p>Lokale institutionelle Faktoren / Anreize und Regulierungen: Einführung kostenlosen Nahverkehrs in der Innenstadt führt zu Einnahmeeinbußen für ÖPNV-Nutzung bei Stadtwerken</p> <p>Sozio-kulturelle Faktoren: die kostenlose ÖPNV-Nutzung in der Innenstadt dient als Werbemittel, um mehr Menschen zur Nutzung öffentlicher Mobilität zu ermutigen und reduziert Park-Such-Verkehr</p> <p>Sozio-kulturelle Faktoren: die kostenlose ÖPNV-Nutzung in der Innenstadt als möglicher Anreiz, mit dem Auto in Parkhäuser in der Innenstadt zu fahren und von dort kostenlosen ÖPNV zu nutzen</p>	<p>Hemmend</p> <p>Unterstützend</p> <p>Hemmend</p>	-
	<p>Technische Entwicklungen: Nutzung zweier E-Busse und Ausweitung des Fahrtaktes erlauben Testen und Sammeln von</p>	Unterstützend	-

Entwicklungsmomente und Wendepunkte	Einflussfaktoren	Wirkungen	Akteure und Aktivitäten
<p>2020: Pilotversuch mit e-Bussen in Augsburg</p> <p>(https://www.avv-augsburg.de/fahrtauskunft/neuigkeiten/details/avv-startet-mit-pilotprojekt-in-die-e-mobilitaet/, eingesehen am 19. Januar 2022)</p>	<p>Erfahrungen mit umweltfreundlicherer öffentlicher Mobilität (auf Anbieter*innen und Nutzer*innen-Seite)</p> <p>Anreize und Regulierungen: Fördergelder von Bund und Land decken mehr als die Hälfte der Kosten für Beschaffung der E-Busse und Ladestationen</p>	<p>Unterstützend</p>	
<p>Heutiger Stand: Mobilitätsapp in Betrieb und Testphase Ride-sharing</p>	<p>Technische Entwicklungen: Mobilitätsapp (swa Mobil-App) seit Sommer 2020 in Betrieb mit Echtzeitauskunft zu Verspätungen bei Bus und Bahn sowie verfügbaren Sharing-Fahrzeugen</p> <p>Technische Entwicklungen: Pilotphase für Ride-sharing (swaxi) zwischen Herbst 2020 und Frühjahr 2021 zum Testen wie das Angebot angenommen wird und was verbessert werden kann</p>	<p>Unterstützend</p>	<p>Transformativ: Geschäftsführung der SWA wirbt für Augsburger intermodale und digitalisierte Mobilitätskonzepte (u. a. Stadtwerke-Tagung April 2021 und StadtwerkeForum November 2021)</p>

Quelle: eigene Darstellung (Ecologic Institut)

Das StadtwerkeForum 2021 fand vom 22. bis 23. November 2021 im Radisson Blue Hotel am Flughafen in Hamburg als hybride Veranstaltung statt. Es nahmen vor Ort etwa 30 Personen und online weitere 45 Personen teil. Die Workshopssession zum Thema „Mobilitätsapps und Intermodalität – Herausforderungen und Lösungsansätze aus Sicht von Stadtwerken“ bildete den Abschluss des 1. Forumstages am 22. November. Aufgrund von Erkrankung und der Corona-Situation nahmen nur drei der vier eingebundenen Stadtwerke teil (die Stadtwerke Ulm konnten wegen Krankheit der Vertreterin nicht dabei sein) und davon zwei nur virtuell (Augsburger Verkehrsgesellschaft und Stadtwerke Krefeld).

Nach einer kurzen thematischen Einführung durch den Moderator, Martin Hirschnitz-Garbers, präsentierte zunächst die Augsburg Verkehrsgesellschaft die Entwicklungen, den Stand und die weiteren Schritte zur dortigen MobilApp. Im Anschluss stellten die Berliner Verkehrsbetriebe die Jelbi-App und geplante Umsetzungsschritte vor. Den Abschluss bildeten die Stadtwerke Krefeld zur App-integrierten Umsetzung verschiedener Spartenangebote der Stadtwerke. In der anschließenden Diskussion zwischen den Stadtwerks-Vertreter*innen und dem Publikum wurde deutlich, dass die Mobilitätsapps dazu beitragen sollen – und nach Nutzer*innen-Zahlen auch können – den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren und mehr Nutzer*innen für den ÖPNV sowie für bike-, (Elektro-)car- und ride-sharing zu gewinnen. Dazu nutzen die Stadtwerke unterschiedliche Kombinationen von externen oder in-house Mobilitäts-Angeboten und stellen Nutzerfreundlichkeit über leicht zu bedienende Schnittstellen (Apps) her, über die die Nutzer*innen beispielsweise die schnellste Verbindung, die aktuelle Verspätungslage, den Auslastungsgrad der Verkehrsmittel oder den bestmöglichen Preis bereitgestellt bekommen und auch gleich mit eTickets fahren können. Gleichzeitig stellen beispielsweise die Augsburger Verkehrsbetriebe sicher, dass das ride-sharing gemeinsam mit Taxifahrer*innen umgesetzt wird, um gegenseitige Konkurrenz zu vermeiden. Über differenzierte Tarifsysteeme wird darüber hinaus sichergestellt, dass die sharing-Angebote nicht die ÖPNV-Nachfrage schmälern, z. B. indem für ride-sharing-Angebote dann Taxipreise genommen werden, wenn für die Verbindung eine gute ÖPNV-Alternative besteht und nur dann ÖPNV-Preise zur Geltung kommen, wenn es keine gute ÖPNV-Verbindung gibt.

Während die Jelbi-App bzw. das intermodale Angebot von Jelbi viele verschiedene externe Mobilitätsanbieter*innen integriert, hat die Augsburg Verkehrsgesellschaft eine eigenständige car-sharing-Flotte aufgebaut und betreibt diese nun gewinnbringend. Weiterhin haben die Stadtwerke Krefeld ein eigenständiges Programmierer*innen- bzw. IT-Team für die App-Betreuung etabliert, während diese Dienste bei Jelbi in Berlin und bei der MobilApp in Augsburg über externe Dienstleister*innen erbracht werden. Für die internen Lösungen wurden größere Flexibilität sowie Planungs- und Designmöglichkeiten positiv hervorgehoben.

Insgesamt wurde betont, dass es bei allen Stadt-spezifischen Lösungen auch viele Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten zwischen den Mobilitätsapps und intermodalen Angeboten mit Blick auf Entwicklungsschritte und Herausforderungen gibt. So kamen – und kommen weiterhin – bei allen drei Mobilitätsapps und intermodalen Angeboten Stück für Stück neue Mobilitätsangebote hinzu. Diese Ergänzungen führten in allen Fällen zu weiteren Anpassungen in der Funktionalität der Apps sowie in den dahinterliegenden vertraglichen Vereinbarungen und Abrechnungslogiken. Diese Änderungen bemerken die Nutzer*innen idealerweise nicht, sondern behalten über ein sogenanntes „single-sign-on“ (sich nur einmal anmelden müssen) Zugang zu allen Angeboten. Perspektivisch wollen viele Stadtwerke diesen Zugang auch spartenunabhängig stellen, also sowohl Mobilitäts- als auch Energie- und Wasserversorgungsangebote darüber zugänglich machen. Mit der zunehmenden Integration von Angeboten und Funktionalitäten, die auch verschiedene, z. T. externe Dienstleister*innen einbeziehen, werden Fragen der Rechtssicherheit und des Datenschutzes dringlicher. Daher

haben alle Stadtwerks-Vertreter*innen empfohlen, die Rechts- und Datenschutzabteilung so frühzeitig wie möglich und dann kontinuierlich einzubinden in die Entwicklung und Weiterentwicklung von Mobilitätsapps. Weiterhin ist aus Sicht aller Stadtwerks-Vertreter*innen des Workshops ein wichtiger Erfolgsfaktor, dass die Kund*innen aktiv in die Weiterentwicklungen einbezogen werden, beispielsweise über Umfragen, aber auch Pioniernutzer*innen-Systeme (wie im Falle der Erprobung des Be-In/Be-Out Zugangssystems zum ÖPNV via Smartphone in Augsburg). Der Einbezug von Kund*innen, externen Dienstleister*innen und verschiedenen internen Abteilungen erfordert eine agile und flexible Geisteshaltung der Mitarbeiter*innen und der Geschäftsführung, damit solche Innovationsprozesse auch zeitlich und räumlich möglich sind und mit entsprechenden personellen und finanziellen Ressourcen ausgestattet sind.

Insgesamt zeigten die Diskussionen damit auch, dass ein direktes Nachahmen der Ansätze aus einzelnen Städten nicht erfolgsversprechend ist. Vielmehr bedarf es individualisierter Lösungen, die von anderen inspiriert sein können und von anderen lernen dürfen, was ähnliche Ansätze angeht, aber dass diese auf den spezifischen Kontext angepasst umgesetzt werden müssen.

4.4.2.3 Reflexion zur Eignung des Ansatzes für das Verbreitungsziel

Sowohl die Erfahrung im Vorgespräch zwischen den Stadtwerks-Vertreter*innen als auch im Rahmen der Workshop-Diskussionen zeigen, dass die Planung und Umsetzung einer Vorreiter*innen-Session gut dazu geeignet erscheint, einen Fallbeispiel-übergreifenden Austausch und ein gegenseitiges Lernen zu ermöglichen.

Durch die gezielten Fragen nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden in Herausforderungen und Erfolgsfaktoren konnten die Diskussionen neue Aspekte hervorbringen, wo(rin) und warum sich die jeweiligen Ansätze unterscheiden und was aus welchen Gründen in welcher Fallkonstellation gut funktioniert hat. Dadurch konnten mögliche Lernerfahrungen in alle Richtungen mitgenommen werden – einerseits von den Erfahrungen in Augsburg (als Fallbeispiel in TRAFIS 2) für die anderen Stadtwerks-Vertreter*innen, z. B. mit Blick auf den Aufbau eines eigenen car-sharing-Angebots oder der tariflichen Integration von ÖPNV mit Sharing-Lösungen. Andererseits aber auch von den anderen Stadtwerken für Augsburg, beispielsweise bezüglich eines eigenständigen App-Programmierer*innen-Teams, der frühzeitigen Einbeziehung der Rechts- und Datenschutzabteilung oder auch des Aufbaus von Stationen für Intermodalität in der Stadt wie durch Jelbi in Berlin.

Die Vertreter*innen der Stadtwerke Augsburg betonten, dass der Austausch mit Kolleg*innen aus anderen Stadtwerken hinsichtlich der Erfahrungen mit digitalen Angeboten und Apps sehr wertvoll war, um daraus Rückschlüsse für eigene Projekte ziehen zu können. Hier Netzwerke aufzubauen ist daher wichtig, um sich an positiven Beispielen orientieren zu können. Zwar gab es seither noch keinen Nachfolgetermin, aber für die SWA ist ein weiterer Austausch insbesondere mit Blick auf das Themenfeld „Mobilität als Service“ sehr spannend. Hier sind aufgrund der regionalen Nähe die Stadtwerke Ulm eine interessante Ansprechpartnerin, beispielsweise als Testpartnerin für eine Check-in/check-out Entwicklung der SWA.

Damit kann angenommen werden, dass der Verbreitungsansatz einer Vorreiter*innen-Session, inkl. der Vorabstimmungen dazu, zur Erreichung des Ziels geeignet ist, bestehende Mobilitätsapp-Lösungen bekannt zu machen und bezüglich deren Weiterentwicklung und Umsetzung von anderen zu lernen.

4.4.2.4 Reflexion zu Erfolgsfaktoren sowie weitere Unterstützungsbedarfe für eine Verbreitung

In der Zusammenschau der drei begleiteten Verbreitungsansätze konnten die in der folgenden Tabelle 22 dargestellten Erfolgsfaktoren für eine Verbreitung ermittelt werden.

Tabelle 22: Erfolgsfaktoren aus den begleiteten Verbreitungsansätzen in Augsburg

Erfolgsfaktor – Kategorie	Erfolgsfaktor – Kurzbeschreibung, ergänzt um konkrete Beispiele
institutioneller Rückhalt	Geschäftsführung ist ebenfalls an der Verbreitung beteiligt durch Teilnahme an Stadtwerke-Tagungen; das unterstützt die Teilnahme an Verbreitungsprozessen auf operativer Ebene
personelle und finanzielle Kapazitäten	<p>Wissen um relevante Aspekte sowie vielversprechende*r Partner*innen für ein „Peer Lernen“ ist verfügbar oder wird verfügbar gemacht</p> <p>für ein „Peer Lernen“ geeignete Personen mit relevantem Wissen und Erfahrungen sowie mit Zugang zu Entscheidungsprozessen stehen für Verbreitungsprozesse zur Verfügung</p> <p>eine dauerhafte Personal- und Finanzausstattung unterstützt Verbreitungsaktivitäten</p> <p>(anteilige) externe Kostenübernahme für Beteiligung ermöglicht Teilnahme von Stadtwerken und Verkehrsgesellschaften an Verbreitungsprozessen</p>
politische Unterstützung	die Themen nachhaltige Mobilität, Intermodalität und Mobilitätsapps sind auf der politischen Agenda verankert und erfahren politische Unterstützung (z. B. wird gegenwärtig ein Klimaschutzprogramm 2030 erarbeitet ¹⁵ , siehe KlimaKom und THINK 2021, und der Umweltausschuss des Stadtrats hat ein noch maximal verfügbares CO ₂ -Restbudget in Höhe von max. 9,7 Millionen Tonnen beschlossen ¹⁶)
Wahrscheinlichkeit relevanter Lerneffekte	<p>praxisrelevante Querbezüge und Lerneffekte bringen Mehrwert für die Verbreitung</p> <p>Diskussion über Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Mobilitätsapp-Ansätzen sowie zu bestehenden Herausforderungen fördern die Identifikation praxisrelevanter Querbezüge und Lerneffekte</p>

Quelle: eigene Darstellung (Ecologic Institut)

Diese Zusammenführung von Erfolgsfaktoren für die im Fallbeispiel Augsburg begleiteten Verbreitungsprozesse zeigt, dass die Verbreitung dann gelingen kann, wenn es praxisrelevante Querbezüge und Lerneffekte gibt bzw. diese leicht identifiziert werden können. Im Verbreitungsansatz für das Fallbeispiel Augsburg bestanden solche Lerneffekte nach gegenseitigem Austausch u. a. darin, dass

- ▶ die Rechts- und Datenschutzabteilungen so frühzeitig wie möglich und dann kontinuierlich in die Entwicklung und Weiterentwicklung von Mobilitätsapps einbezogen werden sollten;
- ▶ Erfahrungen mit guten externen Dienstleister*innen für weitere Angebote, Rechnungserstellung, etc. ausgetauscht werden konnten;
- ▶ interne Kapazitäten für eigene Mobilitätsangebote sowie für eigene IT- bzw. Entwickler*innen-Teams die Flexibilität der Infrastrukturlösungen erhöhen;
- ▶ Kund*innen aktiv in die Weiterentwicklungen einbezogen werden (z. B. über Umfragen oder Pioniernutzer*innen-Systeme) sollten;

¹⁵ Siehe <https://www.staz.de/region/augsburg/politik/verwaltung-programm-klimaschutz-erarbeiten-id232193.html> und <https://www.staz.de/region/augsburg/politik/klimastudie-einhaltung-co2-restbudgets-augsburg-realistisch-id231886.html>, beide eingesehen am 19. Januar 2022.

¹⁶ Siehe <https://www.staz.de/region/augsburg/politik/klimaziele-fuer-augsburg-umweltausschuss-beschliesst-co2-restbudget-id217978.html>, eingesehen am 19. Januar 2022.

- ▶ eine agile und flexible Geisteshaltung der Mitarbeiter*innen und der Geschäftsführung erforderlich sind, damit solche Innovationsprozesse zeitlich, räumlich und mit Blick auf die Personal- und Finanzressourcen möglich gemacht werden.

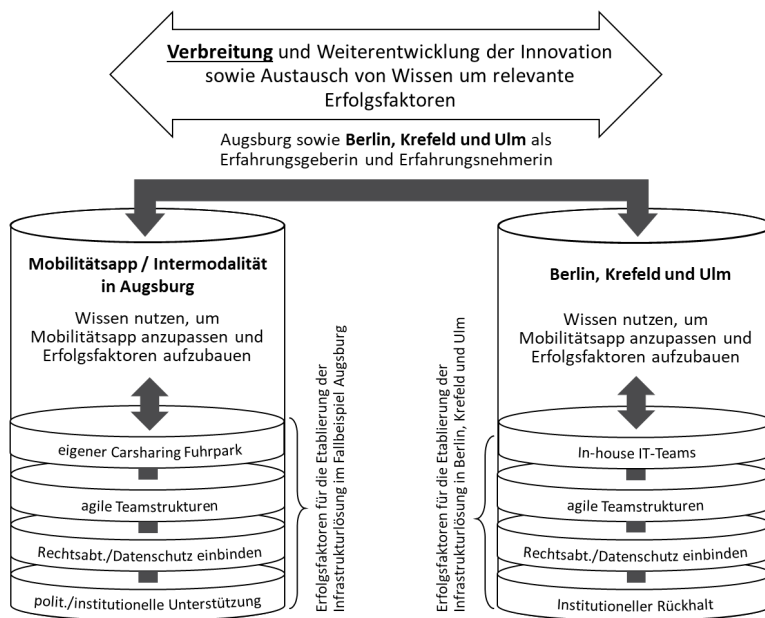
Solche Lerneffekte zu ermitteln, setzt einerseits Wissen um relevante Aspekte voraus, für die ein „Peer Lernen“ vielversprechend erscheint. Zu diesem Wissen konnten in der Prozessbegleitung auch die Visualisierung des Entwicklungspfads und die dazu geführten Gespräche mit Vertretern der SWA beitragen. Andererseits müssen auch vielversprechende potenzielle weitere Fallbeispiele vorhanden sein, um diese Verbreitungsprozesse zielführend und ein „Peer Lernen“ praxisrelevant zu machen. Die im Rahmen des TRAFIS-Projektes vorgenommene Analyse und Ansprache der anderen Stadtwerke und Verkehrsgesellschaften hat hier einen Beitrag leisten können.

Ergänzend dazu sind hier, wie auch im Fallbeispiel Steinfurt, bestehende personelle Ressourcen mit Zugang zu Entscheidungsprozessen wichtig, damit die Verbreitungsprozesse stattfinden und auch zu operativen Lerneffekten führen können. Dass diese Ressourcen bestehen und die Teilnahme an Verbreitungsprozessen möglich ist, wird sowohl durch institutionellen Rückhalt (beispielsweise im Sinne der personellen Ausstattung der entsprechenden Abteilungen sowie durch Teilnahme der Hierarchie an Verbreitungsprozessen) als auch durch politische Unterstützung erleichtert. Im begleiteten Verbreitungsansatz war überdies eine anteilige Kostenübernahme wichtig, um den Verkehrsgesellschafts-Vertreter*innen die Teilnahme am physischen Austauschevent zu ermöglichen.

Abbildung 11 illustriert die für die Verbreitung wichtigen Einflussfaktoren durch „peer-Lernen“ im Fallbeispiel Augsburg. Darüber hinaus können folgende Eigenschaften als wichtige Erfolgsfaktoren in dem Fallbeispiel gesehen werden:

- ▶ Institutionelle und politische Unterstützung für Teilnahme an „Peer Lernen“ und Verbreitungsprozessen
- ▶ Wissen um relevante Aspekte sowie vielversprechender Partner*innen für ein „Peer Lernen“ verfügbar
- ▶ Personen mit relevanten Wissens- und Erfahrungsbeständen sowie mit Zugang zu Entscheidungsprozessen verfügbar
- ▶ praxisrelevante Querbezüge und Lerneffekte wahrscheinlich bzw. identifiziert
- ▶ dauerhafte Personal- und Finanzausstattung
- ▶ politische Relevanz der Themen

Abbildung 11: Erfolgsfaktoren für die Verbreitung im Fallbeispiel Augsburg



Quelle: eigene Darstellung (Ecologic Institut)

4.4.2.5 Diskussion möglicher Nachhaltigkeitseffekte der erprobten Ansätze anhand des Nachhaltigkeitsbewertungstools

Eine Bewertung der möglichen Nachhaltigkeitseffekte der erprobten Verbreitungsansätze konnte im Rahmen der Prozessbegleitung mangels zeitlicher und personeller Kapazitäten der beteiligten Stadtwerke und Verkehrsgesellschaften nicht umgesetzt werden.

4.4.3 Verbreitung mithilfe des TRAFIS.NB-Tools – Anwendung im Fallbeispiel Cottbus

Box 8: Zusammenfassung zum Verbreitungsansatz in Cottbus

Zusammenfassung zum Verbreitungsansatz in Cottbus

Für die Planung des Hafenquartiers in Cottbus wurde das im Projekt entwickelte Werkzeug TRAFIS.NB (vgl. Kapitel 3) zur Nachhaltigkeitsbewertung eingesetzt (Olfert und Walther 2023). Begleitet durch das TRAFIS-Projektteam haben die relevanten Akteure die Nachhaltigkeitswirkungen verschiedener, zur Diskussion stehender Infrastrukturlösungen strukturiert durchgearbeitet und abschließend gemeinsam und offen diskutiert. Dabei konnte Wissen zwischen den am Planungs- und Umsetzungsprozess beteiligten Akteuren weitergegeben werden, was in der Praxis oftmals nicht erfolgt, da die Zuständigkeiten der einzelnen Akteure sektoral oder zeitlich entkoppelt sind. Neben der Stadtpolitik und -verwaltung waren die Versorgungs- und Wohnungswirtschaft beteiligt. Die Anwendung des TRAFIS.NB Werkzeugs konnte dazu beitragen, die Lösungssuche zu versachlichen, objektiviert Lösungen zu priorisieren und Informationen oder Interrelationen aufzudecken, die für den Planungs- und Umsetzungsprozess wichtig sind.

4.4.3.1 Moderierter Lösungsfindungsprozess für eine CO₂-neutrale Energieversorgung für das Hafenquartier am Cottbuser Ostsee

Cottbus, im Südosten des Landes Brandenburg mit rund 100.000 Einwohnern und Zentrum des Lausitzer Braunkohlereviere, steckt **mitten im Strukturwandel**. Die Stadt hat großes Interesse, den Strukturwandel proaktiv zu gestalten, die Attraktivität der Stadt zu erhöhen und die

Position als Oberzentrum im Süden Brandenburgs zu stärken. Die zur Strukturstärkung entwickelten und begonnenen Maßnahmen entwickeln bereits Wirkung und generieren eine steigende Nachfrage nach Wohn- und Gewerbeflächen. Parallel zu diesen neuen Bedarfen braucht es trotz eines bisher erfolgreichen Stadtumbaus weitere Anpassungen im Wohnungsbestand.

Die Stadt setzt darauf, beide Entwicklungen durch die Neuordnung ungeordneter oder brach liegender Flächen innerhalb der Stadt zu ermöglichen und auf eine weitere Flächeninanspruchnahme zu verzichten. Große Hoffnungen sind in diesem Zusammenhang mit der **Flutung des ehemaligen Tagebaus Cottbus-Nord** verbunden. Dort soll **bis 2026 der „Cottbuser Ostsee“ an der östlichen Stadtgrenze entstehen**. Dadurch erhält ein mehrere hundert Hektar großes Gebiet zwischen der Stadt und dem künftigen See aufgrund seiner Nähe zum See neue Entwicklungsperspektiven. Das über Jahrzehnte diffus gewachsene, bislang vorwiegend für lautes, flächenintensives Gewerbe (Recycling, Lager/Spedition u. ä.) genutzte Gebiet soll gänzlich neu zur sogenannten Seevorstadt entwickelt und der zentrale Entwicklungsschwerpunkt für eine neue Cottbuser Urbanität werden. Die Planer stellen sich hier einen Mix aus modernen Wohnformen- und Arbeitsmöglichkeiten, flankiert von einer autoarmen Organisation der Mobilität, einer CO₂-neutralen Strom- und Wärmeversorgung sowie einer auf hohe Klimaresilienz ausgelegten Freiraum- und Landschaftsplanung vor.

Der Stadtrat hat mit ersten Beschlüssen bereits grundsätzliche Ziele für die Stadtentwicklung vorgezeichnet¹⁷: **Das Hafenquartier wird als eines der ersten Quartiere unmittelbar am Ostsee entstehen**. Es soll als Vorzeigequartier beispielhaft zeigen, dass Fragen der Resilienz, der Ressourcenschonung, Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung unter den hier geltenden Rahmenbedingungen in Einklang gebracht werden können. Die Errichtung beginnt voraussichtlich im Jahr 2028. Vorbereitende Arbeiten, u. a. die Erschließung, werden schon früher erfolgen. Die Bauleitplanung befindet sich in der Erarbeitung. Ein Energiekonzept¹⁸ hat Lösungen für die CO₂-neutrale Strom und Wärmeversorgung untersucht, jedoch aufgrund des zeitlichen Abstandes zur Umsetzung keine Lösung favorisiert. Die weitere Arbeit an Versorgungslösungen ruht, nicht zuletzt aufgrund der Unsicherheit in einer veränderten kommunal-politischen Lage.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist jedoch die Offenheit für die konkrete technische Lösung für das Erreichen der definierten Nachhaltigkeitsziele. Nicht beschlossen ist, wie CO₂-Neutralität und mehr Nachhaltigkeit insgesamt erreicht werden sollen. Der frühe Zeitpunkt im Planungsablauf bietet Chancen, diese Ziele systematisch anzugehen und im Planungsprozess zu verfolgen. Dafür holt sich die Stadt Impulse von außen: **Im Projekt TRAFIS ist das Werkzeug TRAFIS.NB entstanden, welches dabei unterstützt, die Nachhaltigkeit innovativer Infrastrukturlösungen zu bewerten**. Das Werkzeug hilft bei der frühzeitigen Klärung wichtiger Fragen:

- ▶ Haben die von den lokalen Akteuren vorgeschlagenen technischen Lösungen das Potenzial, definierte Nachhaltigkeitsziele zu erreichen?
- ▶ Bestehen Lösungen auch unter den wirtschaftlichen Rahmen der Wohnungswirtschaft?
- ▶ Wie stehen die entscheidenden kommunalpolitischen Akteure der Stadt zu den verschiedenen Lösungsoptionen?

¹⁷ Die Entwicklungsstrategie Cottbuser Ostsee (Schwerpunkt Seevorstadt) als wichtige Grundlage für den weiteren Planungs- und Umsetzungsprozess wurde am 28. April 2021 mehrheitlich durch die Stadtverordnetenversammlung beschlossen. <https://cottbuser-ostsee.de/2021/04/28/entwicklungsstrategie-cottbuser-ostsee/> Aufruf 25.11.22

¹⁸ Mobilitäts- und Energieversorgungskonzept für ein CO₂-neutrales Hafenquartier am Cottbuser Ostsee, 2020, Online unter https://www.cottbus.de/verwaltung/gb_iv/stadtentwicklung/ostsee/sondersitzung_des_ausschusses_fuer_bau_und_verkehr_am_22_09_2020_mitschnitt_und_praesentationen.html Aufruf 25.11.22

Es geht also auch um das **Schaffen einer Legitimationsbasis in einem zukunftsgerichteten Entwicklungsprozess einer Stadt**. Um den Fragen nachzugehen, wurden Vertreter aus Wohnungswirtschaft, Versorgungswirtschaft, Stadtverwaltung, Stadtpolitik, Umweltbehörden eingeladen, Lösungen für die Strom- und Wärmeversorgung entlang der Kriterien der Nachhaltigkeitsbewertung TRAFIS.NB zu bewerten und gemeinsam zu diskutieren. Im Frühsommer 2022 fand dieser Austausch statt – also rechtzeitig vor planerischen Festsetzungen.

4.4.3.2 Binnenverbreitung und Interessenausgleich mithilfe des Bewertungswerkzeugs TRAFIS.NB

Der Wunsch nach Nachhaltigkeit ist als gesellschaftliche Grundhaltung inzwischen als Grundlage für Planungs- und Umsetzungsprozesse etabliert. Die Bewertung erfolgt während eines Planungsprozesses akteurspezifisch und damit „durch die Brille“ des jeweiligen Tätigkeitsfeldes. Ein gemeinsames Nachhaltigkeitsverständnis der Akteure eines gesamten Planungsprozesses besteht in der Praxis in der Regel nicht und wird im Rahmen der Planung, Finanzierung und Umsetzung auch nicht eingefordert. Die Festlegung, welches Vorgehen bzw. welche Lösungsvariante mehr oder weniger nachhaltig ist, wird in der Praxis deshalb letztlich von dem Akteur definiert, der ein Vorhaben tatsächlich umsetzt – soweit diesbezüglich nicht konkretere planerische Regulierungen oder Vorgaben im Planungsprozess fixiert wurden. Anfänglich hohe Ansprüche werden im Prozess daher oft „verwässert“ oder bleiben ganz „auf der Strecke“ (Hölscher und Wittmayer 2018), Nachhaltigkeits-Checklisten, sofern nicht als Instrument in einem zielorientierten Projektmanagement ausgebaut, werden schlimmstenfalls zu Greenwashing-Instrumenten, die nicht zu mehr Nachhaltigkeit von Vorhaben beitragen können (vgl. Kapitel 3.4 zu Praxisanforderung).

Die „Binnenverbreitung“ von lösungs- und nachhaltigkeitsbezogenem Wissen über Handlungsebenen bzw. Akteure hinweg war im Fall Cottbus die Herausforderung zur Ausgestaltung des Transformationsprozesses auf dem Weg zur nachhaltigsten Lösung für die Energieversorgung des Hafenquartiers. Dies soll sicherstellen, dass im Planungs- Entscheidungs- und Umsetzungsprozess eingebundene Akteure sich über wichtige Größen von Nachhaltigkeit austauschen und eine Grundlage schaffen, mit einer potenziell bestgeeigneten Lösungsvariante „ins Rennen“ zu gehen, und um die Nachhaltigkeit prozessbegleitend im Blick zu behalten.

Unter Anwendung der prozessbegleitenden Bewertungswerkzeugs TRAFIS.NB (vgl. Kapitel 3) wurden relevante Akteure in einen Austausch eingebunden, entlang eines Kriteriensets die Nachhaltigkeitswirkungen der zur Diskussion stehenden Infrastrukturlösungen strukturiert durchgearbeitet und abschließend gemeinsam und offen diskutiert.

Das Besondere an diesem Prozess ist, dass die Akteure neben der Bewertung der Kriterien ihre Positionen und Hintergründe zu einzelnen Nachhaltigkeitskriterien mit den Beteiligten austauschen und wo nötig diskutieren konnten. Grundsätzliche Positionen wurden aufgrund der Expertise und teils auch der persönlichen Position der planenden und entscheidenden Akteure erwartungsgemäß vertreten. Neu war hingegen bei der Anwendung in Cottbus die Möglichkeit, die Hintergründe der Bewertungen hinreichend darzulegen und damit das Wissen an die an anderer Stelle im Planungs- und Umsetzungsprozess Beteiligten weiterzugeben. Diese offene Diskussionsmöglichkeit wurde von allen eingeladenen und teilnehmenden Akteuren durchweg positiv aufgenommen.

4.4.3.3 Vorgehen und inhaltliche Ergebnisse

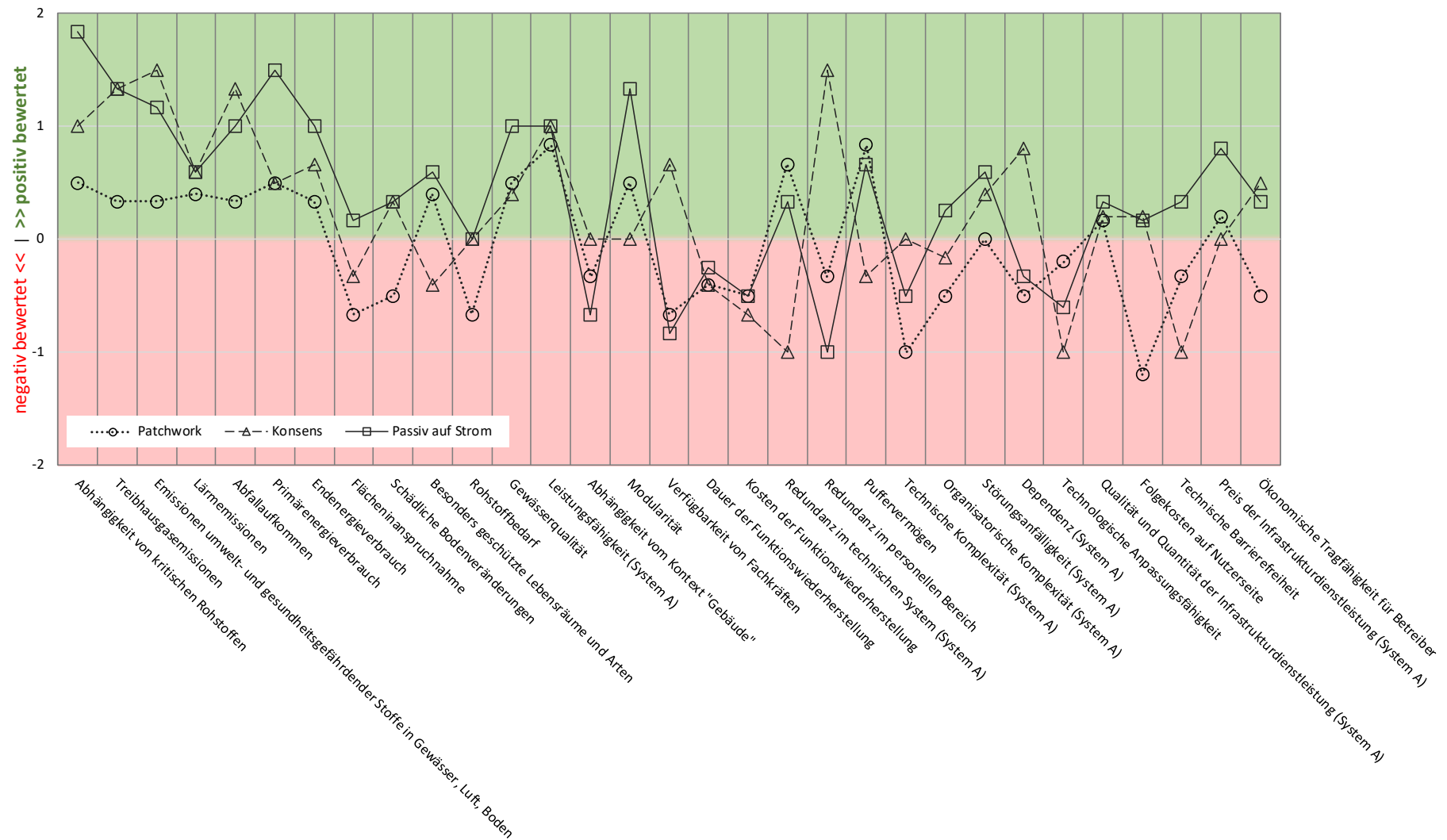
Der Prozess wurde im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitung durch das TRAFIS-Team organisiert und moderiert. Die Stadt Cottbus hatte im Vorfeld dieser Anwendung des wissenschaftlich fundierten Werkzeuges auf die Findung von Lösungen für eine CO₂-neutrale

Strom- und Wärmeversorgung für das Hafenviertel zugestimmt und die Realisierung der Bewertung und Diskussion aktiv unterstützt. Die Bürgermeisterin hat die Akteure aufgerufen, sich im Prozess zu beteiligen. Die Umsetzungsschritte waren wie folgt:

- ▶ 10/2021: Vorstellen des Bewertungsansatzes TRAFIS.NB im Fachbereich Stadtentwicklung der Stadtverwaltung Cottbus bei den Verantwortlichen für die Planung des Hafenviertels.
- ▶ 02/2022: Vorplanung der Nachhaltigkeitsbewertung TRAFIS.NB mit dem, FB Stadtentwicklung, Erläuterung der Schritte, Einbindung der stellvertretenden Bürgermeisterin (BM).
- ▶ 05/2022: Schriftliche Einladung der Akteure, darunter Stadtverwaltung, Stadtpolitik, Wohnungswirtschaft, Energieversorgung, gezeichnet von der stellvertretenden BM, verbunden mit der Bitte um Rückmeldung bei Interesse.
In der Einladung wurden Ziele und die vorher abgestimmten Schritte des geplanten Prozesses erläutert und terminiert.
- ▶ 05/2022: Telefonische Kontaktierung von Interessenten
- ▶ 05/2022: Einsammeln, Sondieren und Aufbereiten konkreter Lösungsoptionen
Dieser Verfahrensschritt wurde im Cottbuser Anwendungsfall individuell hinzugefügt und erprobt. Die Teilnehmenden – auch die nicht technisch versierten Akteure – erhalten dadurch die Möglichkeit, eigene Lösungsoptionen in die Diskussion einzubringen.
- ▶ 06/2022: sechzig-minütiges Onlinemeeting zur Einführung in das Verfahren und das Bewertungsblatt des Trafis.NB-Tools.
- ▶ 06/2022: Zusendung der vorbereiteten Bewertungstabellen und Bearbeitungshinweisen per Email.
- ▶ 06/2022: Einzelbewertung der ausgearbeiteten Optionen durch die teilnehmenden Akteure (ca. 14 Tage Bearbeitungszeit)
- ▶ 06/2022: Erinnerungsmail an die Beteiligten
- ▶ 07/2022: interne Auswertungs- und Aufbereitungsphase zur Aufbereitung und Visualisierung der Bewertungsergebnisse
- ▶ 07/2022: vierstündiger Ergebnisworkshop mit Diskussion der Bewertungsergebnisse der Einzellösungen und einem Vergleich der Lösungen zueinander
- ▶ 07/2022: Nachbereitung und Aufbereitung der Ergebnisse und Zusendung an die Teilnehmenden
- ▶ Geplant: Vorstellung im Ausschuss → Einfluss auf den Planungsprozess

An dem Austausch- und Bewertungs-Prozess haben sich neben der Stadtpolitik und -verwaltung die Versorgungs- und Wohnungswirtschaft beteiligt. Frühzeitig sind die Erwartungen/Positionen/Einschätzungen der relevanten Akteure des Planungs- und Entwicklungsprozesses bekannt geworden. Interessanterweise fallen die Bewertungen der einzelnen Varianten nicht fundamental verschieden aus. Ein Grund dafür ist sicherlich die Tatsache, dass sie bereits in Hinblick auf das Ziel der CO₂-Neutralität entworfen wurden. Eine klare Präferenz für eine der Lösungen lässt sich aus den Bewertungen daher nicht ableiten. Vielmehr wurde deutlich, an welchen Stellen Nachteile bzw. Unsicherheit erwartet werden, die im weiteren Prozess aufgegriffen und vor der Entscheidung durch den Stadtrat geprüft und, soweit in der Phase möglich, gelöst werden sollten. Ggf. sollte in dem Zuge eine weitere Bewertungs- und Diskussionsrunde anhand weiterentwickelter Lösungsvarianten durchgeführt werden.

Abbildung 12: Vergleichende Bewertungsergebnisse mithilfe TRAFIS.NB (Beispiel aus einem realen Prozess)



Quelle: Jörg Walther (BTU Cottbus-Senftenberg), Auszug aus dem Ergebnisbericht der Beteiligung von Expert*innen und Experten an das Stadtplanungsamt Cottbus (unveröffentlicht)

Durchweg positiv bewertet sind Leistungsvariablen sowie die meisten Ressourcenkriterien der bewerteten Lösungsoptionen (vgl. Abbildung 12): alle drei Lösungsvarianten werden positiv gesehen in Bezug auf die Leistungsfähigkeit, die Qualität und Quantität der Energieversorgung, die zu erwartenden Endverbraucherpreise, die Abhängigkeit von regional kritisch eingestuften Ressourcen wie Gas und Wasser, den Energiebedarf oder die Emissionen von Treibhausgasen und anderen gesundheitsgefährdenden Stoffen, von Lärm sowie beim Abfallaufkommen. Negativere Bewertungen resultieren aus möglichen lösungsspezifischen Risiken und Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Neuartigkeit der Lösung und dem damit einhergehenden Systemwechsel. Demnach entstehen Herausforderungen z. B. im Zusammenhang mit der höheren technischen Komplexität der innovativen Lösungen, bei den Kosten und der Dauer möglicher Funktionsausfälle, oder in Bezug auf die technologische Anpassungsfähigkeit des Systems. Aber auch Fragen der ggf. erforderlichen Folgeinvestitionen auf Nutzerseite, der Komplexität der Bedienung (technische Barrierefreiheit) erfordern Beachtung. Erwähnenswert sind die verstärkt fallspezifischen positiv- bzw. negativ-Bewertungen in Bezug auf Flächen- und Rohstoffbedarfe für die Errichtung der Anlagen sowie auf weitere Betriebsvariablen wie die Modularität, das Puffervermögen im System, die Abhängigkeiten zwischen Teil-Systemen oder die Redundanz beim Personal.

4.4.3.4 Reflexion zur Eignung des Ansatzes TRAFIS.NB für das Verbreitungsziel sowie zu Erfolgsfaktoren

Die TRAFIS.NB Nachhaltigkeitsbewertung bietet einen strukturierten Rahmen für die Aktivierung und den Austausch von Wissen der für den Planungs-, Entscheidungs- und Umsetzungsprozess wichtigen Akteure. Damit gelingt es, entlang inhaltlich und methodisch strukturierter Diskurse, die Lösungssuche zu versachlichen, objektiviert Lösungen zu priorisieren und Informationen oder Interrelationen aufzudecken, die für den Planungs- und Umsetzungsprozess wichtig sind. **Binnenverbreitung** zwischen den beteiligten Akteuren geschieht dabei als **implizites Ergebnis eines mehrstufigen multidirektionalen Kommunikationsprozesses** von Akteuren, die in der Realität alle für die Entscheidungsfindung und erfolgreiche Umsetzung relevant sind, jedoch sich in der Realität nicht begegnen, da ihre Zuständigkeiten sektoral oder zeitlich entkoppelt sind. Die Strukturierung durch TRAFIS.NB fördert damit einen Kommunikationsprozess, der in der Praxis-Realität anderweitig in der Regel nicht zustande kommt. Die Anwendung von TRAFIS NB

- a) bietet die Möglichkeit zum strukturierten, umfassenden Austausch
- b) kann einen objektivierenden Rahmen für eine Nachhaltigkeitsdiskussion am konkreten Projekt schaffen
- c) hilft, die nachhaltigste Lösung aus einer Reihe von Optionen zu finden
- d) hilft, den Austausch zwischen unterschiedlichen Akteuren zu moderieren

Insgesamt bildet die Anwendung des TRAFIS.NB-Werkzeugs am Beispiel Cottbus einen Baustein in einem mehrere Jahre andauernden Planungsprozess. Die Bewertung der Teilnehmenden zeigte eine nur leichte Präferenz für eine der Lösungen, die für eine Systementscheidung noch nicht ausreicht. Die Verstetigung des hier begonnenen Austausches unter Einbeziehung weiterer Experten und damit Fachdisziplinen kann die Lösungssuche weiter eingrenzen und unterstützen. In Cottbus sollen die Bewertungs- und Diskussionsergebnisse im für die Entwicklung verantwortlichen Ausschuss vorgestellt werden. Sie dienen als Grundlage für eine weitere Diskussion um eine zielgerechte Strom- und Wärmeversorgung des Quartiers.

Tabelle 23: Erfolgsfaktoren für die Binnenverbreitung im Fallbeispiel Cottbus

Erfolgsfaktor	Merkmale
Auswahl geeigneter Akteure	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Konsens über die generelle Zielstellung, hier CO₂-Neutralität ▶ Offenheit für Prozess und Lösungen ▶ Engagement der Beteiligten – Input von Zeit und Ideen ▶ Vertreten sein diverse Expertisen ▶ Gegenseitiger Respekt der Beteiligten mit unterschiedlichen Perspektiven und Prioritäten
Intensive und neurale Prozessbegleitung und Prozessmoderation	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Bereitstellen eines methodisch, zeitlich und räumlich strukturierten, Rahmens, hier durch das TRAFIS-Team ▶ Vorgabe eines Sets an Nachhaltigkeitskriterien als Bewertungs- und Diskussionsgrundlage ▶ Beteiligen der beteiligten Akteure an der Entwicklung von Lösungsoptionen (zusätzlicher Schritt mit Vorlauf zur Bewertung) ▶ Aufarbeiten der Lösungsoptionen für den Bewertungsprozess, hier durch das TRAFIS-Team ▶ Neutralität der Moderation für einen Austausch auf Augenhöhe
Kontinuität/Verstetigung	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Bereitstellen der Ergebnisse für die öffentliche Verwaltung als Ausgangspunkt für vertiefende Untersuchungen ▶ Einbringen der Ergebnisse in den (z. B. politischen) Entscheidungsprozess (z. B. in Ausschusssitzungen) ▶ Wiederholung von Bewertung und Moderation zu unterschiedlichen Zeitpunkten

Quelle: eigene Darstellung Jörg Walther, BTU

Trotz des grundsätzlichen Erfolgs des Bewertungs- und Diskussionsprozesses, sollen an dieser Stelle Limitierungen und Hindernisse und deren Lösungen angesprochen werden.

- ▶ Komplexe Lösungsoptionen mit variierendem Kontext, wie sich für Cottbus ergeben haben, führen zu Unsicherheit bei der Anwendung von TRAFIS.NB und erschweren den Vergleich mit einer Referenzlösung. Daraus ergibt sich eine erhöhte Anforderung an die Prozessmoderation. Einerseits hinsichtlich der genauen Beschreibung von Lösung und Kontext in den Steckbriefen. Andererseits hinsichtlich der Klärung des Verständnisses von Kriterien, Lösungsoptionen und der Referenzoption. Ggf. kann die Unsicherheit durch einen gemeinsamen Bewertungsprozess in der Bewertungsgruppe abgefangen werden.
- ▶ Die Anzahl der zu bewertenden und zu vergleichenden Lösungen sollte limitiert werden. In Cottbus wurden drei bis vier Lösungsoptionen bewertet. Das überfordert die Bewertenden teilweise. Insbesondere fällt es den Bewertenden schwer, die Optionen immer nur mit der Referenzvariante zu vergleichen. Es besteht die Gefahr, dass die Optionen unter einander verglichen werden, was die Validität des Ergebnisses einschränkt. Ggf. sollten nur 1-2 Lösungen je Durchlauf thematisiert (bewertet und diskutiert) werden.

- ▶ Nicht alle Experten der Bewertungsgruppe können ihren Beitrag wie zugesagt leisten oder verlassen vorzeitig den bereits begonnenen Prozess. Redundanzen durch eine größere Anzahl von Expert*innen sollten für die wichtigsten Perspektiven erwogen werden.
- ▶ Die Grenzen des bewerteten Systems (Spot, lokaler bzw. regionaler Umgriff) werden von den Beteiligten unterschiedlich interpretiert. Dies muss auch schon zu einem frühen Zeitpunkt klar definiert werden, um die Bewertungsergebnisse vergleichen zu können.
- ▶ Akteure aus verschiedenen Disziplinen und Perspektiven interpretieren Begriffe teils sehr unterschiedlich. Eine stringente Moderation und ein extra für die Begriffsklärung reservierte Zeit sind unabdingbar für eine Belastbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Das spricht für die Durchführung eines vorbereitenden Workshops an dessen Ende die Bewertungen in gemeinsamer Runde vorgenommen werden.
- ▶ Der persönliche Aufwand der Bewertenden Expert*innen für eine gründliche Bewertung und die Beteiligung an Diskussionen ist hoch. Planungsprozesse sehen das oft nicht vor. Die Umsetzung von Iterationen bei Bewertungs- und Diskussionsrunden erfordert einen institutionellen Rückhalt „von oben“, eine gute Kommunikationskultur und eine sehr gute Prozessmoderation, die den Mehrwert der Beiträge für die Beteiligten sichtbar macht.
- ▶ Sobald die eingebundenen Perspektiven nicht nur fachliche Sichtweisen sondern auch (politische) Weltansichten betreffen ist ein Ausgleich erschwert. So haben nicht alle politisch motivierten Beteiligten die Möglichkeit angenommen, aus den Vorteilen unterschiedlicher Optionen neue Lösungen zu generieren. Teils wurde die vorangegangene Bewertung als festlegend für eine der Lösungsvarianten aufgefasst. Die Möglichkeit, das Ergebnis zu nutzen, um in der Diskussion Schwächen einer bestimmten technischen Lösung zu korrigieren wurde teils abgelehnt. Dies ist eine Herausforderung für das grundsätzliche Framing (Stichwort Erwartungsmanagement) aber auch für das Prozessmanagement.
- ▶ Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren in einem Beteiligungsprozess auf Augenhöhe braucht den Willen aller Akteure, um konstruktive Lösungen zu erarbeiten. Dies kann gerade wenn ein Prozess bereits läuft und politische Positionen gefestigt sind, schwierig sein. Im vorliegenden Fall wurde durch einen Beteiligten eine zusätzliche Lösungsvariante „Nicht Bauen“ (also ein vollständiger Verzicht auf die Umsetzung der durch den Stadtrat beschlossenen Stadtentwicklung) vorgeschlagen. Dies stellt grundsätzlich eine im Prozess willkommene Option zur Diskussion dar. Allerdings blieb von gleicher Seite jeder konstruktive Input sowie eine substanzielle weitere Beteiligung am Prozess aus. Dies unterstreicht das unbedingte Erfordernis, die Bewertungsgruppe nicht nur nach Vollständigkeit von Perspektiven sondern auch streng nach inhaltlicher und auch persönlicher Eignung der Personen zu besetzen.

4.4.4 Übergreifende Erkenntnisse aus der Begleitung und Erprobung von Verbreitungsansätzen in den Fallbeispielen

Aus der Synthese der Erfolgsfaktoren, die wir für die in den drei Fallbeispielen begleiteten Verbreitungsansätze ermittelt haben, ergeben sich eine Reihe von Erfolgsfaktoren für eine Verbreitung (Tabelle 24).

Die Erfolgsfaktoren beziehen sich damit auf die wesentlichen Bereiche verfügbarer Ressourcen (sowohl an Menschen und deren Wissen als auch Zeit und Finanzmitteln), institutionelle und politische Unterstützung, Zugriff auf Netzwerke und gemeinsamen Mehrwert einer Verbreitung durch Lern- und Skaleneffekte.

Diese Erkenntnisse stehen im Einklang mit den in Kapitel 2 literaturbasierter Befunde (vgl. Kapitel 4.2.3.2) zu Kategorien von Erfolgsfaktoren:

- ▶ Finanzierung der Verbreitungsaktivitäten oder der Infrastrukturlösung, beispielsweise durch Fördermittel;
- ▶ staatliche bzw. institutionelle Unterstützung, beispielsweise durch Übernahme von Kosten oder Bereitstellung von Personal und Räumen;
- ▶ Kooperationsbereitschaft durch gegenseitigen Mehrwert, beispielsweise durch Bereitstellung von Daten oder Wissen;
- ▶ Verknüpfung mit politischen Entwicklungen, beispielsweise Unterstützung durch Passung mit politischen Zielen, Agenden und bestehenden Vorgaben.

Demnach kommt es auf mehreren Ebenen darauf an, dass wichtige Faktoren quasi als Bedingungen, Katalysatoren oder als begünstigendes rahmengebenden Umfeld erfüllt sind, um die Verbreitung von innovativen Infrastrukturlösungen erfolgreich gestalten zu können:

Einflussfaktoren auf Ebene der innovativen Infrastrukturlösung selbst, dank und mittels derer die Infrastrukturlösung im Fallbeispiel etabliert werden konnte bzw. in Umsetzung befindlich ist. Hierzu gehören u. a. (siehe z. B. Hirschnitz-Garbers et al. 2020 und Hölscher et al. 2020);

- a) sozio-kulturelle Faktoren, wie Erwartungen, Nutzer*innen-Verhalten, gesellschaftliche Erwartungen oder politische Ziele;
- b) Anreize und Regulierungen, wie Gesetze, Förderprogramme, Verbote oder Subventionen, die unterstützend oder auch limitierend auf Innovationen oder Betriebsweisen wirken;
- c) lokale technologische Faktoren auf der Versorgungs- und Nachfrageseite, wie Anforderungen von Energienetzen oder der bauliche Zustand des Gebäudebestandes, welche ein hohes Maß an Pfadabhängigkeiten bedingen können;
- d) institutionelle Faktoren, wie Organisations- und Marktstrukturen oder auch Unterstützung und Rückhalt durch die Hierarchie;
- e) gesellschaftliche Meta-Faktoren, beispielsweise gesellschaftliche Diskurse oder technologische Entwicklungen

Einflussfaktoren auf Ebene des Verbreitungsweges, die darauf Einfluss nehmen, ob eine Verbreitung auf Seiten der nachzuahmenden Infrastrukturlösung stattfinden und gelingen kann bzw. wie diese ausgestaltet wird. Hierunter fallen u. a.

- a) verfügbare Ressourcen (Erfahrungen und Wissen, Daten, Zeit und Finanzmittel), für die Verbreitung;

- b) Offenheit der Akteure für die Verbreitung;
- c) Kooperationsbereitschaft wichtiger lokaler bzw. regionaler Akteure
- d) bestehende Netzwerke und Netzwerkarbeit;
- e) Vorteile durch die Verbreitung;
- f) institutionelle Unterstützung für die Verbreitung;
- g) politische Unterstützung für die Verbreitung.

Grundsätzlich erscheint eine Nachahmung im Sinne der Replikation einer kommunalen oder regionalen Infrastrukturlösung an einem anderen Ort auch ganz ohne Involvierung der Akteure aus der nachzuahmenden Infrastrukturlösung möglich. Allerdings dürften hier dann Nachteile darin liegen, dass das Wissen um Erfolgsfaktoren der nachzuahmenden Infrastrukturlösung gar nicht oder nur unvollständig vorliegt, weil kein Austausch mit den Akteuren der nachzuahmenden Infrastrukturlösung stattgefunden hat. Damit dürfte eine Anpassung auf den lokalen Kontext, in dem die nachzuahmende Infrastrukturlösung umgesetzt werden soll, schwieriger sein als bei einem Voneinander-Lernen von den Akteuren der nachzuahmenden Infrastrukturlösung. Ein solches Voneinander-Lernen ermöglicht es im Dialog, die Bedeutung spezifische Einflussfaktoren zu erkennen und ggf. Wege dahin zu finden, solche Einflussfaktoren auch am Ort der Nachahmung zu schaffen.

Dieser Befund hat Auswirkungen darauf, welche Verbreitungswege geeignet erscheinen – das tun insbesondere solche Wege, die auf (idealerweise mehrmaligen) Dialog und Austausch setzen und es damit erlauben, über relevante Einflussfaktoren sowie kommunale oder regionale Besonderheiten zu sprechen und dadurch ein Anpassungslernen auf Seiten der nachahmungswilligen Akteure unterstützen.

Tabelle 24: Synthese von Erfolgsfaktoren aus den drei begleiteten Verbreitungsansätzen

Erfolgsfaktor – Kategorie	Erfolgsfaktor – Kurzbeschreibung
bestehende rechtliche Vorgaben	Rechtliche Vorgaben fordern Nachhaltigkeitsbemühungen, die u. a. durch die betrachtete Infrastrukturlösungen unterstützt und umgesetzt werden können. Infrastrukturlösungen sind ein Mittel, rechtliche Vorgaben einzuhalten bzw. zu ihrer Umsetzung beizutragen.
Einbindung in Netzwerke	Netzwerke unterstützen sowohl die Verbreitung als auch die Identifikation von Partner*innen, die für eine Verbreitung relevant sind und gegenseitige Lerneffekte ermöglichen; Netzwerke bringen Synergieeffekte, wie Kosteneinsparungspotenzial, Wissensaufbau und Dynamik.
institutioneller Rückhalt	Institutioneller Rückhalt unterstützt den Verbreitungsprozess einerseits dadurch, dass dieser die Relevanz des Handels in einem bestimmten Themenbereich stärkt; andererseits ermöglicht dieser, hemmende institutionelle Hierarchiegrenzen zu überwinden und ermöglicht relevanten Personen die Teilnahme – beispielsweise indem Ressourcen (Mittel, Zeit) dafür zur Verfügung gestellt und relevante Abteilungen eingebunden werden. Unterstützung kann aber auch darin liegen, dass die institutionelle Hierarchie selbst in den Verbreitungsprozess eingebunden wird. Dies erfordert jedoch einen stärkeren Grad an Formalisierung der entsprechenden Themen bzw. Aufgaben.

Erfolgsfaktor – Kategorie	Erfolgsfaktor – Kurzbeschreibung
personelle und finanzielle Kapazitäten	<p>Mit relevanten Wissens- und Erfahrungsbeständen sowie mit Zugang zu Entscheidungsprozessen ausgestattete Personen sind in den Institutionen beschäftigt und sind eine große Bereicherung für Verbreitungsprozesse.</p> <p>Drittmittelakquise sowie institutionelle und politische Relevanz des Themas, zu dem die Infrastrukturlösung beiträgt, ermöglichen eine dauerhafte bzw. gut planbare und erweiterbare Personal- und Finanzausstattung; dieser Erfolgsfaktor ist daher eng mit den Faktoren institutioneller Rückhalt und politischer Unterstützung verbunden.</p> <p>(anteilige) externe Kostenübernahme (z. B. Eigenanteile) kann eine Beteiligung an Verbreitungsprozessen ermöglichen und dadurch den Prozess substantiell stärken.</p>
politische Unterstützung	<p>Das Thema, zu dem die Infrastrukturlösung beiträgt, ist auf der politischen Agenda verankert und erfährt auf relevanter politischer Ebene Unterstützung.</p> <p>Politische Beschlüsse setzen Ziele fest, zu deren Umsetzung die Infrastrukturlösung und deren Verbreitung bzw. ein „Peer Lernen“ als wichtiger Beitrag angesehen wird.</p>
Skaleneffekte	<p>Durch die Verbreitung werden in größerem Maßstab stattfindende Umsetzungen und / oder Skaleneffekte möglich, die zur Weiterentwicklung der Infrastrukturlösung, zu höherem politischen Gewicht des Themas, zu Kosteneinsparungen und zu verstärkter Bekanntheit bzw. Strahlkraft der Infrastrukturlösung führen können.</p>
Prozesse als „Lernorte“	<p>Praxisrelevante Querbezüge und Lerneffekte zwischen den an der Verbreitung bzw. am „Peer Lernen“ beteiligten Akteuren bringen Mehrwert für die Verbreitung und ermöglichen auch, Skaleneffekte erkennen und nutzen zu können.</p>
Kooperationen als externe Ressource	<p>Kooperationen zwischen Praxisakteuren und mit der Wissenschaft ermöglichen Wissens- und Ressourceneninput, um Innovationsprozesse anzustoßen, diese zu substantiieren, durch Begleitung voranzutreiben und dadurch Prozesse zu ermöglichen, die ggf. nicht aus eigener Kraft initiiert bzw. durchgeführt werden können.</p>

Quelle: eigene Darstellung (ecologic Institut)

5 Gesamtfazit

Im Zentrum des Interesses in TRAFIS 2 stehen einerseits *innovative Infrastrukturlösungen mit Nachhaltigkeitspotenzial*. Andererseits geht es um die Verbreitung solcher innovativen Lösungen – sowohl als eigentlicher Prozess als auch als Ergebnis dieses Prozesses. Verbreitung geschieht im Zeitverlauf und indem eine wachsende Anzahl von Akteuren in einem immer größer werdenden räumlichen Gebiet eine Innovation anwendet oder umsetzt.

In Deutschland wie auch international herrscht eine sehr hohe Dynamik bei der Entwicklung neuartiger (innovativer) Infrastrukturlösungen mit dem Potenzial für mehr Nachhaltigkeit. Vor diesem Hintergrund beschäftigte sich das Forschungsvorhaben TRAFIS 2 mit der Verbreitung von Infrastrukturlösungen mit Nachhaltigkeitspotenzial im Kontext einer sektorübergreifend dynamischen Transformation von Infrastruktursystemen. Infrastruktursysteme zur Daseinsvorsorge stehen unter einem hohen Veränderungsdruck, um einen Beitrag zu den sich wandelnden und entwickelnden gesellschaftlichen Zielstellungen zu leisten. Um dies zu unterstützen, ging TRAFIS 2 drei zentralen Fragen nach:

1. Welche **Verbreitungsansätze** können in der Praxis identifiziert werden, welche politischen Unterstützungsansätze stechen besonders heraus?
2. Welche **Einflussfaktoren** insbesondere auf der kommunalen und regionalen Ebene unterstützen das Gelingen von Verbreitung von Infrastrukturlösungen mit Nachhaltigkeitspotenzial?
3. Wie können im Laufe von Verbreitungsprozessen **Nachhaltigkeitswirkungen** von Innovationen durch einen geeigneten Bewertungsansatz gezielt gefördert werden?

Verbreitungsansätze

Die Arbeit zeigt auf, dass Veränderungsprozesse nicht losgelöst von einem lokalen bis überregionalen Rahmen betrachtet werden können. Dieser wird von zahlreichen Akteuren und auf verschiedenen Ebenen gestaltet. Rahmenbedingungen können die Verbreitung von Innovationen mit Nachhaltigkeitspotenzial unterstützen oder auch hemmen. Neben dem sich nur langsam verändernden übergeordneten Rahmen, wie den **gesellschaftlichen Werten, Diskursen, Prioritäten und Erwartungen**, sind das auch solche Bedingungen, die auf Bundes- und Länderebene gezielt gestaltet werden können. Dies sind einerseits **Gesetze, Bestimmungen und Förderprogramme**, die Innovationen und Verbreitung anregen und unterstützen. Diese prägen auch die politische und institutionelle Unterstützung für Veränderung bei den verschiedenen Akteuren auf der lokalen Ebene. Andererseits ist die **technische Entwicklung** und deren rasante Dynamik derzeit selbst ein wichtiger treibender Faktor für viele Veränderungen geworden.

Basierend auf einer Dokumentenanalyse in 13 Fallstudien wurden sowohl „Top-down“- (Bund und ausgewählte Bundesländer) als auch „Bottom-up“-Ansätze (in ausgewählten Regionen und Kommunen) der politischen Unterstützung betrachtet. Eine Reihe von politischen Unterstützungsansätzen stellen sich als besonders sinnvoll heraus, um innovative Infrastrukturlösungen mit Nachhaltigkeitspotential in die Breite zu tragen: a) die **Förderung von Experimentier-räumen** und Pilotprojekten; b) die **Vernetzung relevanter Akteure** und Verstetigung von Akteursnetzwerken; c) die **institutionelle Verankerung** (i. S. Verstetigung) der Themen und Aufgaben bezüglich innovativer Infrastrukturlösungen, z. B. in öffentlichen Verwaltungen.

Diese Unterstützungsansätze bedingen und beeinflussen sich teilweise gegenseitig. So ist die Umsetzung von Pilotprojekten im Bereich der Infrastrukturlösung kaum möglich, wenn Strukturen für den Austausch zwischen den relevanten Akteuren fehlen. Die erforderlichen Akteursnetzwerke können jedoch im Rahmen der Förderung von Experimentier-räumen oder Pilotprojekten entstehen. Regelmäßig zusammenkommende Netzwerke wiederum können eine

erste Form der Institutionalisierung darstellen, da sie die längerfristige Bearbeitung eines neuen Themas (z. B. einer Infrastrukturoption) oder weiterer Inhalte und Prioritäten (z. B. der Nachhaltigkeit) ermöglichen. Daher sollten die unterschiedlichen Unterstützungsansätze zusammen gedacht und gemeinsam gefördert werden. Dies kann zum Beispiel durch regionale Kompetenzzentren geschehen, in denen Kompetenzen kommunaler und regionaler sowie wissenschaftlicher Akteure gebündelt werden.

Weitere Verstärkungsansätze können die drei oben genannten Unterstützungsansätze ergänzen. Dazu gehören a) Bildungs- und Weiterbildungsangebote auf kommunaler und Länderebene als Baustein einer Gesamtstrategie; b) Beratungsangebote für Unternehmen, insbesondere für KMU relevant, insbesondere zu Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten; c) öffentliche Beschaffung, um eine Vorbildwirkung zu erzielen und d) Stärken der Rolle von Multiplikator*innen für eine bessere Verbreitung, z. B. Energieagenturen, Klimaschutzmanager*innen oder Stadtwerke.

Verbreitung und ihre Unterstützung stehen dabei im Spannungsfeld zu Hemmnissen und möglichen Fehlanreizen auf verschiedenen Ebenen. Dazu gehören grundsätzliche Beharrungskräfte von bestehenden Infrastrukturen durch ihre große räumliche Durchdringung und lange Lebenszyklen, die wenig Raum für Nischen lassen. Zugleich neigen sowohl Institutionen als auch Nutzer*innen anfänglich oft zu Zurückhaltung gegenüber Veränderungen.

Hemmend wirkt aber auch das weitgehende Fehlen klarer Innovation fördernder Vorgaben auf Bundes- bzw. Länderebene, die wichtige Anreize für Kommunen setzen können. Fehlen diese, führt dies zu „politischen“ Risiken der Akteure und wirtschaftlichen Risiken der Betreiber. In Bezug auf die Nachhaltigkeit gilt, dass das Fehlen verpflichtender Vorgaben für Nachhaltigkeitsbetrachtungen in allen Phasen von Projekten dazu führt, dass auch potenziell innovative Vorhaben einen nur sehr engen Zielfokus verfolgen und komplexere Nachhaltigkeitsaspekte jenseits von Wirtschaftlichkeit und CO₂-Reduktion unbeachtet bleiben.

Speziell auf lokaler Ebene sind häufig spezifische Hemmnisse anzutreffen. Dies sind z. B. der fehlende Rückhalt von der Politik bzw. Uneinigheiten zwischen den Ressorts, die die Umsetzung und Verbreitung innovativer Infrastrukturoptionen verhindern können. Solange keine verbindlichen Nachhaltigkeitsziele vorliegen, ist Nachhaltigkeit auf kommunaler Ebene oftmals von der persönlichen Überzeugung und Engagement von Verantwortlichen in Führungspositionen (z. B. Bürgermeister*innen, aber auch die Kommunalpolitik) abhängig. Denn fehlen Richtungsvorgaben „von oben“ oder sind diese zu schwach ausgeprägt, schwächt dies die Wirksamkeit innovativer Aktivitäten und die Umsetzung potenziell nachhaltiger Infrastrukturlösungen.

Eine zentrale Hürde für die Entwicklung und das Aufgreifen von nachhaltigen Innovationen ist das wirtschaftliche Risiko auf Seiten der Betreiber von Infrastrukturdiensten. Ökonomische Anreize sind gerade in der Anfangszeit (Entwicklung und Markthochlauf) bedeutend, um dieses Risiko abzufedern – beispielsweise durch gezielte finanzielle Investitions-Zuschüsse, Instrumente der CO₂-Bepreisung oder die Unterstützung von Produktdesign und Marketing. Förderprogramme sollten stärker als bisher Erfahrungslernen unterstützen und dabei insbesondere die Bedürfnisse von kleinen und mittleren bzw. allgemein finanziell schwächeren Kommunen in den Blick nehmen, damit diese nicht den Anschluss an Innovationen verlieren.

Zentral in diesem Zusammenhang sind die Planungssicherheit für wirtschaftliche Akteure und klare Zielsetzungen auf der Bundes- und Länderebene. Diese setzen nicht zuletzt auch Anreize für Kommunen, eigene Strategien und Lösungen zu entwickeln.

Einflussfaktoren vorrangig auf der lokalen Ebene

Veränderungen entstehen meist im Kleinen. Neuerungen werden im Schutz von Nischen gedacht, entwickelt und erprobt. Das erfordert Kreativität, Mut, außerordentliches Engagement einzelner Menschen in ihren Netzwerken und nicht zuletzt die Unterstützung seitens der Institutionen dahinter. Hat eine neue Lösung ihr Potenzial gezeigt, kann ihre Verbreitung bis hin zur Etablierung Chancen für mehr Versorgungssicherheit, Ressourcenschonung, Klimaschutz, insgesamt mehr Nachhaltigkeit, mit sich bringen.

Innovationen können sich auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen und nach verschiedenen Prinzipien verbreiten und als neuer Standard etablieren. Innovationen wachsen zunächst meist „im Inneren“, bis sie einen gewissen Reifegrad erreichen und sich im Idealfall lokal etablieren können. Parallel zum *Wachstum im Inneren* kommt es im besten Fall bereits zu einem Wissens- und Erfahrungsaustausch mit Akteuren und Institutionen anderer Nischen, die an ähnlichen Lösungen arbeiten. Durch solches *gegenseitiges Lernen* entwickeln sich Nischeninnovationen weiter, wodurch auch das Wachstum innerhalb der einzelnen Nischen unterstützt wird und nachahmungsfähige Lösungsbeispiele entstehen, die von anderen aufgegriffen werden können. Dies alles ist Voraussetzung für die weitere Verbreitung. Unter vergleichbaren technischen und administrativen Rahmenbedingungen können die Lösungen in gleicher oder ähnlicher Weise *repliziert* werden, bei stark abweichenden Rahmenbedingungen kommt es zu Anpassungen, ggf. Weiterentwicklungen und somit zum *Transfer*. Auch hier spielt das gegenseitige Lernen eine wichtige Rolle. Dieser Prozess lässt sich durch die Förderung von Vernetzung und Investitionen wesentlich beschleunigen. Unterschiedliche Verbreitungswege von Nischeninnovationen führen in Summe zur *überregionalen Etablierung* der Innovation durch Standardisierung und Vervielfältigung einer Lösung.

Lokale Rahmenbedingungen sind von zentraler Bedeutung für das Gelingen von Nachhaltigen Innovationen vor Ort. **Gerade die lokalen Akteure haben zahlreiche Möglichkeiten**, um einen Rahmen zu schaffen, Ressourcen auszubauen und Prozesse gezielt zu unterstützen, die Innovation und Transformation vorantreiben. Durch die Gestaltung des eigenen lokalen Rahmens beeinflussen Kommunen maßgeblich, ob innovative Lösungen entwickelt, erprobt, von anderen übernommen oder erfolgreich an andere weitergegeben werden. Diese Bedingungen werden in erster Linie von der Stadtpolitik oder der regionalen Politik, den Verwaltungen und den Infrastrukturbetreibern gestaltet, bedingen sich teils gegenseitig und lassen sich durch gezielt angestoßene Prozesse stärken. So hängen eine **allgemeine Aufgeschlossenheit** in einer Kommune und die **politische und institutionelle Unterstützung** von Innovationen eng miteinander zusammen. Das hat mit der „Stimmung“ in einer Kommune zu tun und kann in Institutionen unter anderem durch starke Führung und kluge Personalpolitik gezielt entwickelt werden. Auch **Netzwerke** zwischen Akteuren einer Kommune lassen sich durch Arbeitsstrukturen, gezielt lancierte Kooperationen, **gemeinsame Projekte**, ein **Engagement der oberen Führungsebenen** der Institutionen und **verbindliche und transparente Prozessleitung** strategisch entwickeln. Ebenso nicht zu unterschätzen ist die motivierende Wirkung, die für alle Beteiligten von **sichtbaren (Zwischen-)Ergebnissen** ausgeht.

Bestimmte Einflussfaktoren können gezielt von Kommunen und teils Regionen gestaltet und unterstützt werden. Dazu zählt beispielsweise die Festlegung ambitionierter (z. B. Klima-) **Ziele** und dazugehörige sektorale oder kommunale/regionale Strategien. Zentral, aber nur zum Teil kontrollierbar ist die Herausbildung visionärer, engagierter und gut vernetzter innovationsgenerierender Akteure (Personen) als sogenannte **Kümmerer**, die aus persönlicher Überzeugung und mit viel Kompetenz einen Innovationsprozess strukturieren und aus der Trägheit eines bestehenden Systems heraus anzutreiben vermögen. Zum Erfolg gehört aber auch die **Mitwirkungsbereitschaft** von potenziellen lokalen oder regionalen Partnern, um gemeinsame Aktivitäten zu entwickeln – in effektiven Kooperationen lässt sich die gemeinsame

Ressourcenbasis im Sinne von Wissen oder zeitlicher Kapazitäten vergrößern. **Impulse von außen, wie Wissen, Zeit oder Koordination**, können durch Beteiligung an Netzwerken oder Wissenschaft-Praxis-Kooperationen die Akteure vor Ort motivieren und fachlich unterstützen. Gerade für die Verbreitung ist es von zentraler Bedeutung, Netzwerke, Kooperationen, Projekte für **gegenseitiges Lernen** zu nutzen.

Nachhaltigkeitsbewertung innovativer Lösungsansätze

Unter allen Faktoren erfordert das Ziel der Nachhaltigkeitstransformation, dass die Wirkungen von Innovationen auf die Nachhaltigkeit verstanden, gezielt entwickelt und in Umsetzungsprozessen im Blick gehalten werden. Hauptziele kommunaler Innovationsprojekte gehen selten über die kurz- bis mittelfristige Wirtschaftlichkeit und die CO₂-Reduktion hinaus. Oft können mögliche ökologische und soziale Wohlfahrtswirkungen nicht realisiert werden, weil sie nicht explizit als Ziel erkannt und in Abwägungen betrachtet werden. Eine Möglichkeit, **Verbreitungsprozesse stärker an der Nachhaltigkeit zu orientieren**, bietet die prozessintegrierte Nachhaltigkeitsbewertung. Diese kann helfen, die Komplexität von Aspekten jenseits der wenigen etablierten Kriterien (in der Regel v. a. Wirtschaftlichkeit und CO₂-Reduktion) im Blick zu behalten. Eine zentrale Herausforderung bei der Etablierung solcher Ansätze ist die Handhabbarkeit – d. h. die Anwendungsfreundlichkeit, Transparenz und Effizienz des Vorgehens.

Als Antwort darauf wurde in TRAFIS eine Methode und ein Werkzeug für die prozessbegleitende Nachhaltigkeitsbewertung entwickelt: TRAFIS.NB ist ein informelles Werkzeug für die Nachhaltigkeitsbewertung von innovativen Infrastrukturlösungen. Das Werkzeug aktiviert lokal verfügbares Wissen und zeigt mögliche Stärken und Schwächen von Lösungsvarianten in den Dimensionen „Versorgungssicherheit“, „Ressourcenschonung“, „Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung“ auf. TRAFIS.NB kann für die Auswahl der bestgeeigneten Lösungsoption und die zielgerichtete Weiterentwicklung von Varianten genutzt werden. Es macht Konflikte und Unsicherheiten sichtbar und zeigt Bedarfe für tiefergehende Untersuchungen auf. Die Anwendung von TRAFIS.NB strukturiert den Bewertungs- und Diskussionsprozess, arbeitet Diskussionsbedarfe heraus, liefert Begründungen für Entscheidungen und stärkt Transparenz und Legitimität von Entscheidungen. Nutzer*innen von TRAFIS.NB sind in erster Linie Betreiber*innen und Planer*innen von Infrastrukturen oder öffentliche Verwaltungen, beispielsweise im Rahmen einer Machbarkeitsstudie.

Schlussfolgerungen für die Unterstützung der Verbreitung

Die Verbreitung von Nischeninnovationen mit Nachhaltigkeitspotenzial ist Kernelement der Nachhaltigkeitstransformation. Ob sich Innovationen verbreiten, weiterentwickeln und etablieren, wird von Rahmenbedingungen auf unterschiedlichen Ebenen beeinflusst. Der Anspruch an eine höhere Nachhaltigkeit erfordert einen expliziten und wiederkehrenden Blick auf Wirkungen in unterschiedlichen Säulen der Nachhaltigkeit. Das Aufkommen von innovativen Infrastrukturlösungen mit Nachhaltigkeitspotenzial in Nischen hängt maßgeblich von Makro-faktoren ab, die teils nur langfristig durch gesamtgesellschaftliche Prozesse beeinflusst werden können. Hingegen bieten politische und administrative Rahmensetzungen auf unterschiedlichen politischen Ebenen das Potenzial, Verbreitungsprozesse sowohl an sich als auch in ihrer Qualität an strategischen Zielen auszurichten und diese dadurch gezielt zu fördern.

Die Verbreitung von Nischeninnovationen findet vor allem auf der lokalen und regionalen Ebene statt. Kommunen sind demnach auch in Bezug auf Infrastrukturinnovation die viel beschworenen „Arenen des Wandels“. Es sind daher neben der Bundes- und Landespolitik auch kommunale und regionale Akteure, die sowohl den lokalpolitischen und administrativen Rahmen als auch das operative Vorantreiben und Umsetzen von Innovationen vor Ort gestalten.

Handlungsansätze für kommunale bzw. regionale Akteure zur Unterstützung der Verbreitung innovativer Infrastrukturlösungen

- ▶ Strategische Ziele entwickeln und legitimieren – dies fördert Orientierung und die Effizienz des eigenen Handelns und ist auch wichtig für die Legitimierung von Förderanträgen und Kooperationszielen nach innen und außen.
- ▶ Leistungsfähige Strukturen für sektorübergreifende Verständigung und Projekte in öffentlichen Verwaltungen schaffen.
- ▶ Personalressourcen für neuartige Aufgaben, Vernetzung und Kooperation bereitstellen und gezielt entwickeln – durch zielgerichtete Rekrutierung von Kompetenzen sowie die Weiterbildung des bestehenden Personals.
- ▶ „Öffentliche Beschaffung“ innovativer nachhaltiger Lösungen, um eine Vorbildwirkung gegenüber weiteren Akteuren (z. B. private und privatwirtschaftliche) zu entfalten.
- ▶ Stärken des Vertrauens zwischen Akteuren durch Transparenz und Kontinuität von Prozessen und Kooperationen.
- ▶ Lokale Experimentierräume und Fehlerkultur zulassen und gezielt fördern, um Raum für die Entwicklung nachhaltiger Innovationen zu schaffen.
- ▶ Innovationsgenerierende Personen (Kümmerer) aktiv unterstützen – z. B. durch politische Zielformulierungen und Diskurse, gezielte Kompetenzzuweisungen innerhalb bestehender Strukturen, durch „Rückendeckung“ seitens der Vorgesetzten, um neue Wege ermöglichen, Bereitstellen von Eigenmitteln in Fördermaßnahmen. Hindernde Rahmenbedingungen abbauen – die nötigen sozialen Innovationen können auch darin liegen, Arbeitsstrukturen zu schaffen, die durch Raum für hierarchiearme, Sektor-übergreifende Arbeiten die besonders engagierten Personen in ihrem Agieren unterstützen.
- ▶ Fördern eines dauerhaften individuellen und institutionellen Lernens, z. B. durch die Beteiligung an Kooperationen mit der Wissenschaft, aber auch in der inhaltlichen Zusammenarbeit mit andere Kommunen und Regionen.
- ▶ Mit Partnern aus anderen Institutionen und Kommunen gemeinsame Projekte entwickeln und Fördermittel beantragen.

Handlungsansätze auf Bundesebene

- ▶ Schaffen eines verbindlichen gesetzlichen Rahmens durch klare und verlässlich geltende Ziele und Vorgaben (z. B. auch durch CO₂-Bepreisung) – dies erzeugt Planungssicherheit für wirtschaftliche Akteure und setzt Anreize für Kommunen, eigene Strategien und Lösungen zu entwickeln.
- ▶ Förderpolitik stärker an den an Bedarfen und Realitäten der Verbreitung nachhaltiger Innovationen ausrichten. Dazu gehört die Anerkennung und gezielte Förderung von unterschiedlichen innovations- und verbreitungsunterstützenden Elementen im Rahmen von Forschungsprojekten und insbesondere transdisziplinären Wissenschaft-Praxis-Kooperationen:
 - Mehr Experimentierräume für Innovationen und Vernetzung schaffen, teilweise unterstützt durch z. B. ökonomische Anreize für Entwicklung und Markthochlauf (inkl. Produktdesign und Marketing).
 - Entwicklung und/oder Etablierung sozialer Innovationen innerhalb von Institutionen zur Stärkung der Nachhaltigkeitstransformation in öffentlichen Verwaltungen. Dazu gehören z. B. neue Planungsinstrumente und Bewertungswerkzeuge, kooperative Arbeitsweisen, hierarchiearme Abläufe oder das Erproben gänzlich neuer Arbeitsstrukturen (z. B. durch quergelagerte Arbeitsformate).
 - Stärken von dauerhaften Kooperationsprozessen zwischen Kommunen, um Prozesse des gegenseitigen Lernens zu stärken – z. B. in regionalen Kompetenzzentren.

- Auf Vernetzung ausgerichtete Kooperationen stärker fördern. Der Aufbau und Unterhaltung von Netzwerken ist ressourcenintensiv und besonders bedeutend für die Verbreitung – Netzwerke profitieren von Kooperationsprojekten als Kondensationskerne und Antriebsquelle des gemeinsamen Interesses.
- Insbesondere kleinen und mittleren Kommunen den Weg in Kooperationen und Netzwerke erleichtern – diese haben oft nicht die Kapazitäten und drohen, den Anschluss an technische und soziale Innovationen zu verlieren.
- Kommunen darin unterstützen, die Bundesförderung effektiv (i. S. von vor Ort wirksam) in Anspruch nehmen zu können. Administrative Aufwendungen sind für Gemeinden oft sehr hoch. In Zeiten von Personalknappheit braucht es Flexibilität beim zeitlichen Rahmen und formalen Vorgaben.
- Unterstützung des Kompetenzaufbaus in Kommunen und Regionen – z. B. durch Entwicklung von Klimaschutzmanager*innen.
- Besondere Beachtung erfordern die Nachhaltigkeitswirkungen von Veränderungen, wie sie durch innovative Infrastrukturlösungen erreicht werden können – bei der Entwicklung von Innovation wie auch bei deren Verbreitung sollten jeweils Nachhaltigkeitskriterien integraler Bestandteil transparenter Prozesse sein.
- Fördern und Einfordern formativer, prozessintegrierter Bewertungsansätze, welche durch frühzeitigen und ggf. wiederholten Einsatz die Entwicklung von Lösungen und Entscheidungen unterstützen. Die im TRAFIS-Projekt entwickelte Methode und Werkzeug TRAFIS.NB ist ein solcher Ansatz, der einfach eingesetzt und an unterschiedliche Kontexte angepasst werden kann.
- Programme der Forschungs- und Strukturförderung sollten den Einsatz geeigneter Werkzeuge zur Prozessintegrierten Nachhaltigkeitsbewertung durch entsprechende Vorgaben vorantreiben.

6 Quellenverzeichnis

Adger WN (2000) Social and ecological resilience: are they related? *Progress in Human Geography* 24:347–364. <https://doi.org/10.1191/030913200701540465>

Adshead D, Thacker S, Fuldauer LI, Hall JW (2019) Delivering on the Sustainable Development Goals through long-term infrastructure planning. *Global Environmental Change* 59:101975. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101975>

Anderies JM, Janssen MA, Schlager E (2016) Institutions and the performance of coupled infrastructure systems. *International Journal of the Commons* 10:495. <https://doi.org/10.18352/ijc.651>

Ani UD, Mck Watson JD, Nurse JRC, et al (2019) A review of critical infrastructure protection approaches: improving security through responsiveness to the dynamic modelling landscape. In: *Living in the Internet of Things (IoT 2019)*. Institution of Engineering and Technology, London, UK, S 6 (15 pp.)-6 (15 pp.)

Benesch T, Göllner J, Höchtl J, et al (2012) Concept for Scenario-Development for Foresight Security Scenarios: Mapping Research to a Comprehensive Approach to Exogenous EU Roles. In: *Aschenbruck N, Martini P, Meier M, Tölle J (Hrsg) Future Security*. Springer Berlin Heidelberg, S 269–272

Bhatkoti R, Triantis K, Moglen GE, Sabounchi NS (2018) Performance Assessment of a Water Supply System under the Impact of Climate Change and Droughts: Case Study of the Washington Metropolitan Area. *Journal of Infrastructure Systems* 24:05018002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000435](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000435)

Birkmann J, Böhm HR, Buchholz F, et al (2013) *Glossar Klimawandel und Raumentwicklung*. ARL

Bloomfield RE, Popov P, Salako K, et al (2017) Preliminary interdependency analysis: An approach to support critical-infrastructure risk-assessment. *Reliability Engineering & System Safety* 167:198–217. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.05.030>

BMUB (2015) *Klimaschutzplan 2050 - Impulspapier des BMUB für den Auftakt des Beteiligungs- und Dialogprozesses*. Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin

BMWi, BMU (2010) *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*. BMWI, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin

Born M, Wittig S, Schäfer E, et al (2016) *Querauswertung zentraler Verbundvorhaben des Bundes zur Anpassung an den Klimawandel mit Fokus Stadt- und Regionalentwicklung*

Brashear JP (2020) Managing Risk to Critical Infrastructures, Their Interdependencies, and the Region They Serve: A Risk Management Process. In: *Optimizing Community Infrastructure*. Elsevier, S 41–67

Brown H (2014) *Next generation infrastructure: principals for post-industrial public works*. Island Press, Washington [u.a]

BSMUV (2019) *Klimaschutzoffensive – Maßnahmenpaket*. Langfassung. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, München

BSMWLE (2019) *Bayrisches Aktionsprogramm Energie*. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Buijs A, Hansen R, Van Der Jagt S, et al (2019) Mosaic governance for urban green infrastructure: Upscaling active citizenship from a local government perspective. *Urban Forestry & Urban Greening* 40:53–62. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.011>

Bulkeley H, Castán Broto V, Maassen A (2014) Low-carbon Transitions and the Reconfiguration of Urban Infrastructure. *Urban Studies* 51:1471–1486. <https://doi.org/10.1177/0042098013500089>

Bundesnetzagentur (2021) *Energieforschung – SINTEG-Verordnung*. Bundesnetzagentur

- Bundesregierung (2019) Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Bundesregierung
- Burnett D, Barbour E, Harrison GP (2014) The UK solar energy resource and the impact of climate change. *Renewable Energy* 71:333–343. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.05.034>
- Capodiceci P, Diblasi S, Ciancamerla E, et al (2010) Improving Resilience of Interdependent Critical Infrastructures via an On-Line Alerting System. In: 2010 Complexity in Engineering. IEEE, Roma, Italy, S 88–90
- Carpenter S, Walker B, Anderies JM, Abel N (2001) From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems* 4:765–781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
- Casanueva A, Rodríguez-Puebla C, Frías MD, González-Reviriego N (2014) Variability of extreme precipitation over Europe and its relationships with teleconnection patterns. *Hydrology and Earth System Sciences* 18:709–725. <https://doi.org/10.5194/hess-18-709-2014>
- Cavallini S, d’Alessandro C, Volpe M, et al (2014) A System Dynamics Framework for Modeling Critical Infrastructure Resilience. In: Butts J, Sheno S (Hrsg) *Critical Infrastructure Protection VIII*. Springer Berlin Heidelberg, S 141–154
- Chang SE (2016) *Socioeconomic Impacts of Infrastructure Disruptions*. Oxford University Press
- Chen Y, Milanovic JV (2017) Critical appraisal of tools and methodologies for studies of cascading failures in coupled critical infrastructure systems. *IEEE*, S 599–604
- Chester MV, Markolf S, Allenby B (2019) Infrastructure and the environment in the Anthropocene. *Journal of Industrial Ecology* 23:1006–1015. <https://doi.org/10.1111/jiec.12848>
- Clark SS, Chester MV, Seager TP, Eisenberg DA (2019) The vulnerability of interdependent urban infrastructure systems to climate change: could Phoenix experience a Katrina of extreme heat? *Sustainable and Resilient Infrastructure* 4:21–35. <https://doi.org/10.1080/23789689.2018.1448668>
- Clausen J, Fichter K, Winter W (2011) Theoretische Grundlagen für die Erklärung von Diffusionsverläufen von Nachhaltigkeitsinnovationen
- Clevenger C, Ozbek M, Simpson S (2013) Review of sustainability rating systems used for infrastructure projects. *Proc 49th ASC Annual Int* 10–13
- Colker RM (2020) A Vision for Resilient Infrastructure. In: *Optimizing Community Infrastructure*. Elsevier, S 263–269
- Cradden L, Burnett D, Agarwal A, Harrison G (2015) Climate change impacts on renewable electricity generation. *Infrastructure Asset Management* 2:131–142. <https://doi.org/10.1680/iasma.14.00034>
- Davoudi S (2018a) Just Resilience: JUST RESILIENCE. *City & Community* 17:3–7. <https://doi.org/10.1111/cico.12281>
- Davoudi S (2018b) Resilience and Governmentality of Unknowns. In: Bevir M (Hrsg) *Governmentality after Neoliberalism*, 1. edn. Routledge, New York, NY : Routledge, 2016. | Series: Routledge studies in governance and public policy ; 7
- Davoudi S, Shaw K, Haider LJ, et al (2012) Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? *Planning Theory & Practice* 13:299–333. <https://doi.org/10.1080/14649357.2012.677124>
- De Felice M, Dubus L, Suckling E, Troccoli A (2019) The impact of the North Atlantic Oscillation on European hydro-power generation. <https://doi.org/10.31223/osf.io/8sntx>
- Diaz-Sarachaga JM, Jato-Espino D, Alsulami B, Castro-Fresno D (2016) Evaluation of existing sustainable infrastructure rating systems for their application in developing countries. *Ecological Indicators* 71:491–502. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.033>

- Dierich A (2019) System der Systeme: Komplexität der gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen KRITIS. In: Fekete A, Neisser F, Tzavella K, Hetkämper C (Hrsg) Wege zu einem Mindestversorgungskonzept Kritische Infrastrukturen und Resilienz. S 24–27
- Dierich A, Tzavella K, Setiadi N, et al (2019) Enhanced Crisis-Preparation of Critical Infrastructures through a Participatory Qualitative-Quantitative Interdependency Analysis Approach
- Dietz S, Neumayer E (2007) Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. *Ecological Economics* 61:617–626. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.09.007>
- Dong H, Fujita T, Geng Y, et al (2016) A review on eco-city evaluation methods and highlights for integration. *Ecological Indicators* 60:1184–1191. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.044>
- Doorn N (2017) Resilience indicators: opportunities for including distributive justice concerns in disaster management. *Journal of Risk Research* 20:711–731. <https://doi.org/10.1080/13669877.2015.1100662>
- Doorn N (2019) How can resilient infrastructures contribute to social justice? Preface to the special issue of sustainable and resilient infrastructure on resilience infrastructures and social justice. *Sustainable and Resilient Infrastructure* 4:99–102. <https://doi.org/10.1080/23789689.2019.1574515>
- Doorn N, Gardoni P, Murphy C (2019) A multidisciplinary definition and evaluation of resilience: the role of social justice in defining resilience. *Sustainable and Resilient Infrastructure* 4:112–123. <https://doi.org/10.1080/23789689.2018.1428162>
- Dubus L, Troccoli A, Haupt SE, et al (2018) Lessons Learned Establishing a Dialogue Between the Energy Industry and the Meteorological Community and a Way Forward. In: Troccoli A (Hrsg) *Weather & Climate Services for the Energy Industry*. Springer International Publishing, Cham, S 179–190
- Dunn S, Wilkinson S, Alderson D, et al (2018) Fragility Curves for Assessing the Resilience of Electricity Networks Constructed from an Extensive Fault Database. *Natural Hazards Review* 19:04017019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000267](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000267)
- Edler J, Blind K, Frietsch R, et al (2020) *Technology sovereignty for Germany and Europe. From demand to concept*. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Karlsruhe
- Ehnert F, Frantzeskaki N, Barnes J, et al (2018) The Acceleration of Urban Sustainability Transitions: A Comparison of Brighton, Budapest, Dresden, Genk, and Stockholm. *Sustainability* 10:612. <https://doi.org/10.3390/su10030612>
- Eid M, Kling T, Hakkarainen T, et al (2016) Cascading Failures: Dynamic Model for CIP Purposes - Case of Random Independent Failures Following Poisson Stochastic Process. In: Panayiotou CG, Ellinas G, Kyriakides E, Polycarpou MM (Hrsg) *Critical Information Infrastructures Security*. Springer International Publishing, S 326–331
- Elmqvist T, Andersson E, Frantzeskaki N, et al (2019) Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nat Sustain* 2:267–273. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0250-1>
- energieland2050 (2020) *Treibstoff der Zukunft – grüner Wasserstoff mobilisiert das energieland2050. Bewerbung des Kreises Steinfurt als Modellregion Wasserstoff-Mobilität NRW. Feinkonzept*. Amt für Klimaschutz und Nachhaltigkeit Kreis Steinfurt, Steinfurt
- Espinoza S, Panteli M, Mancarella P, Rudnick H (2016) Multi-phase assessment and adaptation of power systems resilience to natural hazards. *Electric Power Systems Research* 136:352–361. <https://doi.org/10.1016/j.epr.2016.03.019>
- Ewing L, Synolakis C (2012) RESILIENCE TO EXTREME EVENTS. *Int Conf Coastal Eng* 1:1. <https://doi.org/10.9753/icce.v33.management.1>

- Fekete A (2012) Safety and security target levels: Opportunities and challenges for risk management and risk communication. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 2:67–76.
<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2012.09.001>
- Fekete A, Neisser F, Tzavella K, Hetkämper C (2019) Wege zu einem Mindestversorgungskonzept Kritische Infrastrukturen und Resilienz.
- Fekete A, Setiadi N, Tzavella K, et al (2018) Kritische Infrastrukturen-Resilienz als Mindestversorgungskonzept: Ziele und Inhalte des Forschungsprojekts KIRMin. S 38–43
- Finger J, Hasenstein S, Siebold U, Häring I (2016) Analytical resilience quantification for critical infrastructure and technical systems. In: Walls L, Revie M, Bedford T (Hrsg) *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742, S 2122–2128
- Folke C (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16:253–267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Folke C (2016) Resilience (Republished). *E&S* 21:art44. <https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444>
- Folke C, Carpenter SR, Walker B, et al (2010) Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *E&S* 15:art20. <https://doi.org/10.5751/ES-03610-150420>
- Francis R, Bekera B (2014) A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems. *Reliability Engineering & System Safety* 121:90–103. <https://doi.org/10.1016/j.res.2013.07.004>
- Frantzeskaki N, Loorbach D (2010) Towards governing infrasystem transitions: Reinforcing lock-in or facilitating change? *Technological Forecasting and Social Change* 77:1292–1301.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.05.004>
- Frerking M (2016) JPL Technology Readiness Level Assessment Guideline. IEEE Aerospace Conference Proceedings
- Fu G, Horrocks L, Winne S (2016) Exploring impacts of climate change on UK's ICT infrastructure. *Infrastructure Asset Management* 3:42–52. <https://doi.org/10.1680/jinam.15.00002>
- Funabashi Y, Kitazawa K (2012) Fukushima in review: A complex disaster, a disastrous response. *Bulletin of the Atomic Scientists* 68:9–21. <https://doi.org/10.1177/0096340212440359>
- Gasper R, Blohm A, Ruth M (2011) Social and economic impacts of climate change on the urban environment. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3:150–157. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.12.009>
- Geier W (2016) Konzeption Zivile Verteidigung: Motiv, Programm und Zielsetzungen. *Bevölkerungschutzmagazin* 2–4
- Grabowski ZJ, Matsler AM, Thiel C, et al (2017) Infrastructures as Socio-Eco-Technical Systems: Five Considerations for Interdisciplinary Dialogue. *Journal of Infrastructure Systems* 23:02517002.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000383](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000383)
- Groth M, Bender S, Olfert A, et al (2023) Kaskadeneffekte und kritische Infrastrukturen. In: Climate Service Center (Hrsg) *Klimawandel in Deutschland*. Springer
- Habermann N, Hedel R (2018) Damage functions for transport infrastructure. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment* 9:420–434. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-09-2017-0052>
- Hallerbach S, Xia Y, Eberle U, Koester F (2018) Simulation-Based Identification of Critical Scenarios for Cooperative and Automated Vehicles. *SAE Intl J CAV* 1:93–106. <https://doi.org/10.4271/2018-01-1066>
- Hasan S, Foliente G (2015) Modeling infrastructure system interdependencies and socioeconomic impacts of failure in extreme events: emerging R&D challenges. *Nat Hazards* 78:2143–2168.
<https://doi.org/10.1007/s11069-015-1814-7>

Hassel H, Johansson J, Cedergren A, et al (2014) Method to study cascading effects. CascEff project report D2.1. Division of Risk Management and Societal Safety, Lund University

Hedel R (2016) A Holistic CI Climate Hazard Risk Assessment Framework. A pan-European framework for strengthening critical infrastructure resilience to climate change. Fraunhofer Institute for Transportation and Infrastructure (IVI), Dresden

Heinbach K, Scheller H, Klone E, et al (2020) Klimaschutz in finanzschwachen Kommunen. Potenziale für Haushaltsentlastungen, lokale Wertschöpfungseffekte sowie alternative Finanzierungsansätze kommunaler Klimaschutzmaßnahmen. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin

Hemmati M, Schmidt C (2020) Beteiligung und Mitwirkung im kommunalen Klimaschutz – Erkenntnisse und Ergebnisse aus dem Vorhaben Klima-Kompakt. Berlin

Hirschnitz-Garbers M, Hinzmann M, Langsdorf S, et al (2020a) Erfolgsbedingungen und Prozessgestaltung/-begleitung für eine nachhaltige Umgestaltung von Infrastrukturkopplungen Infrastrukturen – Teilbericht des Vorhabens: „Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“. Umweltbundesamt, Dessau

Hirschnitz-Garbers M, Hinzmann M, Langsdorf S, et al (2020b) Analyse von Nachhaltigkeitspotentialen und Einflussfaktoren (Synthese) - Teilbericht des Vorhabens: „Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“. UBA, Umweltbundesamt, Dessau

Holling CS (1996) Engineering resilience versus ecological resilience. In: Schulze PC (Hrsg) Engineering within ecological constraints. The National Academies Press, Washington D.C., S 31–44

Hölscher K, Wittmayer J, Olfert A, et al (2020) Infrastrukturkopplungen als Beiträge zur Nachhaltigkeitstransformation: Einflussfaktoren und Handlungsmöglichkeiten. Teilbericht des Vorhabens: „Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“. Umweltbundesamt, Dessau

Hölscher K, Wittmayer JM (Hrsg) (2018) Entwicklungspfade innovativer Infrastrukturkopplungen verstehen: Neun Fallstudien. DRIFT Working Paper. DRIFT, Rotterdam

Howaldt J, Schwarz M (2010) Soziale Innovation im Fokus. Skizze eines gesellschaftstheoretisch inspirierten Forschungskonzepts. Transcript Verlag, Bielefeld

Hughes S, Yordi S, Besco L (2020) The Role of Pilot Projects in Urban Climate Change Policy Innovation. Policy Stud J 48:271–297. <https://doi.org/10.1111/psj.12288>

Hutter G, Neubert M, Olfert A, Ortlepp R (2021) Building Resilience and Disaster Risk Reduction - Conceptual Insights and Examples at Local level in Germany. Sustainability Special Issue "Risk Mitigation, Vulnerability Management and Resilience under Disasters":

IfaS, DUH (2015) Interkommunale Kooperation als Schlüssel zur Energiewende. Erfolgsfaktoren und Handlungsempfehlungen für Kommunen. Deutsche Umwelthilfe, Radolfzell und Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Trier

ifeu (2020) Klimaschutzmanagement verstetigen. Gesammelte Erfolgsfaktoren und Erfahrungen aus dem Projekt Klima-Kompakt. Leitfaden für Klimaschutzmanager*innen. Heidelberg

IKEM (2018) Experimentierklauseln für verbesserte Rahmenbedingungen bei der Sektorenkopplung. Juristische Studie. Erstellt im Auftrag des Ministeriums für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern.

Jönsson H, Johansson J, Johansson H (2008) Identifying critical components in technical infrastructure networks. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability 222:235–243. <https://doi.org/10.1243/1748006XJRR138>

Jovanovic A, Auerkari P (2016) EU project SmartResilience: The concept and its application on critical energy infrastructure in Finland

- Junietz P, Bonakdar F, Klamann B, Winner H (2018) Criticality Metric for the Safety Validation of Automated Driving using Model Predictive Trajectory Optimization. In: 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC). IEEE, Maui, HI, S 60–65
- Junietz P, Schneider J, Winner H (2017) Metrik zur Bewertung der Kritikalität von Verkehrssituationen und -szenarien
- Karali A, Hatzaki M, Giannakopoulos C, et al (2014) Sensitivity and evaluation of current fire risk and future projections due to climate change: the case study of Greece. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 14:143–153. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-143-2014>
- Karnatak R, Ansmann G, Feudel U, Lehnertz K (2014) Route to extreme events in excitable systems. *Phys Rev E* 90:022917. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.90.022917>
- Katopodis T, Sfetsos A, Varela V, et al (2018) EU-CIRCLE methodological approach for assessing the resilience of the interconnected critical infrastructures of the virtual city scenario to climate change. *energetika* 64:. <https://doi.org/10.6001/energetika.v64i1.3725>
- Kennedy CA (2016) Industrial Ecology and Cities. In: Clift R, Druckman A (Hrsg) *Taking Stock of Industrial Ecology*. Springer International Publishing, Cham, S 69–86
- Klaver MHA, van Buul K, Nieuwenhuijs AH, Luijff HAM (2014) PREPARING FOR THE DOMINO EFFECT IN CRISIS SITUATIONS. D3.1 METHODOLOGY FOR THE IDENTIFICATION AND PROBABILITY ASSESSMENT OF CASCADING EFFECTS
- Klinglmair A, Brandstätter T, Grießler E, et al (2015) EnInnovAT. Diffusion von Energieinnovationen in Österreich aus Mikround Makroperspektive. Endbericht. e!Mission.at
- Kreis Steinfurt (2020) Treibstoff der Zukunft – Grüner Wasserstoff mobilisiert das energieland20150. Bewerbung des Kreises Steinfurt als Modellregion Wasserstoff-Mobilität NRW
- Kristof K (2010) *Models of change - Einführung und Verbreitung sozialer Innovationen und gesellschaftlicher Veränderungen in transdisziplinärer Perspektive*. Zürich
- Kuhlicke C, Seebauer S, Hudson P, et al (2020) The behavioral turn in flood risk management, its assumptions and potential implications. *WIREs Water*. <https://doi.org/10.1002/wat2.1418>
- Kyriakou C, Christodoulou SE, Dimitriou L (2019) Smartphone-Based Pothole Detection Utilizing Artificial Neural Networks. *Journal of Infrastructure Systems* 25:04019019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000489](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000489)
- Lam DPM, Martín-López B, Wiek A, et al (2020a) Scaling the impact of sustainability initiatives: a typology of amplification processes. *Urban Transformations* 2:3. <https://doi.org/10.1186/s42854-020-00007-9>
- Lam DPM, Martín-López B, Wiek A, et al (2020b) Scaling the impact of sustainability initiatives: a typology of amplification processes. *Urban Transform* 2:3. <https://doi.org/10.1186/s42854-020-00007-9>
- Landkreis Coburg (2012)): Integriertes Klimaschutzkonzept des Landkreises Coburg
- Lauwe P (2016) *Konzeption Zivile Verteidigung - Auswirkungen auf Kritische Infrastrukturen*. *Crisis Prevention* 17–19
- Li Yundong, Kotsos Antonios, Bartoli Ivan (2019) Automated Rust-Defect Detection of a Steel Bridge Using Aerial Multispectral Imagery. *Journal of Infrastructure Systems* 25:04019014. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000488](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000488)
- Libbe J, Petschow U, Trapp J, et al (2018) *Diskurse und Leitbilder zur zukunftsfähigen Ausgestaltung von Infrastrukturen. Abschlussbericht*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Linkov I, Bridges T, Creutzig F, et al (2014) Changing the resilience paradigm. *Nature Clim Change* 4:407–409. <https://doi.org/10.1038/nclimate2227>

- Loorbach D (2010) Transition management for sustainable development: a prescriptive, complexity-based governance framework. *Governance* 23:161–183
- Lückerath D, Olfert A, Milde K, et al (2020) Assessment of and tools for improving climate resilience of infrastructures: Towards an ERNCIP Thematic Group. Umweltbundesamt, Dessau
- Lüdeke-Freund F (2017) Geschäftsmodelle für unternehmerische Nachhaltigkeit. In: Wunder T (Hrsg) CSR und Strategisches Management. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 111–135
- Lugo AE (2019) Recovery and Long-Term Effects. In: Social-Ecological-Technological Effects of Hurricane María on Puerto Rico. Springer International Publishing, Cham, S 19–28
- Luijff HAM, Nieuwenhuijs AH, Klaver MHA, et al (2010) Empirical findings on European critical infrastructure dependencies. *IJSSE* 2:3. <https://doi.org/10.1504/IJSSE.2010.035378>
- Lundberg J, Johansson BJ (2015) Systemic resilience model. *Reliability Engineering & System Safety* 141:22–32. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.03.013>
- Malekpour S, Brown RR, de Haan FJ (2015) Strategic planning of urban infrastructure for environmental sustainability: Understanding the past to intervene for the future. *Cities* 46:67–75. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.003>
- Markard J (2011) Transformation of Infrastructures: Sector Characteristics and Implications for Fundamental Change. *J Infrastruct Syst* 17:107–117. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000056](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000056)
- McDaniels T, Chang S, Cole D, et al (2008) Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: Characterizing decision contexts for mitigation and adaptation. *Global Environmental Change* 18:310–318. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.03.001>
- Meerow S, Newell JP (2019) Urban resilience for whom, what, when, where, and why? *Urban Geography* 40:309–329. <https://doi.org/10.1080/02723638.2016.1206395>
- Memarzadeh M, Pozzi M (2017) Resilience to Extreme Events: A Bayesian Nonparametric Approach. In: Structural Health Monitoring 2017. DEStech Publications, Inc.
- Monstadt J, Coutard O (2019) Cities in an era of interfacing infrastructures: Politics and spatialities of the urban nexus. *Urban Studies* 56:2191–2206. <https://doi.org/10.1177/0042098019833907>
- Moss T (2014) Socio-technical Change and the Politics of Urban Infrastructure: Managing Energy in Berlin between Dictatorship and Democracy. *Urban Studies* 51:1432–1448. <https://doi.org/10.1177/0042098013500086>
- Naumann S, Davis M, Goeller B, et al (2015) Ökosystembasierte Ansätze an den Klimawandel und zum Klimaschutz im deutschsprachigen Raum (Ecosystem-based approaches to climate change and climate protection in Germany, Austria, and Switzerland)
- Neumayer E (2013) *Weak versus strong sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms*, Fourth edition. Edward Elgar, Cheltenham, UK Northampton, MA, USA
- Neumeier A, Radszuwill S, Garizy TZ (2018) Modeling project criticality in IT project portfolios. *International Journal of Project Management* 36:833–844. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.04.005>
- Nordic Council of Ministers (2012) *Climate change and energy systems*. Nordic Council of Ministers, Copenhagen
- Olechowski AL, Eppinger SD, Joglekar N, Tomaschek K (2020) Technology readiness levels: Shortcomings and improvement opportunities. *Syst Eng* 23:395–408. <https://doi.org/10.1002/sys.21533>
- Olfert A, Brunnow B, Schiller G, et al (2020a) Nachhaltigkeitspotenziale innovativer, gekoppelter Infrastrukturen - Teilbericht des Vorhabens: „Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“. Umweltbundesamt, Dessau

- Olfert A, Hirschnitz-Gabers M (2020) Bericht Fall Dresden: Intermodale Verkehrspunkte MOBI. Fallstudie im Rahmen AP 2. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, Dresden
- Olfert A, Hirschnitz-Gabers M, Langsdorf S, et al (2023) Verbreitungswege nachhaltiger Infrastrukturlösungen - Drei Beispiele auf kommunaler und regionaler Ebene. Umweltbundesamt, Dessau
- Olfert A, Schiller G, Brunnow B, et al (2020b) Prozessbegleitende Nachhaltigkeitsbewertung als Werkzeug für ein Nachhaltigkeitsorientiertes Infrastrukturmanagement. IR 17–20
- Olfert A, Walther J (2023) Prozessbegleitende Nachhaltigkeitsbewertung für innovative Infrastrukturlösungen. Anwendungshandbuch: Methode und Bewertungswerkzeug. Umweltbundesamt, Dessau
- Ottens M, Franssen M, Kroes P, Poel IVD (2006) Modelling infrastructures as socio-technical systems. IJCIS 2:133. <https://doi.org/10.1504/IJCIS.2006.009433>
- Pandit A, Minné EA, Li F, et al (2017) Infrastructure ecology: an evolving paradigm for sustainable urban development. *Journal of Cleaner Production* 163:S19–S27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.010>
- Panteli M, Mancarella P (2015) Influence of extreme weather and climate change on the resilience of power systems: Impacts and possible mitigation strategies. *Electric Power Systems Research* 127:259–270. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.06.012>
- Petrovic, N., Stranjik, A., Peternel, R. (2018) Generic resilience indicators of critical infrastructures. University of Applied Sciences, Velika Gorica, Kroatien
- Porfiriev B (2015) Climate change as a major slow-onset hazard to development: an integrated approach to bridge the policy gap. *Environmental Hazards* 14:187–191. <https://doi.org/10.1080/17477891.2015.1019823>
- Posch EL, Höferl KM, Steiger R, Bell R (2021) Another take on reframing resilience as agency: The agency toward resilience (ATR) model. In: *Understanding Disaster Risk*. Elsevier, S 239–255
- Ramaswami A, Weible C, Main D, et al (2012) A Social-Ecological-Infrastructural Systems Framework for Interdisciplinary Study of Sustainable City Systems: An Integrative Curriculum Across Seven Major Disciplines. *Journal of Industrial Ecology* 16:801–813. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00566.x>
- Rehak D, Novotny P (2016) European critical infrastructure risk and safety management: directive implementation in practice. *Chemical Engineering Transactions* 48:943–948. <https://doi.org/10.3303/CET1648158>
- Rehak D, Senovsky P, Hromada M, Lovecek T (2019) Complex approach to assessing resilience of critical infrastructure elements. *International Journal of Critical Infrastructure Protection* 25:125–138. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.03.003>
- Reichenbach G, Göbel R, Woff H, Stokar von Neuforn S (2011) Risiken und Herausforderungen für die öffentliche Sicherheit in Deutschland: Szenarien und Leitfragen; Grünbuch des Zukunftsforums Öffentliche Sicherheit. ProPress-Verlag-Ges.
- Rinaldi SM, Peerenboom JP, Kelly TK (2001) Identifying, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems* 21:11–25. <https://doi.org/10.1109/37.969131>
- Rogers EM (2003) *Diffusion of innovations*
- Romero-Faz D, Camarero-Orive A (2017) Risk assessment of critical infrastructures – New parameters for commercial ports. *International Journal of Critical Infrastructure Protection* 18:50–57. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2017.07.001>
- Rosqvist T (2017) Information and confidence levels in risk results- can both be obtained? In: *Safety and Reliability – Theory and Applications*. CRC Press, High Tatras Mountains, Tatranské Matliare, Slovak Republic, S 168–168

- Sahely HR, Kennedy CA, Adams BJ (2005) Developing sustainability criteria for urban infrastructure systems. *Canadian Journal of Civil Engineering* 32:72–85. <https://doi.org/10.1139/l04-072>
- Schaberreiter T, Kittilä K, Halunen K, et al (2013) Risk Assessment in Critical Infrastructure Security Modelling Based on Dependency Analysis: (Short Paper). In: Bologna S, Hämmerli B, Gritzalis D, Wolthusen S (Hrsg) *Critical Information Infrastructure Security*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 213–217
- Schiller G (2010) Kostenbewertung der Anpassung zentraler Abwasserentsorgungssysteme bei Bevölkerungsrückgang. Rhombos, Dresden
- Schiller G, Blum A, Behnisch M (2012) Resource Efficiency of Settlement Structures: Terms, Conceptual Implications and Connecting Factors to the Resilience Debate. *Raumforschung und Raumordnung* 70:377–386. <https://doi.org/10.1007/s13147-012-0168-9>
- Schönborn S (2019) Engagementverstärker und Brückenbauer? Kirchengemeinden als Akteure der lokalen Energiewende. In: Radtke J, Canzler W, Schreurs MA, Wurster S (Hrsg) *Energiewende in Zeiten des Populismus*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, S 295–339
- Schüle R, Fekak M, Lucas R, et al (2016) Kommunen befähigen, die Herausforderungen der Anpassung an den Klimawandel systematisch anzugehen (KoBe). Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Schweikert A, Espinet X, Chinowsky P (2018) The triple bottom line: bringing a sustainability framework to prioritize climate change investments for infrastructure planning. *Sustainability Science* 13:377–391. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0431-7>
- Seeliger L, Turok I (2013) Towards Sustainable Cities: Extending Resilience with Insights from Vulnerability and Transition Theory. *Sustainability* 5:2108–2128. <https://doi.org/10.3390/su5052108>
- Shafiee M (2016) Modelling and analysis of availability for critical interdependent infrastructures. *IJRAM* 19:299. <https://doi.org/10.1504/IJRAM.2016.079608>
- Sieck L (2018) Kommunalen Klimaschutz langfristig verankern – aber wie? Vortrag im Rahmen der kommunalen Klimaschutz Konferenz des Klima-Bündnis 2018 (13. November 2018). Kaiserslautern
- Siedschlag A (2013) „FOCUS“: Foresight Security Scenarios to Plan for Research to Support the „EU 2035“ as a Comprehensive Security Provider. *Information & Security: An International Journal* 29:5–17. <https://doi.org/10.11610/isij.2901>
- Sinning H, Kreft H, Steil C (2011) Kommunales Klimaschutzmanagement in Städten und Gemeinden optimieren. ISP - Institut für Stadtforschung, Planung und Kommunikation, Erfurt
- Snorrason Á, Hardardóttir J (2008) CLIMATE AND ENERGY SYSTEMS (CES) 2007–2010 A NEW NORDIC ENERGY RESEARCH PROJECT
- Stadt und Landkreis Coburg (2019) Kommunales Elektromobilitätskonzept 2019 für den Landkreis und die Stadt Coburg. Stadt und Landkreis Coburg
- Sun Li, Stojadinovic Bozidar, Sansavini Giovanni (2019) Resilience Evaluation Framework for Integrated Civil Infrastructure–Community Systems under Seismic Hazard. *Journal of Infrastructure Systems* 25:04019016. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000492](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000492)
- Svegrup L, Johansson J, Hassel H (2019) Integration of Critical Infrastructure and Societal Consequence Models: Impact on Swedish Power System Mitigation Decisions. *Risk Analysis* 39:1970–1996. <https://doi.org/10.1111/risa.13272>
- SWA, Green Experience (2018) Maßnahmenbewertungsblätter des Elektromobilitätskonzepts Masterplan Elektromobilität. Stadtwerke Augsburg & Green Experience

- Tariverdi M, Fotouhi H, Seksun M, Miller-Hooks E (2019) Health Care System Disaster-Resilience Optimization Given Its Reliance on Interdependent Critical Lifelines. *Journal of Infrastructure Systems* 25:04018044. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000465](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000465)
- Thacker S, Adshead D, Fay M, et al (2019) Infrastructure for sustainable development. *Nat Sustain* 2:324–331. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0256-8>
- Thomé AMT, Ceryno PS, Scavarda A, Remmen A (2016) Sustainable infrastructure: A review and a research agenda. *Journal of Environmental Management* 184:143–156. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.080>
- Tobin GA (1999) Sustainability and community resilience: the holy grail of hazards planning? *Environmental Hazards* 1:13–25. <https://doi.org/10.3763/ehaz.1999.0103>
- Trakas DN, Panteli M, Hatziaargyriou ND, Mancarella P (2019) Spatial Risk Analysis of Power Systems Resilience During Extreme Events: Spatial Risk Analysis of Power Systems Resilience. *Risk Analysis* 39:195–211. <https://doi.org/10.1111/risa.13220>
- Trocchi A (Hrsg) (2018) *Weather & Climate Services for the Energy Industry*. Springer International Publishing, Cham
- UBA (Hrsg) (2019a) *Integration erneuerbarer Energien durch Sektorkopplung: Analyse zu technischen Sektorkopplungsoptionen*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- UBA (Hrsg) (2019b) *Auf dem Weg zu klimagerechten kommunalen Infrastrukturen. Abschlussbericht*. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau
- Uda M, Kennedy C (2018) Evaluating the Resilience of Sustainable Neighborhoods by Exposing LEED Neighborhoods to Future Risks. *Journal of Infrastructure Systems* 24:04018030. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000443](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000443)
- Ugarelli R, Koti J, Bonet E, et al (2019) STOP-IT - Strategic, Tactical, Operational Protection of Water Infrastructure Against Cyber-Physical Threats. S 2112–2103
- UNWCED (1987) *Our Common Future (Brundtland Report)*. United Nations, World Commission on Environment and Development, Geneva
- Vamanu BI, Gheorghie AV, Katina PF (2016) *Critical Infrastructures: Risk and Vulnerability Assessment in Transportation of Dangerous Goods*. Springer International Publishing, Cham
- van Broekhoven S, Vernay A (2018) Integrating Functions for a Sustainable Urban System: A Review of Multifunctional Land Use and Circular Urban Metabolism. *Sustainability* 10:1875. <https://doi.org/10.3390/su10061875>
- van Vliet MTH, Yearsley JR, Ludwig F, et al (2012) Vulnerability of US and European electricity supply to climate change. *Nature Climate Change* 2:676
- Van Winden W, Van Den Buuse D (2017) Smart City Pilot Projects: Exploring the Dimensions and Conditions of Scaling Up. *Journal of Urban Technology* 24:51–72. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1348884>
- Varianou Mikellidou C, Shakou LM, Boustras G, Dimopoulos C (2018) Energy critical infrastructures at risk from climate change: A state of the art review. *Safety Science* 110:110–120. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.12.022>
- VDI (2017) VDI Richtlinie 4605 „Nachhaltigkeitsbewertung“. VDI Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf
- von Winterfeld U, Schüle R (2010) *Anpassung an den Klima-wandel – Risiken, Unsi-cherheiten und Demokra-tie. Diskussionspapier*.
- Von Wirth T, Fuenfschilling L, Frantzeskaki N, Coenen L (2019) Impacts of urban living labs on sustainability transitions: mechanisms and strategies for systemic change through experimentation. *European Planning Studies* 27:229–257. <https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1504895>

Walz R, Bodenheimer M, Gandenberger C (2016) Kritikalität und Positionalität: Was ist kritisch für wen – und weshalb? In: Exner A, Held M, Kümmerer K (Hrsg) Kritische Metalle in der Großen Transformation. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S 19–38

White I, O’Hare P (2014) From Rhetoric to Reality: Which Resilience, Why Resilience, and Whose Resilience in Spatial Planning? *Environ Plann C Gov Policy* 32:934–950. <https://doi.org/10.1068/c12117>

Xie XL, Lo AY, Zheng Y, et al (2014) Generic security concern influencing individual response to natural hazards: evidence from Shanghai, China. *Area* 46:194–202. <https://doi.org/10.1111/area.12098>

Xu M, Weissburg M, Newell JP, Crittenden JC (2012) Developing a Science of Infrastructure Ecology for Sustainable Urban Systems. *Environ Sci Technol* 46:7928–7929. <https://doi.org/10.1021/es3025534>

Yao D, Qiu Y, Huang H, et al (2011) A survey of technology accessibility problems faced by older users in China. *Univ Access Inf Soc* 10:373–390. <https://doi.org/10.1007/s10209-011-0222-3>

Zaidi RZ (2018) Beyond the Sendai indicators: Application of a cascading risk lens for the improvement of loss data indicators for slow-onset hazards and small-scale disasters. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 30:306–314. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.03.022>

Zuccaro G, Leone MF, Zuvela-Aloise M, Capolupo A (2019) Una nuova generazione di servizi climatici a supporto della progettazione e pianificazione resiliente delle città: metodologia e applicazione del modello Clarity. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2562827>

Zuniga-Teran AA, Staddon C, De Vito L, et al (2020) Challenges of mainstreaming green infrastructure in built environment professions. *Journal of Environmental Planning and Management* 63:710–732. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1605890>

A Anhang zu Kapitel 1

A.1 Systematisierung innovativer Infrastrukturkopplungen und Bewertung ihrer potenziellen Eignung zur eine Verbreitung

Tabelle 25: Ergebnistabelle: Systematisierung und Bewertung der innovativen Kopplungen

Nr.	Systematisierung (vgl. Tabelle 1)	Beispiel	Bewertung (vgl. Tabelle 2)							
			1.0 Ressourceneffizienz und Resilienz	1.1 Technology Readiness Level ≥ 7	1.2 Verfügbarkeit Fachkräfte	2.1 Regelwerke und Normungen OK	3.1 Gesellschaftliche Prioritäten	3.2 Ökon. Barrierefreiheit Nutzer	3.2 Technolog. Barrierefreiheit Nutzer	4.1 Wirtschaftlichkeit Investition
Kategorie / Nummer	Bezeichnung der Kopplung Sortierung erfolgt nach zwei Kriterien 1. Systematisierung – siehe Tabelle 1 (oben) 2. (Haupt-)Verankerung in einem Sektor* Bewertungsschema: (2) Kriterium wird bereits gut erfüllt – diese Bewertung deutet auf eine gute Eignung zur Verbreitung hin (1) erste Ansätze zur Erfüllung des Kriteriums sind erkennbar – diese Bewertung reicht in der Regel nicht aus (0) Kriterium ist auch im Ansatz nicht bis kaum erfüllt – eine Eignung für die Verbreitung ist nicht gegeben (?) Bewertung des Kriteriums hängt stark am regulativen Rahmen bzw. der individuellen Umsetzung (X) Kriterium ist bei dieser Kopplung nicht bewertungsrelevant	Beispiel bearbeitet in TRAFIS 1/2 – als wichtige Quellen für die Bewertung (Hölscher und Wittmayer 2018; Hirschnitz-Garbers et al. 2020a; Olfert et al. 2020a)								
1	Gewinnung und Bereitstellung alternativer Energien									
1.1	Klein-/Mikro-Wasserkraft im Trinkwassernetz – Nutzung der Gefälleunterschiede incl. Wasserkraft Zu-/Ableitungen der Speicher (Hochbehälter, Wassertürme)									
1.2	Kleinwasserkraft im Kanalnetz (Nutzung von Potenzialunterschieden im Gelände)									
1.3	Stromgewinnung aus Schmutzwasser (z. B. mittels mikrobieller Brennstoffzelle (Forschung))									

Nr.	Systematisierung (vgl. Tabelle 1)	Beispiel	Bewertung (vgl. Tabelle 2)									
1.4	Stromgewinnung Ausgang Kläranlage (Kleinwasserkraft)											
1.5	Abwärmenutzung (Industrie) zur Stromgewinnung mittels OCR-Turbine (Organic Rankine Cycle) bzw. thermoelektrischen Generatoren											
1.6	Dezentrale EE-Erzeugung, Speicherung und Verteilung auf Quartiersebene	TRAFIS / AP2 Fall5_Soldardorf, Norderstätt	2	1	?	?	2	1	1	?	?	
1.7	Energiegewinnung von Straßenflächen / Solar - Solarzellen statt Asphalt / Solar Roadway / Solarer Radweg											
1.9	Stromerzeugung durch Straßen / Vibration - Piezoelektrische Stromerzeugung aus Vibrationen											
1.10	Stromerzeugung durch Schienenwege / Vibrationen - Piezoelektrische Stromerzeugung aus Vibrationen											
1.11	Biogasgewinnung und -verwertung (KWK, Wärme, Strom) in Kläranlagen		2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
1.12	Regionale H2-Erzeugung und Bereitstellung Versorgung von E-Fahrzeugen aus regionaler PtL - Erzeugung von synthetischem H2 aus EE	TRAFIS_II/AP2.2, AP4 Wasserstoffmobilität, Kreis Nordfriesland TRAFIS / AP 2 Fall6_H2BER, Berlin Fall7_Hybridkraftwerke, Prenzlau	2	2	2	1	2	0	1	0	?	
1.13	Abfallverwertung (Co-Vergärung biogener Abfälle) in kommunalen Kläranlagen zur Gaserzeugung											
1.14	Dezentrale Abwärmegewinnung aus Abwasser (in Objekten und Sammelleitungen) für Nahwärme oder Objektbezogene Wärmenutzung	TRAFIS / AP1, AP 2 1.2_Wärme aus Abwasser Fall2_CELSIUS, Köln	2	2	1	2	2	1	1	1	?	
1.15	Zentrale Abwärmegewinnung aus Abwasser (in Kläranlagen) für Nahwärme oder Objektbezogene Wärmenutzung	TRAFIS / AP1, AP 2 1.1_Wärme aus Abwasser Kläranlage Waiblingen	2	2	2	0*	2	2	2	1	?	

Nr.	Systematisierung (vgl. Tabelle 1)	Beispiel	Bewertung (vgl. Tabelle 2)											
1.16	Abwärmegewinnung Ausgang Kläranlage (mittels WP)													
1.17	Einkopplung Solarthermie (zentral/dezentral) in etablierte Nah- und Fernwärme-Systeme	TRAFIS / AP 1 2.2_Solarthermie in Wärmenetzen	2	2	2	2	2	1	1	2	?			
1.18	Einkopplung Abwärme aus den Produktionsprozessen (inkl. Abwärme von Servern) in Nah- und Fernwärmenetzen													
1.19	Betrieb von Wärmepumpen mit Vorlaufanhebung aus alternativen Energien (z. B. solarthermisch, Abwasser)		2	2	2	2	2	1	1	1	?			
1.20	Abwärmenutzung (Industrie) zur Wärmeenergieerzeugung in Wärmenetzen	TRAFIS_II/AP2.2 Abwärmenutzung, Erfurt TRAFIS / AP1, AP2 2.1_Gewerbe-Abwärme Fall3_Serverabwärme, Hamm	2	2	2	2	2	1	2	1	?			
1.21	Abfallverwertung (Co-Vergärung biogener Abfälle) in kommunalen Kläranlagen kombiniert mit Wärmeabgabe in Nahwärmenetze													
1.22	Dezentrale PtG, PtL - Erzeugung und Verwertung von synthetischem Gas/Liquid (Erdgas, H2) durch Elektrolyse aus Überschuss EE (z. B. Windgas)	TRAFIS_II/AP2.2, AP4 Exytron-Technik, Augsburg	2	2	1	1	2	1	1	?	?			
1.23	"veredelte" PtH auf Basis EE zur regulären Wärmeerzeugung in Wärmenetzen	TRAFIS_II/AP2.2 Tiefengeothermie, Schwerin	2	2	2	2	2	1	1	1	?			
2	Flexibilisierung der Energiebereitstellung durch Pufferung und Lastverschiebung													
2.1	Zentrale Speicherung Überschussstrom / Netzsteuerung in elektr. Batterien, Pumpspeicherkraftwerken, Druckluftkavernen													
2.2	Dezentrale Erzeugung und Speicherung von EE in E-Fahrzeugen	TRAFIS / AP2 4.1_Netzstabilisierung durch E-Fahrzeuge Fall4_Rosenviertel Stuttgart	2	1	1	0	2	1	1	?	?			

Nr.	Systematisierung (vgl. Tabelle 1)	Beispiel	Bewertung (vgl. Tabelle 2)								
2.3	Wärmespeicher / Multifunktionspeicher in Wärmenetzen (ggf. auch in Verbindung mit WP und PtH)										
2.4	Mobile Energiespeicher (z. B. Abwärmenutzung und Verteilung)										
2.5	regionale PtG, PtL - Erzeugung von synthetischem Gas/Liquid (Erdgas, H2) durch Elektrolyse aus Überschuss EE (z. B. Windgas)	TRAFIS_II/AP2.2, AP4 Flexkraftwerke Steinfurt TRAFIS / AP 1: 5.2_PtL/PtG	1	2	2	1	2	1	1	?	?
2.6	Speicherung von synthetischem Gas/H2 aus PtG/PtL in bestehenden Gasnetzen										
2.7	Netzdienlicher Betrieb von Notstromaggregaten (z. B. in Kläranlagen)	TRAFIS_II/AP2.2, AP4 Kläranlage Rödental	1	2	2	1	1	2	2	1	?
2.8	Stromgeführter Betrieb von Wärmepumpen im Schwarm (negative Regelenergie)										
2.9	Stromoptimierter/Stromgeführter Betrieb von KWK im Schwarm (konventionell, Brennstoffzelle) (positive Regelenergie)										
2.10	Systemdienliche "einfache" PtH in Wärmenetzen (negative Regelenergie) (Prinzip Tauchsieder)	TRAFIS / AP 1 5.1_Power-to-Heat		2	2	2	1	x	x	0	0
2.11	Systemdienliche "veredelte" PtH in Wärmenetzen (negative Regelenergie) (Prinzip Wärmepumpe)	TRAFIS / AP 1 5.1_Power-to-Heat		2	2	2	1	x	x	0	0
2.12	Netzdienlicher Betrieb virtueller „Schwarm“-Kraftwerke zur Stromerzeugung (positive Regelenergie) bzw. Wärmeerzeugung (negative Regelenergie)	TRAFIS / AP 1 3.2_virtuelle Kraftwerke	1	2	1	2	1	1	1	?	?
2.13	Rückverstromung von Gas/H ² aus PtG/PtL (z. B. Brennstoffzelle)										
2.14	Virtuelle Stromspeicher für überschüssige EE										
2.15	Einbindung der Speicher von E-Fahrzeugen in den Angebots-Nachfrageausgleich (V2G, Vehicle to Grid)										

Nr.	Systematisierung (vgl. Tabelle 1)	Beispiel	Bewertung (vgl. Tabelle 2)									
2.16	Hybriden Netze - Zusammenschluss von unterschiedlichen Anlagen, Speichern und Netzen zu hybriden Netzen und deren IKT-basierte Steuerung für einen systemdienlich koordinierten Energieaustausch und Energie(zwischen)speicherung	TRAFIS / AP 1, AP2 3.1_Lokale/regionale hybride Netze Fall8_VPS_Allgäu	1	0	1	0	1	?	?	?	?	
3	Vernetzte Verkehrsdienste einschließlich, multimodales öffentlicher Angebote, Sharingdienste, Logistik											
3.1	Entkopplung Mischkanalisation zur Effizienzsteigerung der Kläranlage und Nutzung und Substitution TW in NieWa-unterstützten Brauchwassernetzen											
3.2	Multimodale Verzahnung von Verkehrsmitteln, mithilfe OTP-Dienste	TRAFIS_II/AP2.2, AP4 1. Mobilitäts-APP Augsburg 2. MOBI Dresden	2	1	1	1	1	2	2	1	1	
3.3	standortgebundenes Privates Carsharing - IKT-unterstützter Zusammenschluss privater Fahrzeuge zu einem standort-basierten Carsharing-Angebot	TRAFIS / AP 1, AP 2 6.1_privates Carsharing Fall9_Drivy	?	2	1	1	1	1	1	?	?	
3.4	Free-floating Carsharing - IKT- und GPS-unterstütztes standortungebundenes Carsharing	TRAFIS / AP 1 6.2_free floating Carsharing	?	2	1	1	1	1	2	1	?	
3.5	Steuerung Verkehrsleitsysteme/Navigation / V2X											
3.6	IKT-Optimierte Logistik-Ketten - Betriebssysteme für Lieferketten											
4	Stoffkreisläufe											
4.1	Entkopplung Grauwasser/Schwarzwasser für NASS-Anwendungen incl. Grauwasserrecycling, z. B. zur Substitution von TW (aktuell v. a. dezentral, konventionell oder als Vakuumanlage)											
4.2	Kontrollierte Entlastung von Mischwasserkanälen auf multifunktionalen Grün-/Freiflächen (kontrollierter Überstau von Mischwasserkanalisationen)	TRAFIS / AP 1 7.2_kontrollierter Überstau	1	1	2	1	1	1	x	1	?	
4.3	Separation von Stoffströmen in Kläranlagen (NASS), Recycling von Wertstoffen, Abscheidung von Düngemitteln											

Nr.	Systematisierung (vgl. Tabelle 1)	Beispiel	Bewertung (vgl. Tabelle 2)									
4.4	Niederschlagswasserbewirtschaftung zur Substitution TW (NASS) in Brauchwassernetzen											
4.5	Versickerung oder Zwischenspeicherung von Niederschlagswasser auf multifunktionalen Grün-/Freiflächen	TRAFIS / AP 1: 7.1_intelligente NieWas-Bewirtschaftung	2	2	2	2	2	1	x	1		?
5	Sonstiges / Neue Dienste, Optimierter Betrieb											

Quelle: Der Bestand an Kopplungen basiert auf der im Vorhaben TRAFIS angelegten Sammlung (Olfert et al. 2020a, Anhang 2). Diese wurde im Rahmen TRAFIS 2 geprüft und ergänzt. Die Bewertungen basieren im Wesentlichen auf den bisher erfolgten Arbeiten in den Fallstudien in TRAFIS AP 1, 2, 4 (Hölscher und Wittmayer 2018; Hirschnitz-Garbers et al. 2020a; Olfert et al. 2020a, Kapitel 8). Die Bewertungen wurden durch die Partner BTU Cottbus (Jörg Walter) und IÖR (Alfred Olfert) vorgenommen. Die verwendeten Bewertungskriterien entstammen der mit dem vorliegenden Bericht dokumentierten Entwicklung und stützen sich unter anderem auf die Kategorien wichtiger Einflussfaktoren aus TRAFIS (Hölscher et al. 2020; Hirschnitz-Garbers et al. 2020b).

A.2 Begriffsdiskussion und Varianten des Konzepts „Verbreitung“ im Kontext von innovativen Infrastrukturkopplungen mit Nachhaltigkeitspotential

Vorgehen bei der Begriffsbestimmung

- ▶ Selektion potentiell relevanter Suchbegriffe anhand der Vorerfahrungen im TRAFIS-Projekt und den gemeinsamen Überlegungen im Angebots sowie Kick-off-Prozess: Ausbreitung, Diffusion, Mainstreaming, Regionalisierung, Verbreitung.
- ▶ Sichtung und Schlagwortsuche in relevanten bundespolitischen Dokumenten zu Klimaschutz und Klimaanpassung
 - BMU: Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, Stand 08.10.2019
 - Bundesregierung: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen
 - Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm
 - BMU: Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, 2016.
- ▶ Schlagwortsuche über Google Scholar und Worldcat: Suchbegriffe z. B. Verbreitung UND Klima-schutz* UND Innovation* UND Infrastruktur(kopplung)
- ▶ Auswertung der gefundenen Begriffsdefinitionen und Vorschlag einer Definition zur weiteren Verwendung im TRAFIS-II-Vorhaben

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
Verbreitung	
Definition Duden/Wiktionary	Duden: Häufigkeit Wiktionary: [1] die (bewusste oder unbewusste) Handlung des Verbreitens; eine Sache weitergeben und somit vervielfachen; [2] der Zustand, in einem bestimmtem Raum oder in einem gewissen Maße verbreitet zu sein
	Ergebnisse aus der Sichtung relevanter bundespolitischer Dokumente
BMU: Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, Stand 08.10.2019	„...Verbreitung von Umweltinnovationen“ (S. 28) [Unter der Beschreibung von „Wechselwirkungen“ unter Kapitel „CO ₂ -Bepreisung in den Sektoren Wärme und Verkehr“]; „...Verbreitung von neuen Technologien...“ (S.91, S. 97);
Bundesregierung: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen	Verwendung im Sinne von „Verbreitung von Krankheitserregern“, „Verbreitung von Arten“
Eckpunkte für ein integriertes Energie und Klimaprogramm	„Zügige Verbreitung von neuen Technologien im liberalisierten Strom-Messwesen zur zeitgenauen Verbrauchsmessung als Voraussetzung für Stromeinsparungen.“
BMU: Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, 2016.	Verkehrssektor gelingt dies sowohl durch die Einführung und Verbreitung direkt-elektrischer Antriebstechniken als auch – perspektivisch – durch den Einsatz strombasierter Kraftstoffe unter anderem im Luft und Seeverkehr auf der Basis einer CO ₂ -neutralen Stromversorgung. (S. 29); THG-Vermeidungspotenziale bestehen zudem durch eine größere Verbreitung von

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
	<p>Lastenfahrrädern. (S. 53); Zur Verbreitung energieeffizienter Produkte ist ein Instrumentenmix etabliert, der sowohl verpflichtende (sogenannte Ökodesign-Richtlinie) als auch freiwillige Elemente (Produktkennzeichnung durch zum Beispiel Blauer Engel, EU-Umweltzeichen) enthält. (S. 59f); „...Verbreitung des Einsatzes erneuerbarer Energien...“ (S. 74); Durch die Digitalisierung und die Verbreitung von Computern ausgelöster Umbruch ...“ (S. 84); Tabelleneintrag/ Definition: „Soziale Innovation: Entstehung, Durchsetzung und Verbreitung von neuen sozialen Praktiken in unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen. Ein Beispiel ist die sogenannte „Sharing Economy“, das heißt die Hinwendung dazu, Dinge des alltäglichen Gebrauchs mit anderen zu teilen, anstatt sie selbst besitzen zu müssen.“ (S. 89)</p>
	<p>Suchergebnisse aus der Schlagwortsuche über google scholar und Worldcat Stichwortsuche über Google Scholar und Worldcat: Verbreitung UND Klimaschutz* UND Innovation* UND Infrastruktur(kopplung):</p>
<p>Naumann, S., McKenna, D., Goeller, Gradmann, A., Mederake, L., Stadler, J., Bockmühl, K. (2015): Ökosystembasierte Ansätze zur Anpassung an den Klimawandel und zum Klimaschutz im deutschsprachigen Raum. BfN-Skripten 395.</p>	<p>„Die Initiative Naturkapital/TEEB Deutschland könnte bei der Förderung und Verbreitung ökosystembasierter Ansätze und Projekte eine wichtige Rolle spielen, indem die hier gewonnenen Erkenntnisse in die relevanten Gremien getragen werden und weitere Forschung bspw. zu Kosten und Nutzen solcher Ansätze betrieben wird.“ (S. 20)</p> <p>„Für die Verbreitung des Konzepts wäre es deshalb sinnvoll, das Thema in Lehrpläne von Hochschulen, z. B. in den Studiengängen Landschaftsund Stadtplanung, Architektur, technischer Umweltschutz, Geographie und Regionalwissenschaften sowie Hydrologie aufzunehmen, um so Multiplikatoren zu schulen. Im Bereich „umweltfreundliches Bauen“ sollten so nicht nur technische Fakten wie Energie kennzahlen oder Gebäudebilanzen eine Rolle spielen, sondern auch Begrünung, Biodiversität und Ökosysteme.“ (S. 67 f.)</p> <p>„Zum Teil sprechen sich Antragssteller für Förderprogramme aus, die sich nicht nur auf innovative Pilotprojekte beschränken, sondern die Verbreitung und Umsetzung von erfolgreichen Projektbeispielen (good practice) auch in anderen Regionen erleichtern.“ (S. 70)</p> <p><i>Verbreitung von ökosystembasierten Ansätzen, Verbreitung i.S.v. Umsetzung erfolgreicher Projektbeispiele in anderen Regionen, Mechanismen: Bildung, Regulierung, Gesetzgebung, Kommunikation/Netzwerke</i></p>
<p>Döring, T., Aigner-Walder, B. (2017): Verkehrs-, umweltund raumbezogene Aspekte der Elektromobilität aus der Sicht des Nutzerverhaltens. Raumforsch Raumordn, 75: 339-353. DOI 10.1007/s13147-016-0472-x</p>	<p>„Um die individuelle Akzeptanz und gesellschaftliche Verbreitung technologischer Neuerungen wie der Elektromobilität angemessen einschätzen zu können, muss die Perspektive eines potenziellen Nutzers und seines Entscheidungsverhaltens berücksichtigt werden.“</p> <p>„Davon werden einige sich daraus ergebende Implikationen für den Verkehrsbereich, die Umwelt sowie die mögliche Verbreitung von Elektrofahrzeugen im urbanen und ländlichen Raum abgeleitet.“</p> <p><i>Verbreitung i.S.v. mehrheitlicher/Anstieg von Nutzung, wesentlicher Mechanismus: Nutzerakzeptanz</i></p>
<p>Slowak, A.P. (2012): Die Durchsetzung von Schnittstellen in der Standardsetzung: Fallbeispiel Ladesystem Elektromobilität. FZID Discussion Paper 51-2012. https://fzid.uni-hohenheim.de/71978.html</p>	<p>„Funk (2009) versteht Standardsetzung(smethode) als einen Modus der Problemlösung zur Implementierung und Verbreitung einer neuen Technologie. Je nach Technologie und Branche / Anwendungskontext können verschiedene Standardsetzungsmethoden besser oder schlechter zur Durchsetzung eines dominanten Designs am Weltmarkt geeignet sein.“ (S. 2)</p> <p><i>Bezogen auf Durchsetzung am Markt (und dadurch vielfache Umsetzung in z. B. Firmenprojekte an unterschiedlichen Orten), wesentlicher Mechanismus: Standardsetzung, Skaleneffekte</i></p>

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
<p>Schäfer, E. (2014): Living Labs – Ein Ansatz für die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen? Analyse des Living Lab Ansatzes auf der Grundlage des Forschungsstandes zum Klimawandel, Transformation großtechnischer Systeme und Resilienz. Masterarbeit Universität Oldenburg.</p>	<p>„Die Unsicherheit in Bezug auf die Nachfrage, technologische Entwicklung oder sozialbedingte Hemmnisse und auch der hohe anfängliche Investitionsbedarf in Infrastruktursysteme haben zur Folge, dass Investoren, Institutionen sowie die potenziellen Nutzer zunächst einmal zurückhaltend agieren (vgl. Hiessl et al. 2002:130). Zur Überwindung solcher Unsicherheiten und des zurückhaltenden Verhaltens wurde in der Vergangenheit die Innovation technischer Systeme durch institutionelle Innovationen unterstützt, um die Nutzung des Infrastruktursystems für zahlreiche Nutzergruppen erforderlich und erschwinglich zu machen und die Investitionsrisiken zu reduzieren (vgl. Kaijser 2001: 7ff.).“ (S. 33)</p> <p>„Ferner wurde festgestellt, dass nicht die Infrastruktur selbst, sondern deren Dienstleistungen vermarktet werden müssen, also Transport, Mobilität, Kommunikation usw. (vgl. Kaijser 2001: 9).“ (S. 33)</p> <p>„Auch die räumliche Verbreitung der Technologien ist in dieser Phase begrenzt und beschränkt sich in aller Regel auf Räume, die vorteilhafte Nachfragebedingungen bieten (vgl. Monstadt und Naumann 2004: 14).“ (S. 33)</p> <p>„Darüber hinaus hat die etablierte Position des dominierenden Infrastruktursystems zur Folge, dass es allein wegen seiner hohen räumlichen Verbreitung und der hohen Akzeptanz in der Gesellschaft, der alternativen bzw. neuen Technologie nur in Nischenräumen den Platz zur Entfaltung ermöglicht.“ (S. 36)</p> <p><i>Verbreitung i.S.v. räumlicher Verbreitung/Ausdehnung; Mechanismen: institutionelle Innovationen, Nutzen für Akteure (z. B. Staat, Unternehmen), Kapitalverfügbarkeit, Skaleneffekte</i></p>
<p>Howaldt, J., Schwarz, M. (2010): „Soziale Innovation“ im Fokus. Skizze eines gesellschaftstheoretisch inspirierten Forschungskonzepts. Transcript Verlag, Bielefeld. (kein Vollzugriff)</p>	<p>„Für jede Erfindung gilt, dass sie erst dann zu einer Innovation wird, wenn sie einen nennenswerten und nachvollziehbaren Grad der Verbreitung erreicht hat. Technische Innovationen werden mit ihrem Markterfolg als solche bezeichnet. Die Erfindung des Elektroantriebs für Automobile ist beispielsweise ebenso alt wie die des Verbrennungsmotors [...]. Erst mit dem Einzug des Elektroantriebs in den Serienfahrzeugbau wird daraus jedoch eine innovative Antriebstechnologie.“ (S. 65)</p> <p>„In beiden Fällen [soziale und technische Innovation, Anm. d. Verf.] ist Verbreitung und eine dementsprechende ‚soziale Akzeptanz‘ das entscheidende Kriterium, welches aus einer Erfindung, einer Problemlösung oder einem Experiment eine Innovation macht. Die spezifische Differenz liegt vielmehr darin, dass das Medium der Diffusion im Falle technischer Innovation ausschließlich der Markt ist (was – insbesondere mit Blick auf die Durchsetzung technologischer Basisinnovationen dessen kulturelle, politische und gesellschaftliche Präformation als maßgebliche Bedingung dafür, wie das Neue in die Welt kommt [...] miteinschließt).“ (S. 65)</p> <p>„Wenn im Prozess der Umsetzung und Verbreitung aus einer sozialen Idee eine soziale Innovation wird, trägt diese zur Bewältigung konkreter Problemstellungen und zur Befriedigung eines in der Gesellschaft vorhandenen Bedürfnisses bei“ (ZSI 2008: 7); beispielsweise auch in Gestalt neuer und vermarktbarer Dienstleistungen/Dienstleistungskonzepte.“ (S.66)</p> <p>„Im Laufe des Diffusionsprozesses, der im Falle von technischen wie auch sozialen Innovationen idealtypisch mehrere voneinander unterscheidbare Phasen – vom Agenda setting, über das matching, redefining, clarifying, bis hin zum routinizing – durchläuft (vgl. Rogers 2003), wird jede Innovation kontextspezifisch transformiert.“ (S.66)</p> <p>„Die ‚soziale Akzeptanz‘ der Innovation führt zur Verbreitung, zur Institutionalisierung und dem schließlich folgenden Verlust des Neuheitscharakters.“ (S. 66f)</p> <p><i>Verbreitung i.S.v. realer Veränderung sozialer Systeme (praktische Wirksamkeit durch Anwendung und folgenreiche Einführung einer Neuerung in einem</i></p>

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
<p>Schönborn, S. (2019): Engagementverstärker und Brückenbauer? Kirchengemeinden als Akteur der lokalen Energiewende. In: Radtke, J., Canzler, W., Schreurs, M., Wurster, S. (Hrsg.): Energiewende in Zeiten des Populismus, Springer VS, Wiesbaden, 295-340. (kein Vollzugriff)</p>	<p><i>sozialen Systemen); Verbreitung durch Diffusion, Institutionalisierung und kontextspezifische Adaptation; Verbreitung als Voraussetzung für Innovation; Mechanismen: soziale Akzeptanz, Markt (bei technischen Innovationen)</i></p> <p>„Die Innovationsverbreitung wird nicht alleinig an Kultur, Region oder der Innovation festgemacht, sondern als „universal process of social change“ (Rogers 2003, S. XVI) charakterisiert, welcher durch kommunikative Prozesse geformt wird. Sie reichen von den beteiligten Akteuren, deren Einstellungen, der Verfasstheit der Innovation, über Phasen des Verbreitungsprozesses bis hin zu den Be- und Entschleunigungsfaktoren der Diffusion.“ (S. 298)</p> <p>„Wichtig ist die Erkenntnis, dass technische oft mit sozialen Innovationen einhergehen (Howaldt und Schwarz 2010), zumindest aber sozial eingebettet werden müssen (vgl. u. a. Rammert 1994). Die Veränderung von Praktiken spielt auch bei dem Konzept der nachhaltigen Innovation eine Rolle, die zum einen nicht-nachhaltige Praktiken und Technologien aus dem Weg schaffen soll (Exnovation) und die Folgen (Ergebnisse der Innovation) mitdenkt (Fischer und Clausen 2012; Kropp 2015). Die Einbettung der Innovation, die klimaschonende bzw. nachhaltige Ziele verfolgt, in soziale Praktiken und den kulturellen Kontext spielt also eine wichtige Rolle (Markard et al. 2012).“ (S. 298)</p> <p><i>Verbreitung synonym mit Diffusion; technische Innovation bedarf auch sozialer Innovation: universeller Prozess von sozialem Wandel, in verschiedenen Phasen; Mechanismen: Charakter der Innovation, Akteuren, Einbettung in soziale Praktiken und kulturellen Kontext</i></p>
<p>Behr, I. (2019): Mieterstrom – ein Beitrag zur dezentralen Energietransformation. Von den Mühen der Umsetzung auf der lokalen Ebene. In: Radtke, J., Canzler, W., Schreurs, M., Wurster, S. (Hrsg.): Energiewende in Zeiten des Populismus, Springer VS, Wiesbaden, 341-358. (kein Vollzugriff)</p>	<p>„Trotz der dargestellten Potenziale des Mieterstroms für die dezentrale Energietransformation, trotz des großen Interesses der Wohnungswirtschaft und Energiewirtschaft an der Verbreitung des Mieterstroms – die Marktdurchdringung in den kommenden Jahren soll auf 50% steigen (Edelmann und Hampel 2017) – und trotz der dezidierten Forderungen der Verbände (Behr und Großklos 2017), ist das am 17. Juli 2017 in Kraft getretene Gesetz zur Förderung von Mieterstrom und zur Änderung weiterer Vorschriften des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, bestenfalls ein erster Ansatz zur Einführung des Mieterstroms.“ (S. 353)</p>
<p>Miosga, M. (2019): Systemtransformation in Zeiten eines zunehmenden Populismus. Soziale Innovationen als Elemente einer erfolgreichen Gestaltung der umkämpften Energiewende vor Ort. In: Radtke, J., Canzler, W., Schreurs, M., Wurster, S. (Hrsg.): Energiewende in Zeiten des Populismus, Springer VS, Wiesbaden, 101-141. (kein Vollzugriff)</p>	<p>„Der Verein setzt sich zum Ziel, zur Verbreitung der Solarenergieerzeugung beizutragen, Anregungen zu geben, erneuerbare Energiequellen stärker als bisher zu nutzen und die nötigen Impulse für Schaffung geeigneter gesetzlicher und behördlicher Rahmenbedingungen zu geben.“ (S. 121)</p> <p><i>Verbreitung i.S.v. breiter Erzeugung/Nutzung, Mechanismen in Verbindung mit sozialen Innovationen, gesetzlichen Rahmenbedingungen, Netzwerken/Plattformen</i></p>
<p>Hertach, M. (2020): Smarte Energiedienstleistungen dank offenen Behördendaten und flexiblen Schnittstellen. In: Doleski, O.D. (Hrsg.): Realisierung</p>	<p>„In Zusammenarbeit mit Kantonen und Gemeinden konnte die Verbreitung der Anwendungen www.sonnendach.ch sowie www.sonnenfassade.ch forciert werden. Diverse Kantone binden die Daten über die API direkt in ihre kantonalen Geoportale ein. Für Gemeinden besteht die einfache Möglichkeit, die Anwendungen in die eigene Webseite einzubetten.“ (S. 419)</p>

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
<p>Utility 4.0 Band 2. Praxis der digitalen Energiewirtschaft vom Vertrieb bis zu innovativen Energy Services, Springer Vieweg, Wiesbaden, 411-422. (kein Vollzugriff)</p>	
<p>Schweinfurth, H. (2020): Energiedatenmanagement – EDMS, Big Data, Smart Data. In: Doleski, O.D. (Hrsg.): Realisierung Utility 4.0 Band 2. Praxis der digitalen Energiewirtschaft vom Vertrieb bis zu innovativen Energy Services, Springer Vieweg, Wiesbaden, 227-239. (kein Vollzugriff)</p>	<p>„Dieser Trend zur vermehrten Verwendung der Cloud wird weiter voranschreiten, und Cloud-Services werden zunehmend an Bedeutung für die <i>digitale Transformation</i> gewinnen, die Verbreitung und das Innovationstempo werden weiter stark ansteigen und Unternehmen aller Größenklassen sowie sämtliche Markttrollen und Regionen durchdringen.“ (S. 231) <i>Verbreitung i.S.v. vermehrter Anwendung, Durchdringung von Markt, Unternehmen und Regionen; basierend auch auf Adaptionen für unterschiedliche Unternehmen</i></p>
<p>Pauleit, S., Hansen, R., van Lierop, M. Rall, E.L., Rolf, W. (2019): Grüne Infrastruktur – ein innovativer Ansatz für die Landschaftsplanung. In: Kühne, O., Weber, F., Berr, K., Jenal, C. (Hrsg.): Handbuch Landschaft. Springer VS, Wiesbaden, 881-794.</p>	<p>„Das Konzept der Grünen Infrastruktur findet inzwischen global in unterschiedlicher Weise Anwendung [...]. Die Entwicklung von Grüner Infrastruktur hat auch Eingang in die Biodiversitätsstrategie der Europäischen Union gefunden (Europäische Union 2011). Ein Meilenstein für ihre Verbreitung war die Veröffentlichung einer europäischen Strategie für Grüne Infrastruktur (Europäische Kommission 2013).“ (S. 782)</p>
<p>Lüdeke-Freund, F. (2017): Geschäftsmodelle für unternehmerische Nachhaltigkeit. In: Wunder, T. (Hrsg): CSR und Strategisches Management. Wie man mit Nachhaltigkeit langfristig im Wettbewerb gewinnt, Springer Gabler, Berlin, 111-135. (kein Vollzugriff)</p>	<p>„Die praktische Auseinandersetzung mit derartigen Prinzipien bzw. Orientierungen hilft zu verstehen, dass erstens jede Form von nachhaltigen Innovationen, sei sie organisationaler, sozialer oder technischer Natur, vermarktet bzw. verbreitet werden muss, um die erhofften Effekte zu entfalten. Zudem müssen zweitens die hierfür anzupassenden bzw. zu entwickelnden Geschäftsmodelle bestimmten gestalterischen und operativen Prinzipien folgen, um diese Effekte nicht zu unterminieren. Ein einfaches Beispiel sind die sog. Reboundeffekte, die auftreten, wenn z. B. ein ressourceneffizientes Produkt derart attraktiv ist, dass es in einem Umfang Verbreitung findet, dass der ressourcensparende Effekt überkompensiert wird.“ (S. 123)</p> <p>„Während Innovationen in Form neuer Organisationen, Prozesse, Produkte oder Services ein gewisses Nachhaltigkeits<i>potenzial</i> in sich tragen können, sind es die zugrundeliegenden Geschäftsmodelle, die deren Verbreitung und somit Nachhaltigkeits<i>effekte</i> ermöglichen.“ (S. 123)</p> <p>„Nachhaltigkeitsinnovationen [erfüllen] keinen Selbstzweck“ (S. 123): Ablösung bestehender Technologie, Lösung sozialer Probleme, Durchsetzung neuer Organisationstypen „So kann es bei der Verbreitung neuer Technologien und der Lösung sozialer Probleme gleichwohl um Produktinnovationen gehen (z. B. das Fairphone als Produkt, das auf neuen Produktionsprozessen basiert, die zugleich soziale Problem in der Lieferkette lösen sollen).“ (S. 124)</p> <p>„Die Durchsetzung <i>technologischer Innovationen</i> – hierunter können in einer weitgefassten Auslegung neue Produktionstechniken, Prozesse und auch Produkte verstanden werden – erfordert klar formulierte Strategien und entsprechend gestaltete Geschäftsmodelle [um] die <i>Verbreitung technologischer Lösungen für Nachhaltigkeitsprobleme</i> unterstützen zu</p>

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
	<p>können, z. B. indem Vermarktungsstrategien und spezifische Technologieeigenschaften in ihrer Wirkung verstärkt werden.“ (S. 124) <i>Verbreitung (als Durchsetzung einer Innovation) in Verbindung mit erwünschten Nachhaltigkeitseffekten (und diese müssen sichergestellt werden); Mechanismus: Geschäftsmodelle, Strategien</i> <i>Interessante Unterscheidung zwischen Nachhaltigkeitspotential und -wirkung</i></p>
<p>Kristoff, K. (2010): Models of Change. Einführung und Verbreitung sozialer Innovationen und gesellschaftlicher Veränderungen in transdisziplinärer Perspektive. Vdf Hochschulverlag AG, Zürich. (kein Vollzugriff)</p>	<p>„Die erste Einführung in Nischen-Märkten oder politischen Nischen-Arenen führt nicht automatisch über inkrementelle Schritte zur weiten Verbreitung (Mainstreaming).“ (S. 433)</p>
<p>Schlüsseldokument</p>	<p>-</p>
<p>Zusammenfassung</p>	<p>Verbreitung wird oftmals undefiniert verwendet, synonym mit Diffusion (s.u.), i.w.S. bezogen auf weitgehende Umsetzung (sowohl bezogen auf Nutzer, Replikation von Pilotprojekten, räumliche Verbreitung Einige Treffer bezogen sich auf die Verbreitung von sozialen Innovationen (in Abgrenzung zu technischen Innovationen). Interessant waren Hervorhebungen, dass die Verbreitung technischer Innovationen wie Infrastrukturen auch der Verbreitung eingeschlossener weiterer Innovationen (z. B. sozialer, institutioneller) bedarf Einige Treffer bezogen Verbreitung auf z. B. Krankheiten durch Klimawandel, Verbreitung der Erkenntnisse der veröffentlichten Studie selbst Der Begriff der Verbreitung wird in bundespolitischen sowie wissenschaftlichen Texten oftmals undefiniert verwendet. Verbreitung wird teilweise auch als synonym mit Diffusion und bezogen auf Verbreitungsprozesse (als bewusste oder unbewusste Handlung des Verbreitens) verwendet. In wenigen Fällen wird Verbreitung auch auf unerwünschte Entwicklungen angewendet, wie Verbreitung von Krankheiten durch Klimawandel (siehe zum Beispiel die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel der Bundesregierung im Jahr 2008). Meistens wird Verbreitung als Ergebnis verwendet: der Zustand, in einem bestimmten Raum oder in einem gewissen Maße verbreitet zu sein (Howaldt und Schwarz 2010). Verbreitung als Ergebnis stellt die reale Veränderung sozialer Systeme in den Vordergrund: bezogen auf die Verwendung neuer Technologien, Designs, Dienstleistungen, aber auch soziale Innovationen (z. B. neue soziale Beziehungen, neue Praktiken), organisatorische Innovationen (z. B. neue Management-Prozesse) und Marktinnovationen (z. B. neue Geschäftsmodelle) (ebd.;Schönborn 2019; Lüdeke-Freund 2017). Hier wird Verbreitung meist normativ in Verbindung mit der Umsetzung von Lösungen zur Bewältigung konkreter Problemstellungen verwendet (z. B. Verbreitung von Umweltinnovationen) (siehe zum Beispiel BMU Klimaschutzplan 2050 und das BMU Klimaschutzprogramm 2030; Lüdeke-Freund 2017; Naumann et al. 2015; Schäfer 2014).</p>
<p>Vorschlag für eine Begriffsdefinition zur weiteren Verwendung in TRAFIS-II</p>	<p>Für TRAFIS 2 schlagen wir die Verwendung des Begriffs „Verbreitung“ als Ergebnis vor: Verbreitung bedeutet die Vervielfältigung und Durchsetzung einer Innovation in einem bestimmten geographischen Gebiet oder zu einem gewissen Maße, was reale Veränderungen sozialer Systeme zur Folge hat. Es</p>

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
	kann somit zwischen geographischer Verbreitung (innerhalb eines bestimmten Gebietes) und Verbreitung zwischen Akteuren (vermehrte Nutzung) unterschieden werden.

Quelle: eigene Aufstellung, Ecologic Institut

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
Regionalisierung	
Definition Duden/Wiktionary	Duden: [1] das Regionalisieren; das Regionalisiertwerden; [2] kleinräumige Vernetzung von [wirtschaftlichen] Aktivitäten; Betonung regionaler Qualitäten. Beispiel: globale Musikkonzerne haben den Reiz der Regionalisierung erkannt und damit die lokale Popkultur befördert Wiktionary: Kein Eintrag
	Ergebnisse aus der Sichtung relevanter bundespolitischer Dokumente
BMU: Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, Zuleitungsexemplar_191604 0.docx, Stand 08.10.2019	„Zur besseren regionalen Verteilung des Ausbaus von Windenergieanlagen wird einen Regionalisierungsbonus eingeführt.“ (S. 37); Maßnahme: „Bereitstellung von Regionalisierungsmitteln (8,2 Mrd. Euro 2016, +1,8 Prozent p.a. ab 2017)“ (S. 63), „Die Regionalisierungsmittel werden in den nächsten Jahren kontinuierlich erhöht, die auch der Verstärkung des ÖPNV dienen.“ (S.66)
Bundesregierung: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen	„Die räumliche Auflösung der globalen Klimamodelle ist mit einer horizontalen Gitterweite zwischen 120 km bis über 200 km derzeit noch zu grob, um für Deutschland regional differenzierte Aussagen treffen zu können. Daher werden Regionalisierungsverfahren eingesetzt (...)“ (S. 10)
Eckpunkte für ein integriertes Energieund Klimaprogramm	Kein Treffer
BMU: Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, 2016.	Kein Treffer
	Suchergebnisse aus der Schlagwortsuche über google scholar und WorldCat
Frommer, Birte: Handlungsund Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel, Raumforschung und Raumordnung, 67(2), 2009	Zugriff – keine Definition/Verwendung von Regionalisierung, nur regionale Anpassungsstrategien
Monstadt, Jochen (2007) : Energiepolitik und Territorialität: Regionalisierung und Europäisierung der Stromversorgung und die räumliche	Keine klare Definition. Regionalisierung als „räumliche Redimensionierung“

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
Redimensionierung der Energiepolitik, In: Gust, Dieter (Ed.): Wandel der Stromversorgung und räumliche Politik, Hannover, pp. 186-216	
G. Brasseur, D. Jacob, S. Schuck-Zöllner (Hrsg.), Klimawandel in Deutschland, 2017	„Regionalisierung“ als Methode der regionalen Klimamodellierung. „Dagegen liefern Regionalisierungsverfahren detaillierte Aussagen für Gebiete innerhalb der Gitterpunkte mit realistischerer Darstellung der Erdoberfläche und vieler Prozesse“ (S. 6)
Schäfer, Ernst (2014) LIVING LABS – Ein Ansatz für die Innovation klimaresilienter Infrastrukturen? Masters, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.	Keine Definition, nur eine allein stehende Nennung.
Fischedick, Manfred et al., Chancen durch Klimaschutz Positive ökonomische Implikationen einer ehrgeizigen Klimaschutzpolitik für Schlüsselbranchen in NRW, Wuppertal 2011	Keine Definition.
Rainer Voß, Frank Hartmann, Innovative Klimafolgenanpassung als Chance für die mittelständische Wirtschaft, Wildau 2010	Doch kein Treffer.
Sabine Baumgart, Thomas Terfrüchte: Zukunft der Regionalplanung in Nordrhein-Westfalen	Keine Definition.
Bangert, A. (2019): Die normativen Grundlagen starker und schwacher Akzeptabilitätskonzepte. In: Fraune, C., Knodt, M., Götz, S., Langer, K. (Hrsg.): Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation. Gesellschaftliche Herausforderungen jenseits von Technik und Ressourcenausstattung. Springer VS, Wiesbaden, S. 61-84.	„Regionalisierung bei (angepassten) Problemlösungen: Im Falle regional begrenzter Problemlagen bietet sich im Sinne einer erleichterten Problemlösung eine in diesem Horizont verortete Strategie des Umgangs mit Dissensen an. Ob das Ignorieren der Vernetzung moderner, westlicher Gesellschaften zulässig ist, muss dabei situationsspezifisch ermittelt werden. Ein Beispiel für eine regionale Problemlage, die eine regionale Problemlösung nahelegt, ist die mangelhafte Luftqualität in einigen Städten. In Abhängigkeit von der regionalen Topografie etwa stellt die Gewährleistung einer für die Gesundheit unbedenklichen Atemluft sehr verschiedene Anforderungen an die Stadt- und Verkehrsplanung, denen nur durch entsprechendes Wissen über die örtlichen Gegebenheiten entsprochen werden kann.“ (S. 78)
Böhme, R. (2010): Für die Stadt von morgen –	Keine Definition – es geht über Regionalisierung der Kommunalpolitik

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
<p>Kommune 2030. In: Pfeiffer, U. (Hrsg.): Eine neosoziale Zukunft. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden. S. 206-220.</p>	
<p>Matthes, F., Flachsbarth, F., Vogel, M., Cook, V. (2018): Dezentralität, Regionalisierung und Stromnetze – Studie über Annahmen, Erkenntnisse und Narrative für die Renewables Grid Initiative (RGI).</p>	<p>Keine Definition; Regionalisierung von Stromnetzen und -märkten</p>
<p>BMVBS / BBSR (Hrsg.): Der Beitrag des Bundes zur nachhaltigen Stadtentwicklung. BBSR-Online-Publikation 35/2009. urn:nbn:de:0093-ON3509R168</p>	<p>Handlungsfeld Regionalisierung „Immer mehr stadtrelevante Fragestellungen sind nur im stadtrelevanten Kontext erfolgreich zu bearbeiten und zu lösen, seien es Fragen des Umgangs mit Infrastruktur, des Klimaschutzes, der Entwicklung von Zentren usw. Diese Politik folgt den neuen Leitbildern der Raumordnung, die u. a., orientiert an den Zielen von Lissabon, das Wachstumsziel stärker als bisher betonen, zugleich aber mit der Idee der regionalen Verantwortungsgemeinschaften den Solidaritätsgedanken, das Ausgleichsziel und eine verabredete Arbeitsteilung verbinden. Dabei spielt die frühzeitige und umfassende Einbindung aller relevanten Akteure auch außerhalb von Politik und Verwaltung eine herausragende Rolle („Governance“).“ (S. 10) >>> Ab S. 58 rechtliche, finanzielle, forschungsbezogene und informatorische Instrumente zur Regionalisierung</p>
<p>Naumann, S., et al. (2009): RAPIDO – Ein Forschungsbeitrag zur innov. ländl. Entwicklung in der EU. In: Friedel, R. et al. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung ländl. Räume. Chancenverbesserung durch Innovation und Traditionspflege, Wiesbaden. S. 168-182.</p>	<p>Keine Definition, Verwendung in Bezug auf Regionalisierung von Wertschöpfungsketten, Stoff- und Wirtschaftskreisläufen bzw. Regionalisierung der Wirtschaft insgesamt (S. 168)</p>
<p>Nölting, B. (2009): Regionaler Wohlstand als Ziel der ländlichen Entwicklung in Ostdeutschland. In: Friedel, R., Spindler, E.A. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung ländlicher Räume. Chancenverbesserung durch Innovation und Traditionspflege. VS Research, Wiesbaden. S. 113-126.</p>	<p>Keine Definition, Verwendung auf „Regionalisierung der Politik-Ansätze“: „Damit die Akteure im ländlichen Raum nicht nebeneinander handeln und damit sie ihren Initiativen an den lokalen Bedürfnissen und endogenen Potenzialen ausrichten (können), ist eine Regionalisierung der Politik-Ansätze sinnvoll beispielsweise durch Integrierte Ländliche Entwicklung, Regionalmanagement oder den LEADER-Ansatz.“ (S. 123 f.)</p>
<p>Schlüsseldokument</p>	<p>Konnte nicht identifiziert werden</p>

Publikation	Definition/Beschreibung; Zitate
Zusammenfassung	<p>Wenig zu konkreten Definitionen, eher allgemeinere Beschreibung zur Lösung von Problemen auf regionaler Ebene</p> <p>Teilweise Texte (nicht aufgeführt) auch zur regionalen Auswirkung von Klimawandel</p> <p>Der Begriff „Regionalisierung“ wird im Vergleich zu den anderen untersuchten Begriffen wenig in politischen oder wissenschaftlichen Dokumenten verwendet, in keinem der untersuchten Dokumente wurde der Begriff definiert. Grundsätzlich bezeichnet der Begriff laut Duden die kleinräumige Vernetzung von [wirtschaftlichen] Aktivitäten und die Betonung regionaler Qualitäten.</p> <p>In den untersuchten bundespolitischen Dokumenten wird der Begriff in Bezug auf „Regionalisierungsmittel“, also finanzielle Fördermittel verwendet. Des Weiteren in der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ sowie in einigen wissenschaftlichen Abhandlungen in Bezug auf die räumliche Auflösung von Klimamodellen. Weitere Verwendung findet der Begriff in Bezug auf die Regionalisierung von Wertschöpfungsketten und die „Regionalisierung“ von Politikansätzen, d. h. an lokale Problemlagen angepasste Politikansätze.</p>
Vorschlag für eine Begriffsdefinition zur weiteren Verwendung in TRAFIS-II	<p>Es wurde kein Dokument gesichtet, welches die Regionalisierung von Nachhaltigkeitsinnovationen thematisierte. Daher empfiehlt sich die Verwendung des Begriffs im Rahmen des TRAFIS 2 - Projekts nicht. Zu diskutieren wären mögliche Verwendung und Mehrwehrt des Terminus „geografische Verbreitung“ oder „regionale Verbreitung“, für die Verbreitung von Innovationen im Raum. Allerdings wäre festzulegen, ob es sich dabei um die Verbreitung als Prozess oder als Ergebnis handeln soll</p>

Quelle: eigene Aufstellung, Ecologic Institut

B Anhang zu Kapitel 2

B.1 Analyseraster zur Auswertung der Informationen auf Bundes-, Länder- und kommunaler Ebene

Tabelle 26: Analyseraster

Analysegegenstand	Beschreibung
1. Name der untersuchten Ebene	
2. Bezug zu innovativen Infrastrukturlösungen:	
3. mit Sektorkopplungen verbundene Zielvorstellungen	
4.1 zur Verbreitung von Sektorkopplungen geplante Strategien und Maßnahmen	
4.2.1 Bildung und Weiterbildung relevanter Akteure (<i>wer?</i>)	
4.2.2 Netzwerke/-bildung (z. B. kommunenübergreifende oder akteursübergreifende, thematische Netzwerke)	
4.2.3 Experimentierräume (z. B. rechtliche Reallabore, physische Räume, Pilotierungen)	
4.2.4 Institutionalisierung (z. B. Einbettung in institutionelle Prozesse)	
5. Mögliche Hemmnisse und Barrieren für die Verbreitungsansätze bzw. für eine Verbreitung:	
6. Mögliche Querbezüge und Wechselwirkungen (positive wie negative) mit anderen Verbreitungsansätzen:	
7. Für eine Förderung (ggf. Verbreitung) von Infrastruktur(kopplung)en als Beitrag zum Klimaschutz gewählte Begrifflichkeiten	
analysierte Dokumente:	
interviewte Person(en):	

Quelle: eigene Darstellung nach Recherche in angegebenen Dokumenten (Ecologic Institut)

C Anhang zu Kapitel 3

C.1 Interviewleitfaden zur teilstandardisierten Befragung kommunaler Vertreter

Teilstandardisierte Befragung von Vertretern kommunaler Verwaltungen zu Bedarfen für ein Nachhaltigkeitscreening in der Planung kommunaler Vorhaben und zu einer möglichen Umsetzung des Bewertungswerkzeugs.

Teil 1: Bedarfe

Frage 1: Werden Ihrem Bereich bei kommunalen Planungen bereits Werkzeuge für eine Nachhaltigkeitsbewertung oder ein Nachhaltigkeitscreening verwendet?

Frage 2a: Sehen Sie grundsätzlich Bedarf für ein Nachhaltigkeitscreening, speziell um in frühen Phasen der Entwicklung neuer Lösungen Stärken und Schwächen eines Lösungsvorschlags zu ermitteln? → Frage 2b: Welche Entwicklungsprozesse bzw. Inhalte oder Themen auf kommunaler Ebene könnten von einem einfachen Nachhaltigkeitscreening profitieren? → Frage 2c: Auf welcher Ebene der Planung bzw. zu welchem Zeitpunkt von Entwicklungen bzw. Planungen könnte Sie ein Bewertungswerkzeug unterstützen.

Frage 3: Was sind die Erwartungen an ein hilfreiches Screening-Werkzeug? Wie muss es beschaffen sein, um in der Praxis anwendbar zu sein? (z. B. in Bezug auf erforderliche Expertise, Zeitbedarf, Kosten, Wiederholbarkeit im Prozess etc.)

Frage 4: Wie müsste der Screening-Prozess beschaffen sein, um mit den lokalen Akteuren aus verschiedenen Bereichen (z. B. ämterübergreifend oder Verwaltung mit Infrastrukturbetreiber) gemeinsam ein offenes und ergebnisorientiertes Nachhaltigkeitscreening durchführen zu können?

Teil 2: TRAFIS Nachhaltigkeitsbewertung (Fragen als Tischvorlage bereitgestellt)

Frage 5: Bildet eine Bewertung entlang von vorgegebenen Kriterien, Skalen und daran anknüpfender Auswertungen grundsätzlich eine geeignete Grundlage, um ein Nachhaltigkeitscreening kommunaler Infrastrukturvorhaben zu unterstützen?

Frage 6: Sind die vorgeschlagenen Kriteriengruppen und Kriterien relevant?

Frage 7: Ist die Anzahl und themenbreite der Kriterien adäquat?

Frage 8: Ist die Bewertung(sskala) „greifbar“?

Frage 9: Welche weitere Kriterien/Themen sollten in ein solches Bewertungswerkzeug Eingang finden, um für Entwicklungsprozesse auf kommunaler Ebene hilfreiche Beiträge zu leisten?

Frage 10: Sehen Sie in den kommenden Wochen bis Monaten eine Möglichkeit, ein solches Bewertungswerkzeug in einem laufenden Prozess bei Ihnen in der Kommune experimentell einzusetzen? Der Prozess sollte Bezug zur Infrastrukturentwicklung haben und sich in einer frühen Phase, gern auch in der Phase der Ideenfindung befinden. Gern unterstützen wir die Anwendung persönlich vor Ort (falls im Corona-Kontext denkbar).

Frage 11: Welche Art der Ergebnisaufbereitung würde die Entwicklungsprozesse auf kommunaler Ebene optimal unterstützen? (z. B. Kurzbericht, tabellarische oder grafische Aufbereitung, aggregierte oder desaggregierte Darstellung von Bewertungen aus unterschiedlichen Perspektiven, etc.)

Frage 12: Wenn Sie Ihre eingangs geäußerten Erwartungen (Frage 3) nochmal aufgreifen: Was würden Sie noch gern für die Weiterentwicklung des Bewertungswerkzeugs mitgeben wollen?

C.2 Operationalisierung der Kriterien für die Nachhaltigkeitsbewertung der von innovativen Infrastrukturlösungen

Tabelle 27: Nachhaltigkeitskriterien Teil 1: Leistungsfähigkeit und Versorgungssicherheit

Nachhaltigkeitsdimension & Kriteriengruppe	Bewertungskriterium (kann angepasst werden)	... näher erläutert (kann bei Bedarf angepasst werden)	Fragestellung für die Wirkungsbewertung (kann bei Bedarf angepasst werden)
VS Leistungsfähigkeit	Leistungsfähigkeit (System A)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die grundsätzliche Eignung des Systems, die definierte Dienstleistung in angestrebter Qualität und Quantität zu erbringen	Wie wirkt sich die Infrastrukturlösung auf die Fähigkeit des Systems A aus, die vorgesehene Infrastruktur-Dienstleistung sicher zu erbringen? (leistungsfähiger = positiv)
VS Leistungsfähigkeit	Leistungsfähigkeit (System B)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die grundsätzliche Eignung des Systems, die definierte Dienstleistung in angestrebter Qualität und Quantität zu erbringen	Wie wirkt sich die Infrastrukturlösung auf die Fähigkeit des Systems A aus, die vorgesehene Infrastruktur-Dienstleistung sicher zu erbringen? (leistungsfähiger = positiv)
VS Resilienz-Strukturen	Störungsanfälligkeit (System A)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Störungsanfälligkeit des Systems gegenüber äußeren Einwirkungen/Einflüssen	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Störungsanfälligkeit im System A? (weniger Störungen erwartet = positiv)
VS Resilienz-Strukturen	Störungsanfälligkeit (System B)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Störungsanfälligkeit des Systems gegenüber äußeren Einwirkungen/Einflüssen	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Störungsanfälligkeit im System B? (weniger Störungen erwartet = positiv)
VS Resilienz-Strukturen	Abhängigkeit (System A)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Abhängigkeit der Betriebsfähigkeit des Systems A von der Betriebsfähigkeit des Systems B	Führt ein (Funktions-)Ausfall in System B zu einer Funktionseinschränkung in System A? (neutral bis negativ bewerten zusätzliche Abhängigkeiten = negativ)
VS Resilienz-Strukturen	Abhängigkeit (System B)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Abhängigkeit der Betriebsfähigkeit des Systems B von der Betriebsfähigkeit des Systems A	Führt ein (Funktions-)Ausfall in System A zu einer Funktionseinschränkung in System B? (neutral bis negativ bewerten zusätzliche Abhängigkeiten = negativ)
VS Resilienz-Strukturen	Technologische Anpassungsfähigkeit	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf das Potenzial, das System mittelfristig technisch zu	Hat die Infrastrukturlösung einen Einfluss auf die Potenzial, die beteiligten technischen Systeme (A und

Nachhaltigkeitsdimension & Kriteriengruppe	Bewertungskriterium (kann angepasst werden)	... näher erläutert (kann bei Bedarf angepasst werden)	Fragestellung für die Wirkungsbewertung (kann bei Bedarf angepasst werden)
VS Resilienz-Ressourcen	Redundanz im technischen System (System A)	modifizieren und an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Redundanz bzw. Ersetzbarkeit erforderlicher Ressourcen und Anlagen/Technologien für die Erbringung der Dienstleistungen	B) auf veränderte Rahmenbedingungen des Betriebes mittelfristig anzupassen? (bessere Anpassbarkeit = positiv) Verändert die Infrastrukturlösung die Redundanz bzw. Ersetzbarkeit von Energiequellen, Rohstoffquellen oder Technologien im Systems A? (mehr Redundanz = positiv)
VS Resilienz-Ressourcen	Redundanz im technischen System (System B)	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Redundanz bzw. Ersetzbarkeit erforderlicher Ressourcen und Anlagen/Technologien für die Erbringung der Dienstleistungen	Verändert die Infrastrukturlösung die Redundanz bzw. Ersetzbarkeit von Energiequellen, Rohstoffquellen oder Technologien im Systems B? (mehr Redundanz = positiv)
VS Resilienz-Ressourcen	Redundanz im personellen Bereich	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf die Ersetzbarkeit personeller Ressourcen insbesondere im operativen Bereich der Erbringung der Dienstleistung	Fördert die Infrastrukturlösung systemübergreifende Zusammenarbeit und wechselseitiges „Einspringen“ von Fachpersonal, um bei Personalausfällen den Betrieb bzw. die Wiederinbetriebnahme BEIDER Systeme nach Störungen sicherstellen zu können? (mehr Redundanz = positiv)
VS Resilienz-Ressourcen	Puffervermögen	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf das Potenzial des Systems, Schwankungen in der Verfügbarkeit von Energie und Rohstoffen (auch Abnahmeschwankungen) zu überbrücken	Hat die Infrastrukturlösung einen Einfluss auf die Pufferkapazität zum Ausgleich der (z. B. wetterbedingten) Angebotsschwankungen der Betriebsstoffe und Betriebsmittel (z. B. für Stoffe, Energie) oder der Nachfrageschwankungen? (mehr Puffer = positiv)
VS Resilienz-Fähigkeiten	Dezentraler/entkoppelter Betrieb	Auswirkung auf die Möglichkeit, das System (zeitweise) entkoppelt von übergeordneten Netzen (z. B. Strom, IKT) , d. h. auf lokaler bzw. regionaler Ebene als eigenständiges Modul zu betreiben	Verändert die Infrastrukturlösung die Möglichkeiten der Betreiber, Störungen selbstständig, d. h. unabhängig von übergeordneten Strom- und IKT-Netzen, auf lokaler bzw. regionaler Ebene zu beheben? (mehr Eigenständigkeit = positiv)

Nachhaltigkeitsdimension & Kriteriengruppe	Bewertungskriterium (kann angepasst werden)	... näher erläutert (kann bei Bedarf angepasst werden)	Fragestellung für die Wirkungsbewertung (kann bei Bedarf angepasst werden)
VS Resilienz-Fähigkeiten	Verfügbarkeit von Fachkräften	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf den Bedarf und die Verfügbarkeit von Fachkräften	Verändert der Bau, der Betrieb oder die Instandhaltung der Infrastrukturlösung den Qualifikationsbedarf des Fachpersonals? (weniger Qualifikationsbedarf = positiv)
VS Resilienz-Fähigkeiten	Kosten der Funktionswiederherstellung	Auswirkung der Infrastrukturlösung auf den zu erwartenden Aufwand (Personal- und Mitteleinsatz, Dauer) der Funktionswiederherstellung im Fall von Störereignissen	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf den Aufwand (Personal- und Mitteleinsatz, Dauer) bei möglicherweise erforderlichen Reparaturen bzw. Wiederinbetriebnahmeprozessen nach Störungen? (geringere Dauer = positiv)

Quelle: Eigene Zusammenstellung Alfred Olfert (IÖR) und Jörg Walther (BTU)

Tabelle 28: Nachhaltigkeitskriterien Teil 2: Wirtschaftlichkeit und Nutzerorientierung (soziale Gerechtigkeit)

Nachhaltigkeitsdimension & Kriteriengruppe	Bewertungskriterium (kann angepasst werden)	... näher erläutert (kann bei Bedarf angepasst werden)	Fragestellung für die Wirkungsbewertung (kann bei Bedarf angepasst werden)
WuNo Wirtschaftlichkeit	Ökonomische Tragfähigkeit für Betreiber	keine nähere Erläuterung	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Stabilität des Geschäftsmodells für den dauerhaften Betrieb der beteiligten Infrastrukturen (z. B. durch Stadtwerke)? (stabilisierend = positiv)
WuNo Nutzerorientierung	Qualität und Quantität der Infrastrukturdienstleistung (System A)	Beschaffenheit und Menge der bereitgestellten Infrastrukturdienstleistung	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die den Nutzern potenziell zur Verfügung stehende Menge und Beschaffenheit der Infrastrukturdienstleistung im System A? (höhere Menge bzw. Qualität = positiv)
WuNo Nutzerorientierung	Qualität und Quantität der Infrastrukturdienstleistung (System B)	Beschaffenheit und Menge der bereitgestellten Infrastrukturdienstleistung	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die den Nutzern potenziell zur Verfügung stehende Menge und Beschaffenheit der

Nachhaltigkeitsdimension & Kriteriengruppe	Bewertungskriterium (kann angepasst werden)	... näher erläutert (kann bei Bedarf angepasst werden)	Fragestellung für die Wirkungsbewertung (kann bei Bedarf angepasst werden)
			Infrastrukturdienstleistung im System B? (höhere Menge bzw. Qualität = positiv)
WuNo Nutzerorientierung	Investitionsbedarf für Nutzer	Investitionserfordernisse für die Nutzung der Infrastrukturdienstleistung (ökonomische Barrierefreiheit)	Müssen Nutzer/Kunden investieren, um die Infrastrukturdienstleistung in beabsichtigter Weise (Leistung, Effizienz) nutzen zu können? (Verringerung = positiv)
WuNo Nutzerorientierung	Erforderliche Nutzerkompetenz	Bedarf an technischen Kompetenzen auf Seiten der Nutzer für die Nutzung der Infrastrukturdienstleistung	Müssen Nutzer/Kunden technische Kompetenzen aufbauen (z. B. für die Bedienung), um die Infrastrukturdienstleistung in beabsichtigter Weise nutzen zu können? (weniger Bedarf = positiv)
WuNo Nutzerorientierung	Endverbraucherpreis (System A)	Preis der Infrastrukturdienstleistung (durch Nutzer zu zahlen)	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf den Endverbraucherpreis der Infrastrukturdienstleistung von System A? (niedrigerer Preis = positiv)
WuNo Nutzerorientierung	Endverbraucherpreis (System B)	Preis der Infrastrukturdienstleistung (durch Nutzer zu zahlen)	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf den Endverbraucherpreis der Infrastrukturdienstleistung von System B? (niedrigerer Preis = positiv)

Quelle: Eigene Zusammenstellung Alfred Olfert (IÖR) und Jörg Walther (BTU)

Tabelle 29: Nachhaltigkeitskriterien Teil 3: Natürliche Ressourcen

Nachhaltigkeitsdimension & Kriteriengruppe	Bewertungskriterium (kann angepasst werden)	... näher erläutert (kann bei Bedarf angepasst werden)	Fragestellung für die Wirkungsbewertung (kann bei Bedarf angepasst werden)
Rsch Energie	Primärenergieverbrauch	Primärenergieverbrauch ohne regenerative Energie (absolut oder bezogen auf eine Produkteinheit oder ein Funktionsäquivalent)	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf den Primärenergieverbrauch des Gesamtsystems? (niedrigerer Verbrauch = positiv)
Rsch Energie	Endenergieverbrauch	Gesamter Endenergieverbrauch für den Betrieb der Infrastrukturlösung(en)	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf den Endenergieverbrauch des Gesamtsystems? (niedrigerer Verbrauch = positiv)
Rsch Fläche und Boden	Flächeninanspruchnahme	Inanspruchnahme beinhaltet funktionelle Aspekte wie Verlust der Fläche für andere Nutzungen (Nutzungskonkurrenz) und kann auch ästhetische Funktionen im Sinne eines Eingriffs in das Landschaftsbild beinhalten.	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Flächeninanspruchnahme für Bau und Betrieb der Systeme für die Erzeugung und Bereitstellung der Infrastrukturdienstleistung? (weniger Flächeninanspruchnahme = positiv)
Rsch Fläche und Boden	Schädliche Bodenveränderungen	Ausmaß der schädlichen Bodenveränderungen (z. B. Abgrabungen, Versiegelung, Verschmutzung)	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf das Ausmaß schädlicher Bodenveränderungen (z. B. durch Abgrabungen, Versiegelung ...), die für die Erzeugung und Bereitstellung der Infrastrukturdienstleistung erforderlich werden? (weniger schädliche Bodenveränderungen = positiv)
Rsch Rohstoffe	Rohstoffbedarf	Gemeint sind Rohstoffe, aus denen Anlagen im Wesentlichen hergestellt sind, sowie Rohstoffe, die für den Betrieb benötigt werden. Dazu gehören Brennstoffe, aber auch Hilfsstoffe.	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf den Rohstoffbedarf für den Bau der Anlagen und die Erzeugung und Bereitstellung der Infrastrukturdienstleistung? (weniger Rohstoffbedarf = positiv)
Rsch Rohstoffe	Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen	Kritische Rohstoffe sind solche, die nicht oder nicht ausreichend aus regionalen bis überregionalen Quellen abgesichert sind. Kritikalität entsteht durch Seltenheit (z. B. seltene Erden), Verfügbarkeit oder eine Unsicherheit der Quelle (z. B. politische	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Abhängigkeit der Infrastrukturdienstleistung von kritischen Rohstoffen? (weniger Bedarf/Abhängigkeit = positiv)

Nachhaltigkeitsdimension & Kriteriengruppe	Bewertungskriterium (kann angepasst werden)	... näher erläutert (kann bei Bedarf angepasst werden)	Fragestellung für die Wirkungsbewertung (kann bei Bedarf angepasst werden)
		Unsicherheiten), z. B. Gas, im Kontext des Klimawandels regional auch Wasser.	
Rsch Wasser und Gewässer	Wasserverbrauch	Wasserverbrauch im Betrieb der Infrastrukturlösung.	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf den Wasserverbrauch zur Erzeugung und Bereitstellung der Infrastrukturdienstleistung? (weniger Wasserverbrauch = positiv)
Rsch Wasser und Gewässer	Gewässerqualität	Einfluss der Infrastrukturlösung auf die Qualität ggf. betroffener Gewässer, z. B. durch Nutzung des Wassers oder der Gewässeroberfläche (z. B. für schwimmende Einrichtungen)	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Qualität von Oberflächenwasser und/oder Grundwasser vor Ort? (höhere Qualität = positiv)
Rsch Emissionen und Abfall	Treibhausgasemissionen	Einfluss der Infrastrukturlösung auf die Treibhausgasemissionen	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Emission von Treibhausgasen? (weniger Emission = positiv)
Rsch Emissionen und Abfall	Emissionen umwelt- und gesundheitsgefährdender Stoffe in Gewässer, Luft, Boden	Einfluss der Infrastrukturlösung auf die Emissionen umwelt- und gesundheitsgefährdender Stoffe in Gewässern, Luft, Boden	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Emission umwelt- und gesundheitsgefährdender Stoffe (z. B. Feinstäube, nährstoffreichere Abwässer) durch Bau der Anlagen und die Erzeugung und Bereitstellung der Infrastrukturdienstleistung? (weniger Emission = positiv)
Rsch Emissionen und Abfall	Lärmemissionen	Einfluss der Infrastrukturlösung auf die Emission von Lärm.	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Emission von Lärm bei der Erzeugung und Bereitstellung der Infrastrukturdienstleistung? (weniger Emission = positiv)
Rsch Emissionen und Abfall	Abfallaufkommen	Einfluss der Infrastrukturlösung auf das Abfallaufkommen	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf das Abfallaufkommen bei der Erzeugung und Bereitstellung der Infrastrukturdienstleistung? (weniger Abfall = positiv)

Nachhaltigkeitsdimension & Kriteriengruppe	Bewertungskriterium (kann angepasst werden)	... näher erläutert (kann bei Bedarf angepasst werden)	Fragestellung für die Wirkungsbewertung (kann bei Bedarf angepasst werden)
Rsch Lebensräume und Arten	Besonders geschützte Lebensräume und Arten	keine nähere Erläuterung	Welchen Einfluss hat die Infrastrukturlösung auf die Größe und Qualität seltener Lebensräume bzw. auf die Verbreitung bzw. die Vitalität von Populationen seltener Tier-/ Pflanzenarten vor Ort? (Verbesserung der Lebensraumqualität = positiv)
Rsch Nicht stoffgebundene Potenziale	Alternative Flächenpotenziale	Dies ist ein fallspezifisch zu definierendes Kriterium. Hier geht es um alternative Nutzungsoptionen beanspruchter Ressourcen (im Sinne von Opportunitätskosten, z. B.: Verändert die Umsetzung einer Lösungsoption eine ebenso angestrebte touristische Nutzbarkeit des Gebietes?	Fallspezifisch zu definierendes Kriterium

Quelle: Eigene Zusammenstellung Alfred Olfert (IÖR) und Jörg Walther (BTU)

D Anhang zu Kapitel 4

D.1 Konzept für kreisübergreifenden Austausch zu regionaler Wasserstoffwirtschaft im Fallbeispiel Steinfurt

Ziel(e) des Austausches

Der Austausch zwischen dem Kreis Steinfurt und den drei benachbarten Kreise Borken, Coesfeld und Warendorf diente dazu

- ▶ wesentliche Ansätze und Aktivitäten zur Wasserstoffwirtschaft in den vier Kreisen zu sammeln, um daraus
- ▶ im Hinblick auf eine gemeinsame, kreisübergreifende Strategie „Förderung der regionalen Wasserstoffwirtschaft“ identifizieren zu können, was gemeinsame Themen (z. B. bessere Vernetzung von Erzeugung und Nutzung grünen Wasserstoffs) und zu deren Stärkung mögliche gemeinsame Umsetzungsschritte sein könnten
- ▶ gemeinsame nächste Schritte festzulegen und Engagement zu erzeugen.

Inhalte des Austausches

Gegenstand des Austausches waren insbesondere die folgenden drei Aspekte:

4. Gedankenaustausch für eine kreisübergreifende Strategie zur Förderung der regionalen Wasserstoffwirtschaft
 - h) Was sind Ziele, Visionen und Foki/Themen im Hinblick auf die regionale Wasserstoffwirtschaft in den vier Kreisen gegenwärtig?
 - i) Welche Kompetenzen, Netzwerke/Partnerschaften und Inhalte benötigen die benachbarten Kreise für die Förderung der regionalen Wasserstoffwirtschaft? Welche bringen sie bereits mit?
5. Gedankenaustausch zu gemeinsamen Themen, möglichen gemeinsamen Aktivitäten und möglichen nächsten Schritten
 - j) Vorstellung des Ansatzes für das Wasserstoff-Kompetenzzentrum HYMAT-Energie im Kreis Steinfurt (u. a. Formate, Funktionen und Themen)
 - k) Möglichkeiten für gegenseitiges Lernen und gemeinsame Aktivitäten: welche Aktivitäten laufen in den Kreisen und welche Akteure könnten welche Erfahrungen/welches Wissen teilen? Wie könnte/sollte ein gegenseitiges Lernen aussehen und verstetigt werden?
6. Ausblick
 - l) Welcher Bedarf an weiterem Austausch besteht?
 - m) Wie kann dieser weiter gestaltet werden vom Prozess her?
 - n) In welcher Form und Regelmäßigkeit? Sollte der Kreis für Austausch erweitert werden?
 - o) Wenn ja, in welche Richtungen bzw. mit welchen anderen Regionen?

Umsetzung und Begleitung des Austauschs

Als Format für das erste Austauschtreffen, welches am 19. November 2020 stattfand, wurde ein online-Austausch mit ca. 1,5 – 2 Stunden per Zoom-Meeting umgesetzt.

Die Agenda sah wie folgt aus:

Tabelle 30: Agenda für einen Münsterlandkreis-übergreifenden Austausch

Zeit	Tagesordnungspunkt	Input durch
10 min	Begrüßung und Einführung in den Austausch (Zielsetzung) Vorstellung der Agenda und ggf. Aufnahme weiterer Agendapunkte	Frau Wesselmann
5-10 min	Kurzvorstellung des TRAFIS-Projektes – warum sind wir mit dabei?	Martin Hirschnitz-Garbers, Ecologic Institut /Jörg Walther, BTU
5 min	Kurzvorstellung der Anwesenden mit Namen, Institution und Funktion	Alle
30-45 min	1.) Gedankenaustausch zu einer kreisübergreifenden Strategie „Förderung der regionalen Wasserstoffwirtschaft“ Kurze Erläuterung von Zielen, Visionen und Foki/Themen der regionalen Wasserstoffwirtschaft in den vier Kreisen (ca. 5 Minuten pro Person): a) Was sind Ziele, Visionen und Foki/Themen im Hinblick auf die regionale Wasserstoffwirtschaft in den vier Kreisen gegenwärtig? b) Welche Kompetenzen, Netzwerke/Partnerschaften und Inhalte benötigen die benachbarten Kreise für die Förderung der regionalen Wasserstoffwirtschaft? Welche bringen sie bereits mit? Weitere Diskussionspunkte: a) Relevanz des Austausches mit der Stadt Münster b) offene Fragen und zu klärende Punkte	Alle Moderation durch TRAFIS Frau Wesselmann zur Darstellung bestehender Netzwerke und Vernetzungen im Kreis Steinfurt
15 – 30 min	2.) Gedankenaustausch zu gemeinsamen Themen, möglichen gemeinsamen Aktivitäten und möglichen nächsten Schritten Impuls zu Ideen und Ansatz des Wasserstoff-Kompetenzzentrums HYMAT-Energie u. a. zu Formaten, Funktionen und Themen (ca. 5 Minuten) a) Möglichkeiten für gegenseitiges Lernen und gemeinsame Aktivitäten: welche Aktivitäten laufen in den Kreisen und welche Akteure könnten welche Erfahrungen/welches Wissen teilen? b) Wie könnten sich die Kreise gegenseitig darin unterstützen, für Unternehmen in der Region benötigte Strukturen für die Wasserstoffwirtschaft zu schaffen? c) Wie könnte/sollten gegenseitiges Lernen und gegenseitige Unterstützung aussehen und verstetigt werden? d) offene Fragen und zu klärende Punkte	Frau Wesselmann Alle Moderation durch TRAFIS
10-15 min	3.) Ausblick a) welcher Bedarf an weiterem Austausch besteht? b) Wie kann dieser weiter gestaltet werden vom Prozess her? c) In welcher Form und Regelmäßigkeit? Sollte der Kreis für Austausch erweitert werden? d) Wenn ja, in welche Richtungen bzw. mit welchen anderen Regionen?	Alle Moderation durch TRAFIS
5 min	Verabredungen für nächste Schritte (Vorschlag: ein nächstes Treffen Anfang 2021), Dank und Ende des ersten Austauschs	Frau Wesselmann

Quelle: eigene Darstellung (Ecologic Institut)

Das TRAFIS-Projektteam übernahm neben einer Kurzvorstellung des Projektes im ersten Austauschtreffen in weiteren Austauschtreffen sowohl die Mitschrift und Protokollführung als auch eine kurze Einführung zum Rückblick auf die Kernergebnisse der vorangegangenen Austauschtreffen.

D.2 Konzept für Vorreiter*innen-Session für intermodalen ÖPNV durch Mobilitätsapps im Fallbeispiel Augsburg

Konzeptidee

Mobilität der Zukunft bedeutet Bündelung unterschiedlicher Mobilitätsangebote (Intermodalität) zur Steigerung nachhaltiger Mobilitätslösungen, die unterschiedlichste individuelle Nutzer*innen-Bedürfnisse ermöglichen und durch digitale Angebote zugänglich werden. Mobilitätsapps bieten eine wichtige Möglichkeit, um Attraktivität, Nutzerfreundlichkeit und größtmögliche Flexibilität im ÖPNV zu kombinieren – und damit dem ÖPNV durch und nach Corona wieder mehr Aufschub zu geben. Gleichzeitig bringen sie neuartige Herausforderungen mit sich, von neuen Kooperationsstrukturen, über die nötigen vertraglichen Vereinbarungen zwischen unterschiedlichen Unternehmen oder Abrechnungsfragen und Tarifintegration bis hin zu Standortwahl und Branding intermodaler Mobilitätsknotenpunkte.

Ziel der Session

In dieser Session stellen sich vier Stadtwerke/kommunale Verkehrsbetriebe vor, die das TRAFIS-Team als mögliche Vorreiter*innen in Sachen Entwicklung und Nutzung von Mobilitätsapps identifiziert hat, und diskutieren innovative Ansätze, Herausforderungen und Erfolgsfaktoren vor dem Hintergrund eigener Erfahrungen mit der Umsetzung solcher Apps. Durch die Mobilitätsapps soll die Nutzung des ÖPNV attraktiver und einfacher und damit wieder gesteigert werden.

Damit sollen weitere teilnehmende Stadtwerks- und Verkehrsgesellschaftsvertreter*innen sowie Mobilitätsanbieter*innen und politische Akteure der kommunalen und regionalen Ebene in diesen Austausch einbezogen, über relevante Faktoren informiert und idealerweise dazu ermutigt werden, eigene Aktivitäten im Bereich Mobilitätsapps und Intermodalität zu initiieren bzw. zu stärken.

Anvisierte Teilnehmer*innen

- ▶ Stadtwerks- und Verkehrsgesellschaftsvertreter*innen
- ▶ Mobilitätsanbieter*innen
- ▶ politische Akteure der kommunalen und regionalen Ebene

Als potenziell relevante Vertreter*innen von Stadtwerken, die Mobilitätsapps bereits nutzen oder zurzeit entwickeln, kamen anhand einer online-Quellenrecherche in Frage¹⁹:

- ▶ SWA, Augsburger Verkehrsgesellschaft mbH, Vertrieb und Marketing;
- ▶ Stadtwerke Krefeld, Vertrieb/Innovationen/Digitales sowie Digitale Plattform;
- ▶ Stadtwerke Ulm, Strategische Digitalisierung und IT Management;
- ▶ BVG, Jelbi, Projekt Jelbi App.

¹⁹ In der Ansprache der Stadtwerks-Vertreter*innen wurde auf den potenziellen Mehrwert einer Teilnahme eingegangen: Vorteile durch inhaltlichen Austausch und gegenseitiges Lernen; Sensibilisierung anderer kommunaler Akteure, die Rahmen setzen; als Leuchtturm und Gute-Praxis-Beispiel Bekanntheit erlangen; dadurch ggf. Möglichkeiten für Innovationsförderung; Kontakte zu anderen Vorreiter*innen knüpfen; Nachahmer*innen motivieren.

Andock-Event für die Session

Um der geplanten Session möglichst hohe Sichtbarkeit zu verleihen und die anvisierte Zielgruppe Stadtwerke bestmöglich erreichen zu können, recherchierten wir mögliche Andock-Events.

Aus der Ansprache der drei vorgenannten Veranstalter*innen ergab sich mit Blick auf die zeitliche Passung des Events und die Kosten für eine Einbettung des Events das Stadtwerke Forum in Hamburg (22./23. November 2021, <https://mccstadtwerkeforum.de/>) als bestmögliche Option. Im Austausch mit dem Veranstalter wurde für das 75-minütige Event eine Agenda entwickelt.

D.3 Konzept für Neukonzipierung des Hafenviertels OstSee im Fallbeispiel Cottbus

Tabelle 31: Erarbeitung und Diskussion von Infrastrukturlösungen für das nachhaltige Hafenviertel unter Nutzung von TRAFIS.NB

Schritt	Abschätzung zum benötigten Zeitraum
Gebiet und Aufgabe beschreiben >> Inputpapier (1-2 Seiten) Bewertungsgruppe zusammenstellen	1 Woche
Optional: Workshop 0 Online Innovative Lösungen für moderne Quartiere Externe für 3 Inputvorträge gewinnen? Budget?	6 Wochen inkl. Konzeption und Umsetzung
Technische Lösungen entwickeln (lassen) und beschreiben >> Inputpapier (Steckbriefe, je 1-2 Seiten)	2 Wochen
Workshop 1 Online Technische Lösungen der Bewertungsgruppe vorstellen Einführung in den NHKC für die Bewertungsgruppe	einen halben bis einen Tag
Zeit zur Bewertung	2 Wochen
Bewertungen zusammenstellen, aufbereiten und versenden	1 Wochen
Workshop 2 Präsenz (Hybrid) Vorstellung, Diskussion der Ergebnisse und Empfehlung der Bewertungsgruppe	Juli 2022
Protokoll und Ergebnisbericht	

Quelle: Autor*innen

Teilnehmer*innen Workshop 2:

- ▶ Stadtplanungsamt CB FB 61 / GB 5 und Stadtwerke Cottbus (Bewertungsgruppe) (EVC Teamleiter Planung/ Bau/ GIS; GWC Technischer Geschäftsführer, Energiemanager Region Lausitz Spreewald; Stadt Cottbus GB 5 Energie -Klimaschutz / Strukturwandel, Stadt Cottbus FB 61)
- ▶ Stadtverordnete/ Investoren (Bewertungsgruppe) (Fraktion B90/Grüne in der StVVCottbus und Mitglied der StVV, Fraktion DIE LINKE in der StVVCottbus)
- ▶ TRAFIS-Team

Fünf Teilnehmer*innen des Online Workshops mussten sich kurzfristig entschuldigen.