

TEXTE

126/2025

Abschlussbericht

Transformation regionaler Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel

**Konzeptionelle Ansätze des Strukturwandels und
Herausforderungen für sozial-ökologische
Transformationen in den drei Braunkohlerevieren**

von:

Jan Hendrik Trapp, Robert Riechel
Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), Berlin

Christoph Zeiss, Dietmar Schüwer
Wuppertal Institut (WI), Wuppertal

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

Dr. Aissa Rechlin, Mandy Hinzmann
Ecologic Institut, Berlin

Herausgeber:
Umweltbundesamt

TEXTE 126/2026

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3721 15 101 0

Abschlussbericht

Transformation regionaler Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel

Konzeptionelle Ansätze des Strukturwandels und
Herausforderungen für sozial-ökologische
Transformationen in den drei Braunkohlerevieren

von

Jan Hendrik Trapp, Robert Riechel
Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), Berlin

Christoph Zeiss, Dietmar Schüwer
Wuppertal Institut (WI), Wuppertal

Jörg Walther, Markus Gräbner
Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senften-
berg (BTU), Cottbus

Dr. Aissa Rechlin, Mandy Hinzmann
Ecologic Institut, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

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

Durchführung der Studie:

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu)
Zimmerstraße 13-15
10969 Berlin

Abschlussdatum:

März 2025

Redaktion:

Fachgebiet I 2.5 Nachhaltige Raumentwicklung, Umweltprüfungen
Ulrike von Schlippenbach

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8172>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, August 2026

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

Kurzbeschreibung: Transformation regionaler Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel und eine nachhaltige Raumentwicklung (TransIS)

Das Vorhaben untersuchte die Potenziale einer nachhaltigen Infrastrukturgestaltung für die Raumentwicklung in den drei Braunkohlerevieren. Konkret wurde anhand von Fallstudien im Rheinischen, Mitteldeutschen und Lausitzer Revier analysiert und herausgearbeitet, welchen Beitrag eine an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Gestaltung und innovative Vernetzung der Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel leisten können und wie dabei die Umweltperspektive im Strukturwandel gestärkt werden kann. Infrastrukturen, so zentral ihre Bedeutung in der Raumentwicklung auch ist, werden in den Strategien und Debatten zum Strukturwandel in den Revieren nach wie vor überwiegend nachgelagert thematisiert. Dabei bestünde in der proaktiven Gestaltung und gerade in der gezielten Weiter- und Umnutzung vorhandener Infrastrukturen in den Regionen sowohl Potenzial als auch Motivation, den Strukturwandel stärker im Sinne eines nachhaltigen, sozial-ökologischen Transformationsprozesses auszurichten.

Die Arbeiten in TransIS zeigen, dass weder die Bedeutung der Rolle technischer Infrastrukturen noch die Verabschiedung und Umsetzung ambitionierter ökologischer Nachhaltigkeitsziele im Strukturwandel ein Selbstläufer sind. Entscheidend sind die jeweiligen Rahmenbedingungen vor Ort (z.B. bestehende Infrastrukturen und die Mittelausstattung) und insbesondere das Engagement der Akteure vor Ort, die entsprechende Visionen entwickeln und die Projekte vorantreiben (müssen). Mit seinem prozessbegleitenden Ansatz konnte TransIS für die lokalen Akteure wichtige Hinweise zur Stärkung der Umweltperspektive in den Strukturwandelprojekten vor Ort geben. Als eine zentrale übergreifende Erkenntnis des Vorhabens für die weitere ökologische Ausrichtung der Strukturförderung ist festzuhalten, dass es für die Entwicklung innovativer Projekte wichtig wäre, Strukturwandelgelder auch für den Aufbau von institutionalisierten, dauerhaft eingerichteten Beratungs- und Vernetzungsstrukturen nutzen zu können.

Die Erkenntnisse des Vorhabens werden entlang von vier Botschaften strukturiert dargestellt: 1. Strukturwandel als Möglichkeitsraum für eine stärker sozial-ökologisch ausgerichtete Infrastruktur- und Regionalentwicklung nutzen; 2. Vorausschauende, räumlich integrierte Infrastrukturentwicklung stärken; 3. Wissen und Kompetenzen der Akteure vor Ort zum Entwickeln und Planen von Innovationen aufbauen und stärken; 4. Gezielte Stärkung förderpolitischer Maßnahmen für ökologisch nachhaltige Infrastrukturprojekte. Die Botschaften richten sich an die unterschiedlichen Akteure nachhaltiger Infrastrukturentwicklung im Strukturwandel.

Abstract: Transformation of regional infrastructures for a socio-ecological structural change and sustainable spatial development

The project examined the potentials of sustainable infrastructure design for spatial development in the three coal mining regions. Specifically, case studies in the Rhenish, Central German, and Lusatian regions were analyzed to determine what contribution a design oriented toward sustainability criteria and innovative networking of infrastructures can make to a socio-ecological structural change, and how the environmental perspective can be strengthened in the process of structural change. Infrastructures, however central their importance in spatial development is, are still predominantly addressed in a downstream manner in strategies and debates on structural change in the mining regions. However, a proactive design and, in particular, the targeted re-use and repurposing of existing infrastructures in the regions would offer both potential and motivation to orientate the structural change more toward a sustainable, socio-ecological transformation process.

The work in TransIS shows that neither the importance of the role of technical infrastructures nor the adoption and implementation of ambitious ecological sustainability goals in structural change is a given. What matters are the overall conditions on site (e.g., existing infrastructures and funding) and, in particular, the commitment of local stakeholders who develop the corresponding visions and (have to) move the projects forward. With its process-oriented approach, TransIS provided local actors with important insights for strengthening the environmental perspective in the local structural change projects. A central overarching finding of the project for the further ecological orientation of structural funding is that, for the development of innovative projects, it would be important to be able to use structural change funds also to build institutionalized, permanently established advisory and networking structures.

The findings of the project are structured along four messages: 1. Use structural change as a space of possibilities for a more socio-ecologically oriented infrastructure and regional development; 2. Strengthen anticipatory, spatially integrated infrastructure development; 3. Build and strengthen the knowledge and skills of local actors to develop and plan innovations; 4. Targeted strengthening of funding-policy measures for ecologically sustainable infrastructure projects. The messages are addressing the different actors in sustainable infrastructure development during structural change.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis	13
Zusammenfassung	16
Summary	21
1 Einleitung	27
2 Strukturwandel, sozial-ökologische Transformation und Infrastrukturen – Gemeinsamkeiten, Bezüge und Unterschiede	29
2.1 Strukturwandel und Transformation	29
2.2 Infrastrukturen im regionalen Strukturwandel	31
3 Aufgabenstellung, Ablauf und methodisches Vorgehen	34
3.1 Aufgabenstellung	34
3.2 Ablauf und methodisches Vorgehen	34
3.2.1 Recherche und Auswertung von (überwiegend grauer) Literatur in den Revieren	35
3.2.2 Leitfadengestützte Expert*innen-Interviews	35
3.2.3 Explorative Fallstudien	36
3.3 Methode zur Systematisierung und Bewertung innovativer Vernetzungen von Infrastrukturen	41
4 Die drei Reviere: Ausgangssituationen und aktuelle Debatten zum Strukturwandel	43
4.1 Lausitzer Revier	46
4.1.1 Leitthemen des Strukturwandels im Lausitzer Revier	48
4.1.2 Nachhaltigkeit im Strukturwandel des Lausitzer Reviers	49
4.1.3 Governance im Strukturwandel im Lausitzer Revier	49
4.1.4 Potenziale und besondere Merkmale des Lausitzer Reviers	50
4.2 Mitteldeutsches Revier	50
4.2.1 Leitbilder und Leitthemen des Strukturwandels im Revier	52
4.2.2 Bedeutung von Nachhaltigkeit im Strukturwandel und Berücksichtigung von Umweltaspekten	54
4.2.3 Infrastrukturen und Bedarfe im Revier	54
4.2.4 Governance des Strukturwandels	56
4.2.5 Potenziale und besondere Merkmale des Reviers	56
4.3 Rheinisches Revier	56

4.3.1	Leitbilder des Strukturwandels im Revier	57
4.3.2	Leitthemen im Revier	58
4.3.3	Bedeutung von Nachhaltigkeit im Strukturwandel und Berücksichtigung von Umweltaspekten	59
4.3.4	Infrastrukturen im Revier	60
4.3.5	Governance des Strukturwandels	61
4.3.6	Potenziale und besondere Merkmale des Reviers	63
4.4	Die drei Reviere im Vergleich – Gemeinsamkeiten und Unterschiede	63
5	Strukturwandelvorhaben und die Rolle von Infrastrukturen – drei Fallstudien	66
5.1	Lausitzer Revier: Entwicklung eines Industrie- und Gewerbegebiet mit CO2-neutraler Energieversorgung und Produktion (GRAL – Green Areal Lausitz)	68
5.1.1	Gegenstand der Fallstudie.....	68
5.1.2	Ausgangssituation	70
5.1.3	Beiträge und Impulse des Vorhabens TransIS.....	74
5.1.4	Zentrale Ergebnisse	83
5.2	Mitteldeutsches Revier: Entwicklungsoptionen regionaler Bestandsinfrastrukturen im Südraum Leipzig – Alternative Nutzungen von Schienennebenstrecken.....	84
5.2.1	Ausgangssituation	84
5.2.2	Gegenstand der Fallstudie.....	86
5.2.3	Beiträge und Impulse des Vorhabens TransIS.....	88
5.2.4	Zentrale Ergebnisse	89
5.3	Rheinisches Revier: Integriertes Sektorkopplungsprojekt in der Tagebaufolgelandschaft – Gewerbe- und Industriepark Elsbachtal	99
5.3.1	Gegenstand der Fallstudie.....	99
5.3.2	Ausgangssituation	101
5.3.3	Beiträge und Impulse des Vorhabens TransIS.....	102
5.3.4	Zentrale Ergebnisse	111
6	Befunde der Förderpolitik im Strukturwandel.....	115
6.1	Methodisch-konzeptioneller Ansatz.....	115
6.2	Struktur der Förderlandschaft in den untersuchten Braunkohlerevieren	117
6.2.1	Politischer Rahmen.....	117
6.2.2	Brandenburg.....	121
6.2.3	Sachsen.....	122
6.2.4	Sachsen-Anhalt.....	122

6.3	Erkenntnisse zur Integration ökologischer Nachhaltigkeitskriterien in Förderprogrammen.....	123
6.3.1	Bisherige Berücksichtigung ökologischer Kriterien in der Vergabepraxis von Fördermitteln nach InvKG.....	124
6.3.2	Begrenzte Einsatzmöglichkeit von detaillierten Kriterien und Indikatoren in der Fördermittelvergabe nach InvKG.....	125
6.3.3	Möglichkeiten und Stellschrauben für eine bessere Integration von Kriterien und Indikatoren für die ökologische Nachhaltigkeit.....	127
6.3.4	Reflektion zur Notwendigkeit von Kriterien und Indikatoren zur Stärkung der ökologischen Nachhaltigkeit im Strukturwandel.....	127
6.4	Diskussion von Empfehlungen zur Verbesserung der Fördermittelvergabe	129
6.4.1	Vorschlag A: Earmarking	129
6.4.2	Vorschlag B: Schlüssiger Nachweis des Einklangs mit Nachhaltigkeitszielen („Do No Significant Harm“).....	130
6.4.3	Vorschlag C: Enge Begleitung durch Berater*innen	131
6.4.4	Vorschlag D: Partizipativer Werkstattprozess und Orientierung an einem Leitbild.....	133
6.4.5	Vorschlag E: Investitionsgarantie; um Unsicherheiten und Risiken abzufedern	134
7	Zentrale Botschaften zur Stärkung einer nachhaltigen Infrastrukturentwicklung im Strukturwandel.....	136
7.1	Strukturwandel als Möglichkeitsraum für eine stärker sozial-ökologisch ausgerichtete Infrastruktur- und Regionalentwicklung nutzen	136
7.2	Vorausschauende, räumlich integrierte Infrastrukturentwicklung stärken	138
7.3	Wissen und Kompetenzen der Akteure vor Ort zum Entwickeln und Planen von umweltrelevanten Innovationen aufbauen und stärken.....	140
7.4	Gezielte Stärkung förderpolitischer Maßnahmen für ökologisch nachhaltige Infrastrukturprojekte	143
7.5	Fazit	145
	Quellenverzeichnis	146
A	Anhang: Innovative IKT-Basierte Vernetzungen von Infrastrukturen (interner Arbeitsbericht)	155
A.1	Forschungsfragen und Ziele des Arbeitspapiers	155
A.2	Vorgehen.....	156
A.3	Definitionen und Bilanzgrenzen.....	156
A.3.1	Untersuchte Infrastrukturen.....	156
A.3.2	Kopplung und Vernetzung	157
A.3.3	Technische Infrastrukturen und IKT.....	158
A.4	IKT-basierte Vernetzungen von Infrastrukturen	159

A.4.1	Vernetzungen des Typs 1B	159
A.4.2	Vernetzungen des Typs 2 A und 2 B	160
A.4.3	Vernetzungen des Typs 3	162
A.5	Bewertung der Umsetzungschancen und Relevanz für Akteure.....	162
A.5.1	Kriterienbasierte Bewertung der Durch- und Umsetzungschancen IKT-basierter Vernetzungen	163
A.5.2	Einschätzung der interviewten Expert*innen zu IKT-basierten Infrastrukturvernetzungen.....	165
A.6	Vorgehen bei der Bewertung der Umweltauswirkungen.....	167
A.7	Änderung des Bearbeitungsprozesses	168
B	Anhang: Liste von innovativen gekoppelten Infrastrukturlösungen	169
C	Anhang: Übersicht der Interviews in den Revieren	170
D	Anhang: Leitfaden Expert*innen-Interviews	172
E	Anhang: Übersicht der Workshops.....	175
F	Anhang: Übersicht der Interviewpartner*innen zu Förderpolitiken	176
G	Anhang: Umweltauswirkungen unterschiedlicher Verkehrsmittel	177
H	Anhang: Interviewleitfaden zu Förderempfehlungen für die regionale Infrastrukturentwicklung in Strukturwandelregionen.....	179

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Infrastrukturen als Vermittler/Scharniere sozialökologischen Strukturwandels	33
Abbildung 2:	Anzahl der Beschäftigten im Braunkohlebergbau in den alten und neuen Bundesländern in den Jahren 1950 bis 2023	44
Abbildung 3:	Braunkohleförderung in Deutschland von 1990 bis 2023	45
Abbildung 4:	Entwicklung der geförderten Braunkohle sowie der Beschäftigten in Ost- und Westdeutschland von 1950 bis 2017	46
Abbildung 5:	Die Lausitz mit den noch aktiven Braunkohletagebauegebieten.....	47
Abbildung 6:	Revierkarte MIBRAG des Mitteldeutschen Reviers	51
Abbildung 7:	Das Rheinische Braunkohlerevier	57
Abbildung 8:	Verzahnung aller Akteurinnen und Akteure im Rheinischen Revier	62
Abbildung 9:	GRAL – Rendering zur möglichen Ausgestaltung des Areals	69
Abbildung 10:	Der ehemalige Flugplatz Cottbus-Drewitz.....	71
Abbildung 11:	GRAL – Schematische Darstellung des Energiekonzeptes.....	72
Abbildung 12:	Kumulierter Energieaufwand (KEA) für Berufspendelnde aus Cottbus zum GRAL.....	77
Abbildung 13:	Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Berufspendelnde aus Cottbus zum GRAL.....	78
Abbildung 14:	Global Warming Potential (GWP) für Berufspendelnde aus Cottbus zum GRAL.....	78
Abbildung 15:	Der Untersuchungsraum im Mitteldeutschen Revier mit dem Verlauf der Schienenstrecke Böhlen-Rötha-Espenhain.....	86
Abbildung 16:	Umweltpotenziale des Usecase 1 im Vergleich.....	90
Abbildung 17:	Umweltpotenziale des Usecase 2 im Vergleich.....	91
Abbildung 18:	Umweltpotenziale des Usecase 3 im Vergleich.....	92
Abbildung 19:	Bebauungsplan der Fläche des Industrieparks Elsbachtal	100
Abbildung 20:	Luftbild der Fläche des geplanten Industrieparks Elsbachtal mit Blick auf Jüchen.....	101
Abbildung 21:	Konzept A: Jeder für sich	106
Abbildung 22:	Konzept B: Einer für Alle.....	108
Abbildung 23:	Konzept C: Alle Gemeinsam	110

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abgleich der Untersuchungsräume mit den definierten Auswahlkriterien - laut Leistungsbeschreibung	39
Tabelle 2:	Abgleich der Untersuchungsräume mit den definierten Auswahlkriterien - zusätzliche Kriterien aus der Projektdiskussion heraus.....	40
Tabelle 3:	Das Mitteldeutsche Revier in Zahlen	52
Tabelle 4:	Beispiel Usecase 1: Berufspendelnde aus Cottbus	77
Tabelle 5:	Auswahl potenziell passender Unternehmen für den Industriepark Elsbachtal	104
Tabelle 6:	Übersicht zu den rahmengebenden Akteuren und Richtlinien auf Länderebene	120
Tabelle 7:	Zusammenstellung möglicher Kriterien zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Infrastrukturprojekten	124

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
AP	Arbeitspaket
BBHC	BBH Consulting AG
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BTU	Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
CRiT	Coal regions in transition Initiative
DGB	Deutscher Gewerkschaftsbund
Difu	Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
DWA	Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EPH	European Prime Hospitality Group AG
GFWS	Gesellschaft für Wirtschaftsförderung und Stadtmarketing Grevenbroich mbH
GRAL	Green Areal Lausitz
GWP	Global Warming Potential
HKW	HKW Heizkraftwerksgesellschaft Cottbus mbH
IBA	Internationale Bauausstellung
IKEM	Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V.
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie(n)
ILB	Investitionsbank des Landes Brandenburg
IMAG	Interministerielle Arbeitsgruppe
InvKG	Investitionsgesetz Kohleregionen
KEA	Kumulierter Energieaufwand
KRA	Kumulierter Rohstoffaufwand

KI	Künstliche Intelligenz
KvbG	Kohleverstromungsbeendigungsgesetz
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LEAG	Lausitz Energie Bergbau AG, Cottbus
LMBV	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH
LR	Lausitzer Revier
LRA	Landratsamt
MA	Mitarbeitende
MDR	Mitteldeutsches Revier
MIBRAG	Mitteldeutschen Braunkohlengesellschaft GmbH, Zeitz
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Mrd.	Milliarden
NaKESt	Nachhaltige KommunalEntwicklung im Strukturwandel (UBA-Forschungsprojekt)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkm	Personenkilometer
PV	Photovoltaik
RELIS	Akronym des UBA-Forschungsvorhabens „Ressourcenleichte Infrastrukturen in Stadt und Region“
RL-InvKG	Förderrichtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Regionalentwicklung zur Gewährung der Zuwendungen nach InvKG
RR	Rheinisches Revier
s. Kap.	siehe Kapitel
SAB	Sächsische Aufbaubank
SAS	Sächsische Agentur für Strukturentwicklung GmbH
SMR	Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung
SODAN	Projekt „Pilotbetrieb für SPNV als On-Demand-Angebot auf der Nebenstrecke Böhlen-Espenhain“ der Zukunftsstiftung Südraum Leipzig
THG	Treibhausgas
TTW	Tank to Wheel
UBA	Umweltbundesamt
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen

WI	Wuppertal Institut
WRL	Wirtschaftsregion Lausitz GmbH
WTT	Well to Tank
ZRR	Zukunftsagentur Rheinisches Revier

Zusammenfassung

Hintergrund und Zielsetzung

Der vorliegende Abschlussbericht „TransIS – Transformation regionaler Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel“ geht im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) der Frage nach, wie die tiefgreifenden Prozesse des Strukturwandels in den drei deutschen Braunkohlerevieren – Lausitz, Mitteldeutsches Revier und Rheinisches Revier – durch eine gezielte, ökologisch ausgerichtete Infrastrukturgestaltung nachhaltig begleitet werden können. Der Fokus liegt auf den technischen Infrastrukturen der Energieversorgung (Strom, Wärme, Gas), Wasserver- und Abwasserentsorgung, Verkehr sowie den Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) als zentrale Gestaltungsinstrumente des Strukturwandels. In den drei Revieren ist es vor dem Hintergrund des Endes der Braunkohleförderung und -verstromung erklärtes Ziel, die Energieversorgung künftig auf regenerativer Basis zu ermöglichen. Ein zentraler Ansatz dabei ist, die Infrastrukturen intelligent und flexibel miteinander zu vernetzen, ohne dass die Versorgungssicherheit gefährdet ist.

Ziel des Projekts war es herauszuarbeiten, welche Rolle eine an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Infrastrukturentwicklung für die regionale Transformation spielen kann und wie diese konkret zur Umsetzung globaler Nachhaltigkeitsziele beitragen kann. Dazu wird auch untersucht, wie die Umweltperspektive in den förderpolitischen Rahmenbedingungen des Strukturwandels gestärkt werden kann.

Forschungsleitende Fragen waren u.a.:

- ▶ Welche Wechselwirkungen bestehen zwischen Infrastruktursystemen und Strukturwandelprozessen?
- ▶ Welchen Beitrag kann eine an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Gestaltung und innovative Vernetzung der Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel leisten?
- ▶ Wie können Prozesse auf regionaler und kommunaler Ebene gestaltet werden, damit an Nachhaltigkeitskriterien orientierte Infrastrukturen einen Transformationsimpuls in bereits laufenden Strukturwandelprozessen setzen können?
- ▶ Welche Förderempfehlungen lassen sich für die drei Regionen und übergreifend ableiten, um eine stärker an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Förderpraxis zu entwerfen und umzusetzen?

Theoretischer Rahmen: Strukturwandel, Transformation und die Infrastrukturen

Auf der theoretisch-konzeptionellen Ebene (Kap. 2) unterscheidet das Vorhaben zwischen Strukturwandel und sozial-ökologischer Transformation: **Strukturwandel** bedingt einen grundlegenden Wandel der regionalökonomischen Branchen- und Wirtschaftsstruktur – im Fall der Reviere ausgelöst durch den geplanten Ausstieg aus der Braunkohleförderung und -verstromung. Damit verbunden sind regelmäßig sozioökonomische Veränderungen und Anpassungen der Infrastrukturen der Region. Mit dem Begriff Strukturwandel werden „im Kontext der sozioökonomischen Entwicklung von Regionen Wandlungs- und Neuaufstellungsprozesse beschrieben (...), die über kleine wirtschaftsstrukturelle Veränderungen hinausgehen“ (Koschatzky & Stahlecker, 2023, S. 1). Mit **Transformation** werden ebenfalls grundlegende gesellschaftliche und kulturelle Veränderungen beschrieben (BBSR, 2020; Libbe, 2014; Schramm et al., 2020). Im Gegensatz zu Begriffen wie Wandel, Anpassung und Modernisierung geht es bei Transformation um die Überwindung etablierter Formen oder Strukturen. Veränderungen

und Strukturbrüche laufen nicht nur sektoral bzw. eindimensional ab. Vielmehr erfordert ein grundlegender Wandel Anpassungen auf verschiedenen Ebenen und Dimensionen. Transformation meint demnach einen „systemischen“ Wandel, bei dem sich technologische, ökonomische, soziokulturelle und institutionelle Dimensionen gegenseitig beeinflussen und gemeinsam verändern.

Während Strukturwandel im historischen Verständnis auf den Erhalt regionaler Wirtschaftskraft und -standorte zielt, adressieren sozial-ökologische Transformationsprozesse einen tiefgreifenden Wandel von einer umwelt- und klimaschädlichen hin zu einer nachhaltigen Ökonomie und Lebensgestaltung. Eine sozial-ökologische Transformation ist explizit auf (globale) Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet. Vor dem Hintergrund der planetaren Grenzen (Rockström et al., 2009) kommt den ökologischen Nachhaltigkeitszielen eine herausgehobene Bedeutung zu.

Infrastrukturen werden in der Regel errichtet, wenn es einen Bedarf für Transport oder Nutzung von Ressourcen, Gütern, Daten oder Personen gibt, die durch Infrastrukturen bereitgestellt werden können. Die Bedarfe an infrastrukturell erbrachten Leistungen ändern sich im Strukturwandel und im besonderen Maße bei Strukturbrüchen. Dann müssen Infrastrukturen angepasst werden, um die sich aus dem ökonomischen Strukturwandel heraus ergebenden veränderten Bedarfe an Ver- und Entsorgungsleistungen und Mobilität zu befriedigen. Infrastrukturentwicklung wird dabei als Bindeglied (Scharnier) zwischen sektoralen Transformationen (Energie, Mobilität etc.) und räumlicher Entwicklung verstanden. Bisher spielen Infrastrukturen in Strukturwandelstrategien allerdings meist nur eine nachgeordnete Rolle.

Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen im Vorhaben (Kap. 3) umfasst eine Kombination aus Literaturrecherche, qualitativen Expert*inneninterviews, explorativen Fallstudien und der Anwendung von Umweltbewertungskriterien. Das Vorhaben verfolgte damit ein stark explorativ und qualitativ angelegtes Untersuchungsdesign, das vier zentrale Schritte umfasst:

- **Literaturauswertung** zur Strukturwandeldynamik in den Revieren
- **Expert*inneninterviews** mit Akteuren aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Wissenschaft (25 Interviews wurden insgesamt mit Akteuren aus den drei Revieren geführt)
- **Fallstudien** in ausgewählten Regionen der drei Reviere (Lausitz, Mitteldeutschland, Rheinland): In allen drei Untersuchungsräumen wurden partizipative Stakeholderworkshops durchgeführt und szenarienbasiert mögliche infrastrukturelle Gestaltungsoptionen diskutiert und bewertet.
- **Stakeholder-Workshops** (zwei pro Fallstudienregion) zur Validierung und Mitgestaltung

Für die Prüfung der Relevanz und Übertragbarkeit innovativer, intelligent vernetzter Infrastrukturansätze auf die Strukturwandelregionen untersuchte das Vorhaben Wechselbeziehungen und Abhängigkeiten der einzelnen Ver- und Entsorgungssektoren. Für die Bewertung der Umwelteinwirkungen solcher Vernetzungen stützte sich TransIS auf das in einem früheren UBA-Projekt (RELIS – Ressourcenleichte zukunftsfähige Infrastrukturen – umweltschonend, robust, demografiefest) entwickelte Kriterienset. Bewertet wurden u.a. der kumulierte Energieaufwand (KEA), der kumulierte Rohstoffaufwand (KRA), Treibhausgasemissionen (THG) und die Flächeninanspruchnahme. Dabei zeigte sich, dass eine belastbare Umweltbewertung nur im konkreten Anwendungskontext sinnvoll ist. Die mit den Arbeiten und Analysen gewonnenen Erkenntnisse wurden in Form von Botschaften verdichtet und mit Akteuren aus den Revieren und weiteren Expert*innen diskutiert und validiert.

Die drei Reviere – drei Fallstudienregionen

Grundlage für die Arbeit mit Fallstudien bildet eine Analyse der Ausgangssituationen und Debatten zum Strukturwandel in den drei Revieren (Kap. 4). Dabei konnten Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede mit Blick auf Leitbilder räumlicher und wirtschaftsstruktureller Entwicklung, die Governance des Strukturwandels und die Bedeutung nachhaltiger, dezidiert ökologischer Kriterien identifiziert werden.

Die Fallstudien in den drei Revieren werden in eigenen Kapiteln vorgestellt (Kap. 5). Dabei werden zunächst jeweils kurz der Gegenstand der Fallstudie eingeführt („Was haben wir betrachtet?“), die Ausgangssituation bestimmt („Was haben wir vorgefunden?“), die Beiträge und Impulse des Vorhabens TransIS skizziert und schließlich die zentralen Untersuchungsergebnisse vorgestellt.

Die drei ausgewählten Untersuchungsräume zeigen im Vergleich unterschiedliche Ansätze und Auslöser für die Entwicklung und Anpassung technischer Infrastrukturen in den Revieren im Rahmen des Strukturwandels.

Lausitzer Revier: Entwicklung eines Industrie- und Gewerbegebiets mit CO₂-neutraler Energieversorgung und Produktion (GRAL – Green Areal Lausitz) (Kap. 5.1)

Hier geht es um ein geplantes Industrie- und Gewerbegebiet mit CO₂-neutraler Energieversorgung (Strom, Wärme, Wasserstoff). Ziel ist die Kombination von infrastruktureller Sektorkopplung vor Ort, regenerativen Energien und nachhaltiger Flächennutzung. Das Vorhaben wird von einem privaten Investor vorangetrieben.

Mitteldeutsches Revier: Entwicklungsoptionen regionaler Bestandsinfrastrukturen im Südraum Leipzig – Alternative Nutzungen von Schienennebenstrecken (Kap. 5.2)

In dieser Fallstudie steht die Reaktivierung einer aktuell für den Güterverkehr genutzten Schienennebenstrecke für den Personenverkehr im Fokus. Das Vorhaben setzt auf autonomen On-Demand-Verkehr zur klimafreundlichen Mobilität im ländlich-suburbanen Raum. Ziel ist es, ein Angebot für eine nachhaltige Alternative zum Pkw und eine verbesserte Erreichbarkeit in der Region zu schaffen. Dieses Vorhaben wird von einer Kooperation zwischen Kommunen, Wissenschaft und Zivilgesellschaft getragen.

Rheinisches Revier: Integriertes Sektorkopplungsprojekt in der Tagebaufolgelandschaft – Gewerbe- und Industriepark Elsbachtal (Kap. 5.3)

Diese Fallstudie untersucht Optionen der Infrastrukturgestaltung für einen Industrie-/Gewerkepark mit integrierter Sektorkopplung auf einer ehemaligen Tagebaufäche. Ziel ist hier, die Vernetzung von Energie-, Wasser-, Abfall- und Mobilitätsinfrastrukturen im Sinne der Kreislaufwirtschaft möglichst weit voranzutreiben und Energie- und Stoffkreisläufe zu schließen. Dabei werden unterschiedliche Varianten der Kopplung und Kooperation zwischen den Akteuren des Industrieparks bewertet. Tragende Rolle haben hier die Kommunen.

Förderpolitische Analyse

Ein zentrales Ergebnis des Projekts betrifft die Förderpolitik. Neben den Fallstudien wurde die Förderpraxis auf Landes- und Bundesebene untersucht (Kap. 6) – insbesondere das Investitionsgesetz Kohleregionen (InvKG). Die Untersuchung der bestehenden Förderlandschaft in den Revieren zeigt, dass ökologische Nachhaltigkeitskriterien bisher kaum systematisch in der Mit-

telvergabe berücksichtigt werden. Förderentscheidungen orientieren sich vielfach an ökonomischen Impulsen, während Umweltziele meist implizit bleiben. TransIS formuliert folgende Empfehlungen und Ansätze, um die ökologische Dimension in der Vergabe von Fördermitteln (im Strukturwandel) zu stärken:

- ▶ **Ökologisches „Earmarking“, d.h. Zweckbindung** von Mitteln für ökologisch nachhaltige Projekte
- ▶ Übertragung des EU-Prinzips **„Do No Significant Harm“** in die Vergabep Praxis der Bundesländer, mit Nachweispflicht für die Antragsteller, um sicherzustellen, dass die Vorhaben den Zielen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie entsprechen
- ▶ Fachliche Begleitung von Projektplanungen und -umsetzung durch Infrastrukturberater*innen
- ▶ **Partizipative Werkstattprozesse** zur Projektentwicklung vor Ort – regionale Leitbilder als Orientierungsrahmen
- ▶ Förderung von Investitions Garantien, um unternehmerische Risiken zu mindern

Zentrale „Botschaften“ des Projekts

Die Beobachtungen und Erkenntnisse aus den Fallstudien und Untersuchungen in den Revieren und zur Förderpolitik wurden vom Projektteam gebündelt und in Form von Botschaften verdichtet (Kap. 7). In einem Arbeitstreffen mit ausgewählten Schlüsselakteuren sowie in einem abschließenden Workshop mit Akteuren aus den Revieren und Fallstudienregionen wurden die Botschaften präzisiert. Die vier Botschaften richten sich an die unterschiedlichen Akteure nachhaltiger Infrastrukturentwicklung im Strukturwandel. Das sind Vertreter*innen der Landesebene, der Regionalplanung und der Kommunen sowie auch öffentliche und private Infrastrukturbetreiber, private Unternehmen, zivilgesellschaftliche Akteure (z.B. Gewerkschaften, Umweltverbände etc.). Um eine erfolgreiche Umsetzung der in den Revieren unterstützenden Rahmenbedingungen zu schaffen, sind neben (investiven) Mitteln für bauliche Infrastrukturvorhaben auch Fördermittel von Bund und Ländern bereitzustellen, die dauerhaft, d.h. über kurzzeitige Projektzyklen hinaus, institutionelle Strukturen und Know-how in den Revieren (z.B. auf kommunaler Ebene) aufbauen und verstetigen.

Jede Botschaft wird zunächst kurz inhaltlich hergeleitet und begründet und dann mit Empfehlungen unterlegt. Die Botschaften richten sich an die unterschiedlichen Akteure nachhaltiger Infrastrukturentwicklung im Strukturwandel. **Die Botschaften und die entsprechenden Empfehlungen lauten:**

1. Strukturwandel als Möglichkeitsraum für eine stärker sozial-ökologisch ausgerichtete Infrastruktur- und Regionalentwicklung nutzen

Empfehlungen:

- Promotoren und „Kümmerer“ dauerhaft und strukturell fördern
- Positive Raumbilder und Narrative auf Bekanntem aufbauen

2. Vorausschauende, räumlich integrierte Infrastrukturentwicklung stärken

Empfehlungen:

- Relevante Akteure mit ihren Bedarfen sektorübergreifend identifizieren, vernetzen und frühzeitig an der Planung beteiligen

- Umweltbilanzierung am Lebenszyklus – Um- und Weiternutzung bestehender Infrastrukturen fördern
- Systematisch sektorübergreifende Wechselwirkungen und Synergien prüfen
- Infrastrukturentwicklungen auf Umweltschutz und Klimaneutralität ausrichten und in Vergabeverfahren berücksichtigen

3. Wissen und Kompetenzen der Akteure vor Ort zum Entwickeln und Planen von Innovationen aufbauen und stärken

Empfehlungen:

- Beratungs- und Unterstützungsstrukturen für eine nachhaltige und ökologisch orientierte Infrastrukturentwicklung in den Strukturwandelregionen schaffen
- Pool an Experten*innen zur Stärkung einer umweltorientierten Infrastruktur- und Regionalplanung in den Strukturwandelregionen einrichten
- Revierübergreifende Bündelung und Bereitstellung von Know-how zu transformativen Ansätzen
- Frühzeitige Abstimmung und Einbindung der lokalen Akteure
- (Lokale) Schlüsselakteure stärken
- Besonderen Unterstützungsbedarf kleiner/ländlicher Gemeinden berücksichtigen

4. Gezielte Stärkung förderpolitischer Maßnahmen für ökologisch nachhaltige Infrastrukturprojekte

Empfehlungen:

- In Förderprogrammen klare und verbindliche Ziele formulieren und mit messbaren Kriterien unterlegen
- Bereits im Antragsprozess die Verankerung von ökologischer Nachhaltigkeit in Vorhaben systematisch prüfen
- Begleitung von Projektplanungs- und Implementierungsprozessen, um die ökologische Nachhaltigkeit von Projekten zu monitoren und die Umwelteffekte aufzuzeigen
- Politischen Willen und Programme für ökologische Nachhaltigkeit klar kommunizieren und Nachhaltigkeitskriterien für die Umsetzung in den Bundesländern operationalisieren
- Innerhalb der Förderlandschaft Risiken und finanzielle Unsicherheiten für Vorhabenträger besser berücksichtigen

Fazit

Die Arbeiten in TransIS haben gezeigt, dass weder die Bedeutung der Rolle technischer Infrastrukturen noch die Verabschiedung und Umsetzung ambitionierter ökologischer Nachhaltigkeitsziele im Strukturwandel Selbstläufer sind. Infrastrukturen, so zentral ihre Bedeutung in der Raumentwicklung auch ist, werden in den Strategien und Debatten zum Strukturwandel in den Revieren überwiegend nachgelagert thematisiert. Dabei bestünde in der proaktiven Gestaltung und gerade in der gezielten Weiter- und Umnutzung vorhandener Infrastrukturen in

den Regionen sowohl Potenzial als auch Motivation, den Strukturwandel stärker im Sinne eines nachhaltigen, sozial-ökologischen Transformationsprozesses auszurichten.

Die Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsdimensionen in Infrastrukturprojekten in den betrachteten Fallstudien wurde sehr unterschiedlich gehandhabt. Oft sind es Fachexpertise und Erfahrungswissen, die den gestaltenden regionalen Akteuren nicht hinreichend zur Verfügung stehen. Mit seinem prozessbegleitenden Ansatz konnte das Forschungsteam im TransIS-Vorhaben für die lokalen Akteure wichtige Hinweise zur Stärkung der Umweltperspektive in den Strukturwandelprojekten vor Ort geben. Um jedoch über solche Projektstrukturen, die ja in der Regel nur für Einzelvorhaben möglich sind, hinaus Wissenstransfer zu ermöglichen, sollten Strukturwandelgelder auch für den Aufbau von institutionalisierten, dauerhaft eingerichteten Beratungs- und Vernetzungsstrukturen genutzt werden. Denn in allen drei Fallstudien waren die finanziellen Förderbedingungen und Kriterien nicht ausschlaggebend für die Berücksichtigung ambitionierter ökologischer Nachhaltigkeitsziele für die Infrastrukturgestaltung. Maßgeblich waren vielmehr persönliches Engagement von Schlüsselakteuren, ihre Beharrlichkeit und Hartnäckigkeit im Verfolgen der Vision, die Fähigkeit, Allianzen zu schmieden und Akteure zu vernetzen sowie Wissen über innovative Infrastrukturlösungen aufzubauen und da, wo es vor Ort nicht verfügbar war, von außen hereinzuholen.

Die Ergebnisse des Vorhabens sind neben dem vorliegenden Abschlussbericht in komprimierter Form in einer Broschüre veröffentlicht [Trapp, J. H., Riechel, R., Barthel, C., Zeiss, C., Gräbner, M. & Walther, J. (im Erscheinen 2026). Transformation regionaler Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel: Technische Infrastrukturen als Treiber der sozial-ökologischen Transformationen in den drei Braunkohlerevieren? Erkenntnisse aus drei Beispielpunkten (Fachbroschüre). Umweltbundesamt.]

Summary

Background and objectives

This final report, “TransIS – Transformation of regional infrastructures for socio-ecological structural change,” was commissioned by the German Federal Environment Agency (UBA) to examine how the far-reaching processes of structural change in the three German lignite mining regions – Lusatia, Central German District, and Rhenish District – can be sustainably supported through targeted, ecologically oriented infrastructure design. The focus is on the technical infrastructures of energy supply (electricity, heat, gas), water supply and wastewater disposal, transport, and information and communication technologies (ICT) as central instruments for shaping structural change. In the three regions, against the background of the end of lignite mining and power generation, the stated objective is to provide energy supply on a renewable basis in the future. A central approach here is to network the infrastructures intelligently and flexibly without jeopardizing security of supply.

The aim of the project was to identify the role that infrastructure development based on sustainability criteria can play in regional transformation and how it can specifically contribute to the implementation of global sustainability goals. To this end, the project also examined how the environmental perspective can be strengthened in the funding policy framework for structural change.

The main research questions included:

- What interactions exist between infrastructure systems and structural change processes?

- How can infrastructure design and innovative networking based on sustainability criteria contribute to socio-ecological structural change?
- How can processes at the regional and municipal level be designed so that infrastructures oriented toward sustainability criteria can provide a transformative impetus in ongoing structural change processes?
- What funding recommendations can be derived for the three regions and across the board in order to design and implement funding practices that are more strongly oriented toward sustainability criteria?

Theoretical framework: structural change, transformation, and infrastructure

On a theoretical and conceptual level (Chapter 2), the project distinguishes between structural change and socio-ecological transformation: **structural change** requires a fundamental transformation of the regional economic sector and economic structure—in the case of the mining regions, triggered by the planned phase-out of lignite mining and power generation. This is consistently associated with socio-economic changes and adjustments to the region's infrastructure. The term structural change is used to describe “processes of change and restructuring in the context of the socio-economic development of regions (...) that go beyond minor changes in economic structure” [translation] (Koschatzky & Stahlecker, 2023, p. 1). **Transformation** is also used to describe fundamental social and cultural changes (BBSR, 2020; Libbe, 2014; Schramm et al., 2020). In contrast to terms such as change, adaptation, and modernization, transformation is about overcoming established forms or structures. Changes and structural breaks do not only occur on a sectoral or one-dimensional basis. Rather, fundamental change requires adjustments at various levels and dimensions. Transformation therefore refers to a “systemic” change in which technological, economic, sociocultural, and institutional dimensions influence each other and change together.

While structural change in the historical sense aims to preserve regional economic power and locations, socio-ecological transformation processes address a profound shift from an economy and lifestyle that is harmful to the environment and climate to one that is sustainable. A socio-ecological transformation is explicitly geared toward (global) sustainability goals. In light of planetary boundaries (Rockström et al., 2009), ecological sustainability goals take on particular importance.

Infrastructures are usually built when there is a need for the transport or use of resources, goods, data, or people that can be provided by infrastructures. The demand for infrastructure-provided services changes during structural change and, in particular, during structural breaks. Infrastructures must then be adapted to meet the changing demands for supply and disposal services and mobility resulting from economic structural change. Infrastructure development is understood as a link (hinge) between sectoral transformations (energy, mobility, etc.) and spatial development. So far, however, infrastructure has mostly just played a subordinate role in structural change strategies.

Methodological approach

The methodological approach in the project (Chapter 3) comprises a combination of literature research, qualitative expert interviews, exploratory case studies, and the application of environmental assessment criteria. The project thus pursued a strongly exploratory and qualitative research design comprising four central steps:

- **Literature review** on the dynamics of structural change in the mining regions

- **Expert interviews** with stakeholders from politics, administration, business, and science (a total of 25 interviews were conducted with stakeholders from the three mining regions)
- **Case studies** in selected regions of the three mining areas (Lusatia, Central Germany, Rhineland): Participatory stakeholder workshops were held in all three study areas, and possible infrastructure design options were discussed and evaluated on the basis of scenarios.
- **Stakeholder workshops** (two per case study region) for validation and co-design

In order to assess the relevance and transferability of innovative, intelligently networked infrastructure approaches to regions undergoing structural change, the project examined the interrelationships and dependencies between the individual supply and disposal sectors. To assess the environmental impact of such networks, TransIS relied on the set of criteria developed in an earlier UBA project (RELIS – Resource-light, sustainable infrastructures – environmentally friendly, robust, demographically resilient). Among other things, the cumulative energy expenditure (KEA), the cumulative raw material expenditure (KRA), greenhouse gas emissions (THG), and land use were evaluated. It became apparent that a reliable environmental assessment only makes sense in a specific application context. The findings obtained from the work and analyses were condensed into messages and discussed and validated with stakeholders from the mining areas and other experts.

The three coal districts – three case study regions

The basis for working with case studies is an analysis of the initial situations and debates on structural change in the three regions (Chapter 4). This analysis identified similarities as well as differences with regard to models of spatial and economic structural development, the governance of structural change, and the importance of sustainable, decidedly ecological criteria.

The case studies in the three regions are presented in separate chapters (Chapter 5). Each chapter begins with a brief introduction to the subject of the case study (“What did we look at?”), followed by a description of the initial situation (“What did we find?”), an outline of the contributions and impetus provided by the TransIS project, and finally a presentation of the key findings.

A comparison of the three selected case study areas reveals different approaches and triggers for the development and adaptation of technical infrastructures in the regions in the context of structural change.

Lusatian mining area: Development of an industrial and commercial area with CO₂-neutral energy supply and production (GRAL – Green Areal Lausitz) (Section 5.1)

This involves a planned industrial and commercial area with a CO₂-neutral energy supply (electricity, heat, hydrogen). The aim is to combine local infrastructure sector coupling, renewable energies, and sustainable land use. The project is being driven forward by a private investor.

Central German region: Development options for regional infrastructure in the southern Leipzig area – Alternative uses for secondary rail lines (Section 5.2)

This case study focuses on the reactivation of a secondary rail line for passenger transport that is currently used for freight transport only. The project relies on autonomous on-demand transport

for climate-friendly mobility in rural-suburban areas. The aim is to create a sustainable alternative to cars and improve accessibility in the region. This project is supported by a cooperation between local authorities, science, and civil society.

Rhineland mining area: Integrated sector coupling project in the post-mining landscape – Elsbachtal commercial and industrial park (Section 5.3)

This case study examines infrastructure design options for an industrial/commercial park with integrated sector coupling on a former opencast mining site. The aim here is to promote the networking of energy, water, waste, and mobility infrastructures as far as possible in line with the circular economy and to close energy and material cycles. Different variants of coupling and co-operation between the players in the industrial park are evaluated. Local authorities play a key role here.

Funding policy analysis

One key finding of the project concerns funding policy. In addition to the case studies, funding practices at state and federal level were examined (Chapter 6) – in particular the Investment Act for Coal Regions (InvKG). The examination of the existing funding environment in the mining areas shows that ecological sustainability criteria have hardly been systematically taken into account in the allocation of funds to date. Funding decisions are often based on economic incentives, while environmental goals usually remain implicit. TransIS formulates the following recommendations and approaches to strengthen the ecological dimension in the allocation of funding (in structural change):

- ▶ **Ecological “earmarking,” i.e., earmarking** funds for ecologically sustainable projects
- ▶ Transfer of the EU principle of **“do no significant harm”** to the awarding practices of the federal states, with applicants required to provide evidence to ensure that projects are in line with the goals of the German Sustainability Strategy
- ▶ Specialist support for project planning and implementation by infrastructure consultants
- ▶ **Participatory workshop processes** for project development on site – regional models as a framework for orientation
- ▶ Promotion of **investment guarantees** to reduce entrepreneurial risks

Key messages of the project

The observations and findings from the case studies and investigations in the mining areas and on funding policy were compiled by the project team and condensed into messages (Chapter 7). These messages were refined in a working meeting with selected key players and in a concluding workshop with stakeholders from the mining areas and case study regions. The four messages are aimed at the various actors involved in sustainable infrastructure development in the context of structural change. These include representatives at the state level, regional planning and local authorities, as well as public and private infrastructure operators, private companies, and civil society actors (e.g., trade unions, environmental associations, etc.). In order to create the necessary conditions for successful implementation in the mining regions, in addition to (investment) funds for construction infrastructure projects, federal and state funding must also be made available to build and consolidate institutional structures and know-how in the mining regions (e.g., at the municipal level) on a permanent basis, i.e., beyond short-term project cycles.

First, each message is briefly derived and justified in terms of its content, and then recommendations are provided to support it. The messages are aimed at the various actors involved in sustainable infrastructure development in structural change. **The messages and corresponding recommendations are as follows:**

1. Use structural change as an opportunity for more socially and ecologically oriented infrastructure and regional development

Recommendations:

- Provide long-term and structural support for promoters and supporters
- Build positive images and narratives based on what is already known

2. Strengthen forward-looking, spatially integrated infrastructure development

Recommendations:

- Identify relevant actors with their needs across sectors, connect them, and involve them in planning at an early stage
- Promote life cycle environmental assessment – conversion and further use of existing infrastructure
- Systematically examine cross-sector interactions and synergies
- Align infrastructure developments with environmental protection and climate neutrality and take them into account in procurement procedures

3. Build and strengthen the knowledge and skills of local actors in developing and planning innovations

Recommendations:

- Create advisory and support structures for sustainable and ecologically oriented infrastructure development in regions undergoing structural change
- Establish a pool of experts to strengthen environmentally oriented infrastructure and regional planning in regions undergoing structural change
- Pool and provide know-how on transformative approaches across regions
- Early coordination and involvement of local stakeholders
- Strengthen (local) key stakeholders
- Take the special support needs of small/rural communities into account

4. Targeted strengthening of funding policy measures for ecologically sustainable infrastructure projects

Recommendations:

- Draft clear and binding goals in funding programs and support them with measurable criteria
- Systematically check that projects incorporate ecological sustainability from the application process onwards

- Support project planning and implementation processes in order to monitor the ecological sustainability of projects and highlight their environmental impact
- Communicate political will and programs for ecological sustainability clearly and operationalize sustainability criteria for implementation in the federal states
- Take better account of risks and financial uncertainties for project sponsors within the funding environment

Conclusion

The work carried out in TransIS has shown that neither the importance of technical infrastructure nor the adoption and implementation of ambitious environmental sustainability goals in structural change are a foregone conclusion. Infrastructure, despite its central importance in spatial development, is predominantly addressed as a secondary issue in strategies and debates on structural change in the regions. Yet the proactive design and, in particular, the targeted reuse and conversion of existing infrastructure in the regions offer both the potential and the motivation to gear structural change more strongly towards a sustainable, socio-ecological transformation process.

The consideration of sustainability dimensions in infrastructure projects was handled very differently in the case studies examined. Often, it is technical expertise and experience that are not sufficiently available to the regional actors involved in the design process. With its process-accompanying approach, the research team in the TransIS project was able to provide local actors with important information on how to strengthen the environmental perspective in local structural change projects. However, in order to enable knowledge transfer beyond such project structures, which are usually only possible for individual projects, structural change funds should also be used to establish institutionalized, permanent advisory and networking structures. In all three case studies, the financial support conditions and criteria were not decisive for the consideration of ambitious ecological sustainability goals for infrastructure design. Rather, the decisive factors were the personal commitment of key players, their perseverance and tenacity in pursuing their vision, their ability to forge alliances and connect stakeholders, and their ability to build up knowledge about innovative infrastructure solutions and, where this was not available locally, to obtain it from outside sources.

In addition to this final report, the results of the project have been published in condensed form in a brochure [Trapp, J. H., Riechel, R., Barthel, C., Zeiss, C., Gräbner, M. & Walther, J. (im Erscheinen 2026). Transformation regionaler Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel: Technische Infrastrukturen als Treiber der sozial-ökologischen Transformationen in den drei Braunkohlerevieren? Erkenntnisse aus drei Beispielprojekten (Fachbrochure). Umweltbundesamt.].

1 Einleitung

Angesichts der globalen ökologischen Herausforderungen stellt sich die dringende Frage, wie mit dem Ausstieg aus der Förderung und Verstromung von Braunkohle eingeleitete Strukturwandelprozesse in den drei Braunkohlerevieren gezielt genutzt werden können, um die Regionen im Sinne einer sozial-ökologischen Transformation nachhaltig zu entwickeln und entsprechend der (globalen) Nachhaltigkeitsziele auszurichten (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung [BBSR], 2020; Bundesregierung, Deutschland, o.J.; Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen [WBGU], 2016). Während Strukturwandel in der Vergangenheit primär auf den Erhalt regionaler Wirtschaftskraft, -standorte und von Arbeitsplätzen abzielte (Berkner, 2019; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi], 2019; Jacob et al., 2019), erfordert eine sozial-ökologische Transformation einen tiefgreifenden Wandel hin zu einer nachhaltigen Ökonomie, die mit den Zielen von Umwelt- und Klimaschutz, Lebensqualität und Lebensgestaltung verknüpft ist (Jacob et al., 2019; Wittmayer & Hölscher, 2017). In Strukturwandelregionen fallen mehrere Veränderungs- und Transformationsprozesse zusammen, die in der Regel nicht klar voneinander abgrenzbar sind: die Transformation der wirtschaftlich-ökonomischen Grundlagen und Produktionsbedingungen der Region, demografische und kulturelle Veränderungen sowie Transformationen der Infrastrukturen in der Region. Mit Transformation werden grundlegende gesellschaftliche und kulturelle Veränderungen beschrieben, die die Überwindung etablierter Formen oder Strukturen beinhaltet (BBSR, 2020). Dabei geht der Transformationsbegriff nicht zwingend von kontinuierlichen, moderaten Veränderungsprozessen aus, sondern bezieht auch explizit die Möglichkeit von Struktur- und Entwicklungsbrüchen sowie widersprüchlichen und krisenhaften Entwicklungen mit ein (Kluge & Schramm, 2006; Libbe, 2014).

Mit dem Wegbrechen der traditionellen Wirtschaftsstrukturen sind neue Zukunftsperspektiven für die Reviere zu entwickeln, die in hohem Maße auch Auswirkungen auf die technischen Infrastrukturen haben werden bzw. für die die Infrastrukturen angepasst und weiterentwickelt werden müssen. Aus dem (ökonomischen und energiewirtschaftlich getriebenem) Strukturwandel heraus¹ ergeben sich veränderte Bedarfe an Mobilitäts-, Energie- und weiteren Ver- und Entsorgungsleistungen, die durch technische Infrastrukturen bedient und befriedigt werden müssen. Dabei müssen Infrastrukturen langfristig ökonomisch tragfähig und mit ausreichenden Kapazitäten ausgestattet die Versorgung mit Daseinsvorsorgedienstleistung sicherstellen sowie gleichzeitig den Anforderungen von Strukturwandel, Energiewende und Verkehrswende als auch weiteren Anforderungen einer nachhaltigen und resilienten Entwicklung entsprechen.

Trotz ihrer besonderen Funktion werden Infrastruktursysteme in Leitbildern der Regionalentwicklung und des Strukturwandels wie auch in der Stadtentwicklung; vgl. (Libbe et al., 2010) lediglich abstrakt thematisiert sowie deren ökologische Implikationen eher oberflächlich oder verallgemeinernd behandelt². Die Umsetzung von Leitbildern räumlicher Entwicklung und von Maßnahmen des Strukturwandels verändern die räumlichen Beziehungen und Strukturen im Raum. Es kommt neben neuen Verortungen von Nachfragern nach infrastrukturellen Dienstleistungen auch zu veränderten Nachfrageprofilen (Quantitäten und Qualitäten) in der Region. Daran sind die Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen anzupassen, sodass mit den neuen Bedarfen an Dienstleistungen Bedarfe an (neu) gebauter technischer Infrastruktur entstehen. Selten

¹ Neben Veränderungen der infrastrukturell zu erbringenden Leistungen, die durch den Strukturwandel im engeren Sinne angestoßen werden, ergeben sich Anpassungsbedarfe grundlegend auch durch veränderte Wirtschafts- und Lebensweisen, eine stark steigende Nachfrage nach digitaler Datenübertragung oder die Anforderungen einer zunehmend mobileren Gesellschaft.

² So etwa im Abschlussbericht der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019)

werden technische Infrastrukturen jedoch als proaktiv zu gestaltendes Element des Strukturwandels in die strategischen Überlegungen einbezogen, obwohl mittels Infrastrukturen (regionale) Stoff- und Verkehrsströme organisiert werden.³ In der tradierten Logik einer nachholenden Infrastrukturplanung werden jedoch Potenziale neuartiger, vernetzter und ressourceneffizienter Infrastrukturen nicht bzw. nur zum Teil gehoben (Winker et al., 2017).

Ausgehend von der These, dass technische Infrastruktursysteme in Leitbildern der Regionalentwicklung und des Strukturwandels zwar thematisiert werden, dies jedoch insgesamt eher oberflächlich oder verallgemeinernd und in einer reaktiven Rolle⁴ geschieht, untersucht das Vorhaben „Transformation regionaler Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel und eine nachhaltige Raumentwicklung“ (TransIS) die Potenziale einer nachhaltigen Infrastrukturgestaltung für die nachhaltige Raumentwicklung in Strukturwandelregionen. Konkret wird im Rahmen des Vorhabens TransIS untersucht, welchen Beitrag eine an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Gestaltung und innovative Vernetzung der Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel leisten können und wie dabei die Umweltperspektive im Strukturwandel gestärkt werden kann. Ziel des Vorhabens ist es, für die drei Strukturwandelregionen Rheinisches Revier, Mitteldeutsches Revier und Lausitzer Revier Potenziale einer gezielten, an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichteten Infrastrukturgestaltung zu erkunden, um in den Regionen den Strukturwandel im Sinne eines nachhaltigen, sozial-ökologischen Transformationsprozesses aufzuladen und auszurichten.

Durch eine intensive Auseinandersetzung mit den drei Revieren als räumliche Kulisse, den dort diskutierten bzw. verfolgten Ansätzen des Strukturwandels und Gestaltungsoptionen technischer Infrastrukturen werden mögliche Szenarien einer auf sozial-ökologische Transformation hin ausgerichteten Raumentwicklung in den drei Regionen identifiziert und veränderte bzw. neu aufkommende Infrastrukturbedarfe umrissen. Dazu werden zunächst Optionen einer nachhaltigen Vernetzung in den Ver- und Entsorgungssystemen Energie (Strom, Wärme, Gas), Wasserver- und Abwasserentsorgung sowie Verkehr und Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) betrachtet, um die Relevanz und Übertragbarkeit innovativer intelligenter, digitaler Infrastrukturansätze zu prüfen. Dies erfolgt im Rahmen von konkreten Fallstudien in den drei Revieren. Darüber hinaus werden auch förderpolitische Ansätze mit Blick auf ihre ökologische Ausrichtung untersucht. Denn ausgestattet mit Fördermitteln bieten sich diesen Regionen besondere Chancen der Gestaltung der Transformation der Region in ihren verschiedenen Dimensionen und Elementen, für die schließlich Empfehlungen abgeleitet werden.

³ Eine Ausnahme bilden Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), die – wenn sie besonders leistungsfähig ausgelegt werden – als Standortvorteil zur Ansiedlung bestimmter Betriebe oder Branchen eingesetzt werden. IKT kommt auch daher eine Schlüsselrolle zu, da sie digital basierte, innovative Vernetzungen der Infrastruktursektoren ermöglichen.

⁴ So wurden beispielsweise in den frühen Förderperioden des Strukturwandels im Ruhrgebiet Investitionen in Infrastruktur als „nachsorgende strukturpolitische Intervention“ (Dahlbeck et al., 2022, S. 56) im Kontext des Entwicklungsprogramms Ruhr der 1960er Jahre geframt. Der Fokus lag hier auf dem Bildungs- und Hochschulsektor, der Verkehrsinfrastruktur sowie Freizeit- und Kultureinrichtungen (Dahlbeck et al., 2022).

2 Strukturwandel, sozial-ökologische Transformation und Infrastrukturen – Gemeinsamkeiten, Bezüge und Unterschiede

In den folgenden Kapiteln wird der begriffliche und konzeptionelle Rahmen des Vorhabens kurz abgesteckt. Dazu werden die zentralen Begriffe kursorisch eingeführt und Gemeinsamkeiten, wechselseitige Bezüge und Unterschiede bestimmt.

2.1 Strukturwandel und Transformation

Mit der Annahme des Gesetzentwurfs der Bundesregierung zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze („Kohleausstiegsgesetz“) (Deutscher Bundestag, 19. Wahlperiode, 2020) durch den Deutschen Bundestag im Jahr 2020 wird die Notwendigkeit einer Dekarbonisierung des Energiesystems und darüber hinaus der Wirtschaft anerkannt. Flankiert wird das Kohleausstiegsgesetz durch das „Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen“ (Investitionsgesetz Kohleregionen - InvKG, 2020/08.08.2020). Mit diesem Gesetz soll ein „verbindlicher Rechtsrahmen für die strukturpolitische Unterstützung der Regionen, insbesondere durch die Gewährung finanzieller Hilfen für Investitionen und weitere Maßnahmen bis 2038 geschaffen werden“ (InvKG, 2020). Die geplanten Maßnahmen in den betroffenen Regionen zielen schwerpunktmäßig auf struktur-, wirtschafts- und arbeitsmarktpolitische Aspekte. Folgende Handlungsfelder werden mit in den vom Kohleausstieg betroffenen Bundesländern und Regionen geplanten Maßnahmen adressiert (BMWi, 2019):

- ▶ Wirtschaftsförderung und -entwicklung
- ▶ Förderung von Infrastrukturausbau und -beschleunigung, Maßnahmen der Daseinsvorsorge
- ▶ Förderung von Forschung und Entwicklung, Wissenschaft und Innovation
- ▶ Experimentierklauseln, Reallabore und regulatorische Maßnahmen
- ▶ Arbeitsmarktpolitik, Fachkräfteentwicklung
- ▶ Regionale Verankerung und Beteiligung der Zivilgesellschaft

Der auf dieser Gesetzesgrundlage beruhende **Strukturwandel** in den drei Revieren ist damit politisch bewusst initiiert. Im Gegensatz hierzu vollzieht sich regionaler Strukturwandel regelmäßig auch auf Basis marktgetriebener, exogener ökonomischer Entwicklungen. Historische Beispiele in Westdeutschland sind die Beendigung der Steinkohleförderung im Saarland und im Ruhrgebiet (Dahlbeck et al., 2022). In Ostdeutschland waren nahezu alle Regionen nach der Wende von Strukturwandel betroffen. Strukturwandel – ob bewusst bzw. politisch gewollt initiiert oder durch exogene Faktoren provoziert – bedingt einen grundlegenden Wandel der regionalökonomischen Branchen- und Wirtschaftsstruktur. Damit verbunden sind regelmäßig sozioökonomische Veränderungen und Anpassungen der Infrastrukturen der Region. Mit dem Begriff Strukturwandel werden „im Kontext der sozioökonomischen Entwicklung von Regionen Wandlungs- und Neuaufstellungsprozesse beschrieben (...), die über kleine wirtschaftsstrukturelle Veränderungen hinausgehen“ (Koschatzky & Stahlecker, 2023, S.1).

Dabei bezeichnen Koschatzky/Stahlecker (2023, S.2) den regionalen Strukturwandel als einen „kontinuierlichen Prozess aus Pfadentwicklung und Pfaderneuerung, veränderten Potenzialen, Kompetenzen und Fähigkeiten sowie infrastrukturellen Anpassungen“, der weitergehend als

grundlegende Strukturveränderung und Strukturbruch verstanden werden kann. Damit rückt der Begriff regionaler Strukturwandel konzeptionell in die Nähe des Transformationsbegriffs (Libbe, 2014; Schramm et al., 2020). Mit **Transformation** werden ebenfalls grundlegende gesellschaftliche und kulturelle Veränderungen beschrieben (BBSR, 2020). Im Gegensatz zu Begriffen wie Wandel, Anpassung und Modernisierung geht es bei Transformation um die Überwindung etablierter Formen oder Strukturen. Zudem geht der Transformationsbegriff nicht zwingend von kontinuierlichen, moderaten Veränderungsprozessen aus, sondern bezieht auch explizit die Möglichkeit von Struktur- und Entwicklungsbrüchen sowie widersprüchlichen und krisenhaften Entwicklungen mit ein (Kluge & Schramm, 2006; Libbe, 2014). Ein weiterer Aspekt, in dem Strukturwandel und Transformation eine Gemeinsamkeit aufweisen, ist die Vorstellung, dass Veränderungen nicht nur sektoral bzw. eindimensional ablaufen. Vielmehr erfordert ein grundlegender Wandel Anpassungen und Veränderungen auf verschiedenen Ebenen und Dimensionen. Transformation meint demnach einen „systemischen“ Wandel, bei dem sich technologische, ökonomische, soziokulturelle und institutionelle Dimensionen gegenseitig beeinflussen und auch gemeinsam ändern müssen („Ko-Transformation“) (Schramm et al., 2020).

In Abgrenzung der beiden Begriffe fällt auf, dass im Rahmen des Strukturwandels in den drei Braunkohlerevieren Nachhaltigkeit thematisiert wird. Dies jedoch eher im Sinne ökonomischer Nachhaltigkeit als einer im engeren Sinne ökologischen Nachhaltigkeit (s. Kap. 4.4). Außer dem direkten Bezug auf CO₂-Neutralität und Klimaschutz wird in den Debatten kein expliziter Bezug zu nachhaltigkeitsorientierten Transformationszielen eingeführt. Mit seiner expliziten normativen Direktionalität (Koschatzky & Stahlecker, 2023) bzw. einem normativ an planetaren Grenzen ausgerichteten Entwicklungsziel (Schneidewind, 2018; WBGU, 2016) geht der Transformationsbegriff damit über einen traditionell verstandenen Strukturwandel hinaus. Während Strukturwandel im historischen Verständnis auf den Erhalt regionaler Wirtschaftskraft und -standorte zielt, adressieren Transformationsprozesse einen tiefgreifenden Wandel von einer umwelt- und klimaschädlichen hin zu einer nachhaltigen Ökonomie und Lebensgestaltung. Transformation ist explizit auf (globale) Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet. Vor dem Hintergrund der planetaren Grenzen Rockström et al. (2009) kommt den ökologischen Nachhaltigkeitszielen dabei eine herausgehobene Bedeutung zu. Denn angesichts endlicher Ressourcen, der Gefährdung von Umweltgütern und den immer spürbarer werdenden Folgen des Klimawandels bildet der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen den Rahmen für alle ökonomischen und sozialen Belange, die auch und gerade in den Regionen und Kommunen politisch organisiert und gelebt werden. Damit kommt der Transformation von Städten und Regionen eine besondere Bedeutung zu (WBGU, 2016). Eine zukunftsfähige Region, kann nur eine Region sein, die den Schutz der Umwelt ins Zentrum ihres Handelns stellt.

Intensiv wird in der Transformationsforschung diskutiert, inwiefern transformative Prozesse steuerbar sind und wie sie sich im Sinne eines „Transformationsmanagements“ strukturieren und gestalten lassen (Kluge & Libbe, 2010). Analog dazu ist die Frage nach der **Gestaltbarkeit von Strukturwandelprozessen** in der wissenschaftlichen und politischen Diskussion umstritten (stellvertretend: Crow, 2001; Dybe, 2003; Fürst, 1995; Lageman et al., 2006). Prägend für das wohlfahrtsstaatliche Modell der Bundesrepublik ist eine aktive Raumordnungs- und Strukturpolitik, mit der auf den Strukturwandel in den betroffenen Regionen versucht wurde zu reagieren (Eckey, 2005; Gärtner, 2014). Mittels staatlicher Interventionen und Förderprogramme sollen Regionen und Kommunen befähigt werden, regionalökonomische, arbeitsmarktpolitische und soziale Härten infolge von Verschiebungen ihrer Wirtschaftsstrukturen durch die Erlangung neuer Standortvorteile oder zumindest den Erhalt und Ausbau bestehender Standortfaktoren abzufedern (Koschatzky, 2002; Kost et al., 2011).

2.2 Infrastrukturen im regionalen Strukturwandel

In der Regel werden Infrastrukturen errichtet, sobald es einen Bedarf für die Transport- oder Nutzungsleistung von Ressourcen, Gütern, Daten oder Personen gibt, die durch Infrastrukturen bereitgestellt werden können. Die Bedarfe an infrastrukturell erbrachten Leistungen ändern sich im Strukturwandel bzw. im besonderen Maße bei Strukturbrüchen. Dann müssen Infrastrukturen angepasst werden, um die sich aus dem ökonomischen Strukturwandel heraus ergebenden veränderten Bedarfe⁵ an Ver- und Entsorgungsleistungen und Mobilität zu befriedigen.

Die Analysen in diesem Forschungsvorhaben zeigen, dass technische Infrastrukturen der Ver- und Entsorgung und deren Planung in den drei Braunkohlerevieren regelmäßig nur eine reaktive Rolle spielen. Selten werden technische Infrastrukturen als proaktiv gestaltendes Element des Strukturwandels adressiert, wie das etwa im Falle sozialer Infrastrukturen, Verkehrsinfrastrukturen und der Versorgung mit IKT gelagert ist. Diese werden, wenn sie besonders leistungsfähig ausgelegt werden, als Standortvorteil ausgelegt, um bestimmte Sektoren und Branchen in der Region zur Ansiedlung zu bringen und Fachkräfte anzulocken.

Grundsätzlich dienen Infrastrukturen zum einen der Raumerschließung (und -überwindung), indem sie z.B. als verkehrliche Infrastrukturen die Erreichbarkeit von Räumen und Orten erleichtern bzw. ermöglichen. Sie erschließen Räume für Siedlungen, indem Infrastrukturen öffentliche Dienstleistungen der Daseinsvorsorge (Energie, Trinkwasser, Abwasserbehandlung) im Raum zur Verfügung stellen. Diese Ver- und Entsorgungsleistungen basieren auf netzgebundenen, Räume verbindenden und „raumüberwindenden Infrastrukturen“ (Barlösius, 2019, S. 84). Netzgebundene Infrastrukturen der Ver- und Entsorgung bilden den Kern der (kommunalen) Daseinsvorsorge, die auf dem Sozialstaatsprinzip nach Art. 20 (1) Grundgesetz basiert und sich an den Prinzipien eines gleichberechtigten Zugangs, akzeptabler Preise (Erschwinglichkeit), Kontinuität und Universalität der Dienstleistung, angemessener Qualität sowie politischer Kontrolle und Steuerung orientiert (Libbe et al., 2018). Eng daran geknüpft ist die raumordnungspolitische „Leitvorstellung gleichwertiger Lebensbedingungen“ (Akademie für Raumforschung und Landesplanung [ARL], 2016, S. 2) mit einer nahezu flächendeckenden Bereitstellung von infrastrukturellen Dienstleistungen (vgl. ROG § 2 (2)).

Zum anderen spiegeln Infrastrukturen räumliche Potenziale und Umweltfaktoren wider. Etwa wenn, wie in sich wandelnden Regionen der Braunkohleförderung, fossile Energieträger vorliegen oder Regionen über ein großes Wasserdargebot verfügen, deren Nutzung (vor Ort oder in anderen Regionen) Infrastrukturen für die Gewinnung und den Transport von Energie, Energieträgern oder Wasser erfordert. Diese Infrastrukturen wirken aufgrund ihrer Größe und materiellen Präsenz raumbildend und -prägend⁶.

⁵ Unbeachtet bleibt zumeist der Effekt, dass Infrastrukturen durch ihre Existenz gesellschaftliche Bedürfnisse induzieren. Beispielsweise steht der Ausbau von Verkehrsinfrastruktur, die in der Regel zusätzliche Verkehrsbewegungen generiert. Infrastrukturen schaffen sich damit ein Stück weit ihre eigene Nachfrage.

⁶ „Raum“ wird im Weiteren nicht als absolut bzw. objektiv bestimmbarer dreidimensionaler „Container“ verstanden, sondern als auf Basis sozialer Strukturen und gesellschaftlicher Werte und Vorstellungen konstruierte und sich immer wieder neu konstituierende Anordnungen von Artefakten und Personen. Raum (und damit auch Regionen) sind soziale Konstruktionen, und so bilden räumliche Strukturen soziale Strukturen ab (Löw, 2001).

Die Infrastrukturen der Ver- und Entsorgung⁷ wie der Energieversorgung, Siedlungswasserwirtschaft (Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung) sowie der Mobilität und IKT sind in ganz besonderem Maße raumprägend. Sie können als sozio-technische Systeme der Raumschließung und Aneignung von (natürlichen) Ressourcen sowie der sozialen Strukturierung gefasst werden, da sich in Infrastrukturen gesellschaftliche Vorstellungen von „gesellschaftlichen Naturverhältnissen“ (Becker & Jahn, 2006) und sozialen Normen in Bezug auf Leistungsqualitäten und -verfügbarkeiten, wie sie in der Daseinsvorsorge zum Ausdruck kommen, abbilden. Das heißt, „dass Infrastrukturen sozial strukturiert sind, also Ergebnis sozialer Prozesse und Strukturen, und zugleich strukturierend wirken, indem sie soziale Strukturierungen hervorbringen bzw. vorhandene soziale Strukturen festigen“ (Barlösus, 2019, S. 62).

Durch die häufig hohen Investitionskosten in technische Infrastruktursysteme, die in der Regel im Sinne von „sunk costs“ nicht zurückgeholt werden können (Libbe, 2014), müssen sie entweder Bestandteil einer wirtschaftlich tragfähigen Wertschöpfungskette sein oder durch die öffentliche Hand als Gemeinwohlbelang (z.B. Klimaschutz) und Teil der Daseinsvorsorge (z.B. Versorgungssicherheit) finanziert werden. Dahinter stehen ökonomische oder gesellschaftlich bestimmte Bedarfe an Ver- und Entsorgung, die entweder bereits vorhanden sind, aber nicht ausreichend bzw. in entsprechender Qualität befriedigt werden, oder zeitgleich mit der Errichtung der Infrastruktur entstehen. Ein Beispiel ist die Errichtung von Strom- und Gasinfrastruktur, bei der die Netzbetreiber ihre Ausbauplanung auf Basis von Szenariorahmen und Bedarfsmodellierungen in sogenannten Netzentwicklungsplänen formulieren und in einem partizipativen Prozess abstimmen (vgl. Bundesnetzagentur, o. J.). Der aktuelle Netzentwicklungsplan Strom nimmt die gesetzlich verankerten Klimaschutz- bzw. Emissionsminderungsvorgaben zur Grundlage der Netzausbau- bzw. Umbauplanung „(...) indem zu Szenarien, die das Jahr 2045 beschreiben, ein Übertragungsnetz entwickelt wird, das für eine vollständige Klimaneutralität notwendig ist“ (Bundesnetzagentur, 2022, S. 21).

Das ist allerdings eine neue Entwicklung. Noch die Genehmigung des Szenariorahmens für den Netzentwicklungsplan 2035 (Bundesnetzagentur, 2020) vom Juni 2020 beinhaltet einen Ausblick bis 2040, ohne den Weg in eine klimaneutrale Energiewirtschaft zumindest anzudeuten. Und das nachdem schon im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung von 2016 stand: „Die deutsche Klimaschutzpolitik orientiert sich deshalb am Leitbild einer weitgehenden Treibhausgasneutralität bis 2050“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit [BMUB], 2016, S. 28). Der zukünftige Bedarf an Infrastrukturen in der heutigen Planung basiert daher noch hauptsächlich auf Erzeugungs- oder Nachfrageprojekten von Unternehmen, nicht jedoch auf einer abgestimmten, konsistenten, systemisch abgeleiteten Zielvorstellung eines Netzes, das im Rahmen der Zieldimensionen von Treibhausgasneutralität der Energieversorgung bis 2045 und der Sicherung der Daseinsvorsorge (u.a. Versorgungssicherheit, Erschwinglichkeit) gebraucht wird.

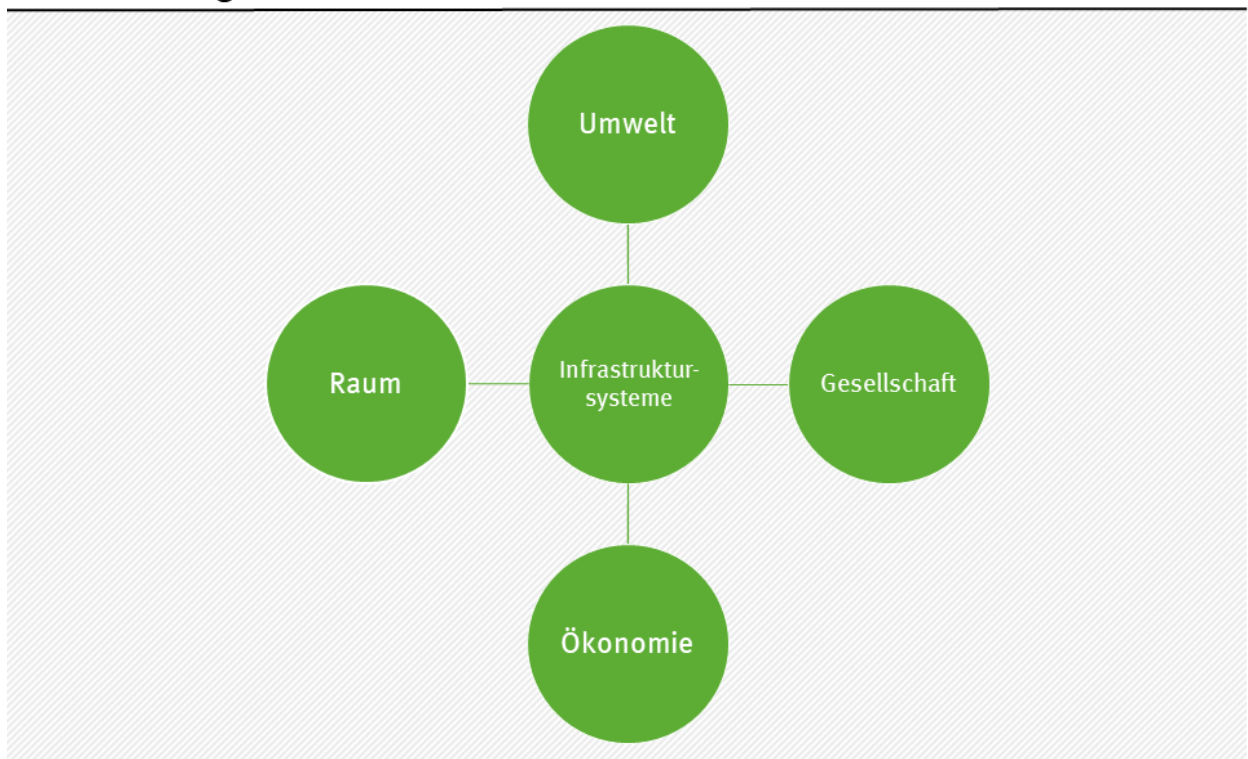
Die vorangegangenen Ausführungen haben die zentrale Rolle von (technischen) Infrastrukturen in der räumlichen Entwicklung und Strukturierung, der Aneignung und Nutzung natürlicher Ressourcen, der Befriedigung und Strukturierung gesellschaftlicher Bedürfnisse sowie ihrer ökonomischen Grundlagen aufgezeigt. Infrastrukturen kommt eine Schlüsselfunktion in der

⁷ Neben den technischen gibt es weitere Infrastrukturen, die mit Blick auf räumliche Strukturen und Strukturwandel relevant sind. Insbesondere Forschungseinrichtungen als Infrastrukturen der Wissensgesellschaft (Barlösus, 2019) können in Strukturwandelregionen eine wichtige Rolle spielen bzw. werden als Instrument des Wandels eingesetzt (z.B. derzeit in der Lausitz). Darüber hinaus kann eine Weitung des Infrastrukturbegriffs auf ökologische Faktoren/Ressourcen eine konzeptionelle Verknüpfung und eine funktionale Kopplung der Leistungen technischer Infrastrukturen mit Ökosystemleistungen „blauer“ (Gewässer, Wasserkörper) und „grüner Infrastrukturen“ (z.B. Bäume, Grün- und Freiflächen) ermöglichen (Trapp und Winker (2020). Diese integrierte Sicht und die Kopplung blauer, grüner und grauer Infrastrukturen gewinnt insb. in der klimaangepassten und wasserbewussten Stadtentwicklung an Bedeutung (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (2021).

Transformation für einen sozial-ökologischen Strukturwandel in Regionen zu. Die Braunkohlereviere stehen vor der besonderen Aufgabe, die in der Region prägende Braunkohleförderung und -verstromung zu beenden und dabei dominante, landschaftsprägende großräumige Flächen umzuwidmen und umzugestalten, die auf Braunkohle ausgerichtete regionale Energieerzeugung durch erneuerbare Erzeugungsanlagen zu substituieren und auf Braunkohle bzw. fossile Kohlenstoff basierende Wertschöpfungsketten umzustellen. Dabei können die Reviere – im Gegensatz zu anderen Regionen – jedoch auf besondere Fördermittel im Rahmen des InvKG (Investitionsgesetz Kohleregionen) zugreifen.

Abbildung 1: Infrastrukturen als Vermittler/Scharniere sozialökologischen Strukturwandels

Infrastrukturen als Vermittler/Scharniere sozialökologischen Strukturwandels



Quelle: Eigene Darstellung

3 Aufgabenstellung, Ablauf und methodisches Vorgehen

3.1 Aufgabenstellung

Ziel des Vorhabens war, für die drei Strukturwandelregionen Rheinisches Revier, Mitteldeutsches Revier und Lausitzer Revier systematisch Potenziale einer gezielten, an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichteten Infrastrukturgestaltung zu erkunden, die den Strukturwandel in den Revieren im Sinne eines nachhaltigen, sozial-ökologischen Transformationsprozesses aufladen und ausrichten.

Für die Untersuchung und Bestimmung der Potenziale in den Ver- und Entsorgungsinfrastruktursystemen (Energie: Strom, Wärme, Gas; Wasserver- und Abwasserentsorgung) sowie Verkehr und IKT wurden insbesondere Optionen einer Vernetzung der genannten Sektoren auf Basis intelligenter, digitaler Lösungen betrachtet. Da sowohl Strukturwandel als auch Transformationsprozesse systemisch angelegt sind, wurden neben Umweltwirkungen, ökonomischen und gesellschaftlichen Effekten auch räumliche Implikationen bestimmt.

Die zentralen forschungsleitenden Fragen waren:

- ▶ Welche Wechselwirkungen zwischen Infrastruktursystemen und Strukturwandelprozessen bestehen? Welche dieser Wechselwirkungen sind mit Blick auf Nachhaltigkeitspotenziale besonders wirksam?
- ▶ Welchen Beitrag kann eine an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Gestaltung und innovative Vernetzung der Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel leisten?
- ▶ Welche neue digitalen und Smart-City-Anwendungen und Kopplungsmöglichkeiten im Kontext der Digitalisierung sind in besonderem Maße geeignet, eine an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Gestaltung und innovative Vernetzung der Infrastrukturen zu befördern?
- ▶ Wie können Prozesse auf regionaler, interkommunaler bzw. kommunaler Ebene gestaltet werden, damit an Nachhaltigkeitskriterien orientierte Infrastrukturen einen Transformationsimpuls in bereits laufenden Strukturwandelprozessen setzen können?
- ▶ Welche Förderempfehlungen lassen sich für die drei Regionen und übergreifend ableiten, um eine stärker an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Förderpraxis zu entwerfen und umzusetzen?

3.2 Ablauf und methodisches Vorgehen

Ausgehend von einer vertieften Auseinandersetzung und Erfassung der Ausgangsbedingungen und Leitbilder in den drei Revieren wurden die Rolle von Infrastrukturen in den aktuellen Debatten zum Strukturwandel sowie sich möglicherweise verändernde infrastrukturelle Bedarfe untersucht. Zudem erfolgte eine Analyse und Systematisierung von erfolgversprechenden und umsetzungsfähigen digitalen Vernetzungsoptionen.

Szenarien möglicher infrastruktureller Gestaltungsoptionen in konkreten Untersuchungsräumen innerhalb der drei Regionen dienten der Abschätzung potenzieller Umweltwirkungen und weitere insb. räumlicher Effekte. Flankiert wurden die Arbeiten mit der Auseinandersetzung mit förderpolitischen Instrumenten und der Frage, inwiefern diese stärker an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtet werden könnten.

Das Vorgehen war überwiegend qualitativ geprägt. Das Forschungsdesign basiert neben der Analyse wissenschaftlicher und grauer Literatur und der Erhebung von Information mittels qualitativer, leitfadengestützter Expert*innen-Interviews in den Regionen auf explorativen Fallstudienuntersuchungen in je einem ausgewählten Untersuchungsraum in den drei Revieren. Die Arbeiten mit verschiedenen lokalen Akteuren in den Fallstudien im Rahmen von Stakeholder-Workshops bilden eine wesentliche Grundlage der Erkenntnisse. Ein weiterer methodischer Ansatz war die Analyse und Bewertung innovativer Infrastrukturvernetzungen mittels eines Kriteriensets (s. Kap. 3.3).

3.2.1 Recherche und Auswertung von (überwiegend grauer) Literatur in den Revieren

Mit Hilfe einer Desktop-basierten Literaturrecherche wurden zum einen die historischen Erfahrungen im Strukturwandel und zum anderen der jeweilige Debattenstand zum Strukturwandel in den Revieren in groben Zügen aufbereitet. Das bessere Verständnis der verschiedenen, prägenden Debattenlinien war eine Grundvoraussetzung, um auf dieser Basis im weiteren Projektverlauf mögliche Ansätze für eine an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Gestaltung und innovative Vernetzung der Infrastrukturen als Beitrag zu einem sozial-ökologischen Strukturwandel mit Schlüsselakteur*innen in den Revieren diskutieren zu können. Dazu wurden für die jeweiligen Reviere Schlüsseldokumente (überwiegend graue Literatur) identifiziert und ausgewertet, die die Ausgangssituation und Rahmenbedingungen sowie Ziele des Strukturwandels in den Regionen beschreiben (s. Kap 4). Besonderes Augenmerk wurde dabei auf regionale Leitbilddokumente und Strategiepapiere gelegt. Soweit möglich wurden in dieser Phase bereits Hinweise auf zukünftige Infrastrukturbedarfe erhoben.

In einem verbundinternen Workshop wurden auf Basis der Literatúrauswertung und Reflexion der wissenschaftlichen Debatten zu Strukturwandel und Transformation erste Thesen zur Relevanz verschiedener Anforderungen (und Herausforderungen) der Infrastrukturentwicklung in den Regionen formuliert und Leitthemen für eine sozial-ökologische Ausrichtung des Strukturwandels in den drei Revieren identifiziert. Diese Ergebnisse aus der Literatúrauswertung wurden in einem nächsten Schritt mittels leitfadengestützter Expert*innen-Interviews vertieft und validiert bzw. korrigiert.

3.2.2 Leitfadengestützte Expert*innen-Interviews

Auf Basis der Literatúrauswertung und weiterer Quellen wurden Schlüsselakteure identifiziert, mit denen leitfadengestützte Expert*innen-Interviews zur vertieften Analyse geführt wurden. Der Interviewleitfaden (s. Anhang D) war in vier Fragencluster strukturiert: 1) Leitbilder und Leitthemen der regionalen Entwicklung des Reviers, 2) Infrastrukturen (wobei u.a. denkbare Sektorkopplungen abgefragt wurden) und Bedarfe an Infrastruktur, 3) Governance des Strukturwandels sowie 4) Stellungnahmen zu zuvor vom Projektteam formulierten Thesen. Zudem wurden in den Interviews Hinweise zu weiteren relevanten Schlüsselakteuren und möglichen Untersuchungsräumen (relevant für die Arbeiten mit explorativen Fallstudien, s. Kap. 3.2.3) abgefragt. So dienten die Interviews neben der Überprüfung der Ergebnisse der Literatúrauswertung zudem der Sammlung zusätzlicher Hinweise für die weiteren Arbeitsschritte. Die qualitativen leitfadengestützten Expert*innen-Interviews wurden im Zeitraum Juni bis September 2022 geführt.

Zur Validierung der Thesen und möglicher Leitthemen aus Praxisperspektive wurden insgesamt 25 leitfadengestützte Interviews geführt. Bei der Auswahl der Interviewpartner*innen in den Revieren wurde darauf geachtet, dass Vertreter*innen von Behörden (z.B. der Länder), der kommunalen Ebene, aus Infrastrukturunternehmen (Ver- und Entsorgung), Bergbauunternehmen sowie Intermediäre befragt werden konnten, um so ein möglichst facettenreiches Bild zu

gewinnen (s. Anhang C). Die 25 Interviews wurden im Sommer 2022 mit durchschnittlich einer Stunde Gesprächszeit durchgeführt. Die Interviews wurden videogestützt durchgeführt und für die Auswertung datenschutzkonform aufgezeichnet. In der Regel waren mindestens zwei Interviewer*innen aus dem Forschungsverbund beteiligt. Die Interviews mit Praxisakteur*innen waren auch mit Blick auf die Verankerung des Forschungsvorhabens in den Revieren und des Filterns geeigneter Themen für die weitere Projektbearbeitung in den Untersuchungsräumen (explorativen Fallstudien) von großer Bedeutung.

Die aufgezeichneten Interviews wurden transkribiert und in Form von synthetisierenden Ergebnisprotokollen von den Interviewer*innen aufbereitet und ausgewertet. Die Ergebnisdokumente greifen die Struktur des Leitfadens mit den vier Clustern auf. Im Anschluss erfolgte zunächst die revierbezogene Verdichtung der Aussagen aus den einzelnen Interviews. Diese wurden im Rahmen eines verbundinternen Workshops in einem weiteren Schritt revierübergreifend diskutiert und auf Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede zwischen den Revieren hin abgeklöpft.

In der Bearbeitung stellte sich immer wieder als ein methodisches Problem die Abgrenzung bzw. Zuordnung der identifizierten bzw. von den Akteur*innen genannten Phänomene und Entwicklungen zum Strukturwandel als solchem und anderen Veränderungsprozessen und Diskursen dar. Dies gilt insbesondere für Maßnahmen und Veränderungen im Zuge der Energiewende in Abgrenzung zum in den Revieren angestrebten Strukturwandel. Es bleibt meist unklar, welche infrastrukturellen Veränderungsprozesse und Trends im Rahmen der Energiewende ohne Strukturwandel-Impulse stattfinden und welche explizit auf Anstöße aus der Strukturwandeldebatte heraus zurückzuführen sind. Auch überlagern aktuell virulente Krisen (insb. die durch den Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine ausgelöste Energiekrise und Inflation) und die in dem Zusammenhang dominanten Debatten zur kurzfristigen Versorgungssicherheit und Energiekosten die eher langfristig angelegten Transformations- und Strukturwandeldiskussionen.

3.2.3 Explorative Fallstudien

Mittels qualitativer Zukunftsszenarien für einen sozial-ökologischen Strukturwandel sollten in jeweils einem ausgewählten Untersuchungsraum in den drei Braunkohlerevieren die zuvor erarbeiteten allgemeinen Analysen konkretisiert und vertieft werden. Im Fokus der Zukunftsszenarien lag eine an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Infrastrukturgestaltung, die als Initial für einen nachhaltigen, sozial-ökologischen Transformationsprozesses dienen kann. Konkret ging es darum zu untersuchen, in welchen Infrastrukturbereichen, für welche Konzepte und auf welchen räumlichen Ebenen besondere Potenziale bestehen, um den Umwelt- und Klimaschutz und eine nachhaltige Raumentwicklung in den Strukturwandelregionen zu unterstützen. Die Szenarien sollten idealerweise an konkrete, bereits initiierte Strukturwandelvorhaben in den Untersuchungsräumen angebunden sein und mögliche Infrastrukturentwicklungen mit ihren Umweltpotenzialen aufspannen. Auf dieser Grundlage konnten dann exemplarisch für die Fallstudien potenzielle Beiträge zu einem sozial-ökologisch aufgeladenen Strukturwandel in den Revieren skizziert werden. Einerseits wurden auf dieser Basis Umweltpotenziale innovativ vernetzter Infrastrukturen im Untersuchungsraum abgeschätzt, andererseits wurden Raumbilder für eine nachhaltige Regionalentwicklung und sozial-ökologische Transformation qualitativ weiterentwickelt.

Ausgehend von den Ergebnissen der Literaturanalyse (s. Kap. 3.2.1) und den Hinweisen der befragten Expert*innen (s. Kap. 3.2.2) wurden innerhalb der drei Strukturwandelregionen kon-

krete Untersuchungsräume für die Arbeit in explorativen Fallstudien und Szenarien identifiziert. Maßgeblich für die Auswahl der Untersuchungsräume waren zunächst die in der Leistungsbeschreibung des UBA aufgeführten Kriterien und Merkmale:

Übergeordnete Themen

- ▶ Sozial-ökologischer Wandel (mobilere Gesellschaften, demographischer Wandel, Klimawandel etc.)
- ▶ Digitalisierung (Prozesssteuerung, neue Mobilitätsangebote, Verknüpfung Online-Offline etc.)
- ▶ Ökologischer Umbau der Energiebereitstellung (Integration erneuerbarer Energien, Sektorkopplung, dezentrale Konzepte)

Kriterien für Regionalauswahl

- ▶ Geplante Infrastrukturmaßnahmen und mögliche, dazu passende konkrete, praxisrelevante Empfehlungen für die Umsetzung der Maßnahmen
- ▶ Dezentral gelegene, strukturschwache Räume

Potenziale im Raum für ...

- ▶ Nachnutzung von industriellen Infrastrukturen (Förderbrücken aus dem Tagebau, vorhandene Wegenetze, ausgezeichnete Wasserversorgungsinfrastrukturen etc.)
- ▶ Ausbau und die Nutzung der Wasserstofftechnologie
- ▶ grüne Infrastrukturen (Nutzung von Braunkohlefolgelandschaften mit ihren spezifischen Landschaftsstrukturen für Naherholung und Tourismus)
- ▶ interkommunale und interregionale Kooperationen

Diese in der Leistungsbeschreibung genannten Kriterien wurden vor dem Hintergrund der eigenen Arbeiten in Abstimmung mit dem Auftraggeber (AG) um folgende weitere Kriterien ergänzt:

Zusätzliche aus der Projektdiskussion heraus abgeleitete Kriterien

- ▶ Einbettung des Vorhabens/Projekts im Untersuchungsraum in eine regionale Entwicklungsstrategie
- ▶ Szenarien/alternative Infrastrukturgestaltungen sind für die Akteure vor Ort interessant (die Auseinandersetzung mit TransIS bietet einen Mehrwert vor Ort)
- ▶ Szenarien der Infrastrukturgestaltung sind mit der für das Vorhaben verabredeten Methodik (s. Kap. 3.3 mit Verweis auf RELIS⁸) bewertbar

⁸ Im Vorhaben RELIS (vgl. Trapp et al., 2017) wurden im Rahmen einer „orientierenden Stoffstromanalyse der Infrastrukturen“ folgenden Parameter erhoben und abgeschätzt: Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA), Kumulierter Energieaufwand (KEA), Gesamt-treibhauspotenzial in CO₂-Äquivalenten, Flächeninanspruchnahme.

Auf dieser Basis wurden Untersuchungsräume identifiziert und in Form von internen Steckbriefen zur Abstimmung zwischen den Forschungspartnern sowie mit dem Auftraggeber aufbereitet. Folgende Untersuchungsräume bzw. Strukturwandel-Projekte wurden für die weitere Bearbeitung ausgewählt:

- ▶ **Lausitzer Revier:** Entwicklung eines Industrie- und Gewerbeparks mit CO₂-neutraler Energieversorgung und Produktion (GRAL – Green Areal Lausitz)
- ▶ **Mitteldeutsches Revier:** Pilotvorhaben autonom fahrender, On-Demand Schienenpersonenverkehr auf Nebenstrecken – ein Ansatz zur Verbesserung nachhaltiger Mobilitätsangebote im suburbanen Raum
- ▶ **Rheinisches Revier:** Integriertes Sektorkopplungsprojekt in der Tagebaufolgelandschaft: Gewerbe- und Industriegebiet Elsbachtal

Die folgenden Tabellen 1 und 2 geben die Passfähigkeit der Untersuchungsräume mit den oben genannten Kriterien wieder.

Tabelle 1: Abgleich der Untersuchungsräume mit den definierten Auswahlkriterien - laut Leistungsbeschreibung

Reviere	Rheinisches Revier	Mitteldeutsches Revier	Lausitzer Revier
Fallstudien	Integriertes Sektorkopplungsprojekt in der Tagebaufolgelandschaft: Gewerbe- und Industriepark Elsbachtal	Weiter- bzw. Umnutzung einer Werksbahn mit autonom fahrenden Gefäßen (Böhlen-Rötha-Espenhain)	Entwicklung eines Industrie- & Gewerbeparks mit CO ₂ -neutraler Energieversorgung & Produktion (Green Areal Lausitz)
Themen			
Sozial-ökologischer Wandel (mobile Gesellschaften, demographischer Wandel, Klimawandel etc.)		✓*	
Digitalisierung (Prozesssteuerung, neue Mobilitätsangebote, Verknüpfung Online-Offline etc.)	✓ Energie- und Demandside Management	✓	
Ökologischer Umbau der Energiebereitstellung (Integration erneuerbarer Energien, Sektorkopplung, dezentrale Konzepte)	✓		✓
Kriterien für Regionalauswahl			
Geplante Infrastrukturmaßnahmen und mögliche, dazu passende konkrete, praxisrelevante Empfehlungen für die Umsetzung der Maßnahmen	✓	✓	✓
Dezentral gelegene, strukturschwache Räume	laut NRW Bank nicht strukturschwach	✓	✓
Potenziale im Raum für ...			
Nachnutzung von industriellen Infrastrukturen (Förderbrücken aus dem Tagebau, vorhandene Wegenetze, ausgezeichnete Wasserversorgungsinfrastrukturen etc.)		✓	✓
Ausbau und die Nutzung der Wasserstofftechnologie	nein		✓
Grüne Infrastrukturen (Nutzung von Braunkohlefolgelandschaften mit ihren spezifischen Landschaftsstrukturen für Naherholung und Tourismus)		✓	
Potenzial von interkommunalen und interregionalen Kooperationen	nein	✓	✓

* ✓: Kriterium erfüllt

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von eigenen Daten

Tabelle 2: Abgleich der Untersuchungsräume mit den definierten Auswahlkriterien - zusätzliche Kriterien aus der Projektdiskussion heraus

Reviere	Rheinisches Revier	Mitteldeutsches Revier	Lausitzer Revier
Fallstudien	Integriertes Sektorkopplungsprojekt in der Tagebaufolgelandschaft: Gewerbe- und Industriepark Elsbachtal	Weiter- bzw. Umnutzung einer Werksbahn mit autonomen fahrenden Gefäßen (Böhlen-Rötha-Espenhain)	Entwicklung eines Industrie- und Gewerbeparks mit CO2-neutraler Energieversorgung und Produktion (GRAL – Green Areal Lausitz)
Einbettung des Vorhabens im Untersuchungsraum in eine regionale Entwicklungsstrategie	✓* ja, Raumentwicklung 2038+	✓ autonomes Mobilitätssystem (On-Demand) für (vor)letzte Meile	✓ Formen der regenerativen Energiebereitstellung erproben, Referenzprojekte entwickeln (Entwicklungsstrategie Lausitz 2050)
Szenarien / alternative Infrastrukturgestaltungen sind für die Akteure vor Ort interessant (die Auseinandersetzung mit TransIS bietet einen Mehrwert vor Ort)	✓ ja, da es eine Konkretisierung und Erweiterung der bisherigen Betrachtungen sind	✓	✓ alternative Ausbaupfade des entwickelten Energiekonzeptes aufzeigen, Mobilitätsszenarien am Standort
Szenarien der Infrastrukturgestaltung sind mit der verabredeten Methodik („RELIS+“) bewertbar	✓	✓	✓

* ✓: Kriterium erfüllt

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von eigenen Daten

In allen drei Untersuchungsräumen wurden jeweils zwei partizipative Stakeholderworkshops durchgeführt. Die Workshops in den Untersuchungsregionen fanden im Rheinischen Revier am 12. Mai 2023 und 7. Dezember 2023, im Mitteldeutschen Revier am 16. Mai 2023 und 26. Oktober 2023 sowie im Lausitzer Revier am 6. Juni 2023 und 13. November 2023 statt (s. Anhang E). An den Workshops haben ausgewählte Schlüsselakteur*innen der Strukturwandelvorhaben aus Kommunen, Investor*innen, Infrastrukturbetreibenden, Raumplanung, Wissenschaft und Intermediäre teilgenommen. In Vorgesprächen wurden Zielbilder der Regional- und Infrastrukturentwicklung für die Bearbeitung im Rahmen der o.g. Workshops vorab präzisiert.

In der ersten Workshopreihe in den Revieren wurden verschiedene Entwicklungsoptionen skizziert, um zum einen im Rahmen laufender Strukturwandelaktivitäten eingeleitete Prozesse, Entwicklungen und aktuelle Bedarfe vor Ort berücksichtigen zu können und zum anderen die recherchierten raumbezogenen Informationen, Planungen und Daten zu validieren (aktueller Stand von Planungsverfahren, bereits vorhandene Ansätze für innovativ vernetzte Infrastrukturen u.a.). Hierauf aufbauend wurden gemeinsam mit den Akteur*innen vor Ort Szenarien entwickelt und diskutiert, wie in diesen Szenarien Umweltaspekte gestärkt werden kön-

nen. Die Stakeholderworkshops lieferten damit wichtige Daten und Impulse, um für die Untersuchungsräume Szenarien eines sozial-ökologischen Strukturwandels auf Basis innovativ vernetzter Infrastrukturen zu entwerfen und um dann auf dieser Basis Umweltpotenziale abschätzen und Impulse für eine an Nachhaltigkeitskriterien orientierte Regionalentwicklung und Infrastrukturgestaltung identifizieren zu können. Die Ergebnisse der Abschätzungen der infrastrukturellen Umweltpotenziale und der Impulse für eine nachhaltige Regionalentwicklung (Szenarien) wurden den Akteur*innen vor Ort in einem zweiten Termin präsentiert und zur Diskussion gestellt. Dabei war es den Projektpartnern in TransIS wichtig, dass die Praxispartner ebenfalls von der Zusammenarbeit profitieren.

Die in den drei Fallstudien gewonnenen Erkenntnisse wurden vom Projektteam zu Botschaften verdichtet und im Rahmen eines Arbeitstreffens mit ausgewählten Expert*innen aus den Revieren sowie einer abschließenden digitalen Veranstaltung mit mehr als 20 Akteur*innen aus den drei Revieren und Fallstudienregionen kritisch diskutiert und dabei präzisiert sowie validiert.

3.3 Methode zur Systematisierung und Bewertung innovativer Vernetzungen von Infrastrukturen

Für die Prüfung der Relevanz und Übertragbarkeit innovativer, intelligent vernetzter Infrastrukturansätze auf die Strukturwandelregionen fokussiert das Vorhaben auf vielfältige Wechselbeziehungen und Abhängigkeiten der einzelnen Ver- und Entsorgungssektoren zueinander. Unter dem Stichwort „Sektorkopplung“ werden aktuell etwa im Zuge der Energiewende-Debatte neue oder sich verstärkende, bekannte Kopplungen zwischen Sektoren (Energie-Mobilität, Energie-Abwasser) und Infrastruktursystemen (Power-to-X) diskutiert – prägend ist hier die Elektrifizierung des Verkehrs und damit die veränderte Kopplung der Sektoren Energie und Mobilität. Eine wichtige Infrastruktur, die diese Vertiefung und neuartige Kopplungen zwischen den Sektoren ermöglicht, sind die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Die Optionen basieren grundlegend auf Innovationen der Digitalisierung. Das damit gemeinhin verbundene Versprechen ist, dass „(...) durch den Einsatz von smarten Infrastrukturen oder die Befähigung bestehender physischer Infrastrukturen durch digitale Komponenten (...) neue Leistungen für Infrastrukturbetreiber und -nutzer ermöglicht (werden)“ (Schnabel et al., 2020, S. 55). Daten, die über IKT schneller und in größeren Mengen übertragen werden können, ermöglichen neue Kopplungen und Wertschöpfungsprozesse über die bisherigen Sektorengrenzen hinweg. Digitalisierung und IKT stellen wichtige infrastrukturelle Grundlagen für Strukturwandel in den Regionen dar und es stellt sich die Frage, wie ihre Umweltpotenziale gestärkt werden können.

Im Vorhaben wurden systematisch mögliche innovative, IKT-basierte Vernetzungen von technischen Infrastrukturen untersucht. Für das Vorhaben TransIS sind insbesondere Vernetzungen relevant, bei denen IKT den Möglichkeitsraum des Infrastrukturbetriebes für infrastrukturell bedingte Veränderungen hinsichtlich der Auswirkungen auf Umwelt und Klima öffnet – idealerweise tragen innovative Infrastrukturvernetzungen z.B. zu einer Reduktion des Treibhausgas-Ausstoßes bei.

Zunächst wurden abstrakt innovative Vernetzungen von Infrastrukturen entlang typischer Prozessschritte der etablierten Infrastrukturen identifiziert, die

1. innerhalb der Betriebsabläufe einer Infrastruktur zur Optimierung einzelner Prozessschritte oder des Gesamtprozesses der Leistungserbringung beitragen,
2. über konventionelle Infrastruktursystemgrenzen hinweg durch Datenaustausch oder physische Verknüpfung Einfluss auf die Leistungserbringung haben,

3. geeignet sind, neue Prozessschritte innerhalb der Infrastrukturen zu unterstützen oder gänzlich neue Dienstleistungen im Infrastrukturbereich zu erbringen.

Hier zeigen sich 16 Lösungen von innovativen IKT-basierten Vernetzungen innerhalb bisheriger Infrastruktursystemgrenzen und über diese Infrastruktursystemgrenzen hinweg, die nach einer Bewertung in Hinblick auf Technology Readiness Level, Einsatzpotenzial, ökonomische Akzeptanz und Fachkräfte/Handhabbarkeit auf ihre praktische Relevanz geprüft wurden (hierzu vertiefend Anhang A). Die 10 bestbewerteten Lösungen wurden in die Expert*innenbefragung in den Strukturwandelregionen eingebunden. Dadurch ergaben sich praxisnahe Einschätzungen von Strukturwandelakteur*innen in den drei Revieren zur Relevanz dieser digital basierten Vernetzungsansätze im Rahmen der aktuellen Diskussion um die Transformation technischer Infrastrukturen.

Es zeigte sich, dass eine Abschätzung von Umwelteinwirkungen nur an konkreten Anwendungsfällen sinnvoll durchgeführt werden kann. Daher erfolgte die Bewertung von innovativen Vernetzungsoptionen der regionalen Infrastrukturen nicht abstrakt, sondern im Rahmen der konkreten Arbeiten in den Untersuchungsräumen (s. Kap. 5).

Die Bewertung erfolgte zweistufig, wobei die jeweiligen Ausprägungen revierabhängig differenziert wurden. Soweit ein Mengengerüst für die Infrastrukturentwicklung im konkreten Untersuchungsraum szenarisch herleitbar war, wurde zur Bewertung der Umweltauswirkungen innovativer Infrastrukturentwicklungen auf die im Forschungsvorhaben RELIS ausgewiesenen Kriterien zurückgegriffen: Kumulierter Energieaufwand (KEA), Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA), Treibhausgasemissionen (THG) und Flächeninanspruchnahme (Trapp et al., 2017). Ließ die Datengrundlage und der Konkretisierungsgrad der Szenarien keine quantitative Einschätzung des Infrastrukturbedarfes zu, wurden die Umweltwirkungen qualitativ beschrieben. Die RELIS-Kriterien gelten hier als Orientierungsrahmen. Diese Bewertungskriterien wurden auf Szenarien von infrastrukturell relevanten Teilaspekten aus den untersuchten Anwendungsfällen angewandt. Diese Fokussierung war nötig geworden, weil zu dem Zeitpunkt, in dem TransIS die drei Fallbeispiele begleitet hat, in keinem der Beispiele ein umfassendes Bild von den zu erstellenden Infrastrukturen vorhanden war. Dies bestätigt die in Kap. 2.2 formulierte These, dass die Infrastrukturplanung i.d.R. nachrangig zum eigentlichen Projektansinnen gedacht wird.

Dementsprechend wurden die Entwicklungsoptionen in den Untersuchungsräumen in den drei Braunkohlerevieren mit unterschiedlichen Schwerpunkten bewertet. Aufgrund der jeweiligen Datenlagen unterscheiden sich die Ausprägungen und Tiefe der quantitativen und qualitativen Einschätzungen. Zudem unterscheiden sich die Projekte in den Untersuchungsräumen in ihrer Art, ihrem Anlass und ihrer grundlegenden Ausrichtung sowie ihrem Realisierungs- und Reifegrad in der Planung (s. Kap. 5).

Der Fokus bei der Szenarienbewertung lag darin, Umweltpotenziale und -risiken zu identifizieren und deren mögliche Impulse auf die Regionalentwicklung qualitativ herauszuarbeiten. Die Ergebnisse der Bewertungen wurden den Akteuren in den drei Untersuchungsräumen in der geplanten zweiten Workshop-Runde vorgestellt und diskutiert.

Das Vorgehen, die Methodik und die unterschiedlichen Infrastrukturvernetzungen sind ausführlich im Anhang A dargelegt.

4 Die drei Reviere: Ausgangssituationen und aktuelle Debatten zum Strukturwandel⁹

Der Braunkohleausstieg hat in den drei betrachteten Revieren (Rheinisches, Mitteldeutsches und Lausitzer Revier) über energie- und klimapolitische Fragestellungen hinaus weitreichende sozial-, regional- und wirtschaftspolitische Auswirkungen. Bei der Definition und Abgrenzung der Reviere im Strukturstärkungsgesetz (InvKG, 2020) wurde ein erweiterter Wirkungsraum zugrunde gelegt; d. h. der Raumbezug geht über die unmittelbaren Abbaugebiete und Kraftwerksstandorte hinaus und berücksichtigt vielmehr die vielfältigen regionalen Vorleistungs- und Absatzverflechtungen (BMW, 2019). Auch mit Blick auf die räumliche Ausdehnung, den raum- und siedlungsstrukturellen Kontext, die Bedeutung der Kohle- und Energiewirtschaft, Besatz mit Unternehmen anderer Branchen sowie der Ausstattung mit Infrastruktur-, Bildungs- und Wissenschaftseinrichtungen weisen diese Regionen erhebliche Unterschiede auf (Ribbeck-Lampel et al., 2022; Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021a). Die deutschen Braunkohlereviere stellen keine homogenen und uniformen Regionen dar. So sind unterschiedliche und individuell zugeschnittene Strategien und Lösungen bei der Bewältigung des Strukturwandels und der daraus resultierenden wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und ökologischen sowie infrastrukturellen Transformationsprozesse gefragt.

Ein zentrales Argument in der Strukturwandeldebatte der Braunkohlereviere ist der Erhalt bzw. die Umschichtung der Arbeitsplätze von der Braunkohleindustrie in andere Branchen. Daher wird zunächst revierübergreifend kurz die Entwicklung der Beschäftigtenzahlen eingeführt, bevor auf die Reviere im Einzelnen eingegangen wird¹⁰.

In Westdeutschland arbeiteten im Jahr 1950 rund 37.600 Beschäftigte in der Braunkohleindustrie – und davon die überwiegende Anzahl im Rheinischen Revier. Die Höhe der Kohleförderung lag bei 75,8 Mio. Tonnen. Während die Beschäftigtenzahl bereits 1958 mit 38.700 ihren Höchststand erreichte, stieg die Anzahl der geförderten Braunkohle mit leichten Schwankungen bis zum Jahr 1976, wo sie ihren Höchststand von 134,5 Mio. Tonnen in Westdeutschland erreichte (Dahlbeck & Gärtner, 2019).

In Ostdeutschland waren bis 1989 wesentlich mehr Menschen im Braunkohlebergbau beschäftigt als in Westdeutschland. Im Jahr 1985 waren etwas über 140.000 Menschen im Braunkohlebergbau tätig. Die Abbildung 2 visualisiert eindrücklich die unterschiedlichen Beschäftigtenzahlen und insbesondere den Einbruch der Beschäftigung nach der Wende in Ostdeutschland. Seit 1998 liegen die Beschäftigtenzahlen in Ost- und Westdeutschland auf einem ähnlichen Niveau und nehmen seitdem stetig leicht ab.

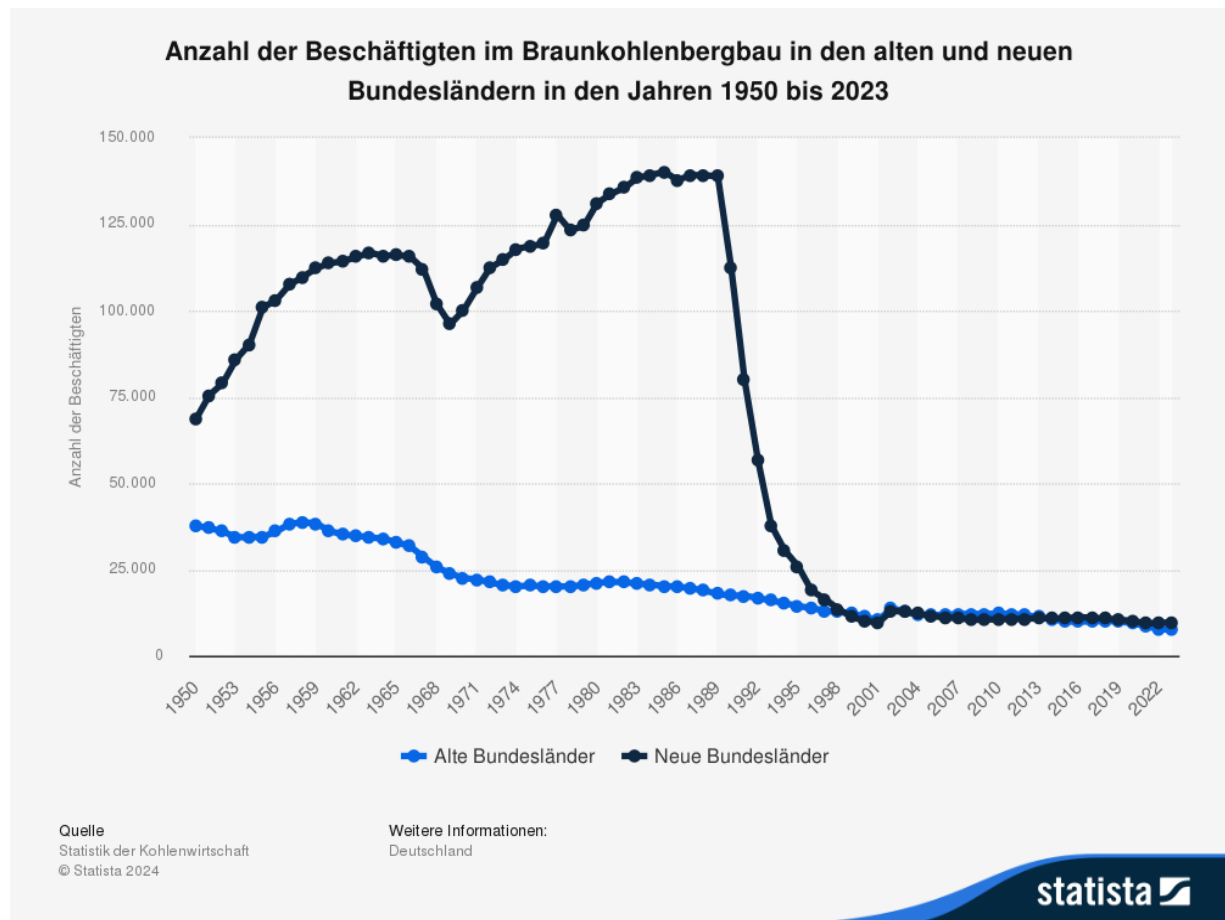
1990 waren noch rund 127.600 Beschäftigte deutschlandweit in Tagebauen und Kraftwerken angestellt. Die Zahl der Beschäftigten sank bis 2017 deutschlandweit auf 18.600 Personen. Fünf von sechs Arbeitsplätzen in dem Braunkohlesektor waren damit verschwunden. Schätzungen gehen davon aus, dass auf jeden dieser Arbeitsplätze ein weiterer indirekter und ein induzierter Arbeitsplatz im Kontext der Braunkohleindustrie kommt. Das Rheinische Revier

⁹ Das Kapitel 4 basiert auf der 2024 erschienen Veröffentlichung Trapp, Jan Hendrik; Riechel, Robert; Barthel, Claus; Zeiss, Christoph; Gräbner, Markus; Walther, Jörg (2024): Transformation regionaler Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel. Konzeptionelle Ansätze des Strukturwandels und Herausforderungen für sozial-ökologische Transformationen in den drei Braunkohlerevieren. Teilbericht. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau (Texte, 17/2024). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformation-regionaler-infrastrukturen-fuer>. Dieser Bericht wurde hier in leicht aktualisierter Form eingearbeitet, um ein vollständiges Bild der Arbeiten und Ergebnisse wiederzugeben.

¹⁰ Einen Vergleich der drei Reviere mit Blick auf räumliche und siedlungsstrukturelle Merkmale liefert die Publikation des BBSR (Ribbeck-Lampel et al., 2022)

war von diesen Entwicklungen wenig betroffen. Während in der Lausitz und im Mitteldeutschen Revier mehrere Zehntausende von Arbeitsplätzen verloren gingen, fand im Rheinischen Revier nicht mal eine Halbierung der Zahlen statt (von 15.300 Beschäftigten in 1990 auf 8.900 in 2017; (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung [DIW] et al., 2018, S. 79).

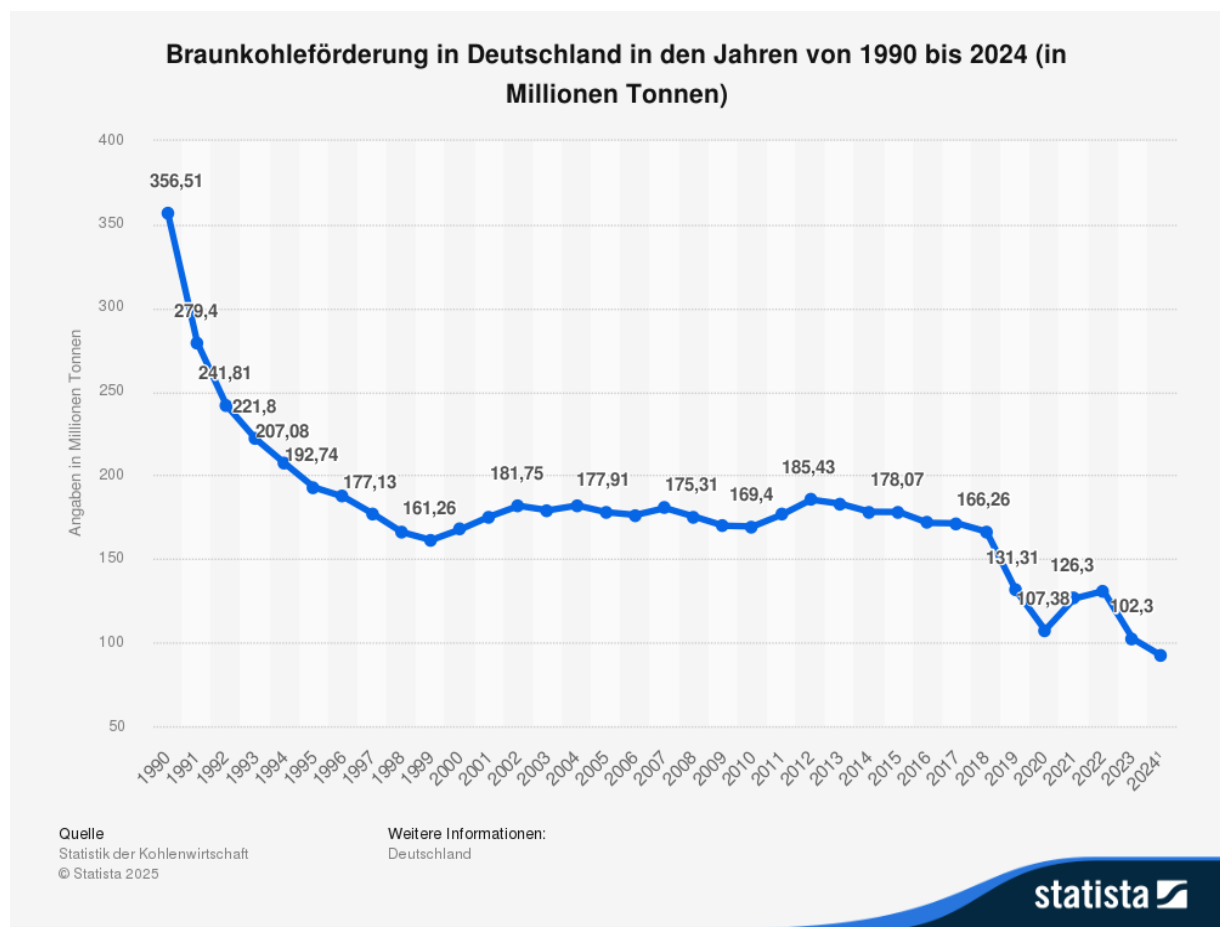
Abbildung 2: Anzahl der Beschäftigten im Braunkohlenbergbau in den alten und neuen Bundesländern in den Jahren 1950 bis 2023



Quelle: Statista, 2024

Die Fördermenge betrug in Deutschland im Jahr 2023 rund 102 Millionen Tonnen Braunkohle und liegt damit erheblich unter den kumulierten Höchstfördermengen von als 430 Millionen Tonnen in den 1980er Jahren (Statista, 2024). Der Rückgang der Fördermengen war vor allem zwischen 1990 und 2000 in Ostdeutschland zu verzeichnen. Im Zuge der Wiedervereinigung fand in diesem Zeitraum deutschlandweit etwa eine Halbierung von 350 Mio. Tonnen auf etwa 170 Mio. Tonnen geförderter Braunkohle statt (s. Abbildung 3).

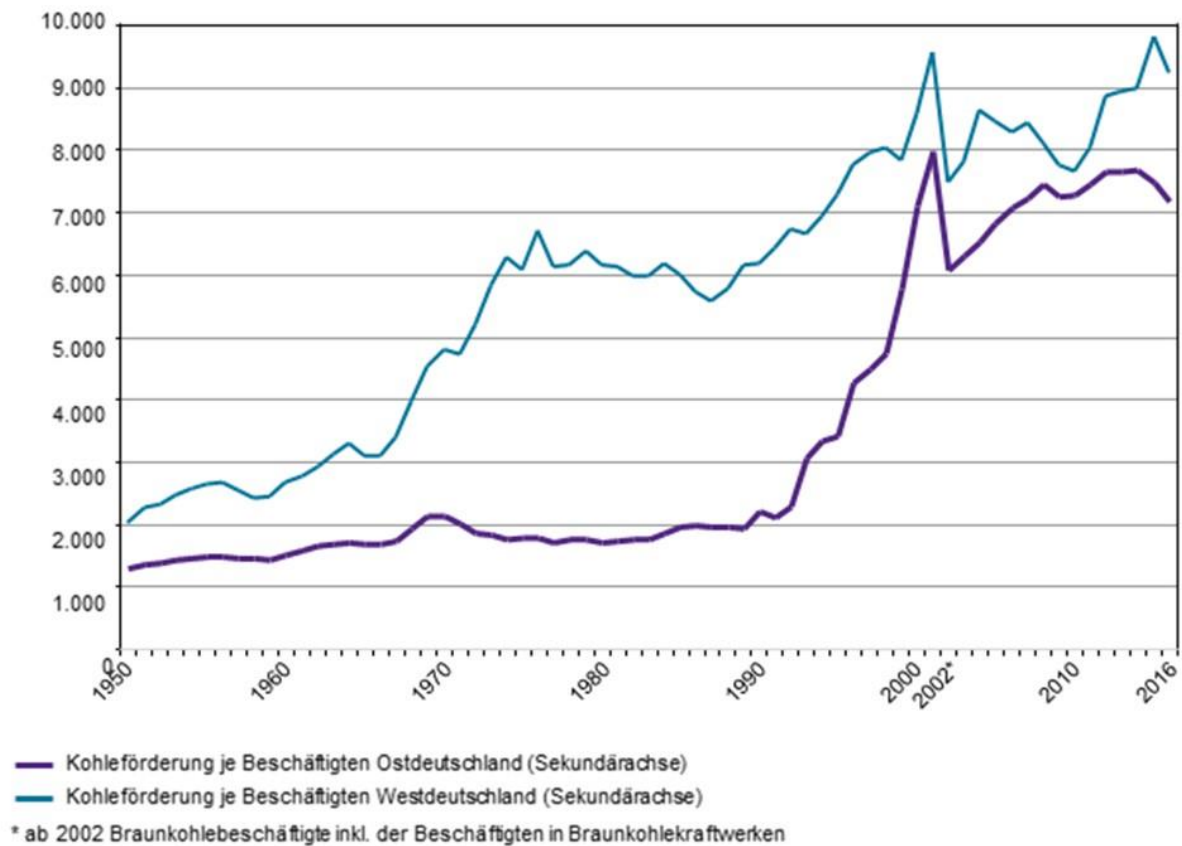
Abbildung 3: Braunkohleförderung in Deutschland von 1990 bis 2023



Quelle: Statista, 2025

Gleichzeitig wurde in den neuen Bundesländern auf eine „Umstrukturierung und Modernisierung der Braunkohlewirtschaft“ gesetzt, die zu einem Produktivitätszuwachs führte (Herman et al., 2018, S.15). Die Fördermenge an Braunkohle pro Beschäftigten stieg signifikant. Da aber ab 2000 die Fördermenge etwa konstant blieb, wurden weiterhin Arbeitsplätze abgebaut (Herman et al., 2018, S. 16) (vgl. Abbildung 4).

Abbildung 4: Entwicklung der geförderten Braunkohle sowie der Beschäftigten in Ost- und Westdeutschland von 1950 bis 2017

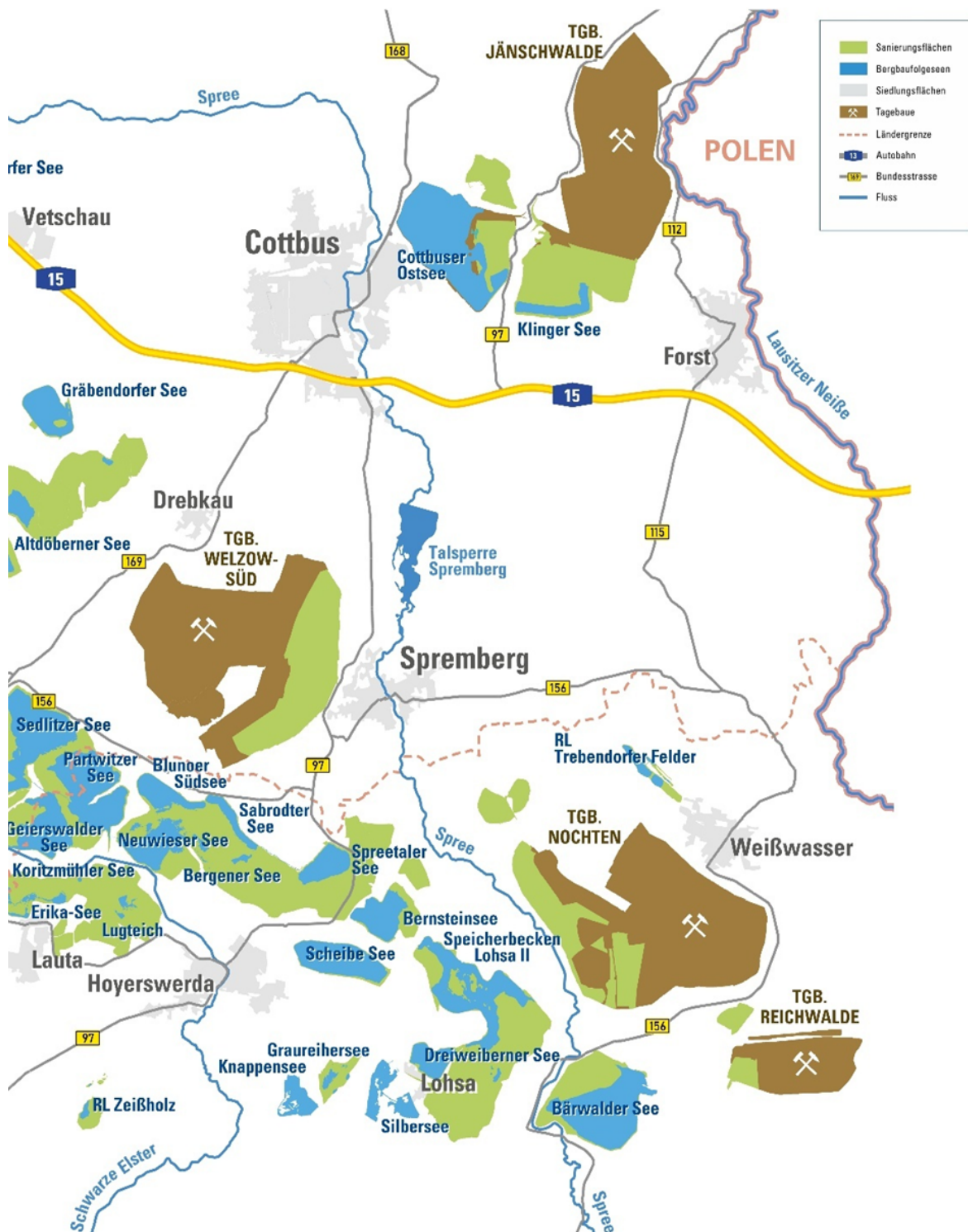


Quelle: Statistik der Kohlewirtschaft, Darstellung des WWF (Dahlbeck & Gärtner, 2019, S. 27)

4.1 Lausitzer Revier

Das Lausitzer Braunkohlerevier ist Teil der Region Lausitz und befindet sich im Südosten Brandenburgs und Nordosten Sachsens. Die Braunkohleabbaugebiete Nochten, Reichwalde (beide Landkreis Görlitz), Welzow-Süd und Jänschwalde (beide Landkreis Spree-Neiße) bilden den noch aktiven Teil des Reviers ab (s. Abbildung 5). In den ländlich geprägten Landkreisen Oberspreewald-Lausitz, Elbe-Elster, Dahme-Spreewald und Bautzen befinden sich stillgelegte Tagebaubereiche, welche die einstige Ausdehnung des Reviers aufzeigen. Die LEAG AG betreibt neben dem Braunkohleabbau die noch aktiven Großkraftwerke Boxberg, Jänschwalde und Schwarze Pumpe zur Strom- und Wärmeversorgung. Neben den genannten Landkreisen ist die kreisfreie Stadt Cottbus ebenfalls Teil des Lausitzer Reviers.

Abbildung 5: Die Lausitz mit den noch aktiven Braunkohletagebauebenen



Hinweis zur Darstellung: Der Tagebau Jänschwalde ist seit Ende 2023 nicht mehr im regulären Betrieb.

Quelle: Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft [LMBV], 2020, S. 11

Nach der deutschen Wiedervereinigung im Jahre 1990 ergab sich im Lausitzer Braunkohlenbergbau ein radikaler Strukturbruch. Von zuvor ca. 65.500 Personen sanken die direkten Beschäftigungszahlen bis zum Jahr 2008 auf ca. 5.300 Personen. Dies ging mit einer Reduktion der Braunkohlefördermengen von 168 Millionen Tonnen im Jahr 1990 auf ca. 62 Millionen

Tonnen im Jahr 2016 einher (Bertenrath et al., 2018, S. 112). Im Jahr 2023 lag die Förderung noch bei rund 42 Mio. Tonnen (Lausitzer Energie Bergbau, 2024).

Die Braunkohleindustrie stellt auch heute noch eine der wichtigsten wirtschaftlichen Säulen in der Lausitz dar. Mit ca. 8.000 Mitarbeiter*innen ist die LEAG AG der größte Arbeitgeber in der Region. Die Kohleindustrie bindet insgesamt bis zu 13.000 Arbeitsplätze (inklusive Zuliefererbetriebe und induzierte Beschäftigung) und erreicht eine Bruttowertschöpfung von 1,4 Milliarden Euro im Jahr (W. Berger et al., 2019, S. 56). Das Lausitzer Revier ist auch rund 30 Jahre nach der Wende noch durch eine erhöhte Arbeitslosenquote (33,8% über dem Bundesdurchschnitt, Stand 2020), durch eine von Abwanderung und Überalterung gezeichnete Bevölkerungsentwicklung und durch eine Produktivität/BIP je Einwohner von nur 72,1% des Bundesdurchschnitts (Stand 2020) geprägt (Wirtschaftsregion Lausitz, 2021, S. 18).

Der geplante Kohleausstieg stellt die Region erneut vor strukturwandelgeprägte Herausforderungen und erfordert ökonomische, ökologische und soziale Maßnahmen. Mit dem am 14. August 2020 in Kraft getretenen Gesetz zur Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung (Kohleverstromungsbeendigungsgesetz – KvbG) sind die Anforderungen an den Ausstieg aus der Braunkohleverstromung geregelt. Das Investitionsgesetz Kohleregionen (InvKG) formuliert die Förderziele des Kohleausstiegs und sieht für das Lausitzer Revier ca. 6 Milliarden Euro Fördermittel bis zum Jahr 2038 vor.

4.1.1 Leitthemen des Strukturwandels im Lausitzer Revier

Neben Maßnahmen und Zielstellungen, die der Gesetzgeber vorgibt, werden im Lausitzer Revier Debatten geführt und Leitbilder formuliert, die dem Strukturwandel eine Profilschärfe verleihen sollen. Anhand von Literaturquellen und explorativen Interviews (s. Kap. 3.2) konnten die prägenden Themen des Reviers herausgearbeitet werden.

Substituieren von Arbeitsplätzen

Die durch die Kohleindustrie gebundenen Arbeitsplätze von bis zu 13.000 (davon 8.000 bei der LEAG AG) sollen im Kontext des Strukturwandels durch zukunftsfähige, gut bezahlte Anstellungen in Branchennähe kompensiert werden (Wirtschaftsregion Lausitz, 2021, S. 30). Hierzu zählen der Aufbau von Industriearbeitsplätzen durch die Deutsche Bahn AG (Instandsetzungswerk für die ICE4-Baureihe), umfassende Ansiedlungen von Forschungseinrichtungen im räumlichen Kontext der BTU (u.a. Fraunhofer IEG und ISS, DLR, UBA) und der Aufbau einer Medizin-Universität am Standort des Carl-Thiem-Klinikums.

Sicherung der lokalen Wertschöpfung

Die Braunkohleförderung und -verstromung generiert im Jahr eine Bruttowertschöpfung von ca. 1,4 Milliarden Euro in der Region. Durch die Ansiedlung innovativer Branchen, welche wiederum nachhaltig Arbeitsplätze schaffen sollen, wird eine Sicherung der lokalen Wertschöpfung angestrebt. Dabei soll auch eine Branchenvielfalt etabliert werden (Wirtschaftsregion Lausitz, 2021, S. 30).

Schaffung optimaler Ansiedlungsbedingungen für die Wirtschaft

Um die Sicherung der lokalen Wertschöpfung zu erreichen, ist es wichtig, dass Standortfaktoren optimiert werden, welche die Ansiedlung weiterer innovativer Unternehmen begünstigen (Wirtschaftsregion Lausitz, 2021, S. 30).

Energiewende umsetzen

Durch den Ausstieg aus der Braunkohleverstromung steht das Lausitzer Revier vor der Aufgabe, neue Lösungen der Energieversorgung zu erschließen. Dabei wird der Weg hin zu einer

100% regenerativen Strom- und Wärmeversorgung eingeschlagen. Die bereits bestehende überregionale Energieinfrastruktur bietet die Chance, das Revier weiterhin als Energieregion auszuzeichnen (Interviews LR 3, 6)¹¹.

Versorgungssicherheit gewährleisten

Die umfangreiche Etablierung regenerativer Energieträger geht mit der Zielstellung einher, stets die Versorgungssicherheit für Industrie, Gewerbe, soziale Infrastruktur und Wohnen zu gewährleisten. Neben der gesicherten Versorgung im Energiesektor ist auch der Ausbau der Mobilität und somit einer zugänglichen öffentlichen Personennahverkehrsinfrastruktur ein prägendes Thema im Lausitzer Revier (Wirtschaftsregion Lausitz, 2021, S. 29).

Digitalisierung erreichen

Neben den genannten thematischen Debatten im Strukturwandel des Lausitzer Reviers wird die Digitalisierung besonders hervorgehoben. Sie stellt eine angestrebte Entwicklung dar, die in allen Sektoren eine beschleunigende Wirkung auf den Strukturwandel erwarten lässt. Der grundhafte Ausbau und die intensive Weiterentwicklung der digitalen Infrastruktur bietet Chancen, Grundlagen für die Ansiedlung innovativer Wirtschaftsbranchen und Wissenschaftsstandorte zu schaffen. Digitalisierung wird im Lausitzer Revier als zukünftig wichtiger Standortfaktor kommuniziert (Wirtschaftsregion Lausitz, 2020).

4.1.2 Nachhaltigkeit im Strukturwandel des Lausitzer Reviers

Die im Lausitzer Revier geführten thematischen Debatten werden von wegfallenden Arbeitsplätzen und notwendiger Versorgungssicherheit geprägt. Um einen sozial-ökologisch ausgerichteten Strukturwandel vollziehen zu können, ist es notwendig, die Entwicklung des Reviers an Nachhaltigkeitskriterien auszurichten. Die Ausprägungen der ökonomischen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit wurden in der Literaturrecherche sowie den Interviews untersucht.

Im Lausitzer Revier finden die Deutsche und die Brandenburgische Nachhaltigkeitsstrategie Berücksichtigung (Interview LR 8, 9). Dabei fällt auf, dass der Fokus im voranschreitenden Strukturwandlungsprozess besonders auf der ökonomischen Nachhaltigkeit liegt. Die Wirtschaftlichkeit von Projekten wird als wichtigster Faktor für eine erfolgreiche Förderzuwendung beschrieben (Interview LR 8). Ökologie und Soziales weisen eine geringere Bedeutung in den Debatten auf. Dies ist besonders daran zu erkennen, dass durch die zuständigen Entwicklungsagenturen (Wirtschaftsregion Lausitz GmbH und Sächsische Agentur für Strukturentwicklung) ökologische Nachhaltigkeitskriterien bei einem Projektantrag zur Förderung zwar abgefragt werden, diese aber keine wesentliche Relevanz für die Projektbewilligung darstellen. Es wird zusätzlich bemängelt, dass ökologische Ziele immer ambitionierter würden und in immer kürzeren Zeiträumen umgesetzt werden müssten (Interview LR 6).

4.1.3 Governance im Strukturwandel im Lausitzer Revier

Das Lausitzer Revier zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass es sich länderübergreifend in den Bundesländern Brandenburg und Sachsen erstreckt. In den Bundesländern wurden jeweils Projektagenturen gegründet, die Kommunen bei der Entwicklung von Projekten und bei der Förderantragsstellung unterstützen. Die Wirtschaftsregion Lausitz GmbH (für Brandenburg) und die Sächsische Agentur für Strukturentwicklung GmbH (für Sachsen) sind die zentralen Akteure für die Vernetzung von Landes- und kommunaler Ebene. Sie arbeiten gezielt mit

¹¹ Für die Codierung der Interviews s. Anhang C. Dort ist eine Gesamtübersicht der geführten Expert*innen-Interviews abgelegt.

Interministeriellen Arbeitsgruppen zusammen und versuchen darüber, verschiedene fachpolitische Interessen und Expertise in den Strukturwandel einzuführen. Anhand eines Scoringverfahrens treffen die Agenturen eine Vorauswahl beantragter und potenziell zu fördernder Projekte. Daraufhin können bei den jeweiligen Landesbanken formal Förderanträge eingereicht werden. Kommunen können eine Förderung von bis zu 90% erreichen.

Aus den explorativen Interviews ist zu entnehmen, dass Anpassungen der Förderrichtlinien als notwendig erachtet werden. So seien zum Beispiel angepasste Förderbedingungen an die jeweilige Finanzstärke der Kommunen empfehlenswert. Der prozentuale Eigenanteil einer Maßnahme sei davon bisher losgelöst und erschwere die Realisierung für finanzschwache Kommunen (Interview LR 1, 4). Des Weiteren würden Anreize hinsichtlich einer regenerativen Umgestaltung der Energiewirtschaft und Etablierung innovativer Infrastrukturlösungen benötigt (Interview LR 6). Eine höhere Konzentration auf angebotsorientierte Planungen anstatt einer Bedarfsorientierung ermögliche den Kommunen, die Entwicklung des Reviers ganzheitlich zu denken und aktiv zu lenken (Interview LR 9).

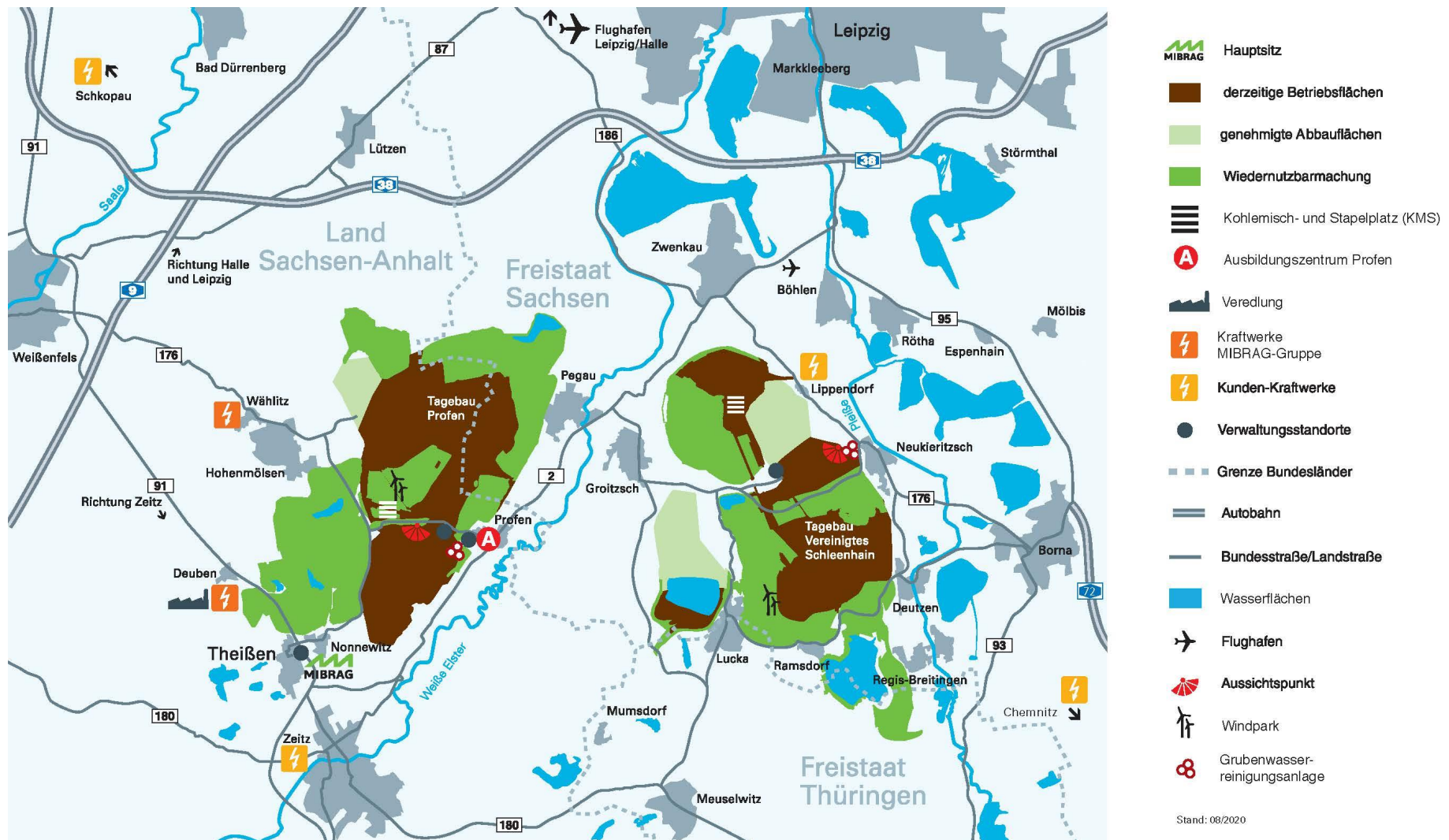
4.1.4 Potenziale und besondere Merkmale des Lausitzer Reviers

Das Lausitzer Revier befindet sich in einer besonderen geografischen Lage. Neben der Verbindung der Bundesländer Brandenburg und Sachsen befindet sich das Revier in einer europäischen Perspektive sehr zentral gelegen. Dies birgt das Potenzial über die Bundesgrenzen hinaus langfristig eine prägende Rolle z.B. im europäischen Stromverteilnetz für Mittel- und Osteuropa einzunehmen. Aufgrund der bestehenden überregionalen Energieinfrastrukturen hat das Revier die strukturellen Möglichkeiten, eine „Energieresion“ zu bleiben (Interview LR 9) – zukünftig aber auf Basis erneuerbarer Energien. Der große Anteil der Bruttowertschöpfung im Revier durch die Braunkohleindustrie bedingt einen grundlegenden Strukturwandel der industriellen und ökonomischen Basis im Revier. Dabei wird der Strukturwandel als Gelegenheit für eine strukturelle Stärkung und als Grundlage einer Modellregion für Innovation angesehen (Interview LR 8,9).

4.2 Mitteldeutsches Revier

Das Mitteldeutsche Revier weist eine heterogene Raumstruktur auf und ist durch urbane Zentren (Leipzig, Halle) im Kontrast zu stärker ländlich geprägten Räumen gekennzeichnet (Ribbeck-Lampel et al., 2022). Das Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen strebt vor diesem Hintergrund explizit auch die Vernetzung städtischer und ländlicher Räume mit urban-vitalen Quartieren an (InvKG, 2020; Investitionsgesetz Kohleregionen - InvKG, 2020/08.08.2020). Die Lage der beiden Tagebaue in diesem räumlichen Setting gibt die Revierkarte der Mitteldeutschen Braunkohlengesellschaft (MIBRAG) wieder.

Abbildung 6: Revierkarte MIBRAG des Mitteldeutschen Reviers



Quelle: Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft [MIBRAG], 2020

Das Mitteldeutsche Revier ist das kleinste der noch aktiven drei Reviere in Deutschland. Folglich erhält dieses Revier mit 20% den geringsten Anteil an Fördermitteln (§3 InvKG). Auch bei der „Erweiterung und Einrichtung von Programmen und Initiativen des Bundes zur Förderung der Gebiete“ (§17 InvKG) ist das Mitteldeutsche Revier augenscheinlich weniger berücksichtigt als insb. die Lausitz (InvKG, 2020).

Es handelt sich bei dem Mitteldeutschen Revier um einen strukturell heterogenen Wirtschaftsraum mit unterschiedlichen Branchen. Entsprechend „liegt der Anteil der Beschäftigten in der Braunkohle an der gesamten sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung (...) nur im Promillebereich“ (Wörten et al., 2017). Gleichwohl ist der angestoßene Strukturwandel wie in der Lausitz auch im Mitteldeutschen Revier emotional aufgeladen, da er mit dem in den Nach-Wendejahren bereits durchlebten „Strukturbruch“ in Verbindung gebracht wird, der in Interviews auch wiederholt als einschneidende Erfahrung für die Menschen im Revier und mit weitreichenden Folgen für die Region (z.B. Bevölkerungsrückgang) bezeichnet wurde (Interview MDR 4, 5, 6, 9).

Tabelle 3: Das Mitteldeutsche Revier in Zahlen

Merkmal	Wert
Einwohnerzahl	rund 2 Mio.
Bevölkerungsdichte	rund 270 Einwohner/km ² (bundesdeutscher Durchschnitt: 230 Einwohner/km ²)
Landkreise	9
Betriebsfläche	12.200 Hektar
Zugehörige Bundesländer	Sachsen-Anhalt, Sachsen
Beschäftigte in der Braunkohleindustrie	1.500 (Stand 12/2021, Quelle: MIBRAG) (zum Vergleich: Stand: Juli 2019, 2.307 Beschäftigte)
Braunkohlevorräte	10 Mrd. Tonnen / davon wirtschaftlich abbaubar: 2 Mrd. t
Fördermenge	12,8 Mio t (12/2020, Quelle: Statistik der Kohlewirtschaft e.V.) (zum Vergleich: 19,2 Mio. t im Jahr 2018)
Erzeugte Leistung	ca. 3.000 Megawatt/Jahr
Aktive Braunkohleunternehmen	MIBRAG/EPH, Romonta GmbH

Quelle: Eigene Darstellung nach Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung [SMR Sachsen], o.J.

4.2.1 Leitbilder und Leitthemen des Strukturwandels im Revier

Im Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen (Investitionsgesetz Kohleregionen - InvKG) werden verschiedene Branchen genannt, die im Rahmen des Strukturwandels gefördert werden sollen: Chemie- und Energiewirtschaft (kohlendioxid-neutrale Energieversorgung und zirkuläre Wirtschaftsprozesse), Ernährungswirtschaft, Logistik (Biologistik), Automobilsektor, Gesundheitswesen sowie Forschung und Entwicklung mit Potenzialen für leistungsfähige Life-Science-Cluster (E-Health, Biotech und Künstliche-Intelligenz-basierte Diagnostik) (InvKG, 2020).

Im „Revierkompass“ als Ergebnis eines revierinternen Beteiligungsprozesses werden vier strategische Zukunftsfelder formuliert: Wasserstoff/Grüne Gase, Bioökonomie, Cybersicherheit und Lebendige Industriekultur (Metropolregion Mitteldeutschland Management & Burgenlandkreis,

2022). Die beiden erstgenannten Themen werden detailliert in anderen Dokumenten aufgegriffen (Hüttenrauch et al., 2022; Mayer et al., 2021) und wiederholt in allen Expert*innen-Interviews genannt bzw. explizit betont: „Bioökonomie ist ein ganz wesentliches Leitthema“ (Interview MDR 1) – zumindest für den Teil des Reviers im Bundesland Sachsen-Anhalt.

Im Kern geht es laut der interviewten Expert*innen beim Strukturwandel darum, die mit dem Ausstieg aus der Braunkohle wegfallenden Arbeitsplätze zu kompensieren bzw. zu substituieren. Es gehe jedoch gar nicht so sehr um Wachstum, sondern um „Konsolidierung“, also die aktuelle Position als Wirtschaftsraum zu behaupten (Interview MDR 2). In diesem Zusammenhang wurde in einem Interview explizit darauf hingewiesen, dass es neben dem Ziel, die Zahl der Arbeitsplätze auf dem Niveau zu halten, auch darum gehen müsse, Arbeitsplätze hoher Qualität zu schaffen (Interview MDR 5). In §4 (2) InvKG wird neben dem Erhalt und Schaffung von Arbeitsplätzen auch die „Diversifizierung der Wirtschaftsstruktur und die Verbesserung der Attraktivität des Wirtschaftsstandorts“ als Kriterium der Investitionsmittelvergabe und damit implizit als Ziel des Gesetzes eingeführt (InvKG, 2020). Dieser Fokus wird auch in den Interviews deutlich, wobei ein einzelner Interviewpartner in besonderer Weise den Anlass des Braunkohleausstiegs, d. h. die Klimaneutralität, betont und explizit den Ersatz fossiler Wertschöpfungsketten durch CO₂-neutrale Wertschöpfungsketten anmahnt (Interview MDR 3).

Weitere, die Strukturwandel-Debatte prägende Themen, die in den Interviews im Mitteldeutschen Revier genannt wurden, sind: Der Ausbau Erneuerbarer Energien (Wind, Solar), wobei die Potenziale und aktuelle Geschwindigkeit des Windkraftausbaus auch als grundlegender Faktor für den Aufbau neuer Wertschöpfungsketten insb. der Wasserstoffindustrie verstanden wird. Die Produktion und Nutzung von Grünem Wasserstoff wird als Veredelung der Erneuerbaren Energie verstanden (Interview MDR 6, 7) – wenngleich hier Grenzen der Produktion im Revier und grundsätzlicher Art von Wasserstoff als Ersatz für fossiles Erdgas gesehen werden (Interview MDR 9).

Ein weiteres Thema in Verbindung mit einer angestrebten Wasserstoffproduktion im Revier ist das Wasserressourcenmanagement in der Region. Aufgrund neuer Bedarfe etwa für Wasserstoffproduktion und das Fluten der Tagebaue im Zuge der Gestaltung von Seenlandschaften bei einem Wegfall von Kühlwasserbedarfen für fossile Kraftwerke und einem sich veränderndem Wasserdargebot in Folge des Klimawandels stellen sich die Wasserregime im Revier neu auf (Interview MDR 2, 6) und könnten als limitierender Faktor für den Aufbau neuer Wertschöpfungsketten (Wasserstoff) gesehen werden (Interview MDR 5).

Ein relevantes Thema mit akutem Handlungsbedarf ist die Transformation der Fernwärmesysteme. Durch den Wegfall der Braunkohlekraftwerke muss in einigen Orten die Fernwärmeversorgung neu aufgestellt werden (Interview MDR 2, 6, 7).

Themen mit einem eher flankierenden Charakter sind der Ausbau der Mobilitätsinfrastruktur (sowohl für den motorisierten Individualverkehr als auch für Schienenverkehr) und die Investition in soziale Infrastrukturen (Daseinsvorsorge). An diesem Punkt zeigen sich in den Interviews kontroverse Einschätzungen, ob der Sinnhaftigkeit und dem Nutzen der Verwendung von InvKG-Mitteln für diese Themen/Projekte. Einerseits wird argumentiert, dass InvKG-Mittel strikt bzw. ausschließlich für wirtschaftsnahe Investitionsvorhaben verwendet werden sollten (Interview MDR 3). Andererseits wird neben der Bedeutung von verkehrlichen Infrastrukturen auch die Bedeutung „weicher Standortfaktoren“ für die Lebensqualität in der Region und damit auch für den Erfolg des Strukturwandels betont (Interview MDR 1, 4). Strukturwandelmittel sollten demnach neben wirtschaftsnahen Investitionen und Infrastrukturen in einer breiten Palette von Fördergegenständen zum Einsatz kommen. Damit ließen sich schnelle und sichtbare Maßnahmen erzielen und die Akzeptanz des Strukturwandels in der Region erhöhen bzw. sichern (Interview

MDR 1, 2, 4, 5). Viele kleine „Peanut“-Projekte vor Ort (z.B. eine Dirtbike-Stecke für Jugendliche) machten den Strukturwandel vor Ort erlebbar; sie haben primär eine soziale und kommunikative Funktion im Revier (Interview MDR 5).

Gefragt nach Leitbildern der (räumlichen) Entwicklung nehmen die Interviewpartner*innen Bezug auf die industrielle Prägung der Region im Wechsel mit der Vorstellung einer neu entstehenden Seenlandschaft, die Natur und Produktion in Einklang bringt. Der Hoffnung ist mit diesem Raumbild eine Region mit einem attraktiven Freizeitwert zu gestalten (Interview MDR 4, 6).

4.2.2 Bedeutung von Nachhaltigkeit im Strukturwandel und Berücksichtigung von Umweltaspekten

Die Bedeutung von Nachhaltigkeit und die Berücksichtigung von Umweltaspekten im Strukturwandel wird von den Interviewpartner*innen bestätigt. Gleichwohl betonen einige Interviewte – mehr oder weniger explizit – ein Primat der Ökonomie (Interview MDR 1, 4, 7). Nachhaltigkeit ist demnach ein Kriterium unter anderen und müsse im Zweifel auch zurücktreten – schließlich gehe es auch um „wirtschaftliche Nachhaltigkeit“ (Interview MDR 7).

Kritisch merkt ein*e Interviewpartner*in an, dass es im eingeleiteten Strukturwandel doch eigentlich das Ziel sein müsse, mit Investitionen eine nachhaltige Wertschöpfung zu initiieren, also eine ressourcenminimierende Art der Produktion von Waren und Dienstleistungen. Das fände sich in den Projekten und der Förderpraxis jedoch nicht wieder (Interview MDR 3).

Ökologische Aspekte wurden in den Interviews (auf Nachfrage) genannt, etwa wenn es um Investitionen in umweltfreundliche Mobilitätsformen (Interview MDR 5), in Erneuerbare Energie, Wärmewende und Grüne Gase (Interview MDR 2, 3) und in die Ausweisung und räumliche Neuordnung von Natur- und Artenschutzflächen (Interview MDR 6) geht. Umwelt wird in diesem Kontext eher traditionell gedacht, und es ist keine starke Nachhaltigkeitsperspektive, z.B. mit einem direkten Hinweis auf die Einhaltung „planetarer Grenzen“ (Rockström et al., 2009), zu verzeichnen.

Die Interviewpartner*innen gehen überwiegend davon aus, dass Umweltaspekte im Zuge der Projektprüfung und in Planungsprozessen bzw. den darin vorgesehenen Prüfungsschritten (z.B. Umweltverträglichkeitsprüfung) zum Tragen kommen. Nachhaltigkeitsdimensionen sind in den Scoringverfahren der Länder zur Projektauswahl der Fördermittelvergabe abgebildet, sodass diesem Aspekt formal Rechnung getragen werde (Interview MDR 1, 3). Umweltaspekte gehen in Sachsen mit 20% in das Scoring ein. 65% macht dann beispielsweise die Schaffung von Arbeitsplätzen im Gesamtscoring aus (Interview MDR 4). Bei anderen Interviewpartner*innen besteht der Eindruck, dass der Faktor Umwelt nicht unterrepräsentiert ist, sondern im Gegenteil, z.B. bei Bauvorhaben, ein ganzer Katalog an Umweltfragen abzuarbeiten sei (Interview MDR 6). Deziert ausgewiesene Nachhaltigkeitsprojekte scheinen nach Auskunft der Interviews jedoch selten zu sein.

Um die Nachhaltigkeitsperspektive zu stärken, schlägt ein*e Interviewpartner*in vor, die Aspekte Ressourcenschonung und Klimaschutz als Pflichtkriterien in das Scoringverfahren aufzunehmen (Interview MDR 3).

4.2.3 Infrastrukturen und Bedarfe im Revier

In den ausgewerteten Quellen konnten keine Aussagen zu konkreten, (branchen-)spezifischen Infrastrukturbedarfen gefunden werden. Auch ergaben die Interviews hierzu keine eindeutigen Aussagen. In der ausgewerteten Literatur finden die verschiedenen Infrastruktursysteme oftmals nur abstrakt als „Infrastruktur“ Erwähnung, ohne auf einzelne Infrastrukturen im Konkre-

ten einzugehen. Zum Beispiel: „(...) vorhandenen Infrastrukturen an die Bedarfe der Zukunft angepasst sowie Netzanbindungen und Transportmöglichkeiten von Stoffen und Produkten ausgebaut“ (InvKG, 2020; Investitionsgesetz Kohleregionen - InvKG, 2020/08.08.2020). Oder es finden sich Textstellen, die in Form von Möglichkeitsräumen und Optionen Infrastrukturen aufgreifen, wenn Infrastrukturen zur Versorgung der energieintensiven Betriebe mit alternativen Betriebsstoffen wie beispielsweise Wasserstoff errichtet werden könnten; oder: beispielsweise kann dies durch Errichtung von Wind-, Solar- und Wasserstoffparks erfolgen (Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung, 2020).

Vergleichsweise konkret sind die Aussagen zu Infrastrukturbedarfen in der Bioökonomie-Strategie des Landes Sachsen-Anhalt: „an Verbundstandorten der Chemischen Industrie und Industriestandorten Infrastrukturen ausbauen und entwickeln, die für biobasierte Produktionsprozesse ausgelegt sind“ (Mayer et al., 2021). Und: „Leistungsfähige Infrastrukturen, um Stoffströme und Reststoffströme ressourcenschonend und ökonomisch zu gestalten und in bestehende Stoffverbünde der Industrie einzubinden“ (Mayer et al., 2021, S. 14).

Die Interviewpartner*innen taten sich erkennbar schwer, Infrastrukturbedarfe zu bestimmen bzw. aus den Zielen und den genannten Leitthemen heraus konkret abzuleiten. Wiederholt stellte sich das „Henne-Ei-Problem“ mit Blick auf Ausbau- bzw. Umbaubedarfe der technischen Infrastrukturen, solange unklar ist, in welche Richtung sich die Wirtschaftsstruktur entwickelt (Interview MDR 1). Gerade mit Blick auf Wasserstoff sind die künftigen Bedarfe an Infrastruktur (noch) kaum zu bestimmen. So seien zwar die künftigen Wasserstoffbedarfe in Industrie und im Energiesektor vergleichsweise klar abschätzbar; unklar seien hingegen die Wasserstoffbedarfe im Verkehrssektor und im Gebäude/Wärmesektor. Davon hingen jedoch die konkreten Bedarfe an Produktionsanlagen und vor allem Netzinfrastrukturen sowohl auf der überregionalen als auch auf der lokalen Verteilnetzebene ab (Interview MDR 7).

An dieser Stelle wird das im Mitteldeutschen Revier dem Strukturwandel zugrundeliegende Verständnis relevant. Der Staat könne mit dem Strukturwandel und den Fördermitteln des InvKG nur einen Rahmen setzen und versuchen, Impulse zu geben und Entwicklungen zu ermöglichen (Interview MDR 1, 4, 9). Wegen des Beihilferechts kann der Staat auch im Strukturwandel Unternehmen nicht direkt fördern. Vor diesem Hintergrund wäre eine angebotsorientierte Infrastrukturplanung ein Anreiz für Unternehmen, sich im Revier anzusiedeln. Dies ist jedoch mit dem Risiko von Fehlinvestitionen verbunden. Die Infrastrukturplanung im Strukturwandel müsse daher eine Balance wahren zwischen Angebots- und Bedarfsorientierung – auch wenn es in vielen Teilen gut wäre, stärker angebotsorientiert zu planen und in Vorleistung zu gehen (Interview MDR 4). Grundsätzlich falle eine angebotsorientierte Planung und Bau von Infrastruktur leichter, wenn der Staat die Infrastruktur bereitstellt als wenn das private Unternehmen tun sollten (Interview MDR 4, 7).

Auch unter Umweltgesichtspunkten ist interessant, dass in fast allen Interviews im Mitteldeutschen Revier die Um- bzw. Weiternutzung bestehender Infrastrukturen ein Thema spielte. Dies wurde neben Umwelt- auch mit Wirtschaftlichkeitsüberlegungen begründet.

Insgesamt scheinen Infrastrukturen als Thema und Gegenstand des Strukturwandels im Mitteldeutschen Revier eher eine nachrangige Rolle zu spielen – zumindest im Hinblick auf eine eingehende Auseinandersetzung mit der Frage nach quantifizierbaren Bedarfen. Ein*e Interviewpartner*in geht jedoch davon aus, dass es genau darum in den kommenden Monaten gehen wird (Interview MDR 5).

4.2.4 Governance des Strukturwandels

In beiden Bundesländern des Reviers (Sachsen und Sachsen-Anhalt) wurden begleitende Revier-Ausschüsse eingerichtet. „Kernaufgabe der Regionalen Begleitausschüsse ist die Mitwirkung am Projektauswahlverfahren nach der „Förderrichtlinie für Zuwendungen nach dem Investitionsgesetz Kohleregionen – RL InvKG“.

Die Revierausschüsse nehmen eine Prüfung, Priorisierung und Auswahl der beantragten Projekte vor und stimmen diese mit der Landesebene ab (Sachsen-Anhalt, Staatskanzlei und Ministerium für Kultur, 2021). Ein*e Interviewpartner*in bemängelt jedoch, dass im Revierausschuss unklar bleibe, was dieser mache und welche konkreten Ergebnisse aus der Arbeit des Ausschusses entstünden (Interview MDR 6). Zudem gelingt es möglicherweise nicht, die Fördermittelvergabe angemessen zu priorisieren, wenn ein*e Interviewpartner*in davon ausgeht, dass die verfügbaren Mittel des InvKG im Revier mittlerweile überzeichnet seien (Interview MDR 6).

Bemängelt wurde in einzelnen Interviews die ungenügende Koordination der Aktivitäten und Projektanträge im Revier über die Bundesländergrenzen hinweg (Interview MDR 2), was zu einer Kannibalisierung der Vorhaben untereinander führen könne (Interview MDR 7). Auch das Zusammenspiel zwischen Bund, Land und Region scheint dem Eindruck einzelner Interviewpartner*innen nach verbesserungsfähig (Interview MDR 2), indem bei Förderprojekten im Infrastrukturbereich die kommunale Ebene stärker mit in Entscheidungen einbezogen werden sollten und die Maßnahmen auch mit dem Regionalplan verknüpft werden müssten (Interview MDR 5).

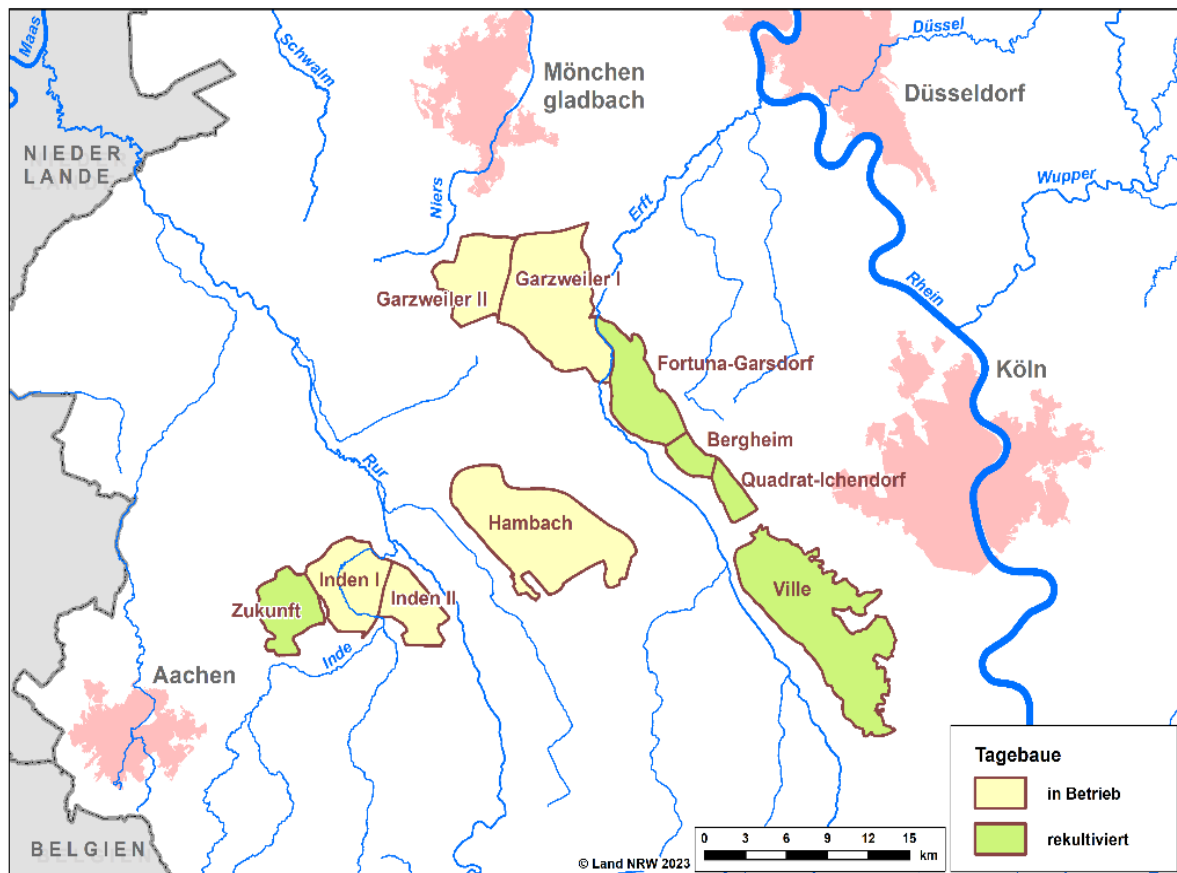
4.2.5 Potenziale und besondere Merkmale des Reviers

Das Mitteldeutsche Revier zeichnet sich durch eine diversifizierte Wirtschaftsstruktur und bereits bestehende Industriecluster (z.B. der Chemiepark Leuna) mit entsprechenden Infrastrukturausstattungen aus (Interview MDR 8). Die bestehende, aktuell mit fossilem Wasserstoff gefüllte Wasserstoffinfrastruktur soll weiter ausgebaut werden und künftig für Erzeugung und Transport von Grünem Wasserstoff genutzt werden. Für die Region in Sachsen-Anhalt ist eine klare Ausrichtung auf Bioökonomie unter Nutzung der bestehenden Industrieparks (z.B. Leuna) und den dort ansässigen Unternehmen erkennbar. Ebenso wird der Ausbau Erneuerbarer Energien hier vorangetrieben und als wichtige Voraussetzung für den angestrebten Strukturwandel begriffen.

4.3 Rheinisches Revier

Das Rheinische Braunkohlenrevier liegt in der Niederrheinischen Bucht im Städtedreieck Aachen, Mönchengladbach und Bonn und besteht aus den Kreisen Düren, Euskirchen, Heinsberg, dem Rhein-Erft-Kreis und dem Rhein-Kreis Neuss, der Städtereion Aachen und der Stadt Mönchengladbach. Die Definition hat einen politisch-wirtschaftlichen Hintergrund. Es handelt sich nicht um eine Region mit gemeinsamer Identität oder Entwicklung, sondern um einen strukturell heterogenen Wirtschaftsraum mit ländlich und urban geprägten Regionen, der 65 Städte und Gemeinde mit ca. 2,4 Millionen Einwohner*innen umfasst.

Abbildung 7: Das Rheinische Braunkohlerevier



Quelle: Nordrhein-Westfalen, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, 2023

Die Zahl der Beschäftigten im Braunkohlesektor sank im Rheinischen Revier von 15.300 Beschäftigten in 1990 auf 8.900 in 2017 (DIW et al., 2018, S. 79), die noch rund 91,5 Mio. Tonnen in Westdeutschland abgebaut und in Kraftwerken verarbeitet haben (Dahlbeck & Gärtner, 2019). Schätzungen gehen davon aus, dass auf jeden dieser Arbeitsplätze ein weiterer indirekter und ein induzierter Arbeitsplatz kommt. Im Rheinischen Revier gibt es damit nur noch 18.000 weitere indirekt oder induziert Beschäftigte durch die Braunkohleindustrie. 2019 waren im Rheinischen Revier 833.000 Personen sozialversicherungspflichtig beschäftigt (Schnabel et al., 2020). Daraus kann gefolgert werden, dass der Strukturwandel in der Braunkohlewirtschaft im Rheinischen Revier zum Teil bereits stattgefunden hat.

4.3.1 Leitbilder des Strukturwandels im Revier

Zentrale Elemente der Leitbilder des Strukturwandels im Rheinischen Revier sind im Wirtschafts- und Strukturprogramm 1.1 der Zukunftsagentur Rheinisches Revier beschrieben (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Es soll alle grundlegenden Strategien und Ziele für einen gelingenden Strukturwandel im Rheinischen Revier zusammenfassen. Das zugrundeliegende Wirtschafts- und Strukturprogramm 1.0 wurde mittels eines umfassenden Beteiligungsprozesses mit allen zentralen Akteuren des Reviers bis Dezember 2019 erstellt. Im Mai 2023 wurde zusätzlich der Reviervertrag 2.0 zwischen Land und Region unterzeichnet, der den Reviervertrag von 2021 ergänzt (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2023). Im Reviervertrag

werden gemeinsame Ziele festgelegt, die drei Schwerpunkte umfassen: nachhaltige Arbeitsplätze, eine Beschleunigung und Vereinfachung von Förderungen sowie die gemeinsame Verantwortung der Akteure für den Erfolg.

Darüber hinaus existiert eine Reihe von Leitbildern für das Rheinische Revier auf regionaler Ebene. Die regionalen Leitbilder sind sich sprachlich und inhaltlich sehr ähnlich, was auf den umfangreichen Diskussionsprozess der Zukunftsagentur Rheinisches Revier im Vorfeld des Wirtschafts- und Strukturprogramms 1.0 und der Einbindung aller regionalen Akteure in die Zukunftsagentur zurückgeführt werden kann. So soll das Rheinische Revier eine Modellregion für erfolgreichen Strukturwandel mit weitreichender Strahlkraft sein (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Weiterhin steht es für die Umsetzung des Green Deal bis 2038, was eine Industrie fast ganz ohne Energie aus Erdöl, Erdgas oder anderen nicht erneuerbaren Energiequellen mit interessanten und dauerhaft sicheren neuen Arbeitsplätzen bedeutet (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Das heißt in der Praxis, dass angestrebt wird, in der Region in Zukunft mit einer sicheren und bezahlbaren Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen nahezu klimaneutral zu wirtschaften und zu leben.

Die Vision dabei ist, dass die Industrie im Rheinischen Revier ein Wachstumstreiber für ganz Nordrhein-Westfalen sein soll und dass sich insbesondere die energieintensive Industrie durch intelligente Spezialisierung an die Weltspitze grüner Technologien setzt. Das führt dann zu einer vielfältigen Wirtschaftsstruktur aus kleinen und großen Betrieben mit neuen Geschäftsmodellen (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Dieses sogenannte „Innovation Valley“ soll Menschen, Tieren und Pflanzen ein attraktives Umfeld bieten, in dem es sich gut leben lässt (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b, S. 19).

Aus der Perspektive der verschiedenen Akteure bedeutet dies den Erhalt und das Schaffen von Arbeits- und Ausbildungsplätzen durch unterschiedlichste Unternehmen und Industrien, eine hoch kompetente Energiewirtschaft, eine umfangreiche Land- und Forstwirtschaft und eine renommierte Forschungs- und Bildungslandschaft (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Grundsätzlich sind den Interviewten im Rheinischen Revier diese Leitbilder bekannt und werden unterstützt, wobei eindeutig der Erhalt und die Schaffung von qualifizierten Arbeitsplätzen als Ziel dominiert (Interview RR 1, 2, 3, 4, 5), gefolgt von nachhaltiger Weiterentwicklung der Wertschöpfung in der Industrie und im Gewerbe (Interview RR 2, 3, 4, 5) und der Gestaltung der Energiewende vor Ort (Interview RR 2, 3, 5,6). Die Idee des Innovation Valleys als Wachstumstreiber durch grüne Technologien scheint jedoch noch nicht bei den interviewten Stakeholdern angekommen zu sein und hat daher auch keine Priorität. Auch den Aspekt der umweltverträglichen Gestaltung der Restseen hat nur eine Person genannt (Interview RR 4). Das Thema der Klimaneutralität wurde in einzelnen Interviews im Rheinischen Revier genannt (Interview RR 1, 5), eventuell zeigt sich hier ein Ergebnis des umfangreichen Beteiligungs- und Strategieprozesses der Zukunftsagentur in der Erstellung des Wirtschafts- und Strukturprogramms.

4.3.2 Leitthemen im Revier

Die Zukunftsagentur des Rheinischen Reviers (ZRR) benennt vier Zukunftsfelder: Energie und Industrie, Ressourcen und Agrobusiness, Innovation und Bildung sowie Raum und Infrastruktur (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Diese knüpfen an bestehende Strukturen an, erschließen gleichzeitig aber auch neue Wertschöpfungsfelder und tragen zur Diversifizierung der Wirtschaftsstruktur bei und werden gleichberechtigt fortentwickelt (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b, S. 21 ff.).

Im Zukunftsfeld Energie wird die gesamte Wertschöpfungskette von der Energiebereitstellung über das Energiesystem inklusive einer Wasserstoffwirtschaft bis zur Energieanwendung adressiert (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Im Zukunftsfeld Industrie werden Wertschöpfungsfelder und -netzwerke insbesondere für innovative Technologien betrachtet und die Frage, welche Beratungs-, Scouting- und Transferinstrumente dafür notwendig sind (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b, S. 40). Eine entscheidende Rolle kommt dabei der Berücksichtigung von Umweltaspekten in zirkulären Wirtschaftsprozessen zu (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b, S. 9). Sie sollen die Entkopplung von Wachstum und Ressourcennutzung fördern und zur Profilbildung des Reviers beitragen. Es besteht der Anspruch, zu einer Modellregion mit einer diversifizierten Wirtschaftsstruktur und mit einer stark transformierten industriellen Wertschöpfung zu werden (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Aufgrund der vorhandenen Kompetenzen für industrielle Schlüsseltechnologien könnte hier die wettbewerbsfähigste Region Europas entstehen (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Hierzu sollten bereits jetzt Wertschöpfungsketten gesichert und konsequent ausgebaut werden, die gewährleisten, dass im Prozess angemessen und im Ergebnis nachhaltig auf den bevorstehenden Wandel in Wirtschaft und Gesellschaft reagiert werden kann (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Das Zukunftsfeld Ressourcen und Agrobusiness befasst sich umfassend mit Klima-, Umwelt- und Ressourcenschutz, mit Land-, Ernährungs- und Forstwirtschaft, mit biobasierter Wirtschaft und mit Ressourceneffizienz und zirkulärer Wirtschaft (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Im Zukunftsfeld Innovation und Bildung sind mit den Handlungsfeldern Digitalisierung, Innovationspotenziale, Gesundheit und Life Sciences und Lebenslangem Lernen die Bildungs- und Weiterentwicklungspotenziale verortet (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Im vierten Zukunftsfeld Raum und Infrastruktur finden sich unter dem Oberbegriff Raum die Handlungsfelder Siedlungs- und Wirtschaftsflächenentwicklung, blau-grüne Infrastrukturen und Flächenverfügbarkeit und Qualitätssicherung. Unter dem Oberbegriff Infrastruktur und Mobilität sind u.a. verschiedene Handlungsfelder wie neue Mobilität, Dateninfrastruktur, Ver- und Entsorgung oder Wasserstoff enthalten (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Analog zur Wahrnehmung der Leitbilder drehen sich bei den interviewten Stakeholdern auch die Leitthemen hauptsächlich um Energiefragen (Interview RR 2, 3, 5, 6), die Zukunft der Industrie (Interview RR 2, 3, 4, 5) und um Innovationen, aber kaum um Bildung, Raumaspekte (Interview RR 4) und Infrastruktur (Interview RR 5). Insbesondere das Auslaufen der Kohleverstromung und deren Ersatz durch erneuerbare Energien (Interview RR 3, 6) und die Abkehr von Erdgas (Interview RR 5, 6) werden in diesem Zusammenhang genannt. Im Bereich der räumlichen Entwicklung wird die Nutzungskonkurrenz im Bereich der Flächen angeführt, die in ein harmonisches Gleichgewicht gebracht werden sollte (Interview RR 4). Auch der Umstieg auf Bio-landwirtschaft wird nur von einer Person genannt (Interview RR 1). Des Weiteren wurde das Thema Digitalisierung als Zukunftsthema identifiziert (Interview RR 1, 4, 6).

4.3.3 Bedeutung von Nachhaltigkeit im Strukturwandel und Berücksichtigung von Umweltaspekten

Die Zukunftsagentur formuliert mit Blick auf Nachhaltigkeit und die Berücksichtigung von Umweltaspekten eine Palette wünschenswerter Visionen. So soll der Strukturwandel im Rheinischen Revier ein Modell für die Umsetzung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie sein und zu einer klimafreundlichen Lebensweise im Revier beitragen (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Das bedeutet eine ökonomisch leistungsfähige, ökologisch verträgliche und sozial aus-

gewogene Entwicklung (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b, S. 10). Durch diese Neuorientierung soll die Region ein neues Gesicht erhalten, das unter Einbeziehung der natürlichen Wachstumsprozesse im Naturraum attraktive Lebensumfelder kultivieren und neue hervorbringen soll (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Im Zusammenwirken aller Akteure sollen das Neue und Alte entdeckt und erlebt werden, wenn lebenswerte Orte existieren, die gut miteinander vernetzt sind und den Spielraum bieten, in dem Entwicklungen stattfinden und Experimente gewagt werden können (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Zu diesem Punkt halten sich die Interviewten etwas zurück. Drei der Interviewten sagen zwar, dass die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie und Soziales) mitbetrachtet werden (Interview RR 3, 4, 5), ein Stakeholder räumt aber ein, dass ökologische Aspekte in Genehmigungsverfahren nachrangig betrachtet werden (Interview RR 5). Er plädiert dafür, dem Ausbau von Infrastrukturen ein höheres Gewicht zu geben (Interview RR 5). Sechs Interviewpartner haben hier gar kein Statement abgegeben. Insgesamt zeigen die Aussagen, dass die Berücksichtigung ökologischer Aspekte in den bestehenden (formalen) Beteiligungsverfahren gesehen wird und keine darüberhinausgehende Notwendigkeit für eine stärkere Berücksichtigung ökologischer Belange gesehen wird.

4.3.4 Infrastrukturen im Revier

Das Wirtschafts- und Strukturprogramm 1.1 der Zukunftsagentur Rheinisches Revier (2021) geht auch auf räumliche Aspekte und Infrastrukturen im Revier ein: Der Umgang mit Flächen soll verantwortungsvoll, interkommunal und nachhaltig geschehen, damit die Region mit moderner Infrastruktur und Mobilität vielfältig vernetzt wird (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Neben einer Baulandmobilisierungsstrategie für Gewerbe und Industrie sei auch eine Förderung von interkommunaler Zusammenarbeit an geeigneten Standorten sowie die Erschließung und Aktivierung der landesbedeutsamen Gewerbe- und Industrieflächen sinnvoll (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Die heute noch zentral strukturierte Energieversorgung mit großen Kohlekraftwerken als Lieferanten von Strom und Wärme soll sich dezentralisieren (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). In Zukunft soll ein Großteil des Stromes, der Wärme und der Kälte durch kleinere Einheiten weiträumiger verteilt aus unterschiedlichen erneuerbaren, fluktuierenden, diskontinuierlichen und hoch dynamischen Quellen geliefert werden (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b, S. 23 f). Beispielhaft werden in diesem Zusammenhang Brennstoffzellen, dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) oder auch Photovoltaik- (PV) und Thermosolaranlagen genannt sowie Technologien zur Wasserstoffspeicherung- und Nutzung (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Diese Entwicklungen benötigen aus Sicht der ZRR eine dynamische Netzinfrastuktur und die Nutzung vorhandener Netze für neue Energieträger (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Die Strom-, Erdgas- und Wärmenetze müssten fit werden für künftige Anforderungen. Dazu gehören aus Sicht der ZRR die Umstellung von vorhandenen Nah- und Fernwärmenetzen auf niedrigere Temperaturniveaus und eine Ertüchtigung der Erdgasnetze zum Transport von Wasserstoff (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Auch der Umgang mit Mobilitätsfragen wird adressiert. Als wichtig wird die bedarfsgerechte Versorgungs-, Betankungs- oder Ladeinfrastruktur gesehen sowie die Einrichtung von Mobilitätshubs zur Integration unterschiedlicher Arten der Individualmobilität mit ÖPNV-Lösungen. Die Bandbreite der Antriebs- und Kraftstoffoptionen für eine klimaverträgliche Mobilität reicht

von Radverkehr über batterie- und brennstoffzellenbetriebene Fahrzeuge für den Individualverkehr bis zu kohlenstoffhaltigen Kraftstoffen wie LNG und CNG für den Langstreckengüterverkehr (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b, S. 38).

Das erfordert laut ZRR die Konzeption von neuen Stadt- und Siedlungslandschaften im Rheinischen Revier, so dass Wohnen, Arbeiten und Freizeit wieder näher beieinanderliegen und sich lange Wege erübrigen würden (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Ebenso könnte die Herstellung von neuen Radschnellwegen durch das Revier neue attraktive Verbindungen schaffen, die dazu beitragen, öfter mal das Auto stehen zu lassen (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Das könnte durch Reaktivierung/Umnutzung früherer Kohlebahnen für neue Wege und Trassen innerhalb einer stark veränderten Landschaft geschehen (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Zudem wird der Ausbau der digitalen Infrastruktur als wichtiges Element einer infrastrukturellen Entwicklung identifiziert und daraus der Bedarf an Grundlagenuntersuchungen und Machbarkeitsstudien abgeleitet sowie als Fördernotwendigkeit benannt (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b, S. 108). Zusätzlich sollen durch Ausbau der digitalen Infrastruktur zusammen mit neuen virtuellen Instrumenten und Technologien neue Formen des ortsunabhängigen Arbeitens, Kommunizierens und Einkaufens ermöglicht werden (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

Zu Infrastrukturfragen haben sich nur wenige der interviewten Stakeholder Gedanken gemacht. So benennen sie zwar ihre Bedarfe an Leitungen bzw. Pipelines für Strom, Erdgas, H₂ und CO₂ und Mobilitätsangeboten, aber über die Antwort auf die Frage, wie diese Bedarfe an Infrastrukturleistung nachhaltig und umweltfreundlich bedient werden können, liegen offenbar noch keine fundierten Überlegungen vor. So wird im Themenfeld Mobilität eine gute ÖPNV-Anbindung (Interview RR 4) mit der Reaktivierung von Werkbahnen (Interview RR 3) und ein gutes Radwegenetz mit Radschnellwegen (Interview RR 1, 4) und Mobilitätsstationen (Interview RR 1) genannt. Bei der Versorgung mit Energie sollte diese preiswert und stabil sein (Interview RR 4) (dies entspricht den klassischen Prinzipien kommunaler Daseinsvorsorge) und ergänzt werden durch H₂- und CO₂-Pipelines, um nachhaltig produzieren zu können (Interview RR 2, 5). Auch die digitale Infrastruktur, und hier insbesondere die Glasfasertechnologie, sollte ausgebaut werden (Interview RR 3, 6). Wo genau im Revier dies räumlich verortet werden sollte, welche Kapazitäten erforderlich wären und in welcher konkreten Ausgestaltungsform dies geschehen könnte, bleibt jedoch offen.

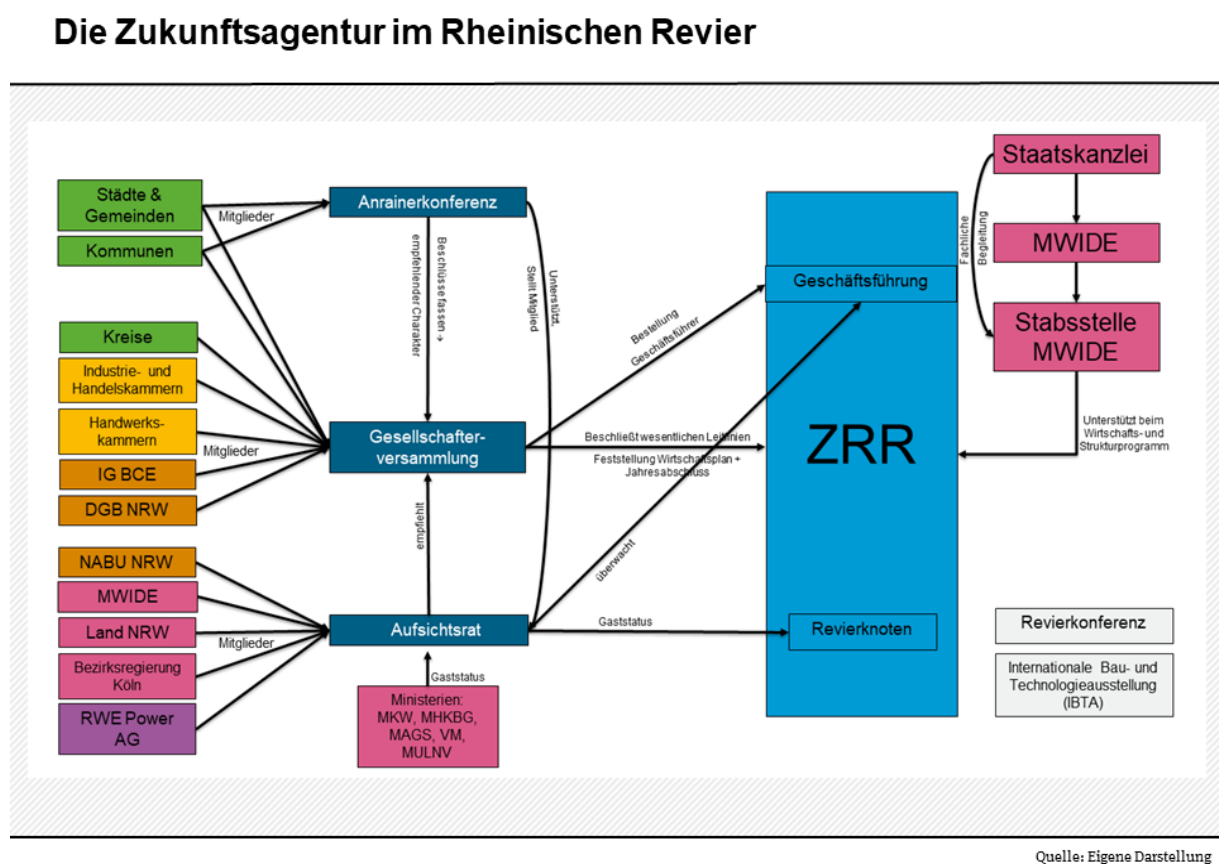
4.3.5 Governance des Strukturwandels

Für die Zukunftsagentur Rheinisches Revier ist die enge Verzahnung aller Akteure der Region der entscheidende Faktor für den Erfolg (s. Abbildung 8). Kooperation und Koordination der Akteure erleichtern es aus Sicht des ZRR, neue Geschäftsmodelle umzusetzen sowie neue Lebens- und Arbeitsumfelder und einen hochwertigen Naturraum zu schaffen und auf diese Weise vorhandene, gesunde Strukturen zu festigen (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Die Vernetzung ist laut Zukunftsagentur integriert, repräsentativ und inklusiv angelegt, wodurch ein niedrigschwelliger Zugang für neue Geschäftsmodelle geschaffen wird (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Damit soll der Strukturwandel auch Chancen für eine gleichberechtigte Teilhabe aller Akteure in allen Bereichen und auf allen Ebenen schaffen und so dazu beitragen, dass die Menschen im Rheinischen Revier eine gemeinsame Identität entwickeln (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

In diesem Feld scheint es noch eine große Diskrepanz zwischen dem formulierten Anspruch und der praktischen Umsetzung zu geben. So mahnen die Stakeholder eine deutliche Beschleunigung

der Planungsverfahren an (Interview RR 2, 3, 4, 5). Damit verbunden ist der Wunsch nach einer besseren Ressourcenausstattung in den Planungs- und Genehmigungsbehörden (Interview RR 4). Auch die Strukturen der Zukunftsagentur (Interview RR 6) und die Verfahren zur Mittelvergabe (Interview RR 1, 6) werden als schwierig und zäh bezeichnet. So fände zwischen den Gemeinden oft keine Abstimmung statt (Interview RR 1). Außerdem weisen einige Stakeholder darauf hin, dass in den Förderkriterien viel mehr Augenmerk auf Nachhaltigkeit und den Ausbau erneuerbarer Energien gelegt werden sollte (Interview RR 4, 6). Auch sollte der Fokus nicht so stark auf Arbeitsplätze, sondern auch auf Umweltthemen und die Landwirtschaft gelegt werden (Interview RR 1). Zudem wird kritisiert, dass Gruppen wie Umweltverbände und Kirchen keine Förderanträge stellen können (Interview RR 1). Und ein Stakeholder würde sich eine frühzeitigere Planung für die Trassenverläufe von Pipelines wünschen (Interview RR 5).

Abbildung 8: Verzahnung aller Akteurinnen und Akteure im Rheinischen Revier



Die Darstellung in Abbildung 8 zeigt die Governancestruktur der Zukunftsagentur Rheinisches Revier zum Stand Anfang 2022. Aus ihr wird deutlich, dass die Vielfalt der Akteure im Revier aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft möglichst breit eingebunden werden soll. Aus dem Anspruch einer breiten Einbindung der unterschiedlichen Akteure des Strukturwandels im Revier erwuchs allerdings auch ein sehr umfangreiches und kompliziertes Verfahren zur Abstimmung von Positionen und Inhalten, die eine Zuspitzung von Strategien und Positionen erschweren. Das äußert sich z.B. in der Themenvielfalt des hier grundlegend zitierten Wirtschafts- und Strukturprogramms, auf dessen Basis vielfältige Anträge für die Förderung durch Bundesmittel erarbeitet wurden. In dem sogenannten Sterneverfahren (<https://www.rheinisches-revier.de/wie/foerderung/revier-gestalten/wie-bewerbe-ich-mich-mit-meiner-projektidee/>) werden Anträge erstellt, geprüft, ausgearbeitet und schlussendlich einem Bundesförderprogramm zugeordnet.

Allerdings beginnt nach dieser umfangreichen Vorarbeit erst die eigentliche Antragsphase in dem Bundesförderprogramm, das nicht notwendigerweise die gleichen inhaltlichen Zielrichtungen wie das Wirtschafts- und Strukturprogramm der Zukunftsagentur enthält. Dadurch gibt es eine Vielzahl von Projekten aus dem Rheinischen Revier, die seit mehreren Jahren in einer unklaren Antragsphase hängen oder nach Durchschreiten des Sterneverfahrens keine Förderung durch die Bundesförderprogramme bekommen. Daraus erwächst vermutlich ein Teil der durch die Interviews gespiegelten Unzufriedenheit der Akteure (vgl. insb. Interview RR 1, 6).

Die Verfahren zur Fördermittelvergabe in Rheinischen Revier haben sich nach Durchführung der Expert*innen-Interviews im Rahmen des Vorhabens im Jahr 2022 verändert. Das Sterneverfahren, das zur Zeit der Interviews maßgeblich für die Auswahl von Förderprojekten war, ist inzwischen durch das Dialogverfahren REVIER.GESTALTEN ersetzt worden (Nordrhein-Westfalen, Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie, 2023). Dem Verfahren liegen einzelne, passgenau zugeschnittene Förderangebote der Landesregierung zugrunde, auf deren Basis über die Zukunftsagentur Rheinisches Revier passende Vorhaben identifiziert, betreut und geprüft werden. Nach einer Antragserstellung wird das Votum der zuständigen Fachressorts des Landes eingeholt und im Anschluss die passenden Förderzugänge (Fördertöpfe) identifiziert. Der Aufsichtsrat der Zukunftsagentur entscheidet dann über den regionalen Konsens. Daraufhin werden die Projekte vom Land freigegeben. Die finale Antragsstellung kann ab diesen Zeitpunkt bei den zuständigen Behörden erfolgen.

4.3.6 Potenziale und besondere Merkmale des Reviers

Das Rheinische Revier verfügt bereits jetzt über eine leistungsfähige und innovative Industrie, exzellente Hochschulen und Forschungseinrichtungen (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b). Somit bestehen aus Sicht der Zukunftsagentur gute Voraussetzungen, um wissenschaftliche Erkenntnisse in neue Produktionsverfahren, Produkte und Dienstleistungen zu überführen und leistungsfähige Technologieverwertungsketten aufzuzeigen mit dem Ziel, neben den bereits verfügbaren Technologien neue Technologien zu zeigen (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, 2021b).

4.4 Die drei Reviere im Vergleich – Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Der Vergleich zwischen den Revieren gibt erste Hinweise auf möglicherweise übertragbare Ergebnisse (auch in Regionen ohne dezidiert politisch initiierten Strukturwandel).

Folgende Gemeinsamkeiten der Strukturwandelprozesse in den drei Revieren mit Blick auf Leitbilder, die Governance des Strukturwandels und die Bedeutung nachhaltiger, dezidiert ökologischer Kriterien lassen sich identifizieren:

- ▶ Im Fokus der Debatten zum Strukturwandel in den drei Revieren geht es um die Substitution der in der Braunkohle wegfallenden gut bezahlten, tarifgebundenen Arbeitsplätze durch neue und damit den quantitativen Erhalt des Arbeitsplatzangebots in der Region (lediglich im Rheinischen Revier geht es auch explizit um Arbeitsplätzeaufwuchs). Kernelement dabei ist in allen Revieren die Diversifizierung der Wirtschafts- und Branchenstrukturen.
- ▶ Nachhaltigkeit wird in allen drei Revieren als Orientierungsmarke gesetzt. In der Abwägung der Nachhaltigkeitsdimensionen stehen jedoch die Ökonomie (Primat der Ökonomie) und Soziales im Vordergrund. Auch wenn auf der verbalen Ebene in den Interviews zunächst viele Interviewpartner*innen Ökologie als gleichrangig benennen, werden ökologische Aspekte in allen drei Regionen in der konkreten Praxis und Entscheidung nachrangig behan-

delt, was z.B. in der Gewichtung bei der indikatorbasierten Bewertung von Projektvorschlägen (Scoringverfahren; Förderrichtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Regionalentwicklung zur Gewährung von Zuwendungen nach dem Investitionsgesetz Kohleregionen, 2021) zum Ausdruck komme. Umweltwirkungen werden über formale Erfordernisse und Prüffragen im Planungsprozess bearbeitet.

- ▶ Alternative Leitbilder und Konzepte wie Suffizienz und neue Lebensstile oder Ansätze alternativer Ökonomie (z.B. doughnut economy) und regionalökonomischer Entwicklungsbilder kommen in den drei Revieren nicht zur Sprache – zumindest gaben die geführten Interviews hierauf keine substanziellen Hinweise.
- ▶ Grundsätzlich zeigte sich zum Untersuchungszeitpunkt (2022 – 2023) bei den Akteuren in den Revieren eine starke Zurückhaltung gegenüber neuartigen Infrastruktursystemlösungen. IKT spielt unabhängig davon bei der Erneuerung und dem Ausbau von technischen Infrastrukturen eine große Rolle. Sie findet Eingang als „Stand der Technik“ im Rahmen von zyklisch bedingten Erneuerungen oder Neubauvorhaben. Der Einsatz bezieht sich jedoch primär auf systeminhärente Entwicklungen und Optimierungsprozesse. Infrastruktursystemübergreifende Ansätze sind (noch) nicht erkennbar.
- ▶ In allen Revieren werden vielfältige Strukturwandelprojekte geplant und z.T. bereits gefördert, die sich jedoch in der Summe nicht in einem klar erkennbaren, stringenten Zukunftsbild widerspiegeln. Formate und Einrichtungen zur Steuerung und Vernetzung der Akteure (Governance) wie etwa die Zukunftsagentur Rheinisches Revier, die Metropolregion Mitteldeutschland, die Wirtschaftsregion Lausitz GmbH oder die Sächsische Agentur für Strukturentwicklung haben Potenzial, den Austausch der Akteure weiter zu stärken und ein gemeinsames Bild der Revierentwicklung im Strukturwandel zu entwickeln und geplante Projekte daraufhin abzustimmen.
- ▶ In allen drei Revieren wird die Chance erkannt, mit Hilfe der Strukturmittel Forschung und Innovationen zu fördern und somit Vorreiterpositionen in gewissen Branchen zu entwickeln. Die Notwendigkeit des Strukturwandels wird so gesehen als Chance erkannt.
- ▶ Ein gemeinsames Ergebnis der Interviews aus den Revieren ist die Aussage, dass Planungs- und Genehmigungsverfahren vereinfacht werden sollten. Das hängt z.B. im Rheinischen Revier (aber genauso in den anderen Revieren) damit zusammen, dass der Ausbau der Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien aufgrund des absehbar wachsenden Bedarfs der Industrie massiv steigen muss und die Landesregierung in NRW möglichst viele Hebel ansetzen möchte, damit das schnell erfolgen kann. Umfangreiche Planungs- und Beteiligungsverfahren gelten hier als Bremse. Die etablierten Verfahren stellen aber auch sicher, dass eine gesellschaftliche Beteiligung und eine Prüfung der Umweltauswirkungen erfolgen und es damit zu einem ausgewogenen Interessensausgleich kommen kann. Die Interviews aus den Revieren haben ergeben, dass die Akteure vor Ort die Berücksichtigung möglicher Umweltauswirkungen durch diese Planungsverfahren gewährleistet sehen, aber auch keine darüber hinaus gehenden Ansprüche oder Prozesse gesehen haben. Damit könnte sich eine Verschlankung oder Verkürzung der Planungs- und Beteiligungsverfahren negativ auf die Einbeziehung von Bürger*inneninteressen oder auf die Berücksichtigung von Umweltauswirkungen von Infrastrukturmaßnahmen auswirken. Ein gesellschaftlicher Diskurs zur Abwägung des Zielkonflikts zwischen Geschwindigkeit in der Planung und Umsetzung von Infrastrukturvorhaben und öffentlicher Beteiligung und Abwägung scheint notwendig.

Neben den genannten Gemeinsamkeiten zeigen sich aber auch Unterschiede zwischen den Revieren:

- In und zwischen den Revieren existieren keine einheitlichen Verfahren und Strukturen zur Beantragung von Fördermitteln sowie der darauffolgenden Bewilligungsprozesse. Im Rheinischen Revier wird mit einem (aufwendigen) Sternebewertungssystem in der Vorauswahl der Projekte verfahren (weshalb sich Entscheide über die Fördermittelvergabe hier verzögern). Im Lausitzer und Mitteldeutschen Revier sind diese vorgeschalteten Verfahren schlanker gehalten. Allerdings erstrecken sich die beiden ostdeutschen Reviere jeweils über mehrere Bundesländer, wobei die Länder keine einheitlich normierten Verfahren der Fördermittelvergabe und Projektbewilligung haben.

Unterschiede zeigen sich insb. aufgrund der regionalen Ausgangsbedingungen der Reviere (Ribbeck-Lampel et al., 2022):

- Ausgehend von den bestehenden Infrastrukturen (z.B. Wasserstoffpipeline) und bereits heute diversifizierten Branchenstrukturen können das Mitteldeutsche und das Rheinische Revier den Strukturwandel stärker aus einer Anpassungsperspektive bestehender Industrien und Infrastrukturen heraus angehen. Hier kann Bestehendes weiterentwickelt und transformiert werden. Demgegenüber steht in der Lausitz der Aufbau neuer Branchen und Wertschöpfungsketten stärker im Fokus. Vor dem Hintergrund der unterschiedlich diversifizierten Wirtschaftsstrukturen hat der Braunkohleabbau im Lausitzer Revier aufgrund fehlender ökonomischer Säulen mit ähnlicher Wirtschaftskraft einen höheren Stellenwert als in den beiden anderen Revieren. Im Mitteldeutschen und Rheinischen Revier sind hohe Wertschöpfungsanteile auch auf andere Wirtschaftszweige (z.B. Chemie, Stahlbau etc.) verteilt.
- Der ökonomische Stellenwert der Braunkohle in den Revieren bedingt auch eine unterschiedliche Ausprägung gesellschaftlich relevanter Revieridentitäten. In der Lausitz scheint die Identität als Braunkohle- und Energieregion am stärksten ausgeprägt zu sein.

5 Strukturwandelvorhaben und die Rolle von Infrastrukturen – drei Fallstudien

In den drei Revieren ist es vor dem Hintergrund des Endes der Braunkohleförderung und -verstromung erklärtes Ziel, die Energieversorgung künftig auf regenerativer Basis zu ermöglichen. Ein zentraler Ansatz dabei ist, die Infrastrukturen intelligent und flexibel miteinander zu vernetzen, ohne dass die Versorgungssicherheit gefährdet ist. Durch eine zunehmend regenerative und auch volatile Produktion von Strom und eine zukünftig absehbar erhöhte Stromnachfrage (50Hertz Transmission GmbH et al., 2025) sind Anpassungen am (über-)regionalen Stromnetz und der Speicher notwendig. Neben der Strominfrastruktur steht in den Braunkohlerevieren auch die Wasserstoffinfrastruktur im Fokus. Wasserstoff wird aufgrund der Anwendungsvielfalt als Flexibilitätsoption und Speicher von überschüssigem regenerativem Strom eine hohe Bedeutung im Strukturwandel zugerechnet. Neben Infrastrukturen im Energiesektor sind in Strukturwandelregionen stets auch weitere Infrastrukturen etwa der Wasserwirtschaft, IKT und im Mobilitätsbereich betroffen (s. Kap. 2.2).

Die Recherchen in den Revieren haben gezeigt (s. Kap. 4), dass für keinen Sektor konkrete Infrastrukturentwicklungen und -bedarfe abgeleitet werden. Infrastrukturen kommen dann in die Diskussion und die konkrete Planung, wenn in konkreten Projekten wie z.B. der Errichtung von Industrieparks deren Ver- und Entsorgung herzustellen ist und wenn der Bau einer Infrastruktur Gegenstand eines Strukturwandelförderprojekts ist (vgl. z.B. Wasserstoffinfrastruktur). Außerhalb dieser Vorhaben bleiben Aussagen über die Infrastrukturentwicklung vage. Dies ist gerade für den Energiesektor auch auf die aktuell unsichere geopolitische Lage zurückzuführen.

Diese Unsicherheit über zukünftig zu erwartende Infrastrukturentwicklungen bzw. aktiv angestrebte Infrastrukturvorhaben wurde im Vorhaben durch eine kleine Abfrage unter Stakeholdern des Strukturwandels in Interviews bestätigt. Anhand einer Liste von innovativen gekoppelten Infrastrukturlösungen (s. Anhang B) mit IKT-Unterstützung wurden die Befragten gebeten, Einschätzungen darüber abzugeben, welche Infrastrukturlösungen in den jeweiligen Revieren Relevanz entfalten werden. Besonderes Augenmerk bei der qualitativen Auswertung lag auf den Antworten der Ver- und Entsorgungsunternehmen. Es zeigt sich, dass infrastrukturelle Entwicklungen in den Revieren auf eine Verbesserung bzw. Anpassung der bestehenden Systeme setzen und damit nicht einer innovativen Sektorenkopplung mit IKT-Unterstützung zugerechnet werden können.

Als ein Beispiel kann hier der Ausbau des Heizkraftwerkes Cottbus genannt werden: Im Januar 2022 wurde die Umrüstung der Anlage auf Erdgas-BHKWs fertiggestellt (HKW Heizkraftwerksgesellschaft Cottbus, o. J.). Der Energieträger Braunkohle sollte damit abgelöst werden, um durch Anlagen mit hohem Wirkungsgrad die Brücke zu zukünftigen regenerativen Lösungen zu schlagen. Aufgrund der hohen Investitionssumme wurde mit zwei Jahrzehnten Mindestlaufzeit gerechnet (Interview LR 6). Innovative Ansätze der Sektorenkopplung mit IKT-Unterstützung wurden für diese Infrastrukturentwicklung nicht mitbedacht.

Die Interviews haben auch gezeigt, dass nur wenige gekoppelte Infrastrukturlösungen, denen regionale Relevanz zugemessen wird, mit einem konkreten zeitlichen Bezug zur Umsetzung hinterlegt sind. Die Ver- und Entsorgungsunternehmen in den Revieren konnten sich zum Zeitpunkt der Erhebung (2022) offenbar noch auf keine zukünftigen Technologien festlegen. Diese Unsicherheit verhindert die Ableitung konkreter Infrastrukturentwicklungen und -bedarfe, die im Vorhaben auf ökologische Effekte hin untersucht werden könnten. Der Beitrag innovativer Infrastrukturlösungen zu einem sozial-ökologischen Strukturwandel ist somit auf übergeordneter

Ebene nicht abschätzbar und wird daher im Rahmen explorativer Fallstudien (s. Kap. 3.2.3) für konkrete Untersuchungsräume untersucht.

Im Prinzip zeigt sich in allen drei Revieren das „Henne-Ei-Problem“ in der Infrastrukturplanung: Wo kein Bedarf an Infrastrukturleistung gegeben ist, wird auch in der Regel keine Infrastruktur gebaut. Und wo keine Infrastruktur existiert, siedeln sich auch keine Unternehmen als Abnehmer von Infrastrukturleistungen an. Die Synchronisation der Planungsprozesse und die Abstimmung der Akteure der Angebots- und Bedarfsseite von infrastrukturellen Leistungen scheint in allen drei Revieren eine Herausforderung zu sein. Dabei käme es nun darauf an, Themen wie z.B. Wasserressourcenmanagement, die Etablierung regenerativer Energien, Digitalisierung und Umgestaltung von Verteilnetzen im Sinne der Nachhaltigkeit zu durchdenken und zu etablieren.

Um also den Beitrag einer an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichteten Gestaltung und innovativen Vernetzung von Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel untersuchen zu können, wurden anhand der in Kapitel 3.2.3 genannten Kriterien drei Untersuchungsräume in den Revieren ausgewählt. Große Bedeutung bei der Auswahl hatten der Planungsstand im Moment der Auswahl und die Bereitschaft der lokalen Akteure zu einer Zusammenarbeit mit dem Forschungsprojekt.

Die drei ausgewählten Untersuchungsräume zeigen im Vergleich unterschiedliche Ansätze und Auslöser für die Entwicklung und Anpassung technischer Infrastrukturen in den Revieren im Rahmen des Strukturwandels. Damit kommen in den Fallstudien auch unterschiedliche räumlich-administrative Ebenen von Transformation zum Ausdruck:

1. Nationale Gesetzgebung und übergeordnete Transformationsbedarfe:

Durch das Gesetzespaket der Bundesregierung zum Kohleausstieg und zur Strukturstärkung in den Revieren sowie darüber hinaus auf Grundlage des Klimaschutzgesetzes (KSG) entstehen Anpassungs- bzw. Transformationsbedarfe technischer Infrastrukturen. Die Energiewende als zentrale Stellschraube im Klimaschutz stellt eine politische Zielsetzung dar, die aufgrund ihrer Flughöhe nicht konkret beschreibt, mit welchen Infrastruktursystemen bzw. welchen technischen Gestaltungs- und Kopplungsoptionen von Infrastrukturen das Ziel erreicht werden soll und sich weitestgehend systemoffen darstellt. Weitere Anlässe und Motivation für eine Transformation der Infrastrukturen sind aus Umweltsicht z.B. eine höhere Ressourceneffizienz, CO₂-Einsparungen oder auch der Schutz der Biodiversität. Diese Zielsetzungen deuten Anpassungsbedarfe durch Neubau oder auch Um- und Nachnutzungen bestehender Infrastrukturen an und gehen weit über Maßnahmen des durch den Braunkohleausstieg induzierten Strukturwandels hinaus. Gleichwohl ist der Strukturwandel in den Revieren ein Auslöser bzw. Katalysator für die Erarbeitung regional angepasster Strategien der Infrastrukturentwicklung. Der Untersuchungsraum im Mitteldeutschen Revier (Weiter- bzw. Umnutzung einer Werksbahn mit autonom fahrenden Gefäßen (Schienenbus) steht für diesen Transformationsbedarf (s. Kap. 5.2).

2. Regionale Transformationsbedarfe:

Mit dem Ausstieg aus der Braunkohleförderung und -nutzung werden grundlegende Entwicklungsziele vorgegeben, welche einen Anpassungs- oder Ersatzbedarf technischer Infrastrukturen in den Revieren nach sich ziehen. Transformation, Anpassung und Ersatz der Infrastrukturen in den Revieren sind in dieser Perspektive zwingender Teil des Strukturwandels. Aufgrund der gesetzlichen Festlegung zum Abschalten der Braunkohlekraftwerke sind die Energieversorgungsinfrastrukturen in den Revieren anzupassen; neben alternativen Stromerzeugungskapazitäten sind auf regionaler Ebene insbesondere alternative Wärmeerzeuger zu errichten bzw. zu potenzieren. Auch Infrastrukturen anderer Sektoren wie etwas Wasserinfrastrukturen müssen in den Tagebauregionen neu gedacht bzw. angepasst werden. Beispielsweise durch den Wegfall der Sumpfungswasser aus den Tagebauten in der Lausitz stellen sich neue Anforderungen an

das z.T. auch überregionale Wassermanagement (Uhlmann et al., 2023) und die damit verbundenen Infrastrukturen. Dieses Umplanen erwirkt den unmittelbaren Einsatz anderer oder abgeänderter technischer Infrastrukturen. Hierfür gibt es in den Revieren eine Reihe von Beispielen, die jedoch nicht in explorativen Fallstudien des Vorhabens untersucht wurden.

3. Nach- und Umnutzung von Flächen im Strukturwandel:

Ein weiterer Auslöser für die Weiterentwicklung und Anpassung von Infrastrukturen entsteht aus der baulichen Entwicklung von Siedlungen und der (Neu-)Inanspruchnahme sowie Nach- und Umnutzung von Flächen in den Revieren. Das können insbesondere die Flächen der Braunkohletagebaue sein. Der institutionalisierte Strukturwandel in den Braunkohlerevieren bietet aufgrund spezifischer Fördermittel besondere finanzielle Möglichkeiten, Flächen infrastrukturell zu erschließen und den Raum zu entwickeln. Infrastrukturplanung wird jedoch oftmals als eine der räumlichen Planung nachgelagerte technische Fachplanung verstanden. Der Infrastrukturplanung und den Betreibern technischer Infrastrukturen kommt in diesem Fall regelmäßig die Rolle zu, Flächen/Gebiete technisch und energetisch möglichst optimal zu ver- oder entsorgen. Damit werden jedoch Chancen vertan, die Entwicklung der Flächen und deren Erschließung mit Infrastrukturen ökologisch vorteilhafter zu planen. Die Untersuchungsräume im Rheinischen Revier (Integriertes Sektorkopplungsprojekt in der Tagebaufolgelandschaft: Gewerbe- und Industriegebiet Elsbachtal) (s. Kap. 5.3) und dem Lausitzer Revier (Entwicklung eines Industrie- und Gewerbeparks mit CO₂-neutraler Energieversorgung und Produktion; GRAL – Green Areal Lausitz) (s. Kap. 5.1) fallen in diese Kategorie.

In den folgenden Kapiteln werden die Fallstudien in den drei Revieren vorgestellt. Dabei werden zunächst jeweils kurz der Gegenstand der Fallstudie eingeführt („Was haben wir betrachtet?“), die Ausgangssituation bestimmt („Was haben wir vorgefunden?“), die Beiträge und Impulse des Vorhabens TransIS skizziert und schließlich die zentralen Untersuchungsergebnisse vorgestellt.

5.1 Lausitzer Revier: Entwicklung eines Industrie- und Gewerbegebiets mit CO₂-neutraler Energieversorgung und Produktion (GRAL – Green Areal Lausitz)

5.1.1 Gegenstand der Fallstudie

Das Green Areal Lausitz (GRAL) ist ein Industrie- und Gewerbegebiet, das auf einer Fläche von ca. 209 ha auf dem stillgelegten Flugplatz Drewitz entsteht. Der ehemalige Flugplatz befindet sich nordöstlich von Cottbus im Amt Peitz und gehört zur Gemeinde Jänschwalde-Ost. Eigentümer ist eine Entwicklungsgesellschaft, die für die Gebietsentwicklung das Ziel verfolgt, eine ökologisch nachhaltige Produktion und Energieversorgung in dem ein Industrie- und Gewerbegebiet umzusetzen. In den Planungsprozessen wird darauf Wert gelegt, Konzepte für einen ökologischen Betrieb zu implementieren und Unternehmen anzusiedeln, die sich zur Einhaltung ambitionierter Nachhaltigkeitsziele und Vorgaben verpflichten (Euromovement, o. J.a).

Abbildung 9: GRAL – Rendering zur möglichen Ausgestaltung des Areals



Quelle: Euromovement/Green Areal Lausitz

Für die Zielsetzung von TransIS bildet das Projekt GRAL ein interessantes Umsetzungsvorhaben, das aus Umweltsicht wichtige Ansätze für Industrie- und Gewerbegebiete verfolgt und in die praktische Umsetzung bringt. Hierzu zählt die Konversion einer Bestandsfläche (Flugplatz) für eine neue Flächennutzung, Integration von erneuerbaren Energien (Windkraft und Photovoltaik) zur Eigenversorgung, die Berücksichtigung von Symbiosen und Stoffkreisläufen zwischen den Unternehmen bzw. ihren Produkten und Reststoffen im Gewerbegebiet, die gezielte Nutzung bereits bestehender Verkehrsinfrastrukturen sowie eine Strategie zur Förderung von Grünflächen und Biodiversität (Entsiegelung, Bündelung von Grünflächenanteilen einzelner Gewerbegebietsflächen für die Schaffung eines Grüngürtels). Mit diesem Ansatz knüpft das GRAL direkt an Zielstellungen des Strukturwandels in der Lausitz an, mit dem Ausstiegs aus der fossilen, kohlenstoffbasierten Energiebereitstellung klimaneutrale, innovative Infrastrukturen und IKT-basierte Sektorkopplungen aufzubauen. Der Entwicklung von Industrie- und Gewerbegebieten wie dem GRAL kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Und selbstverständlich soll mit der Entwicklung des GRAL die Ansiedlung innovativer Unternehmen in der Region befördert und die regionale Wirtschaftskraft gesteigert werden.

Ziel der Fallstudienuntersuchung war es, anhand des konkreten, bereits in der Umsetzung befindlichen Vorhabens und gemeinsam mit den beteiligten regionalen und lokalen Akteuren unterschiedliche infrastrukturelle Gestaltungsoptionen (Konfigurationen) für das Gebiet auf ihre Umweltpotenziale hin abzuschätzen und zu bestimmen, welche Voraussetzungen für eine sozial-ökologisch orientierte Infrastrukturentwicklung geschaffen werden müssten. Des Weiteren wird der Blick auf die Region gerichtet und sondiert, inwieweit die Entwicklung des GRAL Auswirkungen auf regionale technische und soziale Infrastrukturen haben könnte.

Der Austausch des TransIS-Projektteams mit den Akteuren im GRAL erfolgte nur in einer Phase des mehrjährigen Entwicklungsprozesses des Gebiets. Die folgenden Aussagen zum Projekt GRAL beziehen sich auf Informationen, die im Untersuchungszeitraum Juni 2023 – November 2023 gewonnen werden konnten. Ergänzt werden diese Information mit Daten aus öffentlich

zugänglichen Quellen bis Anfang 2024. Sie geben den in diesem Zeitraum bestehenden Sachstand wieder.

5.1.2 Ausgangssituation

5.1.2.1 Die Lage des GRAL, kommunale Zuständigkeiten und Erwartungen

Die Fallstudie GRAL ist im Amt Peitz verortet und greift räumlich-funktionale Bezüge im Süden nach Cottbus und im Osten nach Guben und Polen auf.

Das Amt Peitz befindet sich im Landkreis Spree-Neiße in Brandenburg und entstand durch einen im Jahr 1992 erfolgten Zusammenschluss der Stadt Peitz mit sieben umliegenden Gemeinden. Das Amt hatte im Jahr 2023 eine Einwohner*innenzahl von 10.638 und besitzt eine Fläche von ca. 28.000 ha. Alle Gemeinden befinden sich im ehemaligen Siedlungsgebiet der Sorben/Wenden, die bis heute als prägende Kultur geschützt wird. Landschaftlich ist die Region sowohl durch Ausläufer des Spreewaldes mit großen Teichflächen als auch durch große Wald- und Forstgebiete geprägt. Die südöstlichen Gemeinden des Amtes Peitz sind stark durch den Abbau der Braunkohle geprägt; so auch die Gemeinde Jänschwalde, in der sich das Green Areal Lausitz befindet (Amt Peitz 2024). In der inhaltlichen Auseinandersetzung mit dem entstehenden Industrie- und Gewerbegebiet konnte die Ausgangssituation der bestehenden Infrastrukturen analysiert werden. Diese Bestandsaufnahme wurde im ersten Workshop des Vorhabens TransIS (6. Juni 2023) ergänzt und durch qualitative Prognosen des Amtes und der Entwicklungsgesellschaft unterfüttert.

Die bereits bestehende verkehrliche Anbindung des GRAL an Straßen und Schienenwege sorgt für eine gute Erreichbarkeit durch potenzielle Beschäftigte und den Lieferverkehr. Das zuständige Amt Peitz erwartet nach eigenen Aussagen im Zuge der Gebietsentwicklung des GRAL insbesondere Ausbaubedarfe beim Stromnetz und der Trinkwasserinfrastruktur. Auch wird ein nicht näher spezifizierter Zuzug von potenziellen Beschäftigten des GRAL in die Region erwartet, in dessen Kontext nach Einschätzung des Amtes wiederum Erweiterungsbedarfe bei Kitas und Schulen im Amtsbereich eintreten werden (Akteur*innenaussage im Workshop LR 1). Durch die Überarbeitung von allen acht Flächennutzungsplänen im Amt Peitz sollen bestehende Siedlungsstrukturen ergänzt und Flächen für zukünftige Wohnraumbedarfe ausgewiesen werden. Flankierend zum Wohnungsneubau werden auch soziale Infrastrukturen mitgedacht, um eine angemessene infrastrukturelle Basis in der Region für den erwarteten Bevölkerungszuzug zu schaffen. Das Amt erhofft sich mit der Etablierung des GRAL, dass neben dem oben genannten Zuzug den aktuell noch im Tagebau tätigen Arbeitnehmenden eine Arbeitsplatzperspektive in der Region geboten und somit ein möglicher Wegzug verhindert werden kann (Workshop LR 1).

5.1.2.2 Das Industrie- und Gewerbegebiet „GRAL“

Das GRAL entsteht auf der Fläche des stillgelegten, bis zum Jahr 1990 militärisch, danach zivil genutzte Flugplatz Cottbus-Drewitz. Die Fläche liegt in Nähe der Ortslage Jänschwalde. Sie ist zum Berichtszeitpunkt eine sehr große und – bis auf wenige kleine Gebäude aus der alten Nutzung – unbebaute, teilweise versiegelte Fläche (Landebahn einschließlich Zuwegungen). Im Zuge der Nutzung als ziviler Landeplatz ist ein Empfangsgebäude entstanden, das aktuell dem Projektentwickler sowie der anzusiedelnden Firmen als Verwaltungsgebäude dient. Das Gebiet ist infrastrukturell entsprechend der bisherigen Nutzung erschlossen und verfügt über eine Strom-, Trinkwasser- und Schmutzwasserentsorgung. Alle Infrastrukturen sind bis auf instandgesetzte Abschnitte und Komponenten in den Grundzügen mindestens 30 Jahre alt.

Abbildung 10: Der ehemalige Flugplatz Cottbus-Drewitz

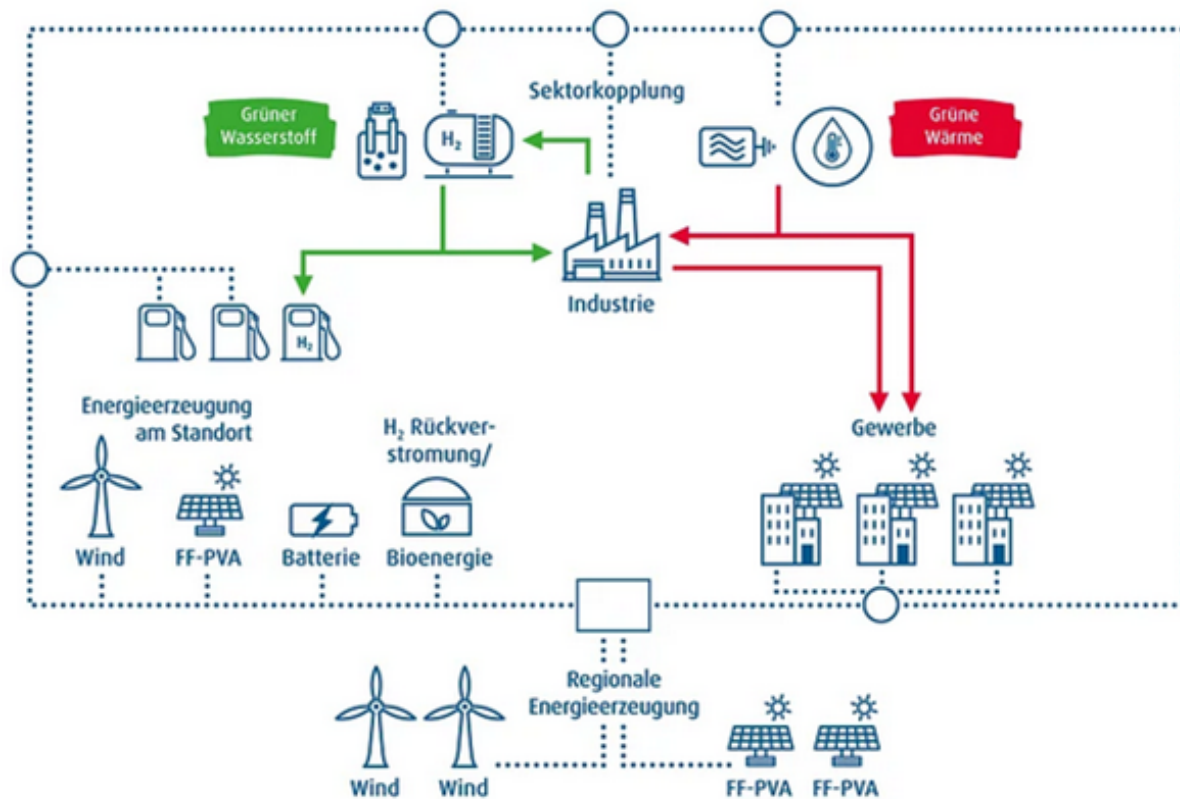


Foto: Adobe Stock / H&C, ID 224668177

Das Flugplatzgelände hat nach der Entwidmung mehrere erfolglose Entwicklungsversuche erfahren. Der Projektentwickler hat die Entwicklung seit 2018 übernommen und treibt in Eigenleistung parallel die Vermarktung, die Konzeption, die Entwicklung des Baurechtes sowie die Planung erster Erschließungen voran. Im engen Austausch zwischen Projektentwickler und dem Amt Peitz wurde ein Bebauungsplan für das Gebiet entwickelt, der im Mai 2022 rechtskräftig beschlossen wurde.

Ziel des Projektentwicklers für das GRAL ist, ein (möglichst) CO₂-neutrales Industrie- und Gewerbegebiet zu entwickeln. Neben klimaneutralen Produktionen und standortinternen Lieferketten sowie der Vernetzung und Schließung von Stoffströmen zwischen Produktionsanlagen ist eine CO₂-neutrale Energieversorgung des Gebietes geplant. Dazu hat der Projektentwickler in Eigenleistung ein Energiekonzept entwickeln lassen, welches die Rahmenbedingungen der nachhaltigen Energieversorgung ausformuliert und somit attraktiv auf potenzielle Investoren klimaneutraler Produktionen wirken soll. Das nicht öffentlich zugängliche Konzept wurde durch das Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (IKEM) in Zusammenarbeit mit dem Reiner Lemoine Institut (RLI) und der BBH Consulting AG (BBHC) erstellt. Es beschreibt, wie der Energiebedarf durch regenerative Energieträger abgedeckt werden kann. Dabei sollen die Erzeugungsanlagen möglichst auf dem Gelände oder in der unmittelbaren Nähe des GRAL entstehen und die benötigte Energie direkt bereitstellen. Ein Großteil der Bereitstellung konzentriert sich dabei auf die Stromproduktion (Euromovement, o. J.b). Durch voraussichtlich sieben Windenergieanlagen auf dem GRAL und auf angrenzenden Flächen sowie Photovoltaikanlagen auf allen geeigneten Gebäuden, Batteriespeichern und möglichen Prozessen der Wasserstoff-Rückverstromung soll der tägliche Strombedarf weitest möglich intern gedeckt werden.

Abbildung 11: GRAL – Schematische Darstellung des Energiekonzeptes



Quelle: Euromovement, o. J.b

Der Bebauungsplan für das GRAL legt eine umfangreiche Begrünung der Dach- und Fassadenflächen zur Reduzierung mikroklimatischer Veränderungen und weiterer nachteiliger Auswirkungen der Bauvorhaben fest (Wasserabfluss, Lebensraum für Vögel und Insekten, etc.) (Gemeinde Jänschwalde, 2022, S. 52). Nicht festgesetzt sind hingegen die Errichtung von Photovoltaik-Dachanlagen.

Ein zentrales Ziel der Planung und Entwicklung des Industrie- und Gewerbegebiets ist die konsequente Schließung von Kreisläufen und Symbiosen der **Stoff- und Energieströme**. Konkret strebt die Entwicklungsgesellschaft bei den sich ansiedelnden Unternehmen an, Abwärme aus Prozessen untereinander zu nutzen und effiziente Kreisläufe herzustellen, damit überschüssige Energie eines Akteurs stets einer Nutzung durch einen anderen Akteur innerhalb des Gebiets zugeführt wird. Das Energiekonzept sieht Kopplungen in der Energiebereitstellung sowie in den Produktionsprozessen vor (Workshop LR1). Für die Planung und Umsetzung des **Energiekonzeptes** ist es wichtig, die Produktionsabläufe der angeschlossenen Unternehmen und die jeweiligen Energiebedarfe schon frühzeitig zu kennen. Mit diesem Wissen kann Abwärme aus Prozessen effizient in andere Produktionsprozesse eingebunden werden. Für die Verteilung des regenerativ produzierten Stroms im GRAL sind die bestehenden regulatorischen Rahmenbedingungen zu beachten. Da die Stromerzeugungsanlagen auf dem GRAL (oder in der Nähe des Gebietes) errichtet werden und aus bewährter Technik (PV-Anlagen und Windkraftanlagen) bestehen, dürfte der technische Planungs- und Errichtungsaufwand gering ausfallen. Als aufwändiger wird vom Projektentwickler die ökonomisch-regulative Dimension gesehen, da hier je nach Gestaltung unterschiedliche Gebühren/Entgelte (u.a. Durchleitungsgebühren) anfallen können.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Energiekonzeptes in den Jahren 2020–2022 war die künftige Zusammensetzung der Gewerbe und Industrien auf dem Gebiet nicht im Detail bekannt bzw.

noch weitgehend offen. Das Konzept kann dementsprechend nur grundsätzliche Versorgungsstrategien und Optionen zur Vernetzung von Energie- und Stoffströmen aufzeigen. Es operiert ansiedlungsoffen und weitgehend ohne konkrete Mengenbilanzen. Grundsätzlich ist das Energiekonzept ein wichtiger methodischer Schritt, weil hier die durch Infrastrukturen „abzusichernde“ regenerative Versorgung nicht wie oft üblich nachlaufend, sondern als Standortfaktor vorbereitend für die Entwicklung vorgedacht und damit ein Alleinstellungsmerkmal entwickelt wurde, an dem sich die Vermarktung des Areals ausrichtet.

Neben Energie spielen **Wasserstoff und Wasserbedarfe** eine wichtige Rolle. Eine der ersten Ansiedlungen wurde mit einem Unternehmen aus der Wasserstoffwirtschaft vereinbart, welches aus Wasserstoff regenerative Flugzeugtreibstoffe herstellt. Für die Produktion dieser wasserstoffbasierten Treibstoffe wird pro Jahr von einem hohen Energieaufwand und Trinkwasserbedarf ausgegangen. Um die Wasserbedarfe aller zukünftig angesiedelten Unternehmen decken zu können, befindet sich die Entwicklungsgesellschaft mit den ortsansässigen Wasserver- und Abwasserentsorgungsunternehmen in der Erarbeitung entsprechender Ver- und Entsorgungskonzepte. Es ist davon auszugehen, dass die Wasserbedarfe eines voll entwickelten GRAL nur durch ein regionales Wasserverbundnetz gedeckt werden können. Demzufolge sind für das GRAL technische Wasserversorgungsinfrastrukturen zu errichten, die auf einer regionalen Vernetzung der Systeme aufbauen und auch für die Region nutzbar gemacht werden könnten. Das Schmutzwasseraufkommen würde bei einer vollständigen Vermarktung ebenfalls die gegenwärtigen lokalen Reinigungskapazitäten übersteigen. Vor diesem Hintergrund denkt die Entwicklungsgesellschaft über die Errichtung einer gebietsinternen Kläranlage auf dem GRAL nach (Workshop LR 1).

Ein weiterer Bestandteil des Konzepts einer klimaneutralen Produktion ist die **Mobilitätsanbindung** des GRAL. In diesem Zusammenhang ist ein Gleisanschluss für das GRAL geplant. Der geplante Anschluss erfordert eine ca. 800 m lange Schienentrasse zur Anbindung an das bestehende Schienennetz (Strecke Cottbus – Guben). Das ermöglicht es, einen hohen Anteil des Güterverkehrs über Schienenverkehr abwickeln zu können und somit weniger straßengebundenen (Güter-)Verkehr zu verursachen. Neben dem Lieferverkehr wird auch der durch künftige Beschäftigte verursachte Personenverkehr berücksichtigt. In der Planung sind Wasserstoffshuttles und der Ausbau von Fahrradwegen vorgesehen, um klimaneutrale Arbeitswege in der Region zu ermöglichen. Aufgrund des nahegelegenen Bahnhofes für Personenverkehre (Jänschwalde-Ost) und der nahegelegenen Bundesstraßen besteht zunächst kein Bedarf, (abgesehen vom Güterbahn-Gleisanschluss) für das Vorhaben Verkehrsinfrastrukturen in der Region auszubauen (Workshop LR 1).

5.1.2.3 Motivation der Akteure

Mit Blick auf Nachhaltigkeit können für das GRAL und seine Entwicklung folgende Aspekte festgehalten werden. Ökologische Nachhaltigkeit ist dem Projektentwickler im Kontext der Flächenentwicklung offenbar sehr wichtig. Die Notwendigkeit der Flächenentwicklung wird grundsätzlich nicht in Frage gestellt. Fragen sozialer Nachhaltigkeit werden besonders durch das Amt Peitz verfolgt, die sich durch die Ansiedlung von Arbeitsplätzen und die verbesserte kommunale Handlungsfähigkeit im Zuge der steigenden Gewerbesteuererinnahmen einstellen sollen. Für den Projektentwickler als privatwirtschaftlich ausgerichteten Akteur ist die ökonomische Nachhaltigkeit des Vorhabens selbstredend der wichtigste Treiber. Dennoch wird – auch ganz bewusst und gezielt öffentlichkeitswirksam – darauf Wert gelegt, Aspekten sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit ebenfalls einen hohen Stellenwert bei der Flächenentwicklung einzuräumen.

5.1.3 Beiträge und Impulse des Vorhabens TransIS

Die Planung und Entwicklung des Green Areal Lausitz wurde stark von einem privatwirtschaftlichen Akteur vorangetrieben und durch die Kommune bestmöglich unterstützt. Die Entwicklung eines auf Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit ausgerichteten Gewerbe- und Industrieareals war für die Entwicklungsgesellschaft und das Amt eine inhaltlich neue Aufgabe.

Neben Vor-Ort-Begehungen und Gesprächen fanden im Jahr 2023 zwei Workshops im Rahmen des TransIS Projektes zum GRAL statt. Die Workshops hatten das Ziel, die geplanten (Infrastruktur-) Entwicklungen im Kontext des Forschungsvorhabens zu analysieren und am konkreten Beispiel einen besonderen sozial-ökologischen Fokus zu setzen. Das TransIS-Vorhaben beobachtete die insgesamt mehrjährige Planung und Entwicklung des GRAL nur über einen vergleichsweise kurzen Zeitraum. Eingbracht wurden:

- ▶ Einschätzungen von TransIS zur Qualität der bisherigen Bemühungen um Nachhaltigkeit in der Standortentwicklung
- ▶ Bewertung der Umweltwirkungen ausgewählter Aspekte und infrastrukturell relevanter Vorüberlegungen
- ▶ Narrative der Raumentwicklung für den Standort

Besonders in den offenen Gesprächsrunden der Workshops fiel der Bedarf auf, Probleme und Herausforderungen bei der Umsetzung an möglichst hohe politische Ebenen zu adressieren. Die offenen Diskussionen über umsetzungsorientierte Herausforderungen war sowohl für die Akteure als auch für das Vorhaben TransIS hilfreich. Besonderes Augenmerk wurde auf die Umstände der Fördermittelbeantragung und der Projektumsetzung innerhalb der Amtsverwaltung Peitz gelegt. Wenige Sacharbeiter*innen müssen dort umfassende Prozesse umsetzen, sodass Einblicke in die kommunalen Herausforderungen mit Strukturwandelprojekten gewonnen werden konnten.

5.1.3.1 Einschätzung des GRAL im Kontext nachhaltiger Industrie- und Gewerbegebiete

Das GRAL soll als ein Industrie- und Gewerbegebiet entwickelt werden, das auf klimaneutrale Produktions- und Betriebsprozesse ausgelegt ist. Um die bereits angestoßenen Planungen zu evaluieren, wurden durch die TransIS-Projektpartner qualitative Anforderungen an nachhaltige Gewerbegebiete bestimmt. Dafür wurde der bislang nicht veröffentlichte Leitfaden „SymbiotiQ – symbiotische Gewerbegebiete“ im Auftrag des Umweltbundesamtes (Jepsen et al., 2023, unveröffentlicht), die Planungs- und Entscheidungshilfe „Wege zur Planung eines nachhaltigen Gewerbegebietes“ der Energieagentur Rheinland-Pfalz (2022) und das Dokument „Nachhaltige Gewerbegebiete – Empfehlungen für Kommunen“ des Netzwerkes „Grün statt Grau – Gewerbegebiete im Wandel“ (Wissenschaftsladen Bonn, 2017) genutzt.

Der Leitfaden für symbiotische Gewerbegebiete „SymbiotiQ“ (Jepsen et al., 2023, unveröffentlicht) legt Wert auf vier Hauptaspekte für Industrie- und Gewerbegebiete, die in TransIS für die Bewertung zugrunde gelegt wurden:

- ▶ ein Akteurs-Netzwerk, in dem sich zuvor auf eine funktionierende Organisationsform der Symbiose abgestimmt wird, regelmäßige Abstimmungsrunden stattfinden (z.B. zu Bedarfen und Angeboten) und eine intensive Betreuung der Investoren stattfindet,
- ▶ ein Projektmanagement, welches als zentrale Anlaufstelle und Netzwerkpflge fungiert, gemeinsame An- und Auslieferungen sowie ÖPNV-Angebote koordiniert und das Flächen- und Energiemanagement übernimmt,

- ▶ ein Datenmanagement, in dem sich auf eine gemeinsame Datengewinnung und -verarbeitung geeinigt wird, diese Daten zentral erfasst und gepflegt werden und Nutzer gewisse Daten über eingerichtete Datenportale abrufen können,
- ▶ ein Produktionsprozessmanagement, welches die Infrastruktur zur Kopplung von Energieströmen und zum Stoffaustausch betreibt sowie Zwischenspeicher, Backupsysteme und abhängige Prozesse koordiniert.

Mit der Analyse des GRAL konnten Empfehlungen gegeben werden, welche Planungen und Optionen noch stärker in den Fokus gerückt werden sollten und an welchen Stellen möglicherweise noch Ergänzungsbedarf besteht. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das GRAL in seiner Grundidee und den bisher geplanten und umgesetzten Aspekten als beispielhaft für die Entwicklung neuer klimafreundlicher Industrie- und Gewerbegebiete angesehen werden kann. Die Entwicklungsgesellschaft legt ein besonderes Augenmerk auf die Ausarbeitung von Konzepten, welche die eigenen Zielstellungen in die weitere Planung transportieren. Als wohl wichtigstes Konzept für den späteren Betrieb gilt das Energiekonzept, welches nicht nur eine möglichst autarke Energieversorgung der Unternehmen beschreibt, sondern auch deren aufeinander abgestimmte Produktions- und Wertstoffkreisläufe adressiert. Auch das Grün- und Freiraumkonzept sowie das Wasserkonzept definieren die Anforderungen der künftigen Produktionsprozesse vor dem Hintergrund ökologischer Zielstellungen. Zum Beispiel sollen möglichst wenig Flächen neu in Anspruch genommen werden, und wenn doch mit ökologischen Ausgleichsmaßnahmen kompensiert werden. Das Wasserkonzept konzentriert sich darauf, anfallendes Regenwasser möglichst nicht abzuleiten, sondern vor Ort zu nutzen. Für Produktionsprozesse benötigtes Trinkwasser soll über ein mit mehreren regionalen Trinkwasserversorgern abgestimmtes Konzept bereitgestellt werden.

Optimierungspotenziale bzw. Ergänzungsbedarfe hinsichtlich klimaneutraler Industrie- und Gewerbegebiete bestehen darin, weitere Zielstellungen konzeptionell zu unterfüttern. So wird vorgeschlagen, zusätzlich Teilkonzepte wie ein Bebauungskonzept, ein Klimakonzept und ein Konzept zum nachhaltigen Wirtschaften bzw. der sozialen Qualität erarbeiten zu lassen (Energieagentur Rheinland-Pfalz, 2022, S. 23), wobei die Projektentwickler des GRAL die Ziele solcher Teilkonzepte schon heute mitdenken, auch wenn diese bisher nicht in konkrete Konzepte gegossen wurden.

Erkennbar werden die vier aus dem Vorhaben SymbiotiQ übernommenen Aspekte bei der Entwicklung des GRAL mitgedacht und, soweit in der aktuellen Entwicklungsphase möglich, teilweise bereits umgesetzt werden. Da sich das GRAL noch in der Planungsphase befindet, sind die genannten Anforderungen bisher nur konzeptionell angelegt und befinden sich auf dem Weg der Institutionalisierung. Besonders auffällig ist jedoch das bereits bestehende Akteur*innennetzwerk. Es ist zu erwarten, dass sich dieses Netzwerk noch weiter institutionalisiert und an der Umsetzung des GRAL (auch wenn nur beratend) mitwirken wird.

5.1.3.2 Einschätzung der Umwelteinwirkungen der Infrastrukturbedarfe

Neben der Einschätzung der Nachhaltigkeitsaspekte des GRAL insgesamt wurden die Umwelteinwirkungen der absehbaren Infrastrukturentwicklungen abgeschätzt. Die Ansiedlung von Unternehmen erzeugt Energie- und Infrastrukturbedarfe. Da zum Zeitpunkt der Untersuchung im Jahr 2023 zwei Firmen offiziell ihre Zusage für einen Produktionsstandort gegeben hatten, erfolgte die Abschätzung anhand der daraus ableitbaren Bedarfe (Stand November 2023).

Die Bewertung der Umwelteffekte wurde quantitativ entlang der RELIS-Kriterien (Kumulierter (Roh-)Stoffaufwand, Kumulierter Energieaufwand, Global Warming Potentials/Treibhaus-

gasemissionen und Flächeninanspruchnahme) vollzogen (Trapp et al., 2017). Für die Infrastrukturbedarfe, für die keine quantitative Einschätzung der Umwelteffekte möglich war, wurde auf qualitative Bewertungen zurückgegriffen. Die RELIS-Kriterien galten dafür ebenfalls als Orientierungsrahmen.

Das **Energiekonzept** des GRAL sieht für die Stromversorgung vor, dass sieben Windkraftanlagen außerhalb des Gewerbegebietes in Etappen errichtet werden und der erzeugte Strom über ein eigenes, separates Netz dem Gebiet zugeführt wird. Des Weiteren erzeugen Photovoltaikanlagen außerhalb und auf dem Gelände Strom. Das Energiekonzept plant zusätzlich mit Batteriespeichern und möglichen Wasserstoffrückverstromungen.

Da für die Untersuchung in TransIS nur bedingt konkrete Strombedarfsdaten vorlagen, wurde aus den wenigen bekannten Werten das künftige Aufkommen von erneuerbarem Strom hochgerechnet und mit den aus den bereits bekannten Unternehmensansiedlungen zu erwartenden Bedarfswerten verglichen. Hier zeigt sich, dass das GRAL bilanziell weiter auf die Nutzung „externen“ Stroms angewiesen bleibt. Dementsprechend wird die Treibhausgasbilanz zu einem nicht unerheblichen Teil durch die Treibhausgasemissionen des deutschen StromMix bestimmt. Unabhängig davon zeigen sich durch die Implementierung von erneuerbaren Energien klare THG-Reduktionseffekte und damit bzgl. der THG-Emissionen positive Umweltwirkungen. Der als Referenz herangezogene Vergleich mit einem Gas-Kraftwerk zur Selbstversorgung des Standortes mit Strom (und Wärme) zeigt, dass diese konventionelle Technik nur einen geringen Emissionsvorteil gegenüber der im Energiekonzept favorisierten Lösung „Eigenerzeugung von Erneuerbaren Strom plus Netzbezug“ hat. Es ist zu erwarten, dass bei einer Bebauung des GRAL der Anteil der Eigennutzung von erneuerbaren Energien sowie der Anteil Erneuerbarer Energie im deutschen Strom- (und Wärme-)Mix weiter steigt und damit zukünftig eine THG-Reduktion bzw. ein THG-Vorteil eintritt. Nachteilig bleibt der hohe Flächenbedarf der erneuerbaren Energien, primär der PV-Anlagen, dessen Umweltwirkungen durch die Nutzung von Dach- und Fassadenflächen zumindest teilweise reduziert werden kann. In Hinblick auf den kumulierten Rohstoff- und Energieaufwand treten durch eine Energieversorgung durch Anlagen zur Nutzbarmachung erneuerbarer Energie im Vergleich zu der auf fossilen Brennstoffen basierenden Referenzanlage geringere spezifische wie absolute Umweltwirkungen ein. Zusammenfassend kann deshalb zumindest qualitativ bilanziert werden, dass eine Energieversorgung entlang des vorliegenden Konzeptes im Vergleich zu konventionellen Versorgungslösungen eine Verringerung der Umweltwirkungen bewirkt.

Neben den Infrastrukturbedarfen im Stromsektor wurden auch die GRAL-bedingten Infrastrukturbedarfe im **Verkehrssektor** hinsichtlich ihrer Umwelteinwirkungen bewertet. Zunächst wurden Kennwerte aus dem aktuellen Stand der Forschung zu Umwelteffekten im Verkehr (Allekotte et al., 2020) selektiert. Es war notwendig diese Werte „plausibel zu modifizieren“, um die zukünftigen Wirkungen der in unterschiedlichen Anwendungsfällen genutzten Verkehrsmitteln abbilden zu können. Die Umweltwirkungen der Anwendungsfälle wurden dann verglichen. Aufgrund der hohen bidirektionalen Abhängigkeiten der erstellten Mengengerüste können die Ergebnisse ausschließlich für eine qualitative Bewertung der Verkehrsinfrastrukturentwicklung am GRAL herangezogen werden.

Für die Bewertung der Umwelteinwirkungen wurden drei typische durch das GRAL bedingte Anwendungsfälle bilanziert. Für Berufspendler zum GRAL wurde von drei verschiedenen Ausgangsorten in der Region ausgegangen und die damit verbundenen aktuellen Erschließungen einbezogen (Usecases). Der Usecase 1 behandelte Berufspendelnde aus Cottbus zum GRAL, der Usecase 2 Pendelnde aus Guben (polnische Grenze) zum GRAL und Usecase 3 beschäftigte sich mit Wegen der Berufspendelnden aus Peitz zum GRAL. Zu jedem Usecase wurden jeweils drei Erschließungsvarianten hinsichtlich ihrer Umwelteinwirkungen bewertet.

Tabelle 4: Beispiel Usecase 1: Berufspendelnde aus Cottbus

	Von → Nach	Personenkilometer	Zeit	Verkehrsmittel
Variante Rad	Cottbus Mitte → GRAL	25 Pkm	80 min	Fahrrad (E-Bike)
Variante ÖPNV	Cottbus Mitte → GRAL	24,6 Pkm	38 min	Fuß, Zug, GRAL-Shuttle
Variante MIV	Cottbus Mitte → GRAL	25 Pkm	28 min	Pkw

Quelle: eigene Berechnungen

In der ÖPNV-Variante wurde in den Usecases auf das zum potenziellen Fahrtzeitraum und am Ausgangsort verfügbare Linienangebot von Zug und/oder Bus zurückgegriffen. In den Usecases 1 und 2 wird das vorhandene Zugverkehrsangebot mit einem sogenannten GRAL-Shuttle als Verkehrsmittel für die letzte Wegstrecke (Bahnhof Jänschwalde Ost - GRAL) kombiniert, weil für diese zum Untersuchungszeitpunkt kein ÖPNV-Angebot besteht. Dieses Shuttle ist vom Projektentwickler und ersten Investoren als ÖPNV-ähnliches Angebot angedacht, um Arbeitskräften den Weg zum GRAL mit öffentlichen Verkehrsmitteln zeitlich kürzer und damit attraktiver zu gestalten. Das Shuttle soll als klimafreundliches Verkehrsmittel z.B. mit auf dem GRAL produzierten Wasserstoff betrieben werden. Bei der Bewertung in den Usecases 1 und 2 beeinflusst das GRAL-Shuttle die Umwelteinwirkungen aufgrund der Kürze des letzten Weges (Bahnhof bis zum GRAL) allerdings nur geringfügig.

Abbildung 12: Kumulierter Energieaufwand (KEA) für Berufspendelnde aus Cottbus zum GRAL

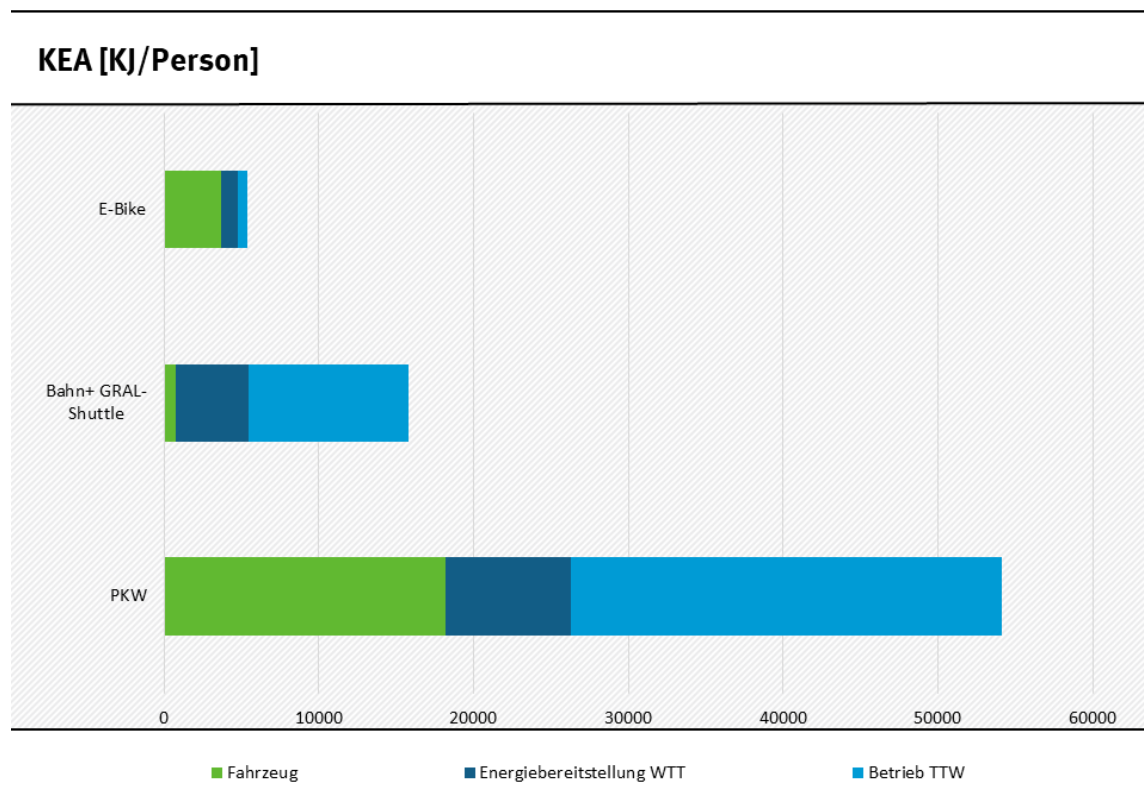


Abbildung 13: Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) für Berufspendelnde aus Cottbus zum GRAL

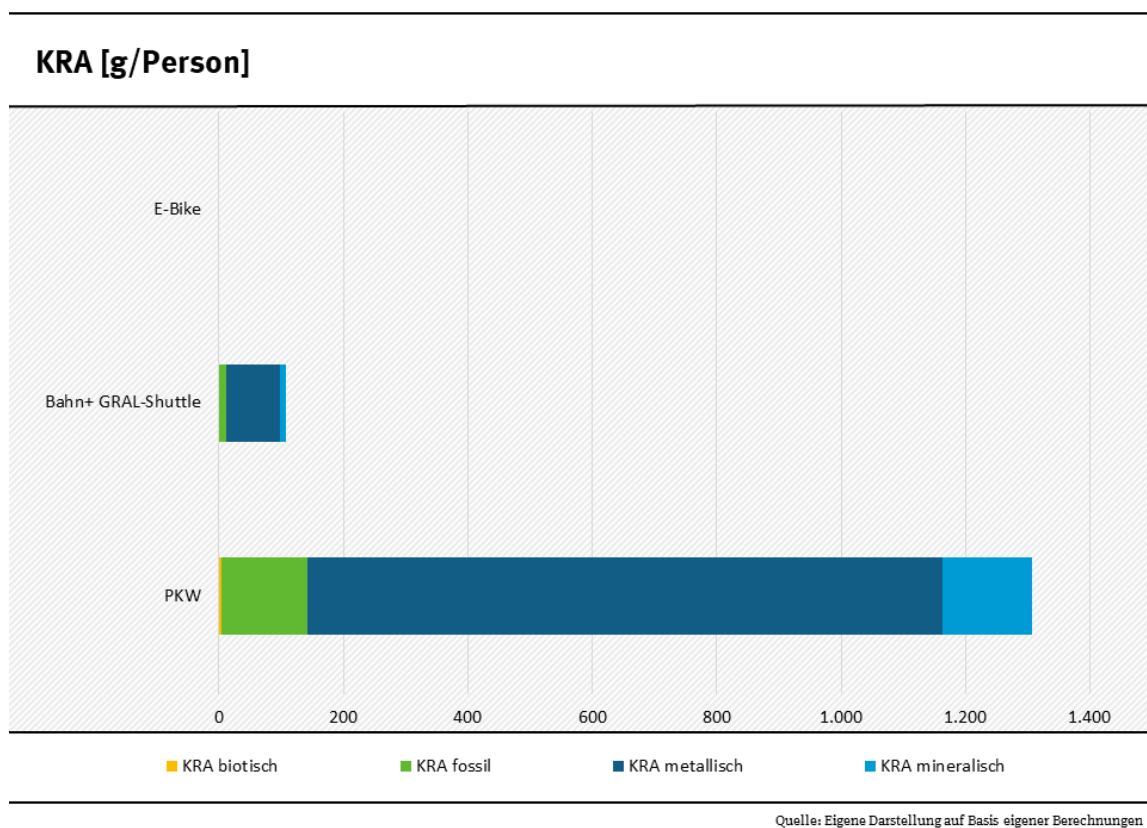
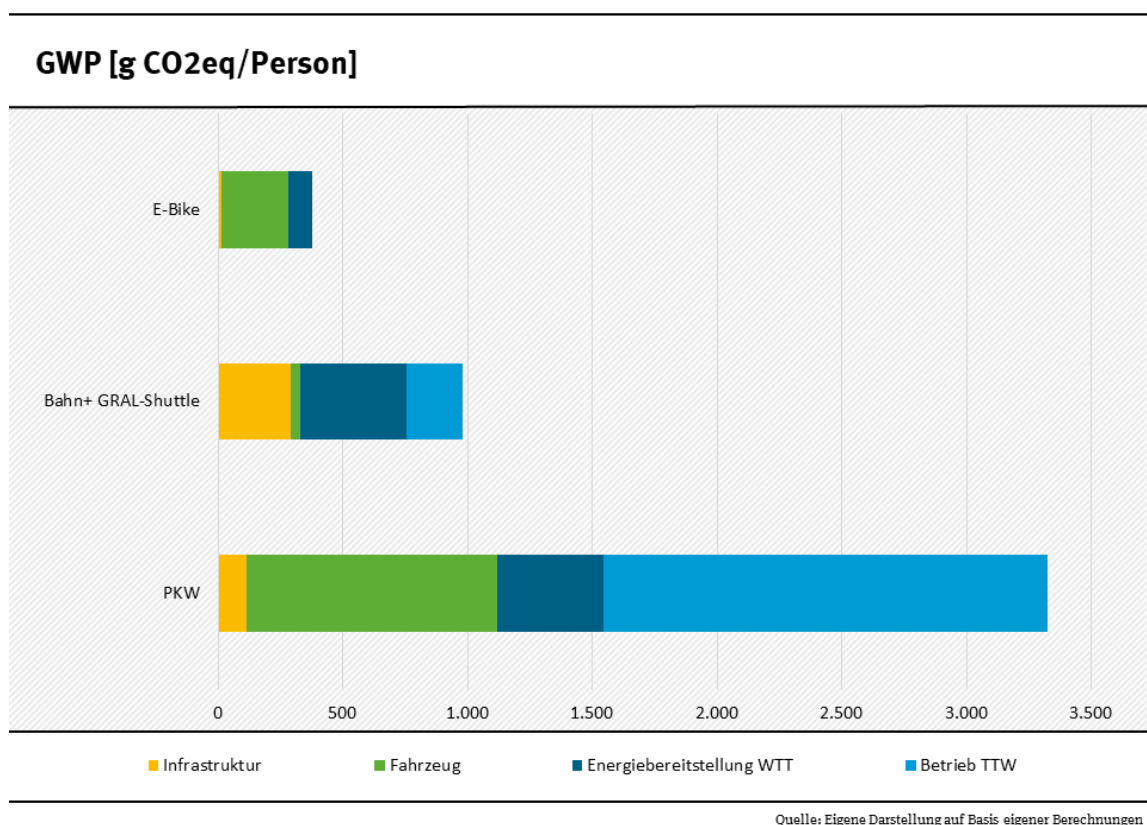


Abbildung 14: Global Warming Potential (GWP) für Berufspendelnde aus Cottbus zum GRAL



Im Usecase 3 (Peitz zum GRAL) wurde aufgrund der insgesamt geringeren Wegstrecke dem GRAL-Shuttle eine höhere Bedeutung zugewiesen und dieses als eigene Variante für die gesamte Wegstrecke untersucht. Diese Variante wurde mit den Varianten MIV (Pkw) und ÖPNV (hier Linienbus, wegen des vorhandenen Angebotes) verglichen. Dabei ist festzustellen, dass das GRAL-Shuttle gegenüber dem ÖPNV zwar einen ähnlichen kumulierten Rohstoffaufwand erzeugt, jedoch einen wesentlich geringeren kumulierten Energieaufwand und weniger Treibhausgasemissionen hervorruft. Ein Einsatz des GRAL-Shuttles kann also insbesondere im Bereich fehlender ÖPNV-Abdeckung die mobilitätsbedingten Umwelteffekte erheblich reduzieren. Die Vorteile werden besonders durch die standortbedingte Verfügbarkeit des Antriebsmittels (Wasserstoff auf erneuerbaren Energien-Basis) und der Unabhängigkeit von ÖPNV-Linienführungen und dadurch kürzeren Strecken generiert.

Die folgenden Ergebnisdiagramme verdeutlichen beispielhaft den Kumulierten Energieaufwand (KEA), den Kumulierten Rohstoffaufwand (KRA) und das Global Warming Potential (GWP) für Usecase 1. Es ist zu erkennen, dass die Variante des Radfahrens die geringsten Umweltwirkungen aufweist. Aufgrund der Fahrzeiten stellt diese Verkehrsmittelwahl nur eine Option für Arbeitskräfte mit einem Wohnsitz in unmittelbarer Umgebung des GRAL dar. Die Verkehrsmittelwahl des ÖPNV erzielt mit einem geringfügig größeren Zeitaufwand gegenüber der Variante MIV wesentlich geringere Einwirkungen auf die Umwelt. Es ist zu erkennen, dass der MIV keine Option für eine klimafreundliche Mobilität darstellt. Sollen nicht nur Güter, sondern auch Arbeitskräfte klimafreundlich transportiert werden, werden mittel- bis langfristig Mobilitätsangebote notwendig, die die Zielstellung einer klimafreundlichen Mobilität erreichen.

5.1.3.3 Narrative einer sozial-ökologischen Regionalentwicklung

Das GRAL hat durch die Standortwahl und Lage des ehemaligen Flugplatzes Drewitz einen entscheidenden Einfluss auf die Region. Aus diesem Grund wurden in dem Workshop auch Narrative einer sozial-ökologischen Regionalentwicklung erörtert, die das entstehende Industrie- und Gewerbegebiet als Impuls für die Region begreifen. Kernansprüche des Amtes sind, dass die brachliegende Fläche entwickelt wird und sich eine dauerhafte Nutzung darauf etabliert. Die angesiedelten Branchen sollen Arbeitsplätze bereitstellen, die in erster Linie durch Fachkräfte aus der Region besetzt werden. Ziel ist, die durch den Braunkohleausstieg wegfallenden Arbeitsplätze zu ersetzen. Aus den Plänen und Zielen des Entwicklers entsteht zusätzlich der Anspruch, gesellschaftlich gesehen positive soziale Entwicklungen im Amt und in der Region auszulösen. Sichere, qualifizierte und klimafreundliche Arbeitsplätze sollen auch soziale Wirkungen entfalten, indem mehr Menschen über ein gesichertes, solides Einkommen verfügen und in der Folge in der Region bleiben oder wieder zurückziehen. Damit steigt der Bedarf an Wohnungen und sozialen Infrastrukturen. Entwicklungsprozesse sind vor allem durch hohe Gewerbesteuerereinnahmen finanzierbar, die durch die Entwicklung des GRAL ebenfalls erwünscht sind. Diese sozialen, ökologischen und ökonomischen Zielstellungen wurden aufgegriffen und durch mögliche durch die Etablierung des GRAL eintretende Entwicklungen ergänzt. Die Narrative fungierten als Diskussionsgrundlage für die Frage, ob bzw. inwiefern die Leitprinzipien des GRAL auch normative Orientierung und Impulse für die Entwicklung der Region bieten können.

Narrativ A – Das GRAL als Impulsgeber für die Strukturstärkung der umgebenden Region

Ausgangspunkt und Erwartung (Annahme): Die Ansiedlung „grüner“ Industrie und von „grünem“ Gewerbe auf dem GRAL führt zu verschiedenen Entwicklungen im Amt Peitz und darüber hinaus. Dies könnten sein

Wirtschaft:

- ▶ mehr Arbeitskräfte kommen/bleiben in der Region
- ▶ mehr Aufträge in der Region führen zur Stabilisierung des Mittelstandes und einer Steigerung der Wirtschaftskraft
- ▶ solide Einkommen führen zu steigender Konsumnachfrage, die im Onlinezeitalter bis auf Lebensmittel jedoch keine lokalen Effekte generiert

Mobilität:

- ▶ aufgrund der guten Erreichbarkeit des GRAL übernimmt der MIV im Berufsverkehr eine zentrale Rolle
- ▶ es kommt zu einer nachfrageorientierten Angebotsanpassung des ÖPNV
- ▶ gebietsnaher Ausbau des Radwegenetzes
- ▶ leichte Zunahme des Lkw-Verkehrs entlang der Hauptrouten

Technische Infrastruktur:

- ▶ Ringwasserleitung(en) werden eröffnet und sichern die stabile Trinkwasserversorgung der Region

Bevölkerung:

- ▶ Zuzug begünstigt eine regionale Stabilisierung der Bevölkerungsentwicklung

Wohnungsausbau:

- ▶ größere Städte in der Region profitieren
- ▶ Ausweisung neuer Wohngebiete und Überarbeitung von Flächennutzungsplänen
- ▶ Bau neuer Wohnungen, meist am Rand bestehender Siedlungsbereiche in Form von Einfamilienhäusern

Soziale Infrastruktur:

- ▶ Ausbau von Schulen, Kita, medizinischer Versorgung in Orten mit erhöhter Siedlungsnachfrage

Das Narrativ A stellt erwartbare Entwicklungen und realistische Veränderungen im Falle der Etablierung des GRAL in der Region dar. Es war vor diesem Hintergrund Basis der Entwicklung der Narrative B und C. Für die Diskussion im Stakeholderworkshop (Workshop LR 2) wurden darin die Entwicklungen hinsichtlich sozial-ökologischer Zielstellungen mehrstufig zuzuspitzen und das GRAL in seiner Bedeutung als Impulsgeber für diese Entwicklungen stärker betont. Das

Vorgehen zielte darauf ab herauszufinden, wie weit die Projektentwickler sich in der Verantwortung sehen, die selbst formulierten Prinzipien der nachhaltigen Gebietsentwicklung in die Region zu skalieren, welche Unterstützungen es dafür bräuchte und wo möglicherweise (unternehmerische) Risiken erkannt werden.

Narrativ B – Das GRAL als Impulsgeber, Unterstützer und „Einforderer“ von Kreislaufdenken und Nachhaltigkeit

Annahme: Das GRAL ist etabliert und bringt sich mit den eigenen Leitlinien in die Region ein. Beispiele sind...

Technische Infrastrukturen:

- ▶ es erfolgt ein Technologietransfer in Zweckverbände der Region, Pilotanlagen zur „weitergehenden“ Abwasserreinigung werden gebaut und betrieben
- ▶ dezentrale Stromspeicher werden mit Unterstützung der Unternehmen angelegt, Wärmespeicher betrieben
- ▶ weitere Windkraftanlagen werden errichtet, der Strom lokal vertrieben

Mobilität:

- ▶ Berufsverkehr wird auf wichtigen Linien mit eigenen Betriebsbussen ohne fossile Kraftstoffe bedient
- ▶ das GRAL stellt Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge bereit und bietet leichte(!) E-Fahrzeuge als „Dienstwagen“ an
- ▶ E-Bikes sind kostenlos für den Arbeitsweg nutzbar
- ▶ Fahrgemeinschaften werden gefördert
- ▶ die (neue) Gleisstrecke wird für Pendlerzüge geöffnet

Wohnungsbau:

- ▶ Bestandsflächen im Umfeld werden erworben und mit Betriebswohnungen bebaut
- ▶ Gebäudeprototypen für die Nutzung naturnaher Baustoffe aus der Region in Wohn- und Gewerbebau werden errichtet

Soziale Infrastruktur:

- ▶ das GRAL unterstützt/generiert Initiativen zum Aufbau sozialer Infrastruktur, wie z.B. Ärzte-Stipendien

Konsum/ Nutzerverhalten:

- ▶ Schulungen zu den Leitprinzipien Nachhaltigkeit, Energie- und Ressourceneffizienz werden etabliert
- ▶ Mitarbeitende, die sich zu den Leitlinien verpflichten, erhalten Vergünstigungen etc.
- ▶ regionale Produkte und Anbieter werden bevorzugt nachgefragt

Das dritte diskutierte Narrativ intensiviert und etabliert die Impulswirkung des GRAL. Es ist als eine Zuspitzung hinsichtlich ökologischer und sozialer Entwicklung anzusehen, die aus dem Industrie- und Gewerbegebiet heraus entstehen könnten.

Narrativ C – GRAL 2.0: Das GRAL wird zur Region – die Green Region Lausitz

Annahme: Das Industrie- und Gewerbegebiet prägt mit seinen Leitprinzipien maßgeblich das wirtschaftliche Handeln, das Leben der Bevölkerung einschließlich des Verwaltungshandelns in der Region. Beispiele sind...

Technische Infrastrukturen:

- ▶ grundlastorientierte Infrastrukturen sind aufgebaut, Lastspitzen werden dezentral bedient
- ▶ Wind und Solar liefern den Strom für die Region; Stromüberschüsse gehen in den Export
- ▶ Elektrolyseure und Speicher an lokalen Netzknoten dienen der Netzstabilisierung und der Wärmeversorgung
- ▶ Energie und Wasser werden quartiersbezogen in Kreisläufen organisiert

Mobilitätsbedarf aus Wohnen und Arbeiten:

- ▶ die Menschen wohnen nah am Arbeitsort, dies erlaubt kurze Wege und „einfache“ Verkehrsmittel
- ▶ der Berufsverkehr wird durch Unternehmen bereitgestellt und für ÖPNV geöffnet
- ▶ regenerativ betriebene Antriebe in ÖPNV und MIV sind etabliert; Angebote der Unternehmen haben dies forciert
- ▶ industriell notwendige Netzknoten von Schiene und Straße erlauben Gütertausch und Belieferung von Siedlungen

Wohnungsbau:

- ▶ Begrenzung/ Kappung der Flächenneuanspruchnahme in der Region
- ▶ Rückbau von ungenutzten/verzichtbaren Flächen
- ▶ Einspeisung von freigesetzten Baustoffen in lokale Neubauvorhaben
- ▶ Etablierung von Obergrenzen für Pro-Kopf-Wohnraum und Umzugsmanagement

Konsum/ Nutzerverhalten:

- ▶ das Angebot regionaler Produkte ist vielfältig und wird (insbesondere durch Unternehmen) nachgefragt
- ▶ der Pro-Kopf-Energiebedarf ist generell niedrig
- ▶ lokale Wertschöpfungsketten sind etabliert
- ▶ Produktnutzungsketten sind etabliert und werden zentral z.B. über Unternehmen vermittelt

In der Diskussion entlang der vorgestellten Narrative wurde klar, dass die Projektentwickler des GRAL eine klare Ansicht zu ihrer Rolle in der Region haben. Durch die Etablierung des Industrie- und Gewerbegebietes soll in ihren Augen die Zielstellung einer klimaneutralen Zukunft am Standort etabliert werden und sich als Idee in der Region verselbstständigen. Das GRAL könne als Impuls dienen und ökologische und soziale Nachhaltigkeit vorleben. Die Akteure legten in der Auseinandersetzung mit den Projektpartnern in TransIS viel Wert darauf, dass ihre Rolle als Industrie- und Gewerbegebiet Grenzen politischer oder gesellschaftlicher Einflussnahme nicht überschreiten solle. Besonders im Entwicklungsprozess finde viel öffentliche Kommunikation statt, was helfe, ein Verständnis für die Zielstellungen der Projektentwickler in der Amtsverwaltung und der Bevölkerung aufzubauen. In der Region sei eine steigende Zustimmung durch die Bevölkerung und in den kommunalen Gremien zu erleben. Ein umgesetztes GRAL könne möglicherweise als Blaupause dienen und anderen Gewerbe- und Industriestandorten mit nachhaltigem Anspruch Hilfestellung bieten.

5.1.4 Zentrale Ergebnisse

Die Untersuchung des GRAL bietet Erkenntnisse hinsichtlich nachhaltiger Infrastrukturentwicklungen im Kontext des geplanten Industrie- und Gewerbegebietes, seiner ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit und der Zielstellung einer klimaneutralen Produktion. Mit der Untersuchung konnte deutlich nachvollzogen werden, dass soziale und ökologische Nachhaltigkeitskriterien mit der Entwicklung des GRAL vereinbar sind. Dabei ist es für die Forschungsperspektive in TransIS wichtig, das GRAL stets als investorengetriebene Entwicklung eines Industrie- und Gewerbegebiets zu begreifen, welches ökonomische Ziele verfolgt und durch die formulierten ökologischen Anforderungen Investoren und Unternehmen mit ökologischem Anspruch und Geschäftsmodellen im Bereich erneuerbare Energien und Ressourceneffizienz anspricht. Positive ökologische und soziale Effekte sind explizit gewollt und werden unterstützt. Die Rolle des GRAL als Entwicklungsimpuls für eine an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Regionalentwicklung wird durch die Projektentwickler mitgetragen, soweit sich daraus ein Bezug zu seinem wirtschaftlichen Interesse herstellen lässt.

Die konsequent an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Entwicklung der Konversionsfläche zu einem Industrie- und Gewerbegebiet steht in diesem Fall nicht im Widerspruch zu wirtschaftlichen Zielen von Projektentwicklern. Eine konsequente Einforderung des Anspruches einer nachhaltigen Gebietsentwicklung kann nach Einschätzung der Investoren des GRAL die Vermarktung der Flächen sogar befördern.

Die Verknüpfung von Stoff- und Energieströmen in Industrie- und Gewerbegebieten reduziert den Ressourceneinsatz zur Bereitstellung von Stoffen und Energie. Diese ist technisch möglich und wird von den Unternehmen mit Ansiedlungsinteresse nachgefragt. Damit dies gelingt, bedarf es einer unternehmensübergreifenden Koordination von Energie- und Stoffströmen sowie deren Synchronisation im In- und Output der Produktionsprozesse. Diese Koordinationsaufgabe könnte im Fallbeispiel des GRAL durch die Entwicklungsgesellschaft und in Eigenleistung etabliert werden, und sie geht über eine rein administrative Koordination hinaus.

Im Kontext der Entstehung des GRAL sind Infrastrukturentwicklungen zu erwarten, die auch die Region nachhaltig beeinflussen, wie z.B. ein mögliches regionales versorgungsnetzübergreifendes Konzept zur resilienten Trinkwasserbereitstellung. Auf nachhaltige Entwicklung ausgerichtete Initialprojekte („Anker“) können die nachhaltige Entwicklung einer Region befördern bzw. deren Resilienz stärken, weil sie zum einen Infrastrukturen aufbauen, von der das Umfeld profitiert und zum anderen dabei helfen können, ein Grundverständnis im nachhaltigen Umgang mit Ressourcen bei Entscheidungsträgern und künftigen Arbeitnehmern zu etablieren. Das GRAL-

Konzept hat hierbei auch das Potenzial, auf Ebene eines Demonstrationsvorhabens zu unterstützen.

Aus der Arbeit am konkreten Fallbeispiel GRAL und den lokalen Akteuren ist deutlich geworden, dass in der Region ein starkes regionales Bewusstsein vorhanden ist, das sich auf die Identität als Braunkohleregion stützt. Für einen erfolgreichen Strukturwandel ist es hilfreich, wenn Arbeitsplätze in der Kohleindustrie durch Projekte wie das GRAL substituiert werden können, die eine ähnliche prägende Rolle für eine Region einnehmen können. Die Bedeutung, Arbeitnehmenden eine Perspektive zu bieten, die das Zusammengehörigkeitsgefühl als Region unterstützt, wird in Leitbildern und Konzepten des Lausitzer Reviers immer wieder betont. Auf dem GRAL siedeln sich Unternehmen bzw. Arbeitgeber an, die ökologische und sozial nachhaltige Ziele verfolgen.

Für die Umsetzung derartiger Entwicklungsvorhaben wie das GRAL bedarf es langer Vorlauf- und Planungszeiten. Die Planungsphase nimmt bis zur Schaffung von Baurecht und der infrastrukturellen Voraussetzungen in der Regel mehrere Jahre in Anspruch. Oft bedarf es seitens der Projektentwickler eines großen finanziellen und personellen „Durchhaltevermögens“. Im Fall des GRAL war dieses bei der privatwirtschaftlichen Entwicklungsgesellschaft gegeben und drückte sich auch in Form eines hohen Ambitionsniveaus und in eigenen Vorleistungen aus.

Das Beispiel GRAL zeigt weiterhin, dass der Kommunikation eine zentrale Bedeutung zukommt. Vertreter*innen der Entwicklungsgesellschaft berichteten in den Stakeholder-Workshops, dass derartigen Großprojekten anfänglich erhebliches Misstrauen bei Bürger*innen, Verwaltungen, lokalen Infrastrukturunternehmen und den potenziell zur Ansiedlung zu gewinnenden Unternehmen entgegengebracht wird. Dieses anfängliche Misstrauen konnte bis zum Untersuchungszeitpunkt in eine durchaus positiv zu bewertende neutral-abwartende Haltung und Mitwirkungsbereitschaft der lokalen Akteure überführt werden. Maßgeblich waren hierfür nach Einschätzung aller Akteure beider Seiten unzählige Gespräche (sowohl bilateral als auch „in großer Runde“) auf allen Akteursebenen, die stringent Grundprinzipien einer offenen und transparenten Kommunikation folgten. Der Kommunikationsprozess war durch Nachvollziehbarkeit der Schritte und Argumentationen, Transparenz der Entscheidungen, Nahbarkeit und Ansprechbarkeit der Entwicklungsgesellschaft auf Augenhöhe und nicht zuletzt durch die klare Grundhaltung der entscheidenden Personen geprägt.

Und schließlich ist die Unterstützung durch die kommunale Verwaltung erforderlich. Entwicklungsmaßnahmen erfordern Rückhalt in Politik und Verwaltung. Das schnelle Handeln seitens der hier zuständigen Administration hat die zeitnahe Herstellung von Baurecht sowie die für die Gebietsentwicklung wichtigen Impulse der Erschließung befördert.

5.2 Mitteldeutsches Revier: Entwicklungsoptionen regionaler Bestandsinfrastrukturen im Südraum Leipzig – Alternative Nutzungen von Schienennebenstrecken

5.2.1 Ausgangssituation

Das Mitteldeutsche Revier ist das kleinste der noch aktiven drei Braunkohlereviere in Deutschland. Es handelt sich hier um einen strukturell heterogenen Wirtschaftsraum mit unterschiedlichen Branchen. Auch wenn nur sehr wenige Beschäftigte direkt oder indirekt in der Braunkohleindustrie arbeiten (Wörlen et al., 2017), ist der angestoßene Strukturwandel auch im Mitteldeutschen Revier emotional aufgeladen. Der eingeleitete Strukturwandel wird mit dem in den Nachwendejahren bereits durchlebten „Strukturbruch“ in Verbindung gebracht, der in Expert*innen-Interviews auch wiederholt als einschneidende Erfahrung für die Menschen im Revier und mit

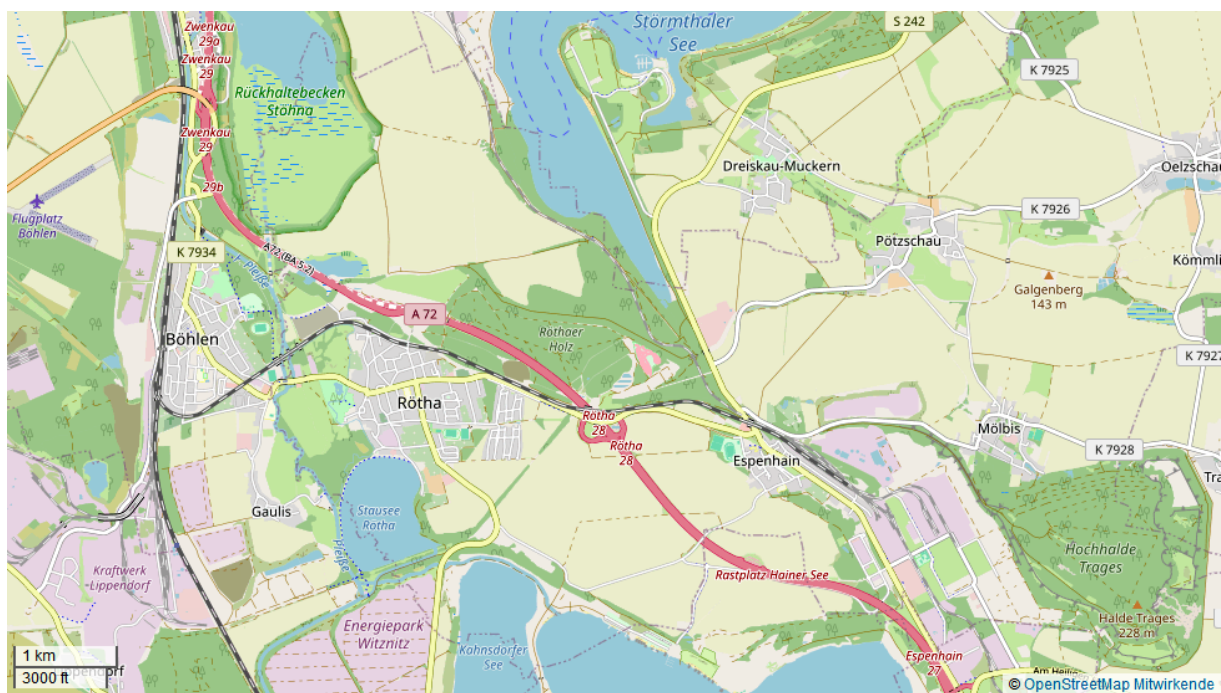
weitreichenden Folgen für die Region (z.B. Bevölkerungsrückgang) bezeichnet wurde (s. Kap. 4.2).

Der im Mitteldeutschen Revier ausgewählte Untersuchungsraum liegt südlich der Stadt Leipzig im Gebiet der Gemeinden Böhlen, Rötha und Espenhain und fokussiert eine bestehende Bahntrasse. Im Untersuchungsraum selbst befindet sich zum Zeitpunkt der Erarbeitung der Fallstudie im Jahr 2023 ein Integriertes Stadtentwicklungskonzepts (INSEK) in Rötha in Erarbeitung. In diesem Zusammenhang wird der Wunsch der Bevölkerung nach einem Bahnanschluss artikuliert: Die Bevölkerung fühle sich in den Gemeinden Rötha und Espenhain vom ÖPNV/SPNV abhängig. Zudem soll der Industriepark Espenhain mit gewerblichen Neuansiedlungen weiterentwickelt werden. Dieser könnte von einer besseren und umweltfreundlichen Erreichbarkeit für die Arbeitskräfte profitieren. In der Region besteht ein Flächendruck aufgrund von Gewerbeansiedlungen und dem Ausbau flächenextensiver erneuerbarer Energien (Freiflächen-PV-Anlagen).

Die Gemeinden Böhlen, Rötha und Espenhain hoffen als Wohnstandort zukünftig an Attraktivität gewinnen zu können, wenn z.B. Arbeitnehmer*innen im Zuge veränderter Arbeitswelten (Homeoffice) nicht mehr täglich nach Leipzig pendeln müssen. Zumal die Orte Espenhain, Rötha und die angrenzenden Dörfer auch wegen der Nähe zu den Seen in der Bergbaufolgelandschaft an Attraktivität gewonnen haben. Die Region insgesamt verzeichnet nach Jahren des Wegzugs und Rückgangs der Bevölkerungszahlen wieder punktuellen Zuzug und Wachstum. Ein funktionierender Bahnanschluss wäre ein Impuls, um Wohnen bzw. eine weitere Zunahme der Bevölkerung in den Gemeinden angebunden an umweltfreundliche Mobilität zu entwickeln.

In diesen übergreifenden Kontext des Strukturwandels im Mitteldeutschen Revier bettet sich das von der Zukunftsstiftung Südraum Leipzig in Kooperation mit den Kommunen Böhlen und Rötha initiierte Vorhaben „Pilotbetrieb für SPNV als On-Demand-Angebot auf der Nebenstrecke Böhlen-Espenhain („SODAN“)“ (Metropolregion Mitteldeutschland, 2022) ein. Bahnnebenstrecken wie die zwischen Böhlen und Espenhain sind durchaus typisch für den Leipziger Südraum und finden sich in vergleichbarer Weise mehrfach in der Region. Das Entwicklungsvorhaben zielt auf eine Weiter- und Umnutzung einer bestehenden Cargo-Werksbahn für den Schienen-Personenverkehr ab und soll eine Anbindung der Gemeinden Böhlen, Rötha und Espenhain an das Schienennetz-System in der Region Leipzig (S-Bahnanschluss am Bahnhof Böhlen) ermöglichen.

Abbildung 15: Der Untersuchungsraum im Mitteldeutschen Revier mit dem Verlauf der Schienenstrecke Böhlen-Rötha-Espenhain



Quelle: OpenStreetMap, lizenziert unter der Open Data Commons Open Database-Lizenz (ODbL)

5.2.2 Gegenstand der Fallstudie¹²

Die Region um Rötha und den Industriepark Espenhain befindet sich in einer Phase dynamischer Regionalentwicklung, die im Einzugsbereich der Stadt Leipzig von einem starken Zuzug und einem spürbaren Wachstum geprägt ist. Ein zentraler Faktor in diesem Kontext ist die Anbindung an den regionalen Bahnverkehr sowie die Strukturen des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) und des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV). Der Wunsch der Bevölkerung nach einem Bahnanschluss, der im Erarbeitungsprozess des Integrierten Stadtentwicklungskonzepts (INSEK) Rötha¹³ zum Ausdruck gekommen ist, unterstreicht die Bedeutung dieser Anbindung für die Lebensqualität und Attraktivität der Region (Aussage Teilnehmender Projektworkshop 16.05.2023). Die Weiterentwicklung des Industrieparks Espenhain, insbesondere durch Neuansiedlungen, soll maßgeblich zum regionalen Wachstum beitragen. Die gute Erreichbarkeit durch den ÖPNV stellt einen entscheidenden Standortvorteil dar. Ein weiterer Standortfaktor sind die örtlichen Arbeitskräfte, die aus der Energiewirtschaft kommend ein ausgeprägtes technisches Grundverständnis mitbringen und vielfältig einsetzbar sind.

Mit dem Entwicklungsvorhaben SODAN ist eine Doppelnutzung des existierenden Schienestrangs von Böhlen über Rötha nach Espenhain (Industrie- und Gewerbegebiet) für Cargo- und Personenbetrieb geplant. Im Kern geht es um die Umnutzung einer bestehenden Infrastruktur mit Potenzial auch auf regionaler Ebene und möglichen Impulsen für die Bestandsentwicklung im Kontext Raumentwicklung und Wohnen.

¹² Die folgenden Daten zur Ausgangssituation und zum Projekt SODAN wurden auf Grundlage von Grauer Literatur, zum Teil nicht veröffentlichten Projektunterlagen sowie Hinweisen der Projektpartner und weiterer lokaler Akteure im Rahmen eines Projektworkshops (16.05.2023, Mehrgenerationenhaus Rötha) zusammengetragen.

¹³ Informationen zum INSEK in Rötha unter <https://www.roetha.de/wirtschaft-und-bauen/stadtentwicklung/> (zuletzt aufgerufen: 18.03.2025)

Besondere Merkmale und Ziele des Vorhabens sind:

- ▶ Mit dem Ansatz eines autonom fahrenden Gefäßes im On-Demand-Betrieb bietet das Vorhaben die Option für den Einsatz eines innovativen Mobilitätssystems für die (vor)letzte Meile.
- ▶ Der On-Demand SPNV fungiert als Pilotvorhaben zur Erschließung des suburbanen und ländlichen Raums über Nebenstrecken.
- ▶ Es geht um den Erhalt der Anbindung des bestehenden Gewerbegebiets (Güterverkehr) und die zusätzliche Nutzung im Personenverkehr insb. auch zur verkehrlichen Anbindung der Seen und Naherholungsgebiete/ Freizeiteinrichtungen.
- ▶ Das Vorhaben eröffnet die Möglichkeit zur Erprobung alternativer Antriebskonzepte für Nebenstrecken wie z.B. Wasserstoff-Zug, Batterie-elektrischer Zug (keine bestehenden Oberleitungen).

Das Besondere des Projekts ist die Mischform von Cargo- und Personenbahn auf einer eingleisigen Strecke. Für den Güterverkehr ist die Strecke mit ca. fünf Fahrten pro Tag derzeit in Betrieb. Im Zusammenhang mit dem Bahnprojekt ist die Machbarkeitsstudie von 2016/2017 der Metropolregion von besonderem Interesse. Sie kam zu dem Ergebnis, dass ein Regel-ÖPNV-Betrieb nicht wirtschaftlich sei, was die Finanzierung und Wirtschaftlichkeit zu kritischen und offenen Punkten der Realisierung macht (Metropolregion Mitteldeutschland, 2022). In der Studie wurden unterschiedliche Betriebsvarianten verglichen, darunter ein regelmäßiger Linienbetrieb, die innovative Variante „Sodan“ mit On-Demand- und automatisierten Fahrten sowie eine touristische Nutzung der Bahnstrecken.

Eine von der Metropolregion Mitteldeutschland initiierte Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass „(u)nter Berücksichtigung der Investitionskosten in Höhe von 7,8 Mio. Euro, den Fahrgast Potenzialen und den Reisezeiteinsparungen (...) die S-Bahn-Verlängerung [von Böhlen] bis nach Espenhain wirtschaftlich nicht tragfähig [ist]“ (Metropolregion Mitteldeutschland, 2022, S. 6). Ein Regelbetrieb im SPNV ist nicht wirtschaftlich und nicht darstellbar.

Dem gegenüber liegen besondere Potenziale der Projektidee SODAN im On-Demand-Betrieb, dem autonomen Fahren und dem KI-gestützten System, das selbstlernend die Fahrten auf der Strecke optimiert. Über die eigentliche Funktion auf der Bahnstrecke Böhlen – Espenhain hinaus könnte mit dieser Variante das Vorhaben als innovativer Technikansatz für den Betrieb alter Werksbahntrassen Impulse setzen und auch im Ausbildungswesen in der Region neue Themen platzieren (z.B. Verknüpfung zum Berufsschulfahrplan, als Lehrojekt in die Weiterbildung aufnehmen).

Eine betriebsbereite Bahn-Nebenstrecke wie in diesem Fall ist für Anschlussbahnen als Erprobungsfeld für gleisbasierte Verkehrsinnovationen im suburbanen Raum besonders attraktiv. Autonome On-Demand-Angebote als Erste- bzw.- Letzte-Meile-Zubringer zum liniengebundenen Verkehr können sich schrittweise zuerst mit Fahrpersonal und später hochautomatisiert etablieren lassen. Hier setzt das Pilotvorhaben an. Für das Projekt lassen sich folgende strategische Argumente hervorheben:

1. Ein konventionelles Schienenfahrzeug bietet durch Qualifizierung zum hochautomatisierten Fahren in der Region ein eigenes Wertschöpfungspotenzial.
2. Der integrierte On-Demand-Betrieb ist besonders geeignet zur Wiederbelebung der in der Region typischen Nebenstrecken (mit unregelmäßiger und z.T. geringer Nachfrage).
3. Die kleinmaßstäbliche Ausdehnung ermöglicht einen Nebenstreckenbetrieb auch in kommunaler bzw. gemeinwohlorientierter Trägerschaft.

Insbesondere der On-Demand-Betrieb in Kombination mit autonomem Fahren und KI-gestützten Systemen wird als vielversprechender und innovativer Technikansatz betrachtet, um alte Werksbahntrassen zu nutzen und den Verkehr effizienter zu gestalten. Hier könnte eine technologische Vorreiterrolle übernommen werden, die das Potenzial der Region weiter entfaltet.

Engagierte Akteure wie der Bürgermeister von Rötha, die Zukunftsstiftung Südraum Leipzig, der Landkreis Leipzig und der DGB Sachsen treiben das Projekt voran. Sie fungieren als Vernetzer, Motivatoren und treibende Kräfte hinter den Bemühungen, die Region zukunftsfähig zu gestalten. Allerdings zeigt sich der private Bahn- und Streckenbetreiber bislang reserviert und nicht in die Planungen eingebunden. Das stellt eine Herausforderung dar, die es zu überwinden gilt, um das Potenzial des Projekts zu entfalten.

5.2.3 Beiträge und Impulse des Vorhabens TransIS

Ziel von TransIS ist die Untersuchung unterschiedlicher Szenarien der Infrastrukturgestaltung, um daraus Rückschlüsse für eine umwelt- und sozialverträgliche Ausgestaltung von Infrastrukturen ableiten zu können. Zu Beginn des Austauschs über das Entwicklungsvorhaben lag der Fokus stark auf der Frage nach den geeigneten Betriebsvarianten für die Reaktivierung bzw. -nutzung der Schienentrasse mit Blick auf die Antriebstechnik und die mögliche Integration von Künstlicher Intelligenz sowie On-Demand-Systemen. Ein zentraler Aspekt der Diskussionen war der von TransIS angestrebte Vergleich der Umweltwirkungen der verschiedenen Optionen. Es zeigte sich, dass ein quantitativer Vergleich der Umweltwirkungen der einzelnen Optionen methodisch nur vereinfacht durchgeführt werden konnte.

Mit Blick auf das Erkenntnisinteresse von TransIS wurden verschiedene Szenarien möglicher infrastruktureller Gestaltungsoptionen erarbeitet und deren Umweltpotenziale abgeschätzt. Die Umweltpotenziale innovativ vernetzter Infrastrukturen, die beispielhaft für diesen Untersuchungsraum abgeschätzt werden können, wurden aus dem Betrieb der Strecke mittels eines Batterie-elektrisch angetriebenen Schienengefäßes abgeleitet. Die Szenarien berücksichtigen die notwendigen infrastrukturellen Anpassungsbedarfe entlang der Strecke (z.B. Ausbau von Haltepunkten), die für eine erfolgreiche Realisierung von zentraler Bedeutung sind. Da es sich um die Um- bzw. Weiternutzung einer bestehenden Schieneninfrastruktur handelt, ist der Schienenstrang als solcher nicht in die Bilanzierung eingegangen.

Das Hauptaugenmerk lag auf der Abschätzung der Umweltpotenziale des Vorhabens SODAN im Vergleich zur Mobilität auf Basis des Motorisierten Individualverkehrs (MIV). Dem Betrieb der Strecke mit Annahmen über Fahrgastaufkommen und Fahrten wurden vermiedene Fahrten mit einem Kfz gegenübergestellt. Dazu wurden die Kennwerte von Umwelteffekten von Verkehrsrarten aus der Literatur (Allekotte et al., 2020) entnommen und plausible Modifikationen der SPNV-Kennwerte zur Abbildung der Wirkungen des SODAN-Projektes und der Kennwerte der alternativ im Anwendungsfall nutzbaren Verkehrsmittel eingeführt (s. hierzu die Grafiken in Anhang G). Analysiert wurden in Anlehnung an die in RELIS angewendeten Indikatoren (Trapp et al., 2017) der Energieverbrauch (KEA), Ressourceneinsatz (KRA), Treibhausgasemissionen (THG) und Flächenbedarf. Dies erfolgte anhand von drei definierten „Usecases“, die unterschiedliche Nutzer-Typen repräsentieren¹⁴. Diese Analysen sollten Impulse für die konzeptionelle Weiterentwicklung der Projektidee „SODAN“ setzen und dazu beitragen, die ökologische und ökonomische Effizienz des Vorhabens zu optimieren.

¹⁴ 1) Berufsschüler pendeln zwischen Espenhain und der Berufsschule in Böhlen, 2) Berufstätige aus Leipzig pendeln zwischen dem Gewerbegebiet Espenhain und Leipzig, 3) Touristen auf Wochenendausflug in der Region

Neben diesen quantitativ angelegten Analysen wurden Narrative der Raumentwicklung als qualitativer methodischer Ansatz in die Diskussion mit den Akteuren vor Ort eingebracht.

5.2.4 Zentrale Ergebnisse

5.2.4.1 Abschätzung der Umweltpotenziale

Das Ergebnis der Analysen ist aufgrund der hohen bidirektionalen Abhängigkeiten beim Mengengerüst lediglich zur qualitativen Bewertung geeignet. Folgende Annahmen zum infrastrukturellen Anpassungsbedarf entlang der Schienentrasse wurden getroffen:

Böhlen:

- ▶ Umstiegsmöglichkeit am Bahnhof Böhlen muss errichtet werden
- ▶ Brücke und Bahnsteig >> Umstiegszeit durch Wege ca. 5-10 min
- ▶ optional ist Haltepunkt am Berufsschulzentrum Böhlen zu errichten

Rötha:

- ▶ Haltepunkt „Alter Bahnhof“ in Rötha muss baulich ggf. beidseitig angepasst werden (bisher kein moderner Bahnsteig, nicht barrierefrei)
- ▶ optional muss Haltepunkt „Rötha Ost“ baulich errichtet werden

Espenhain:

- ▶ optional muss Haltepunkt „Espenhain Netto“ (höhe alter Bahnhof) neu errichten werden (Böschung!! Keine Parkierung möglich)
- ▶ optional muss Haltepunkt „Espenhain FFW“ neu errichtet werden (Parkierung ggf. möglich)
- ▶ Haltepunkt „Espenhain Straße des Friedens“ muss baulich errichtet werden (Parkierung möglich, Eigentum ungeklärt)

Ergebnisse zum Usecase 1: Berufsschüler aus Espenhain fahren zur Berufsschule in Böhlen

Wegstrecke mit dem Schienenfahrzeug:

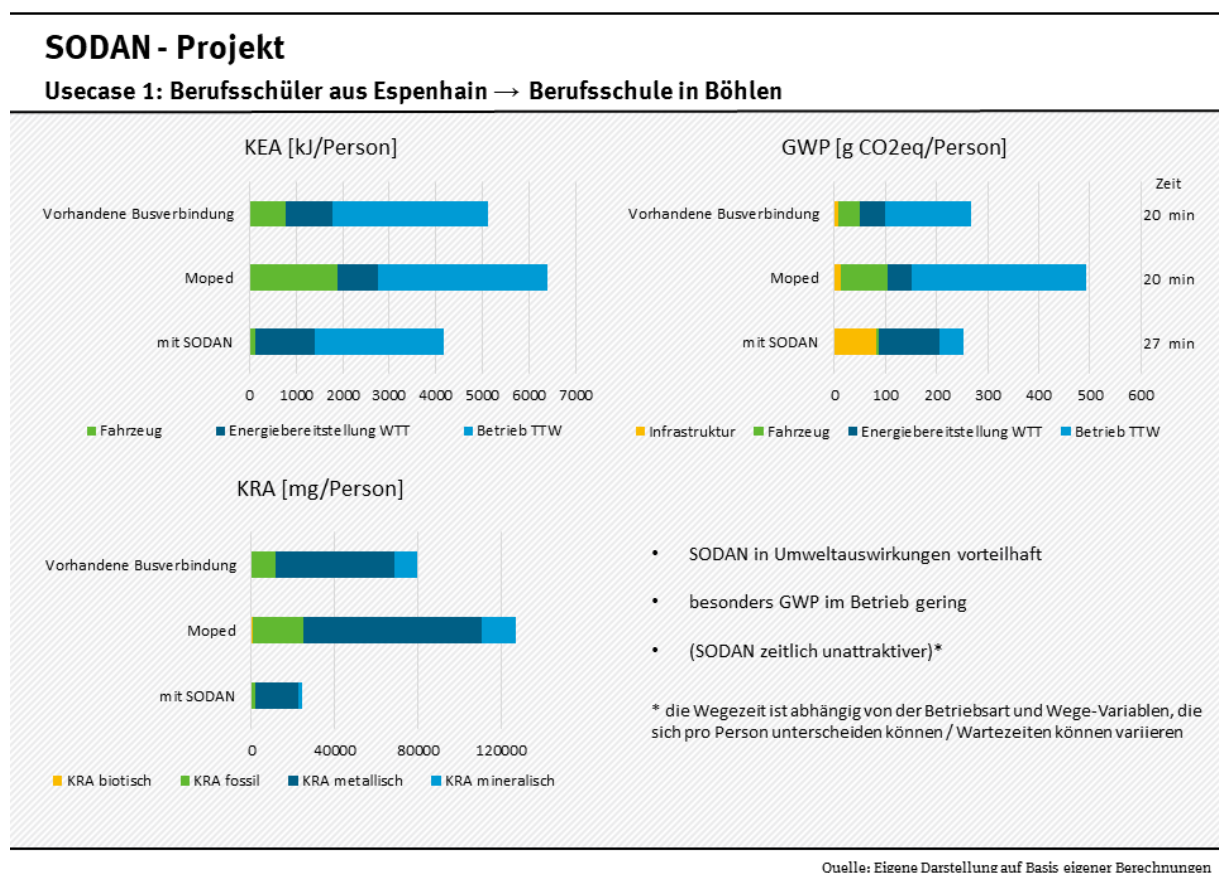
- ▶ zu Fuß von zuhause zum Haltepunkt 0,9 km | 10 min (Anforderung SODAN)
- ▶ Warten am Haltepunkt | 5 min
- ▶ Fahrt nach Böhlen – Berufsschule 6,5 km | 9-10 min
- ▶ Laufen bis Berufsschule 0,3 km | 4 min

Insgesamt 7,7 Personenkm (Pkm) mit einer Dauer von 27 min

Alternativen:

- ▶ Moped/ Auto: 6 Pkm | 10-20 min
- ▶ ÖPNV: 6 Pkm | 18-20 min

Abbildung 16: Umweltpotenziale des Usecase 1 im Vergleich



Ergebnisse zum Usecase 2: Fahrt zur Arbeit von Leipzig in das Gewerbegebiet Espenhain

Wegstrecke mit dem Schienenfahrzeug:

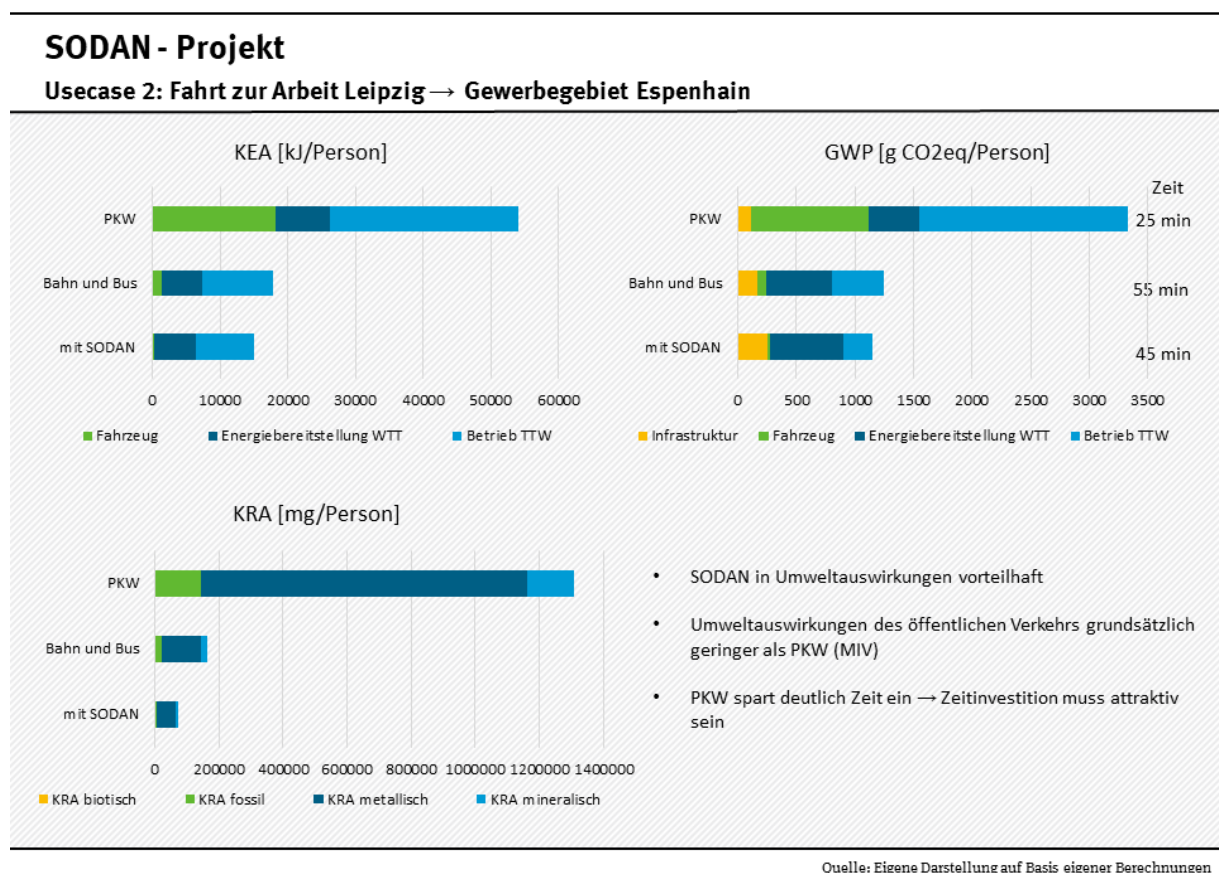
- wohnhaft in Leipzig-Connewitz
- zu Fuß zum S-Bahnhof Leipzig-Connewitz 0,75 km | 10 min
- Warten auf S-Bahn | 5 min
- Fahrt nach Böhlen (Anforderung SODAN) 11,25 km | 15 min
- Umsteigen auf SODAN – Warten | 5 min
- Fahrt nach Espenhain 8,0 km | 9-10 min
- Fußweg zum Arbeitsplatz 0,35 km | 5 min

Insgesamt 20 Pkm mit einer Dauer von 45 min

Alternativen

- Alternative ÖPNV ab S-Bahnhof Böhla: 20,5 Pkm | 55 min
- Alternative Auto ab Leipzig-Connewitz: 20-25 Pkm | 25-30 min

Abbildung 17: Umweltpotenziale des Usecase 2 im Vergleich



Ergebnisse zum Usecase 3: Tourist*innen auf Wochenendausflug

Wegstrecke mit dem Schienenfahrzeug: Ziel des Ausflugs: Radtour und SODAN nutzen

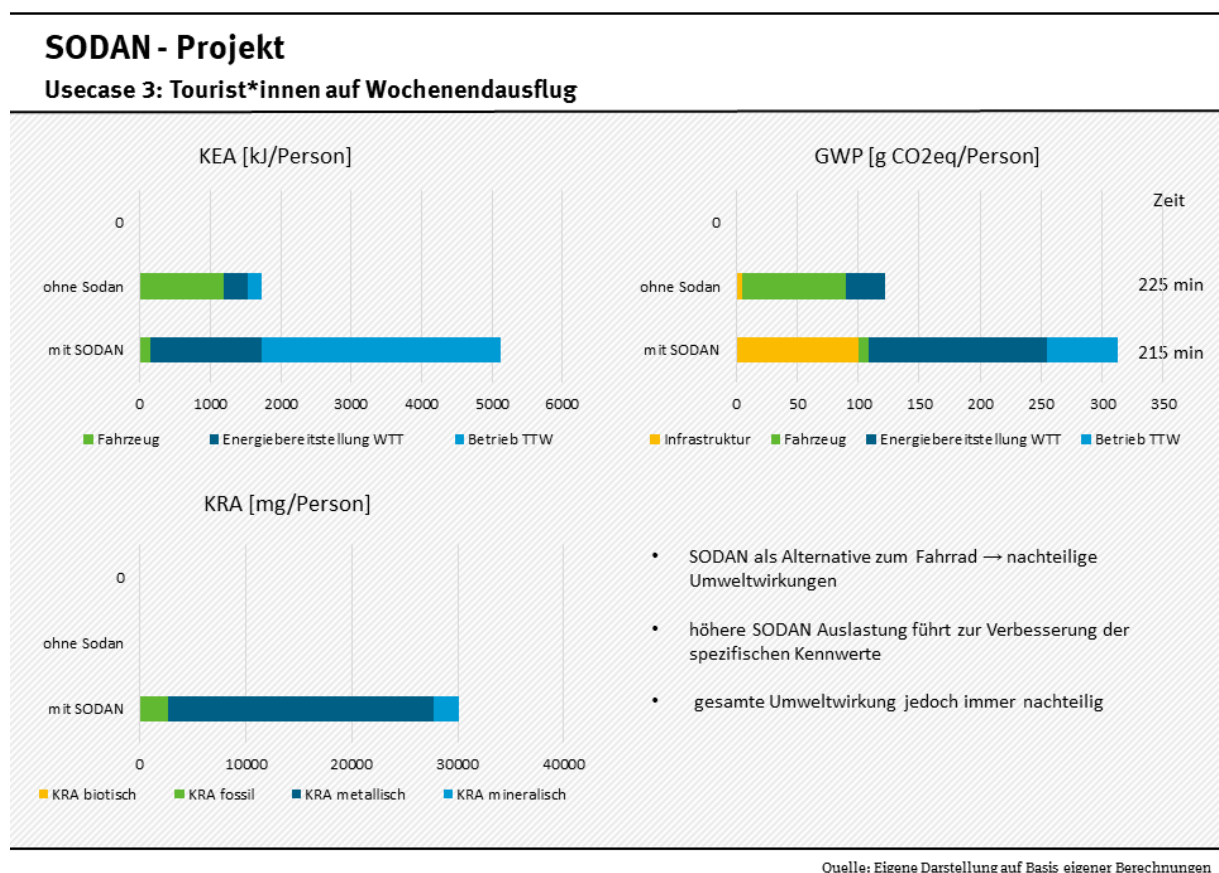
- ▶ Ab Leipzig Fahrt nach Böhlen (S-Bahn) 16,5 km | 25 min
- ▶ Radtour Böhlen Bhf – Stausee Rötha – Kahnsdorfer See – Hainer See – Haubitzer See – Espenhain (Anforderung SODAN) 21 km | 150 min (inklusive Pausen)
- ▶ SODAN-Fahrt nach Böhlen 8,0 km | 9-10 min
- ▶ Warten auf S-Bahn | 5 min
- ▶ Fahrt S-Bahn nach Hbf Leipzig 16,5 km | 25 min

Insgesamt 61 Pkm mit einer Dauer von 215 min

Alternative

- ▶ Rad bis S-Bahnhof Böhla 61 Pkm | 225 min

Abbildung 18: Umweltpotenziale des Usecase 3 im Vergleich



Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das SODAN-Projekt gegenüber dem MIV (Pkw und Motorrad) bei den von TransIS unterstellten Einsatzbedingungen grundsätzlich geringere personenbezogene Umweltwirkungen aufweist. Gegenüber dem öffentlichen Busnahverkehr ist das Ergebnis aufgrund der Unschärfe der Ergebnisse nicht eindeutig. Es ist davon auszugehen, dass ein Busnahverkehr und der schienengebundene Verkehr sich hinsichtlich der Umweltwirkungen angleichen. Durch optimierte Streckenführungen kann der Bus künftig ggf. Vorteile generieren. Die zentrale Variable für die Höhe der Umweltpotenziale ist die Auslastung der Verkehrsmittel und Infrastruktur. Die hier für das Vorhaben SODAN angenommene mittlere Auslastung von 27% ist aufgrund der geringen Anzahl potenzieller Fahrgäste im unmittelbaren Einzugsgebiet (600 m-Radius) nur durch überregionale Pendlerbewegungen erreichbar. Dies spricht für eine Ausrichtung des Entwicklungsvorhabens SODAN auf diese Nachfragegruppe.

5.2.4.2 Narrative der Raumentwicklung

Das Entwicklungsvorhaben SODAN (schienengebundener Personenverkehr, Ertüchtigung der Strecke und Haltepunkte, autonom fahrend und im On-Demand-Betrieb) wurde in sechs unterschiedliche Narrative einer nachhaltigen Raumentwicklung eingebettet. Diese Narrative dienen als Kulisse, um die infrastrukturellen Maßnahmen in einen größeren, zukunftsorientierten Kontext zu stellen und die langfristigen Auswirkungen auf die Region zu berücksichtigen. So wird sichergestellt, dass die infrastrukturellen Anpassungen nicht nur kurzfristig wirksam sind, sondern auch langfristig zur nachhaltigen Entwicklung des Raumes beitragen und mögliche alternative positive Zukunftsbilder vermitteln.

Vor dem Hintergrund der Ausgangssituation im Mitteldeutschen Revier, den Rahmenbedingungen im Untersuchungsraum entlang der Bahnstrecke Böhlen – Espenhain und dem spezifischen

Projektansatz hat das Vorhaben TransIS folgende Themen für Narrative einer nachhaltigen Regionalentwicklung identifiziert:

- ▶ Industriekultur und Energielandschaft
- ▶ Arbeitsplätze und Gewerbegebiet
- ▶ Innovationsschub, KI und Wertschöpfung
- ▶ attraktiver Wohnstandort
- ▶ Naherholung und Tourismus
- ▶ Hainer See – Beispiel und Kristallisationspunkt räumlicher Transformation

Das Projekt SODAN bzw. die Bahnstrecke wird als räumlicher Anker verstanden, an dem entlang bzw. in funktionaler Verbindung mit dem Vorhaben in einem breiteren Kontext Zukunftsbilder für die Entwicklung regionaler Infrastrukturen im Sinne einer sozialökologischen Transformation skizziert und mit den lokalen Akteuren diskutiert werden können.

„Von der alten zur neuen Energielandschaft“ (Industriekultur und Energielandschaft)

Der Südraum Leipzig bleibt auch in Zeiten des Wandels eine bedeutende Energieregion, tief verwurzelt in seiner Bergbaugeschichte, die einen wichtigen Teil der regionalen Identität ausmacht. Die Landschaft ist geprägt von großflächigen Tagebaurestlöchern und industriellen Artefakten, wie dem markanten Kraftwerk Lippendorf, das als Orientierungspunkt und Identifikationsobjekt in der Region erhalten bleibt.

Die Umgestaltung dieser Landschaft zielt weniger darauf ab, das ursprüngliche Landschaftsbild wiederherzustellen, sondern vielmehr auf die Schaffung einer neuen Energielandschaft. Erste Ergebnisse dieses Transformationsprozesses sind bereits sichtbar: geflutete Tagebaurestlöcher, die nun als Seen genutzt werden, die Hochhalde Kitzscher-Trages und der Solar-Energiepark Witznitz sind Beispiele für diese Neugestaltung.

Die Bevölkerung der Region ist durch ihre Geschichte mit stetigen Veränderungen vertraut und kann daher den aktuellen Wandel besser bewältigen als andere Regionen. Ein zentraler Bestandteil dieser Transformation ist das Masterplanverfahren „Neue Energielandschaft Grüne Pleiße“, das in Zusammenarbeit der Gemeinden Böhlen, Rötha und Neukieritzsch entwickelt wird. Ziel ist es, eine nachhaltige und zukunftsorientierte Energielandschaft zu schaffen.

Gleichzeitig gibt es Bestrebungen, die Region als Internationale Bauausstellung (IBA) zu gestalten, um die besondere Bedeutung und das Potenzial der Region hervorzuheben. Allerdings zeigt sich in der Praxis, dass die Ausweisung von Flächen für Photovoltaikanlagen oft unkoordiniert erfolgt, was zu Unzufriedenheit in der Bevölkerung führt. Bürgerbegehren zeichnen sich ab, da eine bessere Abstimmung und Koordination beim Ausbau erneuerbarer Energien gefordert wird. Während die Steuerung von Photovoltaikanlagen auf kommunaler Ebene erfolgt, liegt die Planung von Windenergieanlagen in der Hand der Regionalplanung. Eine Abstimmung zwischen diesen Ebenen ist notwendig, um den Flächenbedarf und den steigenden Energiebedarf in Einklang zu bringen.

Zusätzlich zum Ausbau erneuerbarer Energien entstehen in der Region neue Industriezweige, wie das Kunststoffrecycling-Unternehmen in Böhlen-Lippendorf und die Produktion von grünem Kerosin bei Dow Chemicals, die den Energiestandort weiter stärken und diversifizieren.

Insgesamt steht der Südraum Leipzig vor der Herausforderung, den steigenden Energiebedarf zu decken, ohne die Belastung der Landschaft durch die Ausweitung von Photovoltaik- und Windkraftanlagen zu überstrapazieren. Eine sorgfältige regionale Planung und Koordination sind erforderlich, um die Balance zwischen Energieproduktion, Landschaftsgestaltung und den Interessen der Bevölkerung zu gewährleisten.

„Mit Bahn & Rad durch eine Landschaft im Wandel“ (Naherholung und Tourismus)

Die ehemaligen Bergbauflächen des Südraums von Leipzig, einst pulsierende Zentren der Kohleförderung, erleben heute eine Renaissance als „Herz des Reviers“. Diese Gebiete sollen nicht nur bewahrt, sondern für die breite Bevölkerung neu erschlossen werden. Im Mittelpunkt steht das SODAN-Projekt, das symbolisch den Weg in eine neue Ära markiert: Die geplante Verlängerung der S-Bahn führt tief in den ehemaligen Braunkohletagebau hinein und macht die Transformation der Region spürbar. Diese Anbindung schafft nicht nur eine direkte Verbindung, sondern auch einen Zugang zu den rekultivierten Flächen, die heute ein vielfältiges Freizeit- und Erholungsangebot bieten.

Ein wichtiger Bestandteil dieser neuen Nutzung ist der Wassertourismus, der zusammen mit Freizeit- und Naherholungsangeboten für die Bewohner Leipzigs und des mitteldeutschen Raums an Bedeutung gewinnt. Espenhain, ein Ort mit historischem Bezug zum Bergbau, entwickelt sich dabei zu einem zentralen Ausgangspunkt für Tagesausflüge. Insbesondere für Radfahrer eröffnet sich hier ein wahres Paradies. Das Fahrrad ist das ideale Verkehrsmittel, um die Region auf einer Entdeckungsreise zu erkunden. Bestehende Radwege können isolierte Attraktionen miteinander verbinden und so ein zusammenhängendes Erlebnis schaffen. Auch die lokale Gastronomie profitiert von diesen neuen Verbindungen, da sie entlang der Strecken gelegen, Radfahrern und Ausflüglern eine willkommene Rast bieten kann.

Die rekultivierten Flächen zeigen, dass Natur und Mensch hier harmonisch zusammenfinden können. Beispiele wie die Hochhalde und die renaturierte Pleiße verdeutlichen, wie wertvolle Lebensräume für Flora und Fauna entstanden sind, die nicht nur für Naturtouristen attraktiv sind, sondern auch zur Biodiversität beitragen. Ein umweltfreundliches, mit erneuerbarer Energie betriebenes Schienengefährt gleitet durch die Landschaft. Fahrerlos und damit demografiefest bringt es Tourist*innen emissionsarm und lautlos in die attraktive Seenregion.

Doch trotz aller Fortschritte gibt es noch Herausforderungen zu bewältigen. Der Radtourismus, der in der Region zunehmend an Bedeutung gewinnt, benötigt an einigen Stellen noch Lückenschlüsse im Wegenetz, um ein durchgängiges Erlebnis zu gewährleisten. Die Einbindung in überregionale Radrouten, wie den „Grünen Ring“, ist dabei von großer Bedeutung. Verschiedene Radtourismus-Projekte und Routen sind bereits in Planung oder umgesetzt, doch Autobahnen und Bahntrassen stellen weiterhin Hindernisse dar, die teure Tunnel- oder Brückenkonstruktionen erforderlich machen. Zudem ist es wichtig, Radstellplätze an den Bahnhofspunkten einzuplanen, um eine nahtlose Verknüpfung von Bahn und Rad zu ermöglichen.

Parallel dazu entwickelt sich die Region auch zu einer Genussregion, die ihre regionalen Produkte stärker vermarktet. Ähnlich wie in der Region Saale-Unstrut, die sich durch handgemachte Produkte einen Namen gemacht hat, könnte auch der Südraum Leipzig seine kulinarischen Schätze hervorheben und so zusätzliche Besucher anlocken.

Projekte wie der „Grüne Pleiße“-Radweg zwischen Böhlen und Zwenkau oder die „Neu-Seenland Challenge“ zeigen, wie der Wandel vorangetrieben wird. Die Region ist dabei, sich neu zu erfinden – als Ort, der seine industrielle Vergangenheit nicht verleugnet, sondern sie in eine nachhaltige und lebenswerte Zukunft überführt.

„Von der Grundstoff- zur kreislaforientierten Wertstoffindustrie“ (Arbeitsplätze und Gewerbegebiet)

Die Gemeinden Böhlen, Rötha und Espenhain, im Herzen des Südraums Leipzig gelegen, stehen vor einer vielversprechenden Zukunft. Ihre Potenziale sind enorm, und es gilt, diese Chancen zu erkennen und gezielt zu nutzen. Mit ihren großzügigen Flächen- und Arbeitskräftepotenzialen bieten sie ideale Voraussetzungen für Unternehmen, die sich in einer wachstumsstarken Region ansiedeln möchten. Die hervorragende Verkehrsanbindung, sowohl per Bahn als auch über die Straße, macht die Region besonders attraktiv für Investitionen und wirtschaftliche Entwicklung.

Rötha und Espenhain haben sich bereits als attraktive Gewerbe- und Industriestandorte etabliert. Die Nähe zu Leipzig, kombiniert mit der naturnahen Umgebung, macht die Region nicht nur zu einem begehrten Wohnstandort, sondern birgt auch großes Tourismuspotenzial. Diese weichen Standortfaktoren tragen dazu bei, dass die Lebensqualität in der Region stetig wächst und immer mehr Menschen sich hier niederlassen möchten.

Die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft (LMBV), das Land und die Kommunen haben ein gemeinsames Ziel: die Ansiedlung von Unternehmen, die sich nachhaltigen, CO₂-neutralen und kreislaforientierten Wertschöpfungsketten verschrieben haben. Dabei knüpft Espenhain an seine bestehende Expertise im Recyclingsektor an. Schon heute sind hier Unternehmen ansässig, die sich auf die Wiederverwertung von Materialien spezialisiert haben. Doch das Potenzial geht weit darüber hinaus: Espenhain entwickelt sich zu einem Premium-Standort für CO₂-neutrale Kreislaufwirtschaft, der Maßstäbe setzt.

Der Bahnanschluss spielt hierbei eine zentrale Rolle. Über ihn können großvolumige Güter effizient transportiert und in Espenhain einer stofflichen Verwertung zugeführt werden. Besonders das Zerlegen und Recyceln von Altautos trägt zur Rohstoffsicherheit Deutschlands bei und stärkt die heimische Industrie. Diese Ausrichtung auf eine kreislaforientierte Wertstoffindustrie ist genau das, was die Region braucht, um zukunftssicher zu sein.

Dennoch wird diskutiert, wie diese Entwicklung noch weiter optimiert werden kann. Es wird vorgeschlagen, den Fokus stärker auf lokale und regionale Wertschöpfungsketten zu legen. Welche Güter können in der Region gesammelt und ohne großen Transportaufwand in Espenhain zerlegt und recycelt werden? Eine solche lokale Ausrichtung könnte die Nachhaltigkeit weiter erhöhen und zusätzliche Arbeitsplätze schaffen.

Ein weiterer Punkt ist die Überlegung, nicht nur das Recycling von Produkten zu fördern, sondern auch das Refurbishing, also die Renovierung und Wiederaufbereitung von gebrauchten Gütern. Unternehmen, die sich auf das Refurbishing spezialisieren, könnten in Espenhain ideale Bedingungen vorfinden und die regionale Kreislaufwirtschaft noch stärker bereichern.

Zusammengefasst liegt in den Gemeinden Böhlen, Rötha und Espenhain ein enormes Potenzial. Mit einer klaren Ausrichtung auf Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft, kombiniert mit den vorhandenen Flächen- und Verkehrsvorteilen, haben sie die Möglichkeit, sich als führende Standorte in der Region und darüber hinaus zu etablieren. Es gilt nun, diese Chancen konsequent zu nutzen und die Region in eine erfolgreiche, grüne Zukunft zu führen.

„Die Region als Anwendungs- und Erprobungsfeld digitaler Infrastruktursteuerung“ (Innovation und Wertschöpfung)

Im Herzen des südlichen Leipziger Raums, wo einst die Bergbauindustrie das Landschaftsbild prägte, eröffnet die Digitalisierung eine neue Ära technischer Innovationen. Die Region, die sich bereits im Wandel befindet, hat nun die Möglichkeit, durch modernste Technologien und intelligente Systeme die Zukunft der Mobilität und Energieversorgung mitzugestalten. Ein herausra-

gendes Beispiel dafür ist das Strukturwandelvorhaben „SODAN“, das mit seinen bahnbrechenden Innovationen in den Bereichen autonomes Fahren und KI-gestützte Steuerung weit über die Region hinaus Beachtung findet.

„SODAN“ stellt ein Pilotprojekt dar, das die Reaktivierung und den Betrieb von Nebenstrecken im suburbanen Raum revolutioniert. Hier wird erstmals ein autonomes, führerloses Fahrtriebssystem eingesetzt, das auf einer On-Demand-Basis arbeitet und durch Künstliche Intelligenz gesteuert wird. Diese neue Form der Personenbeförderung passt sich flexibel den Bedürfnissen der Nutzer an und verspricht eine effizientere und umweltfreundlichere Alternative zu herkömmlichen Verkehrssystemen. Damit setzt „SODAN“ einen wichtigen Impuls für die gesamte Mobilitätsbranche und zeigt, wie digitale Innovationen den Strukturwandel in der Region vorantreiben können.

Die regionalen Hochschulen und Schulen in den Gemeinden Böhlen und Rötha sind eng in das „SODAN“-Projekt eingebunden. Durch praxisorientierte Studiengänge in den Bereichen Elektronik, Automatisierungstechnik und Künstliche Intelligenz werden hochqualifizierte Fachkräfte ausgebildet, die das nötige Know-how für die Weiterentwicklung dieser Technologien mitbringen. Studierende und Schüler arbeiten in Kooperation mit „SODAN“ an realen Projekten und gewinnen so wertvolle Einblicke in die Praxis. Diese Zusammenarbeit schafft nicht nur neue Wertschöpfungspotenziale im Bereich autonomes Fahren und KI-Anwendungen, sondern stärkt auch die Innovationskraft der Region.

Die Diskussion über die weitere Nutzung bestehender Infrastrukturen zeigt, dass es der Region nicht nur darum geht, Neues zu schaffen, sondern auch darum, das Vorhandene sinnvoll zu integrieren. Die Verbindung von traditioneller Infrastruktur mit modernen, digitalisierten Systemen wie Smart Grids und Schwarmkraftwerken bietet die Möglichkeit, Ressourcen effizient zu nutzen und gleichzeitig neue Technologien zu implementieren.

Insgesamt zeigt das SODAN-Projekt, wie der Strukturwandel durch digitale Innovationen gestaltet werden kann. Es ist ein Beispiel dafür, wie die Region Böhlen und Rötha zu Vorreitern in den Bereichen autonomes Fahren und Künstliche Intelligenz werden können. Durch die enge Verknüpfung von Praxis und Bildung entstehen hier nicht nur neue Arbeitsplätze, sondern auch nachhaltige Zukunftsperspektiven für die gesamte Region. Die Digitalisierung eröffnet so nicht nur neue technische Möglichkeiten, sondern auch eine spannende und zukunftsweisende Vision für den südlichen Leipziger Raum.

„Wohnen, wo andere Urlaub machen“ (Attraktiver Wohnstandort)

Nach Jahren des Rückgangs und Wegzugs erlebt die Region entlang der Bahnstrecke im Südraum Leipzig einen erfreulichen Wandel. Die Städte und Ortsteile, insbesondere Rötha und seine umliegenden Gemeinden, verzeichnen wieder Zuzug und Wachstum. Dieser Trend ist besonders bei Menschen aus dem mitteldeutschen Raum zu beobachten, die sich wohnlich verbessern möchten. Die idyllische Lage zwischen den neu entstandenen Seen und die Möglichkeit, vermehrt im Homeoffice zu arbeiten, machen die Region zu einem attraktiven Wohnort.

Das SODAN-Projekt, das eine innovative Schienenanbindung bietet, könnte diesen Trend noch weiter verstärken. Durch den verbesserten Bahnanschluss wird das Pendeln erleichtert und die Region noch stärker mit dem Umland vernetzt. Doch es muss nicht immer der Traum vom neu gebauten Einfamilienhaus sein, der die Menschen in den Südraum Leipzig zieht. Auch ressourcenschonende Wohnformen wie mehrgeschossiger Wohnungsbau oder die Sanierung von Bestandsgebäuden nutzen die Standortvorteile optimal aus.

Eine Diskussion über den Zuzug zeigt jedoch, dass dieser nicht in allen Gemeinden gleich stark ausgeprägt ist. Wachstum sollte nicht nur quantitativ verstanden werden, sondern auch qualitativ. Es gilt, den demografischen Wandel und das Altern der Bevölkerung zu berücksichtigen. Anstatt auf großflächige Neubauten zu setzen, könnte der Fokus verstärkt auf die Bestandsentwicklung gelegt werden. Die Sanierung vorhandener Gebäude und die Entwicklung von Brachflächen bieten Potenziale, die bisher ungenutzt sind.

Unter dem Motto „Wohnen, wo Freiräume bestehen“ lässt sich dieser Ansatz treffend zusammenfassen. Freiräume können im wörtlichen Sinne verstanden werden, als grüne Flächen und Naherholungsgebiete, die den Wohnwert der Region erhöhen. Aber auch im übertragenen Sinne bieten sie Raum für neue Wohnkonzepte und nachhaltige Entwicklungen. Indem der Südraum Leipzig auf die vorhandenen Stärken setzt und behutsam mit dem Wachstum umgeht, entsteht eine Region, die nicht nur neuen Bewohnern ein Zuhause bietet, sondern auch bestehende Strukturen aufwertet und erhält.

Hainer See – Beispiel und Kristallisationspunkt räumlicher Transformation

Der Strukturwandel im südlichen Leipziger Raum stellt ein komplexes Spannungsfeld dar, in dem unterschiedliche Ambiguitäten austariert werden müssen. Diese Uneindeutigkeiten manifestieren sich insbesondere im Spannungsverhältnis zwischen den Beharrungskräften bestehender Strukturen und dem zunehmenden Veränderungsdruck, der durch ökonomische, soziale und technologische Entwicklungen entsteht. In diesem Kontext wird der Erhalt traditioneller Werte und Infrastrukturen, die tief in der regionalen Identität verankert sind, gegen die Notwendigkeit abgewogen, sich an die Dynamiken des Wandels anzupassen.

Eine zentrale Herausforderung besteht darin, „die Menschen mitzunehmen“ – also sowohl die langansässige Bevölkerung als auch Neuzuzügler in den Transformationsprozess einzubeziehen. Diese Aufgabe ist entscheidend, um sicherzustellen, dass der Strukturwandel nicht nur einseitig verläuft, sondern eine integrative Wirkung entfaltet. Dabei stellt sich die Frage, wer vom Strukturwandel profitiert und wie die damit einhergehenden demografischen und sozialen Veränderungen gestaltet werden können, um bestehende Ungleichheiten nicht zu verstärken. Der Wandel betrifft nicht nur wirtschaftliche Strukturen, sondern erfordert auch eine Anpassung von Identitäten und Raumbildern, die die Region prägen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Strukturwandels ist die Rolle der Infrastrukturen, die als Kristallisations- und Identifikationspunkte für die Gemeinschaft fungieren. Einrichtungen wie Bäckereien, Kneipen, Feuerwehrationen und Vereine sind nicht nur funktionale Elemente der Daseinsvorsorge, sondern auch symbolische Ankerpunkte, die soziale Kohäsion fördern. In Zeiten des Wandels kommt ihnen eine besondere Bedeutung zu, da sie Kontinuität und Stabilität bieten können, während gleichzeitig neue, zukunftsfähige Strukturen entstehen.

In der wissenschaftlichen Diskussion wird jedoch auch auf die Problematik der finanziellen Ressourcenverteilung hingewiesen. Die lokale Akteurslandschaft ist häufig durch begrenzte Kapitalausstattung gekennzeichnet, was die Eigeninitiative der Region einschränkt. Das notwendige Kapital für Investitionen in neue Infrastrukturen und Projekte kommt oft von externen Investoren, insbesondere aus Westdeutschland. Dieser Kapitalfluss birgt die Gefahr, dass Gewinne und Wertschöpfung nicht in der Region verbleiben, sondern abfließen, was die langfristige Nachhaltigkeit des Strukturwandels infrage stellt.

Zusammenfassend zeigt der Strukturwandel im südlichen Leipziger Raum, dass es nicht nur um die ökonomische Transformation geht, sondern um einen umfassenden Wandel, der die demografische und soziale Struktur sowie die Identität der Region tiefgreifend beeinflusst. Die Balance zwischen Erneuerung und Erhalt, zwischen Tradition und Innovation, ist dabei von entscheidender Bedeutung, um den Wandel erfolgreich und nachhaltig zu gestalten.

5.2.4.3 Übergreifende Reflexion der Ergebnisse

Infrastruktur und sozioökologischer Strukturwandel

Die Umweltwirkungen des Vorhabens „SODAN“ sind schwer zu bestimmen, da sie stark von der Auslastung und Nutzung der geplanten und bestehenden Infrastrukturen abhängen. Im Vergleich zu Neubauten bietet die Weiternutzung bestehender Infrastruktur ökologische Vorteile, wie bereits durch das Projekt RELIS (Trapp et al., 2017) aufgezeigt wurde. Ein zentraler Faktor ist dabei die Effizienz und Auslastung der Infrastruktur, die maßgeblich den ökologischen Fußabdruck beeinflusst.

Lokale Akteure haben in den Planungsprozess eigene, ambitionierte Ideen hinsichtlich der Nachhaltigkeit eingebracht. Besonders betont wurde die Notwendigkeit, stärker auf lokale und regionale Wertschöpfungsketten und Kreisläufe zu achten. Diese Ansätze können dazu beitragen, den ökologischen und sozialen Nutzen des Strukturwandels zu stärken.

Planung und Raumentwicklung

Die Einbettung von Strukturwandelvorhaben in Narrative der regionalen Entwicklung erweist sich als hilfreich. Denn Narrative ermöglichen es, die vielfältigen Raumbilder der (ehemaligen) Energielandschaften anders oder neu zu interpretieren. Dabei geht es nur selten um die vollständige Wiederherstellung des alten Landschaftsbildes. Stattdessen werden Orientierungsmarken, die als Identifikationsobjekte dienen, bewusst erhalten. Die Vielfalt der Raumbilder reflektiert die unterschiedlichen Entwicklungsphasen und Identitäten der Region, die sich im Laufe des Strukturwandels herausgebildet haben. Diese Symbiose aus Erhalt und Wandel ist ein zentraler Aspekt der regionalen Raumentwicklung.

Erkenntnisse und zukünftige Perspektiven

Die Koordination des Strukturwandels in der Region bleibt eine erhebliche Herausforderung. Ein Beispiel ist die unkoordinierte Flächenentwicklung für Erneuerbare Energien. Während die Ausweisung von Photovoltaikflächen in der kommunalen Steuerung liegt, wird die Windenergie über die Regionalplanung koordiniert. Es fehlt damit an einer lokal-regional abgestimmten Planung, die die Flächenbedarfe und Nutzungskonflikte berücksichtigt. Eine übergreifende Abstimmung ist dringend erforderlich, um eine nachhaltige Entwicklung sicherzustellen.¹⁵ Ein weiteres Defizit zeigt sich im mangelnden Bezug zu übergreifenden Strategien. Die verschiedenen regionalen Projekte sind oft stark auf spezifische Ziele fokussiert, ohne eine physische oder symbolische Verknüpfung zu anderen Initiativen in der Region herzustellen. Eine integrative Strategie könnte dazu beitragen, den Wandel kohärenter zu gestalten.

Für die Bevölkerung in der Region ist der Wandel der Landschaft nichts Neues. Dennoch bleibt offen, ob sie daher besser als Menschen in anderen Regionen mit dem Wandel umgehen können oder, ob eine „Transformationsmüdigkeit“ eingetreten ist. Dies ist ein Aspekt, der in zukünftigen Planungen berücksichtigt werden sollte.

Eine grundlegende Alternative der (Energie-)Infrastrukturentwicklung in der Region könnte darin bestehen, den Bedarf an Erneuerbaren Energien („Energiehunger“) zu reduzieren, was weitreichende Auswirkungen auf die Infrastruktur und Raumentwicklung hätte. Gleichzeitig könnten im Rahmen des Strukturwandels Maßnahmen ergriffen werden, um jahrzehntelang unzugängliche Gebiete (die Tagebaulöcher) für die Bevölkerung zugänglich und nutzbar/erlebbar zu machen. Dies könnte nicht nur zur Identitätsbildung beitragen, sondern auch das Bewusstsein für den Wert der neu entstehenden Landschaften stärken.

¹⁵ Konkrete Hinweise zu dem Zusammenspiel auf den unterschiedlichen räumlichen Ebenen und Möglichkeiten einer umweltverträglichen Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen finden sich in Günnewig et al. (2022, 207–208)

5.3 Rheinisches Revier: Integriertes Sektorkopplungsprojekt in der Tagebaufolgelandschaft – Gewerbe- und Industriepark Elsbachtal

5.3.1 Gegenstand der Fallstudie

Das Fallstudiengebiet im Rheinischen Revier ist ein geplanter Industriepark, der auf einer rekultivierten Braunkohletagebaufläche von Garzweiler 1 auf dem Gebiet der Kommunen Jüchen und Grevenbroich liegt. Flächeneigentümer ist die RWE Power AG, die gemeinsam mit den beiden Kommunen die Entwicklung plant und vorantreibt. Die Planfläche ist 41 ha groß und soll eine Anbindung an die B 59 erhalten. Die Fläche ist Bestandteil des inzwischen angelaufenen Projektes „Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen“, das nach Ende des aktiven Tagebaus in dem dann neu entstehenden Raum ein integriertes System aus Energieerzeugung, -speicherung und -nutzung entwickeln soll. Die Entwicklung des Industrieparks erfolgt gemeinsam durch den Flächeneigentümer RWE Power AG mit den beiden Kommunen Jüchen und Grevenbroich, auf deren Gebiet der interkommunale Industriepark angesiedelt wird. Mit einbezogen ist auch der Zweckverband Landfolge Garzweiler, der die gemeinsame Entwicklung der Tagebaufolgelandschaft Garzweiler im Auftrag der fünf Anrainerkommunen vorantreibt. Weitere Akteure sind die Gesellschaft für Wirtschaftsförderung und Stadtmarketing Grevenbroich mbH (GFWS) sowie der zuständige Verteilnetzbetreiber für Strom, Erdgas und Wasser die New Netz GmbH. Die Fläche wurde zur Untersuchung ausgewählt, da sie in einer strukturschwachen Region liegt und auf der Fläche bereits Infrastrukturmaßnahmen geplant aber noch nicht umgesetzt wurden. Zusätzlich befindet sich der geplante Industriepark Elsbachtal auf einer Rekultivierungsfläche des Braunkohletagebaus und damit mitten im Kern des Strukturwandels der Region. Da bis auf die Rekultivierung noch keine Baumaßnahmen umgesetzt waren, bestand die Möglichkeit, Aspekte der Nachhaltigkeit in eine Infrastrukturplanung mit einzubringen. Ein zusätzliches Argument für die Betrachtung des Elsbachtals war die Einbindung in den geplanten Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen. Für dieses Vorhaben gab es bereits eine vorliegende Studie und einen etablierten, gut erreichbaren Akteur*innenkreis. Das eigentliche Projekt zur Umsetzung lag aufgrund der langen Wartezeit bis zur Projektbewilligung und -förderung brach. Die Befassung mit dem Industriepark durch das Projekt TransIS wurde daher von den Akteuren als willkommener und zeitlich passender Zwischenschritt bewertet.

Abbildung 19: Bebauungsplan der Fläche des Industrieparks Elsachtal

Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. GU38
 "Industriepark Elsachtal"
 -Ortsteil Gustorf-

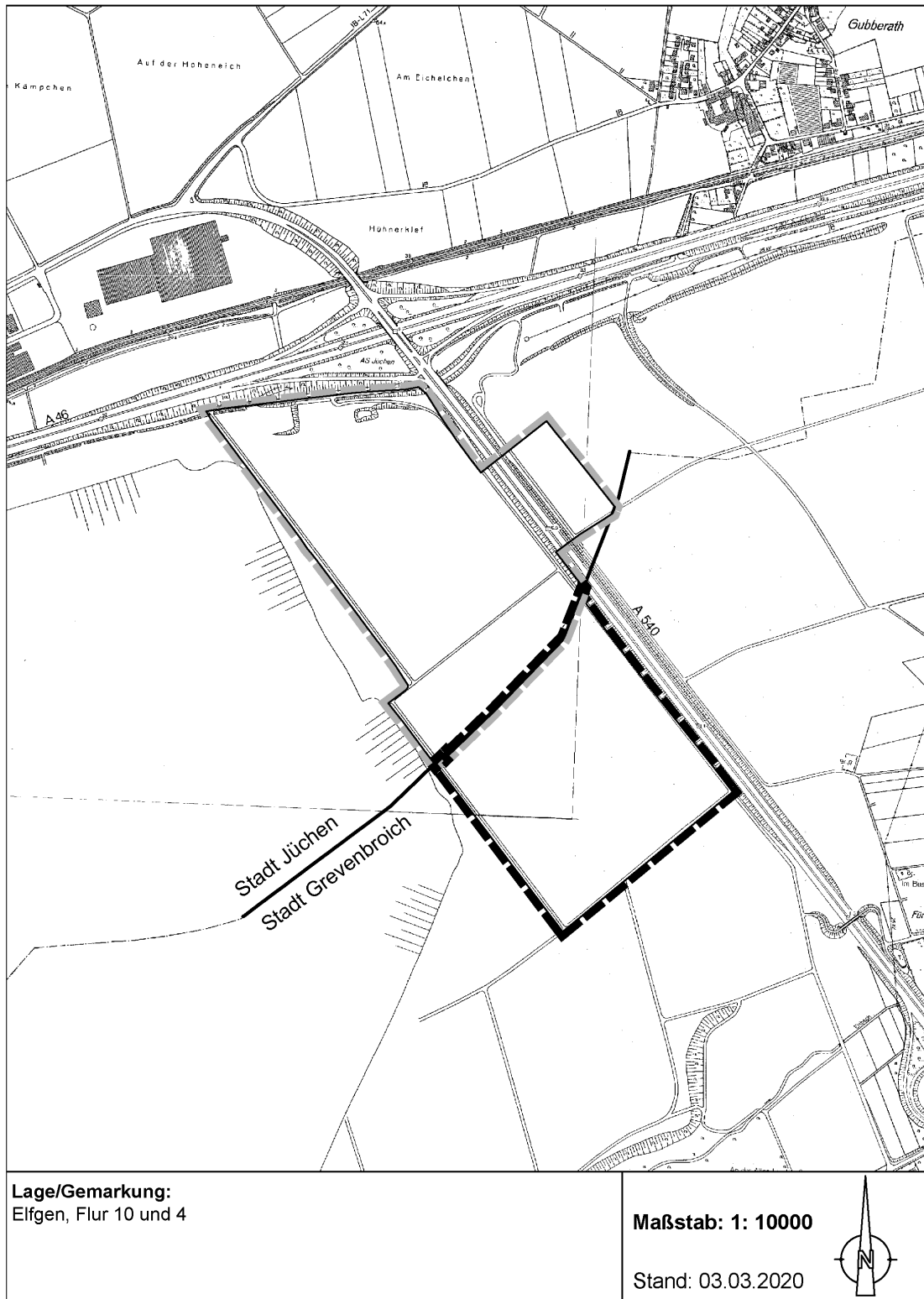


Abbildung 20: Luftbild der Fläche des geplanten Industrieparks Elsbachtal mit Blick auf Jüchen



Foto: Christoph Zeiss, 2023

5.3.2 Ausgangssituation

Die Entwicklung der Fläche des Elsbachtals war bereits seit mehreren Jahren durch Ratsbeschlüsse der Kommunen Jüchen und Grevenbroich unterlegt. Im Mai 2021 wurde dazu ein Kooperationsvertrag zwischen dem Flächeneigentümer RWE und den beiden Kommunen Grevenbroich und Jüchen unterzeichnet¹⁶. Schon 2020 wurde die A 540, die den Grevenbroicher Süden mit Jüchen verbindet und direkt an der Fläche entlangführt, in die Bundesstraße 59 eingegliedert¹⁷. Diese Umwidmung war notwendig, um die notwendige Anbindung der Gewerbefläche an die Straße realisieren zu können.

Im Juni 2021 wurde eine Konzeptstudie Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen des Zweckverbandes Landfolge Garzweiler vorgestellt. Autoren waren die Technische Hochschule Köln und das Wuppertal Institut¹⁸. In dieser Studie wurden mögliche innovative Entwicklungen für die zukünftig verfügbare Fläche südlich von Jüchen (heute Tagebau Garzweiler) diskutiert. Bestandteil dieser Studie war auch das Teilgebiet Elsbachtal und dessen Integration in eine Erneuerbare Energie Region. Auf Basis dieser Studie wurde seit 2021 ein Antragsverfahren im Rahmen der Strukturwandelförderung zur Umsetzung der innovativen Lösungen betrieben.

Ende 2022 war die Wirtschaftsförderung Grevenbroich bereits aktiv auf der Suche nach möglichen Unternehmen, die sich auf der Fläche des Elsbachtals ansiedeln wollen. Eine für die Auswahl konzipierte Erfassung der interessierten Unternehmen enthielt neben Fragen zur Arbeitsplatzdichte und -qualität oder Verkehrs- und Baukonzept auch Kriterien für Beiträge zum Klima- und Umweltschutz. Bei den zu der Zeit vorliegenden Interessenten handelte es sich überwie-

¹⁶ https://www.erft-kurier.de/grevenbroich/grevenbroich-juechen-und-rwe-entwickeln-den-industriepark-elsbachtal_aid-58209785

¹⁷ https://rp-online.de/nrw/staedte/grevenbroich/a540-in-grevenbroich-von-der-alarm-fuer-cobra-11-autobahn-zur-bundesstrasse_aid-47634837

¹⁸ <https://landfolge.de/wp-content/uploads/2023/11/Konzeptstudie-Innovationspark-Erneuerbare-Energien-IEE.pdf>

gend um Logistikunternehmen, für die die Fläche im Revier in der Nähe zu Düsseldorf und aufgrund der Verkehrsanbindung sehr attraktiv ist. Allerdings würden die interessierten Unternehmen nur wenig hochqualifizierte Arbeitsplätze in die Region bringen, sodass der Wegfall tariflich gut bezahlter Stellen im Braunkohlebergbau qualitativ nicht gleichwertig kompensiert werden könnte.

Konkrete Vorgaben für umwelt- oder klimarelevante Ziele zur Entwicklung der Fläche (z.B. Ziele für Umweltschutz, Anteil erneuerbarer Energien oder weitere Aspekte der Klimaneutralität) gab es bis Anfang 2023, als das Vorhaben TransIS Kontakt aufnahm, um am Beispiel Industriepark Elsbachtal die Fallstudie im Rheinischen Revier durchzuführen, nicht. Da die Fläche des Elsbachtals eine der ersten Gewerbeflächen aus der Wiederherstellung der Braunkohletagebaufläche darstellt und im Laufe der Rekultivierung absehbar weitere Flächen frei werden, lag der Fokus der Kommunen für die Entwicklung des Industrieparks Elsbachtal auf einer schnellen Umsetzung. Der konkrete Planungsstand zu Beginn der Fallstudienarbeit im Projekt TransIS beinhaltete einen fast fertigen Bebauungsplan, einen Stromanschluss, aber keinen Erdgasanschluss. Weitergehende Fragen z.B. nach einer Wasserstoffnutzung im Gebiet oder auch der Wasserverfügbarkeit waren noch nicht vertiefend thematisiert worden. Der Stand der Vorarbeiten der Kommunen war für die Durchführung der Fallstudie gut geeignet, da zentrale Vorüberlegungen bereits stattgefunden hatten, diese aber noch nicht in Verträgen und kommunalem Satzungsrecht (B-Plan) fixiert waren. Auf dieser Ausgangslage konnten dann im Vorhaben TransIS Szenarien unterschiedlicher Infrastrukturoptionen für eine nachhaltige Erschließung der Fläche entwickelt und deren Umweltpotenziale abgeschätzt werden.

5.3.3 Beiträge und Impulse des Vorhabens TransIS

Ziel des ersten Stakeholderworkshops war es, mit den lokalen Akteur*innen die vorhandenen Anforderungen an die Fläche des Industrieparks Elsbachtal zu sammeln und mögliche Zielvorstellungen für die Fläche unter Berücksichtigung von Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen zu entwickeln. Teilnehmende Institutionen waren die Stadt Jüchen, die Stadt Grevenbroich, der Zweckverband Landfolge Garzweiler, die Wirtschaftsförderung Grevenbroich, RWE Power (Flächeneigentümer), New Netz GmbH (lokaler Netzbetreiber), das Umweltbundesamt sowie die TransIS-Projektpartner Difu, BTU Cottbus-Senftenberg, Ecologic und das Wuppertal Institut.

Wichtige Rahmenbedingungen für die Flächenentwicklung bezogen sich auf Flächenbedarfe, eine möglichst hohe Arbeitsplatzdichte, mögliche Erweiterungsflächen für spätere Entwicklungen sowie Flächenbedarfe für eine dezentrale Niederschlagswasserbewirtschaftung (insb. Rückhalt) oder Löschwasser. Durch die gemeinsame Diskussion der lokalen Akteure mit dem Projekt TransIS konnten verschiedene Themen und Lücken präzisiert bzw. geschlossen werden. Aspekte wie eine vorausschauende Infrastrukturplanung, eine mögliche gemeinsame Infrastrukturnutzung, die Ausrichtung auf erneuerbare Energien sowie die Berücksichtigung von Umweltschutz- und Gemeinwohlaspekten waren Inhalte, die durch TransIS vertiefend besprochen wurden, zumal ökologische Themen oder Ziele neben den bereits erwähnten Kriterien zur Unternehmensauswahl zuvor keine Rolle spielten. Auch stellte sich heraus, dass ein Erdgasanschluss durch den örtlichen Netzbetreiber im Gegensatz zu den vorhandenen Annahmen unproblematisch möglich wäre und damit andere infrastrukturelle Rahmenbedingungen für die Gebietsentwicklung vorliegen.

Als mögliche Ausgestaltungsoptionen für die Besetzung der Fläche mit Unternehmen wurden im Rahmen des Workshops drei alternative Ausprägungen diskutiert:

- Klassischer Branchenmix: Der Industriepark wird mit verschiedenen heterogenen Branchen besetzt. Das entspricht einerseits der erwartbaren Entwicklung, bietet andererseits aber

auch eine gewisse Resilienz gegenüber Insolvenzen oder Abwanderungen großer Einzelunternehmen.

- ▶ Wertstoffrecycling/Kreislaufwirtschaft: Die Kreislaufwirtschaft wird absehbar eine deutlich wichtigere Rolle in der industriellen Wertschöpfung spielen als bisher. Um an diesem Wachstumsmarkt zu partizipieren, setzt der Industriepark auf Kreislaufwirtschaftsindustrie, die sich insbesondere mit der wertschöpfungsstarken Industrie im Rheinischen Revier (Metallverarbeitung, chemische Industrie, Abfallwirtschaft) verbinden lässt.
- ▶ Grüner Wasserstoff durch Pipeline oder Elektrolyseur: Der lokale Energieversorger hat die Möglichkeit, ein Gasnetz neu zu errichten, dass in Teilen auch mit Wasserstoff gefüllt werden kann. Daher bietet es sich an, einen Industriepark zu skizzieren, der als einer der ersten Industrieparks vollständig auf Grünen Wasserstoff setzt und so Unternehmen anspricht, die absehbar Wasserstoffbedarf haben werden.

Auffallend war, dass sich die im TransIS Stakeholderworkshop beteiligten Akteure, die alle bei der Umsetzung der Flächenentwicklung eine Rolle spielen, in dieser Konstellation zuvor nie gemeinsam über die Flächenentwicklung des Elsachtals ausgetauscht hatten. Aus dieser gemeinsamen Diskussion der Akteure entwickelten sich weitergehende Vorstellungen für eine Flächenentwicklung, die über die reinen Arbeitplatzeffekte deutlich hinausgehen und auf einem deutlich höheren umweltpolitischen Ambitionsniveau liegen.

Um diese veränderten Entwicklungsvorstellungen für den Industriepark mit den Infrastrukturbedarfen und Potenzialen der interessierten Unternehmen abgleichen zu können, entwickelten die Projektpartner TransIS gemeinsam mit der Gesellschaft für Wirtschaftsförderung und Stadtmarketing Grevenbroich einen Fragebogen, mit dem eine belastbare Datengrundlage für die Fallstudie gewonnen werden konnte. Der Fragebogen wurde an elf Unternehmen versendet und zentrale Parameter der Unternehmen wie Branche, Produkt/Dienstleistung, benötigte Fläche, Anzahl von Arbeitsplätzen sowie Energie- und Wasserbedarfe abgefragt. Acht der elf angeschriebenen Unternehmen, die sich um eine Fläche beworben hatten, antworteten auf die Befragung. Bei den Unternehmen handelt es sich um eine breite Palette unterschiedlicher Branchen, von Transport und Logistik oder Stahlindustrie bis zum Lebensmittel-Einzelhandel. Die Befragung liefert wichtige Daten für die Ausarbeitung von Szenarien der Infrastrukturgestaltung für den Industriepark.

Um eine möglichst realitätsnahe Besetzung des Gewerbe- und Industrieparks mit Unternehmen für die Szenarien zugrunde legen zu können, wurden die Ergebnisse der Diskussion des Stakeholderworkshops mit den Rückmeldungen der Unternehmen aus dem Fragebogen kombiniert. In einer gezielt ausgewählten Kombination von fünf Betrieben, die zusammen die gesamte Fläche des Industrieparks belegen würden und die hinsichtlich zentraler Kriterien wie z.B. Arbeitsplatzintensität mit den Wünschen der Kommunen übereinstimmten, konnten durch die Kopplung der Infrastruktursysteme auf der Fläche energetische Synergiepotenziale identifiziert werden. Die folgende Tabelle gibt in anonymisierter Form die Unternehmen samt Branchen und Produkte sowie die gemeinsam im Stakeholderworkshop identifizierten Pro- und Contra-Argumente für eine Ansiedlung wieder:

Tabelle 5: Auswahl potenziell passender Unternehmen für den Industriepark Elsbachtal

U	Branche	Produkte/Dienstleistung	PRO-Argumente	CONTRA-Argumente
A1	Stahlindustrie	Stahlprodukte für Automobil-, Nutzfahrzeug- und Maschinenbau	- Metall explizit gewünscht und bereits im Kreis gut vertreten (gute Vorbedingungen) - potenzieller Abwärmelieferant → symbiotische Nutzung	
B5	Entsorgungswirtschaft	Recycling, Sammlung und Sortierung von Abfällen, Beratung und Aufklärung	- Kreislaufwirtschaft als Wachstumsmarkt angesehen und daher explizit gewünscht - Verzahnung (Energie, Reststoffe...) mit übrigen Park-Unternehmen denkbar (z.B. potenzieller Abwärmelieferant)	
C6	Lebensmittel-Einzelhandel	Regionale Verwaltung, Einkauf, Buchhaltung, Unternehmensentwicklung (Expansion) und Logistik zur Betreuung von 113 der insgesamt ca. 1.450 Filialen	- regionale Ansiedlung (tbc bei Betreuung von 114 Filialen!) - einziger Betrieb mit relevantem Kühlbedarf → symbiotische Nutzung	- aus Workshop: "Nahrungsmittelindustrie weniger erwünscht" - niedrigste Arbeitsplatzdichte (1,6 MA/1.000qm)
D9	Immobilien-Entwicklung (Gewerbe, Wohnen, Hotel, Büro)	Omni-Channel-Hub, Kompetenzzentrum, Start-Ups	- innovative Dienstleistung: Omni-Channel-Hub, Kompetenzzentrum, Start-Ups - Unternehmen mit höchster Arbeitsplatzdichte (13,6 MA/1.000qm)	- ohne Not relativ großer Erdgasbedarf für Niedertemperatur-Wärme → vermutlich alternativ auch mit Wärmepumpe oder Nahwärme/Abwärme zu betreiben
E3	Logistikdienstleistung (value add logistics)	Kontraktlogistik/Dienstleistung	- innovative Ankündigungen: keine fossilen Brennstoffe, CO₂ neutrales Gebäude, Geothermie & PV, E-Mobilität (Pkw + Lkw + Räder) - Unternehmen mit noch relativ hoher Arbeitsplatzdichte (9,1 MA/1.000qm)	

Quelle: eigene Darstellung

Auf Basis dieser Unternehmensauswahl wurden drei unterschiedliche Ausprägungen einer Kälte-Wärmeversorgung erarbeitet. Diese sind jeweils mit Blick auf eine innovative Nutzung moderner Konzepte und auf Basis erneuerbarer Energien erstellt worden, unterscheiden sich aber hinsichtlich ihrer Umwelteffekte und der Kooperationstiefe der einzelnen Akteure. Die unterschiedlichen Konzepte basieren auf dem mit dem Fragebogen erhobenen Wärme- und Kältebedarf sowie dem Flächenbedarf der Unternehmen, die sich auf der Fläche ansiedeln wollen. Entsprechend unterscheiden sich die drei Konzepte hinsichtlich ihrer Bewertung aus Umweltperspektive, Anteil erneuerbarer Energien, Flächenverbrauch etc. Eine genaue Bestimmung der Umweltauswirkungen kann auf dieser Datenbasis nicht erfolgen. Es können aber zentrale Treiber genannt werden, die einen Einfluss auf die zu erwartenden Umweltauswirkungen haben und bei denen sich die Konzepte unterscheiden:

Zentralität vs. Dezentralität: Dezentrale Lösungen wie das Konzept A haben nur einen geringen Infrastrukturaufwand an Fläche und Ressourcen, aber dafür einen erhöhten Ressourcenaufwand für die einzeln notwendigen dezentralen Wärme- und Kälteanlagen. Höher integrierte Lösungen wie die Konzepte B und C brauchen zusätzliche Infrastrukturen und Flächen, z.B. für die Steuerungszentrale und Speicher, benötigen aber weniger Flächen in den individuellen Unternehmen.

Maß des Wärme-Kälteausgleiches: Ein Wärme-Kälteausgleich bei passender Besetzung des Industrieparks kann große Effizienzen mit sich bringen und die laufenden Kosten und den Energiebedarf für die Wärme- und Kälteversorgung langfristig verringern. Je höher die Integration der Infrastrukturen desto höher können die potentiellen Effizienzgewinne sein.

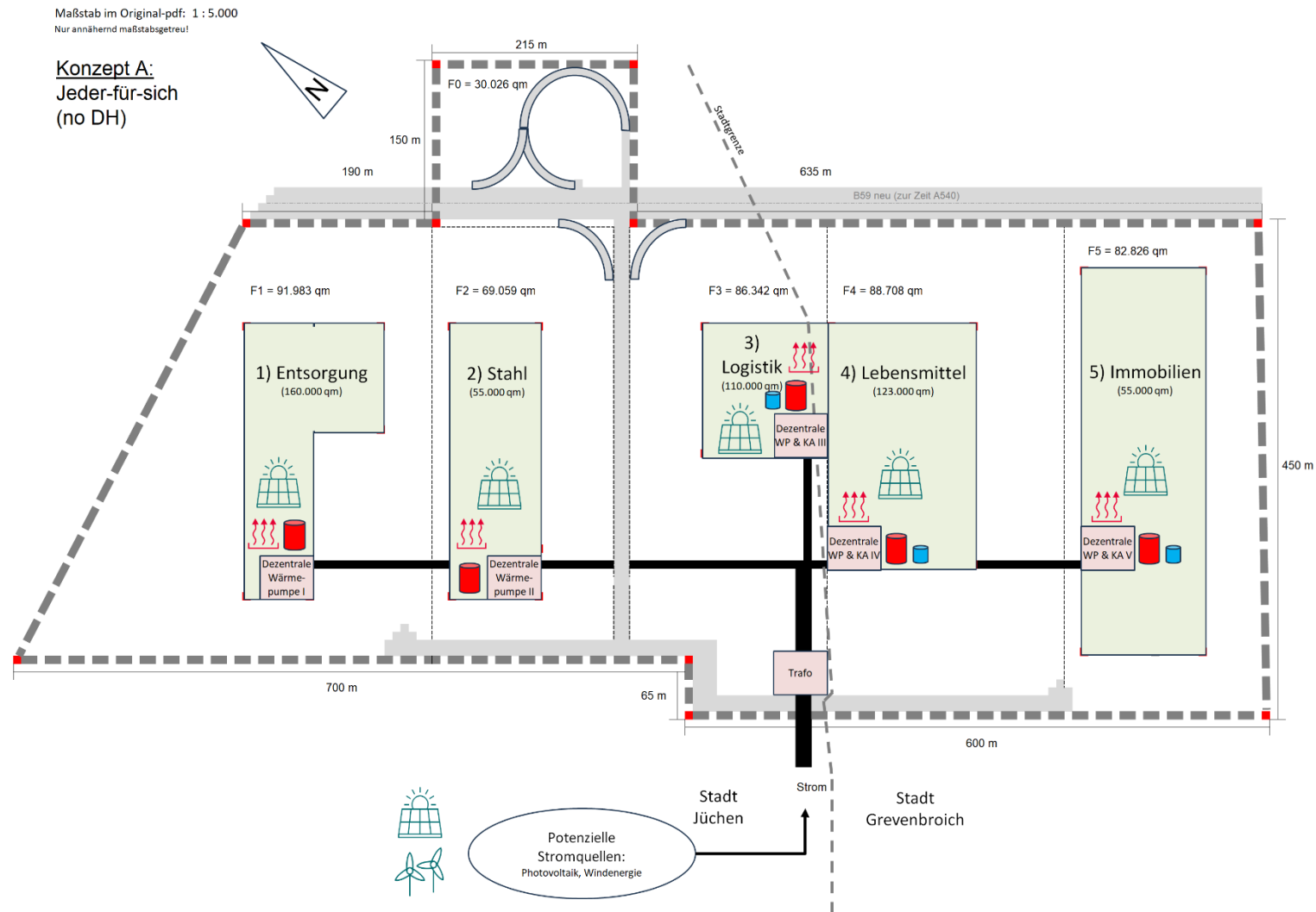
Notwendigkeit fossilbasierter Prozesswärmeerzeugung: Zumindest die in der Zusammenstellung genannte Stahlverarbeitung braucht größere Mengen Prozesswärme, die heute primär aus Erdgas bereitgestellt wird. Klimaneutrale Optionen für eine Prozesswärmeerzeugung im Bereich 500 – 700 Grad C sind vorhanden und die anfallende Abwärme könnte zur Wärmeversorgung anderer Unternehmen genutzt werden. Eine genaue ökologische Bewertung dieser Abwärmenutzung hängt vom eingesetzten Energieträger, dem Temperaturniveau und der „Fahrweise“ des konkreten Prozesses ab. Sie erfolgt daher an dieser Stelle nicht. Sie nicht zu nutzen wäre aber aus der Gesamtsystemsicht sehr ineffizient.

Konzept A: Jeder für sich

Jedes Unternehmen im Industriepark entwickelt für sich selbst ein eigenes Energieversorgungskonzept (inkl. Nutzung lokaler erneuerbarer Energien) und spezifiziert, übermittelt und erhält vom örtlichen Energieversorger seine notwendigen Anschlusskapazitäten und zu beziehenden Energiemengen für Strom (und ggf. Erdgas; perspektivisch auch Wasserstoff).

Das Wärmekonzept besteht aus der individuellen Energieversorgung mittels Wärmepumpen auf Gebäudeebene und nicht auf einem zentralen Wärme- oder Kältenetz. In diesem Konzept ist eine individuelle dezentrale Erschließung von Wärmequellen erforderlich: Erdwärme (Bohrungen), Umweltwärme (Luft), Solarkollektoren (ST) oder Hybridkollektoren (PVT). Zusätzlich sind dezentrale Wärme- & Kältespeicher vorgesehen (s. Abbildung 21).

Abbildung 21: Konzept A: Jeder für sich



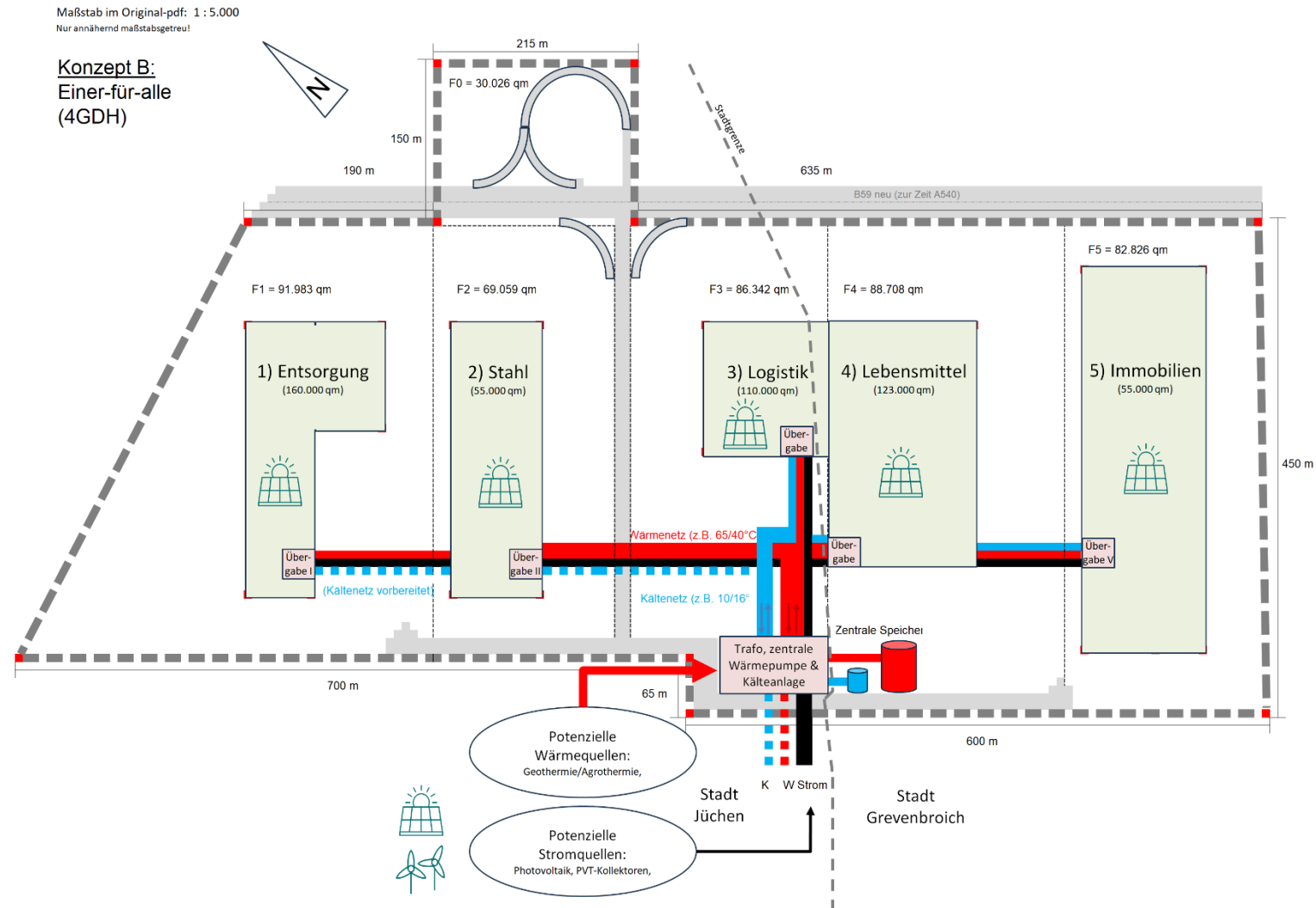
Quelle: eigene Darstellung

Konzept B: Einer für Alle

Das Konzept sieht ein konventionelles Niedertemperatur-Wärmenetz vor, das aus Stichleitungen (jeweils Vor- und Rücklauf) zu einer Energiezentrale im Industriepark besteht. Bei Bedarf kann zusätzlich ein konventionelles Kältenetz als Stichleitungen (jeweils Vor- und Rücklauf) ergänzt werden. Die Energiezentrale im Industriepark beinhaltet eine zentrale Wärmepumpe, eine zentrale Kälteanlage und zentrale Wärme-/Kältespeicher.

Potenzielle Wärmequellen sind: Geothermie/Agrothermie, Umgebungswärme, Abwärme und Solarthermie/PVT-Hybridkollektoren (siehe Abbildung 22)

Abbildung 22: Konzept B: Einer für Alle



Quelle: eigene Darstellung

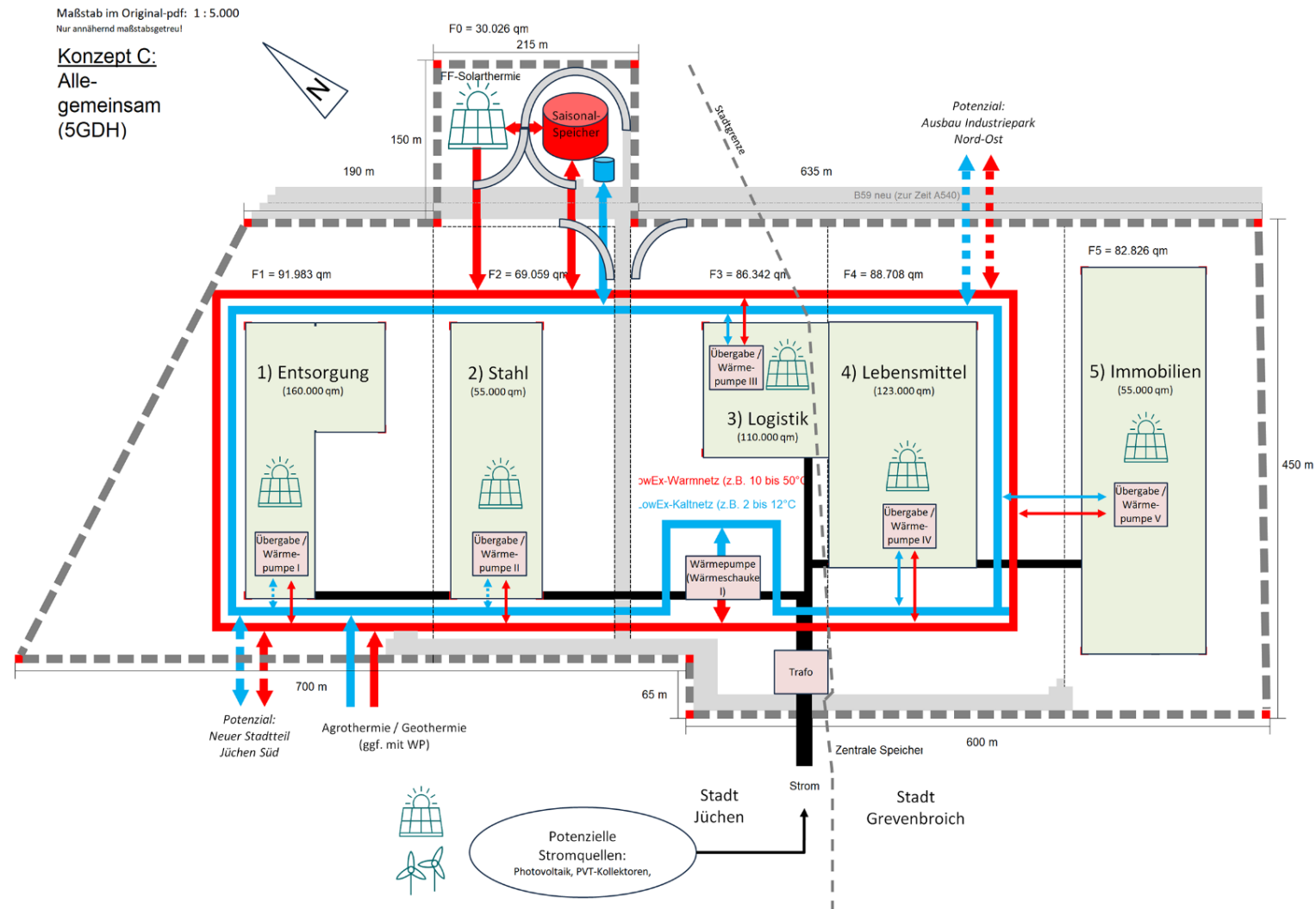
Konzept C: Alle Gemeinsam

In diesem innovativen Konzept werden ein LowEx-Wärmenetz als Ringleitung, ein LowEx-Kältenetz als Ringleitung sowie eine dezentrale Einspeisung von Wärme- und Kältequellen angenommen. Wärme- und Kältequellen sind Abwärme aus dem Anlagenbetrieb der Unternehmen und Abwasser, gebäudeintegrierte Solarthermie/PVT-Hybridkollektoren, Freiflächen-Solarthermie und Agrothermie/Geothermie. Jedes Gebäude enthält eine Wärmepumpe, um das Wärme-Medium auf das individuell erforderliche Temperaturniveau anzuheben. Zusätzlich sind zentrale, saisonale Speicher sowie eine Wärmepumpe als „Wärmeschaukel“ zwischen Warm- und Kältenetz vorgesehen.

Da in diesem Konzept eine tiefgehende Koordination der Wärme- und Kälteversorgung notwendig ist, spezifizieren und übermitteln die Unternehmen ihre Wärme- und Kältebedarfe (aggregiert und als Lastprofile) an einen lokalen Dienstleister (Energiemanager/„Parkranger“). In dem System besteht eine integrierte Betrachtung von Wärme und Kälte (Wärmepumpe als „Wärmeschaukel“), Strom und Wärme/Kälte (KW(K)K/Power-to-Heat, PVT-Kollektoren), (Ab-)Wasser und Wärme/Kälte (Wärmepumpe), Erzeugung und Verbrauch (Prosumer), (saisonaler) Speicher sowie einer Reststoffnutzung.

Darüber hinaus wäre auch die Anbindung der Wärme- (und ggf. Kälte-) Infrastrukturen an benachbarte Gemeinden (Verbraucher) und benachbarte Energieerzeuger (erneuerbare Wärme & Strom) sinnvoll (s. Abbildung 23)

Abbildung 23: Konzept C: Alle Gemeinsam



Quelle: eigene Darstellung

Die drei entwickelten Konzepte wurde im Rahmen eines zweiten Stakeholderworkshops zwischen den lokalen Akteuren sowie den TransIS-Projektpartnern diskutiert.

Wichtige Erkenntnisse und Fragestellungen aus der Diskussion sind:

- ▶ Neben den Kälte- und Wärmeleitungen müssen auch andere Leitungen (Wasser, Abwasser, Strom etc.) verlegt werden, so dass der zusätzliche Platzbedarf im Straßenraum nicht zu unterschätzen ist.
- ▶ Es existiert Ende 2023 bei der Entwicklung des Industrieparks Elsbachtal keine übergreifende Koordination, die gemeinsam definierte Ziele umsetzt oder nachverfolgt. Es handelt sich eher um einen ungesteuerten kooperativen Prozess.
- ▶ Die vorgestellten Wärme-/Kälte-Konzepte stellen unterschiedlich hohe Anforderungen an die Koordination von Unternehmen, Kommunen und Netzbetreiber. Gerade die ambitionierten Konzepte bedürfen einer intensiven Koordination. Welcher Akteur das ggfs. ausführen sollte, ist noch nicht geklärt.
- ▶ Die Ziele für die Fläche basieren auf einer Vereinbarung zwischen dem Flächeneigentümer RWE Power AG und den Kommunen Jüchen und Grevenbroich aus dem Jahr 2000. Zu der Zeit war von Klimaneutralität noch nichts und von Nachhaltigkeit noch wenig zu hören. Eventuell sollten die Ziele nochmal überprüft und aktualisiert werden.
- ▶ Die übergreifende Rahmengoebung durch die zukünftig zu erstellende kommunale Wärmeplanung ist zu beachten.
- ▶ Ein Vorteil von Konzept C ist seine Flexibilität, die bei zukünftigen Nutzerwechseln erforderlich sein könnte und damit auch die Resilienz gegenüber Veränderungen.
- ▶ Für den Fall, dass ein Konzept für eine symbiotische Energieversorgung des Elsbachtals analog zu den Konzepten B und C entwickelt und umgesetzt würde, wären aus Sicht der Akteure folgende Fragen zu klären: Wie können die Unternehmen dazu verpflichtet werden, diese Vision mitzutragen? Sind es die Kommunen, die für sich entscheiden müssen, wie viel ihnen ökologische Nachhaltigkeit in einem Industriegebiet wert ist? (Denn Entscheidungen für Unternehmen, die in das Energiekonzept passen, bedeuten möglicherweise Entscheidungen gegen wirtschaftlich stärkere Unternehmen und damit Verluste an Gewerbesteuererinnahmen.)

5.3.4 Zentrale Ergebnisse

Das Projekt TransIS hat mit der Durchführung der Stakeholderworkshops und seinen fachlichen Impulsen in den Prozess zur Entwicklung des Industrieparks Elsbachtal aktiv eingegriffen und dessen Ausrichtung beeinflusst. Aus dem partizipativen Prozess lassen sich folgende, zum Teil sehr konkrete Ergebnisse und Wirkungen ableiten:

Auswahl des Forschungsgegenstandes:

Um die sozial-ökologischen Auswirkungen von Infrastrukturentwicklungen in der Praxis zu untersuchen, wurden im Rahmen von explorativen Fallstudien konkrete Projekte mit darin eingebundenen Akteuren untersucht. Die Schwierigkeit dieses Forschungsansatzes war es, ein Praxisprojekt zu finden, bei dem bereits eine Infrastrukturplanung vorliegt, die aber noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass keine Änderungen der Planung mehr möglich sind. Dieser Zeitpunkt war Ende 2022 im Projekt Elsbachtal gegeben.

Mit der Auswahl von konkreten Projekten für Fallstudien sind immer auch Einschränkungen verbunden. So sind die Themen, die für die Akteure vor Ort gerade wichtig sind, nicht zwangsläufig auch genau die Themen, die die Forschenden untersuchen wollen. Eine Annäherung dieser beiden Blickwinkel ist daher notwendig. In den konkreten Diskussionen ist deutlich geworden, dass die lokalen Akteure mit Fragestellungen der Energie- oder Wärmeversorgung deutlich mehr anfangen konnten als mit komplexen und oftmals abstrakten Fragestellungen einer sozial-ökologisch orientierten Infrastrukturplanung. Die Ergebnisse spiegeln daher diese Realität wider.

Bereitschaft der Akteure zur Mitarbeit:

Um lokale Akteure zur aktiven Mitarbeit in Forschungsvorhaben zu bewegen, müssen die behandelten Themen auch von Interesse für die Akteure sein und bestenfalls einen Mehrwert für deren eigene Prozesse bieten. Die vielen partizipativen Prozesse im Rheinischen Revier bedeuten auch eine Vielzahl an Mitwirkungsmöglichkeiten (und Mitwirkungsaufwand bzw. Zeit) für die einzelnen Personen, so dass eine Mitarbeit in Forschungsprozessen keine Selbstverständlichkeit darstellt.

Auf Basis dieses Ansatzes hat das Projektteam von TransIS eine Reihe von Impulsen in den Prozess zur Ausgestaltung des Industrieparks Elsbachtal gegeben.

5.3.4.1 Impulse aus dem TransIS-Vorhaben für die Entwicklung des Untersuchungsgebiets

Fragestellungen zur Nachhaltigkeit und Klimaneutralität

Die Frage des Einsatzes erneuerbarer Energien spielte zu Beginn der Arbeiten von TransIS mit der Fallstudie nur eine Nebenrolle. Fragestellungen zur Klimaneutralität wurden gar nicht betrachtet. Diese Aspekte wurden im Laufe der Untersuchung eingebracht, mit den Akteuren diskutiert und beim Thema der Wärme/Kälteversorgung mit konkreten Planungsvorschlägen unterstützt.

Einen Raum für Austausch, Diskussion und Verbesserungsvorschläge

Die Diskussionen in den beiden Workshops wurden von den Akteur*innen als sehr wertvoll empfunden. Insbesondere auch deshalb, weil aus dem kommunalen Planungsprozess heraus ein Austausch in dieser Akteur*innenrunde ursprünglich nicht vorgesehen war. Stattdessen wurde der Planungsprozess Schritt für Schritt ohne gemeinsamen Austausch abgearbeitet.

Diskussion über die Anpassung der Umwelt- und Nachhaltigkeitsziele

Im zweiten Stakeholderworkshop wurde deutlich, dass die zwischen den Kommunen Jüchen und Grevenbroich sowie dem Flächeneigentümer RWE Power AG geschlossene Vereinbarung zur Entwicklung des Industrieparks Elsbachtal keinerlei Ziele oder Strategien zur Frage der Klimaneutralität, des Ausbaus erneuerbarer Energien oder der gesellschaftlichen Auswirkungen der Infrastrukturen enthält. Da im ersten Stakeholderworkshop mit TransIS aber bereits entsprechende Impulse entwickelt worden waren, ergab sich zwischen den kommunalen Vertreter*innen eine Diskussion über eine eventuell notwendige Zielanpassung.

Umsetzung des Industrieparks wird mit einem zukunftsfähigen Kälte-/Wärmenetz erfolgen

Die konkrete Darstellung von innovativen Wärme- und Kälteinfrastrukturen sowie die Hinweise auf deren Notwendigkeit in Bezug auf Klimaneutralität hat die Akteur*innen vor Ort davon überzeugt, ein solches System bei der Umsetzung zu berücksichtigen. Entsprechende Hinweise wurden in die Ausschreibung einer Machbarkeitsstudie durch den Zweckverband Landfolge Garzweiler übernommen.

Kontakte zum Geologischen Dienst zur Nutzung von Tiefengeothermie für den Industriepark

Der Geologische Dienst NRW hat im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie eine 2D-Seismik im Rheinland zur Erkundung geothermischer Reservoirs durchgeführt. Für das nordwestliche Gebiet von Grevenbroich kann von einem für die Wärmewende ggf. nutzbaren Potenzial (Tiefengeothermie) ausgegangen werden. Die Projektpartner haben die Gemeinden auf diese Potenziale hingewiesen, die Nutzung wird geprüft.

Die Rolle der Wissenschaft in Planungsprozessen deutlich gemacht

Die an dem Planungsprozess in den Gemeinden beteiligten Personen haben eine sehr positive Rückmeldung zur wissenschaftlichen Unterstützung des Planungsprozesses durch das Projekt TransIS gegeben. Sie wünschen sich auch in Zukunft eine ähnliche Unterstützung, um Aspekte des Umwelt- und Klimaschutzes für die konkreten Planungsverfahren besser berücksichtigen zu können.

5.3.4.2 Erkenntnisse zu Rahmenbedingungen und Barrieren für die Stärkung sozial-ökologischer Ziele

Nachhaltigkeitsfragen sind berücksichtigt, haben aber erstmal keinen Impact auf Infrastrukturen oder auf die Ausrichtung der Besetzung des Elsbachtals. Entscheidend sind Arbeitsplätze und Gewerbesteuererlöse

In dem oben beschriebenen Verfahren waren Nachhaltigkeitsaspekte nicht ausschlaggebend oder bestimmend für Entscheidungen zur Ansiedlung bestimmter Unternehmen. Zentral für die Kommunen war die Frage nach der Ansiedlung von Arbeitsplätzen und einem absehbaren Gewerbesteuerertrag. Auch wenn erneuerbare Energien als ökologisches bzw. Klimaschutzkriterium mit betrachtet wurden, wurden sie gegenüber den wirtschaftlichen Kriterien deutlich schwächer bewertet. Übergreifende Ziele zum Umwelt- oder Naturschutz oder eine Gesamtausrichtung an einer solchen Zielstellung als maßgebliche Kriterien zur Unternehmensauswahl wurden nicht genutzt. Die einzelnen an der konkreten Planung beteiligten Personen waren offen für solche Ansätze und steuerten auch wertebasierte Zielvorstellungen zu Nachhaltigkeitsfragen bei. Da sie aber in früheren Diskussionen zu möglichen Zielen nicht beteiligt waren, hatten sie im Vorfeld auch keine Möglichkeit, solche Aspekte einzubringen.

Umweltziele wurden früher festgelegt und seitdem nicht aktualisiert. Eine Planung kann daher gar nicht den aktuellen Anforderungen von Nachhaltigkeit und Klimaschutz genügen

Laut mündlicher Auskunft eines lokalen Akteurs gab es für die Entwicklung des Industrieparks Elsbachtal gemeinsam vereinbarte Umweltziele zwischen der Flächeneigentümerin und den beteiligten Gemeinden. Diese lagen den Forschenden allerdings nicht vor. In den ältesten Dokumenten zur Planung des Elsbachtals (Stadt Grevenbroich, 2020) wird als planungsleitendes Ziel nur die Bereitstellung verkehrsgünstiger Flächen für das Gewerbegebiet im Rahmen des Strukturwandels genannt. Zeitgleich war bereits die erste Studie zum Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen beauftragt (Zweckverband LANDFOLGE Garzweiler, 2021), in der die Einbindung erneuerbarer Energien eine zentrale Rolle spielt. Die Herausforderung mit Blick auf Nachhaltigkeit bei der Flächenentwicklung des Elsbachtals wurde daher bei den beteiligten Kommunen erkannt. Es gab aber anscheinend keine in die konkrete Planung durchgreifenden Ziele, die sich an den nationalen oder den Landeszielen zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit orientieren.

Strukturbildende Prozesse im Revier (z.B. die Raumstrategie 2038+) haben keinen sichtbaren Einfluss auf die konkreten Planungen

Die „Raumstrategie Rheinisches Revier 2038+“ zeichnet einen Zukunftspfad für die räumliche Entwicklung der Region bis zum Jahr 2038 und darüber hinaus auf. Sie ging einher mit umfang-

reichen Beteiligungsprozessen und soll gemeinsame Zukunftsvorstellungen zur räumlichen Entwicklung der Braunkohleregion entwickeln und tragen (Zukunftsagentur Rheinisches Revier, o.J.). Im Rahmen der Kommunikation zum Untersuchungsraum Elsbachtal wurden Inhalte aus der Raumstrategie allerdings nicht sichtbar. Keiner der Akteure nahm bei Planungsfragen Bezug auf die Raumstrategie oder bezog sich auf übergreifende Flächenziele. Das schließt nicht aus, dass wichtige Inhalte aus der Strategie auf anderen Ebenen in die Flächenentwicklungen der Kommunen Einfluss haben. In den konkreten Austausch zur Fläche des Industrieparks Elsbachtal fand die Raumstrategie aber keine Erwähnung. Im Bericht zum Erarbeitungsprozess der Raumstrategie (RWTH Aachen University, 2023) ist unter der Überschrift 12 „Realitäten aus Planung Beteiligung“ als Punkt 1 genannt, dass das Ziel der Klimaneutralität für das Rheinische Revier höchste Priorität hat. Diese Aspekte hatten, wie oben geschrieben, keinen Widerhall auf der Planungsebene gefunden.

Die Umweltauswirkungen von Infrastrukturplanungen werden nicht betrachtet oder berücksichtigt

Die Planung und Entwicklung der Infrastrukturen wurde in dem untersuchten Beispiel des Industrieparks Elsbachtal ausschließlich als nachrangiges Ergebnis von Entscheidungen zur Ver- und Entsorgung des Gebiets bzw. der sich dort ansiedelnden Unternehmen definiert. Wenn in der Diskussion z.B. ein Erdgasbedarf vermutet wurde, wurde über die Ausgestaltung der notwendigen Erdgasinfrastrukturen gesprochen. Aspekte der Nachhaltigkeit kamen eher über die Frage nach dem Energieträger (Erdgas vs. Wasserstoff oder Strom) in die Diskussion. Dass unterschiedliche Infrastrukturen unterschiedliche Umweltauswirkungen haben, war nicht Gegenstand der Diskussion. Den an der Planung beteiligten Akteuren fehlte für diese Diskussion das Fachwissen zu diesem speziellen Thema.

Die Komplexität der Einbettung der Verkaufs- und Planungsprozesse in klima- und umweltpolitische Ziele überfordert die Akteure vor Ort

In den Workshops mit den Akteuren wurde die Vielzahl der Anforderungen an die Fläche und die unterschiedlichen Ansätze und Interessen der Institutionen deutlich. Zusätzlich wurden die unterschiedlichen Dimensionen der Nachhaltigkeit und der sozial-ökologischen Infrastrukturentwicklung diskutiert und mit dem aktuellen Planungsstand abgeglichen. Dabei handelte es sich um einen zusätzlichen Schritt, der im eigentlichen Planungsprozess nicht vorgesehen war. Ein Abgleich der sehr unterschiedlichen Ansätze – etwa hinsichtlich der Anforderungen an das Gewerbesteueraufkommen und die Qualität der Arbeitsplätze, den Verkaufserlös, die Umwelt- und Klimaauswirkungen sowie eine qualitativ hochwertige Planungsdurchführung – fand nur teilweise statt. Ähnliche Planungsprozesse, die ohne einen wissenschaftlich begleiteten Zusatzprozess verlaufen, werden voraussichtlich viele der behandelten Inhalte – insbesondere auch wichtige Nachhaltigkeitsaspekte – nicht berücksichtigen können.

6 Befunde der Förderpolitik im Strukturwandel

Passend zum übergeordneten Ziel des Vorhabens, systematisch Potenziale einer gezielten, an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichteten Infrastrukturgestaltung zu erkunden, die den Strukturwandel in den Revieren im Sinne eines nachhaltigen, sozial-ökologischen Transformationsprozesses aufladen und ausrichten, war ein Unterziel, Fördermittelgebern Empfehlungen an die Hand zu geben, wie regionale Infrastrukturentwicklung in Strukturwandelregionen stärker an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtet werden kann. Dies gilt als zentrale Voraussetzung, um den sozial-ökologischen Charakter des Strukturwandels zu stärken. Die Berücksichtigung und Integration von Umweltaspekten bei der Planung, dem Bau sowie dem Betrieb von Infrastrukturen ist wesentlich für die Transformation zu einer nachhaltigen, energiesparsamen Gesellschaft. Der schonende Umgang mit Ressourcen als Basis dauerhafter menschlicher Bedürfnisbefriedigung wie Wohnen, Nahrung und Mobilität zu erhalten, wird in diesem Rahmen unter dem Begriff „Ökologische Nachhaltigkeit“ zusammengefasst. Die diesem Kapitel zugrundeliegende Fragestellung ist: „Wie kann die Fördermittelvergabe bestmöglich ökologische Nachhaltigkeit für die notwendigen und erwartbar umfassenden Infrastrukturentwicklungen im Strukturwandel in den Braunkohlerevieren fördern?“

6.1 Methodisch-konzeptioneller Ansatz

Vor diesem Hintergrund wurde der konzeptionelle Ansatz des TransIS-Vorhabens für die Erarbeitung von Förderempfehlungen angepasst, so dass dieser nicht (nur) die Kriterien an sich, sondern stärker die Prozessebene betrachtet und Governancefragen thematisiert. Dafür wurden praktische Erfahrungen aus den Fallstudienregionen in den drei Revieren einbezogen. Zum einen wurden als Teil der zweiten Workshop-Runde (Oktober-November 2023) in den drei Untersuchungsräumen Fokusgruppendifkussionen durchgeführt, um mit den Praxisakteur*innen vor Ort Hürden und Lösungsansätze in der Förderung ökologischer, innovativer Um die genannte Frage zu beantworten und Empfehlungen zu entwickeln, wurden a) Praxisakteur*innen, b) mit der Fördermittelvergabe betraute Personengruppen und c) mit Eigenschaften von Strukturwandelregionen und oder Fördermittelvergabe vertraute Wissenschaftler*innen in die Untersuchung einbezogen.

Im Forschungsansatz war ursprünglich die literaturbasierte Ausarbeitung einer Kriterienmatrix vorgesehen, die geeignet ist, ökologische Bewertungskriterien stärker bzw. weitreichender und effektiver als bisher bei Projektentscheiden und Fördermittelvergaben in die Entscheidung zu integrieren. In der Analyse und Recherche auf Basis von leitfadengestützten Interviews (s. Kap. 3.2.2) und der Teilnahme an den Workshops zu den Fallstudien (s. Kap. 5) wurde einerseits deutlich, dass ökologische Nachhaltigkeitskriterien bereits formal in Auswahlverfahren integriert sind (z.B. über Scoringverfahren, UVP). Andererseits wurden Probleme auf der Prozessebene hervorgehoben:

- Vergabeverfahren werden von Stakeholdern in den Strukturwandelregionen als zu bürokratisch und zu langwierig angesehen.
- Damit im Zusammenhang steht die Sorge, dass mehr Kriterien oder Vorgaben zu weiteren Verzögerungen in der Planung und Bewilligung führen und weniger Flexibilität bedeuten würden.
- Der Fachkräftemangel in den Kommunen wird als größter Engpass in der Umsetzung von Strukturwandelmaßnahmen angesehen.

- Es mangle oftmals an Unterstützung, um Fördermöglichkeiten und Antragsverfahren auf lokaler bzw. kommunaler Ebene besser verstehen und bewältigen zu können (Stichwort „Förder-Dschungel“).

Diese Erkenntnisse decken sich mit den Ergebnissen des UBA-Forschungsprojekts NaKESt (Venjakob et al., 2023).

Projektideen in der Infrastrukturentwicklung zu diskutieren. Zum anderen wurden leitfadengestützte Expert*inneninterviews (zwei Interviews pro Strukturwandelregion; s. Anhang F) geführt, um mögliche Lösungsansätze sowie Möglichkeiten zur Stärkung von ökologischen Kriterien zu vertiefen. Mit diesem methodischen Ansatz konnte sowohl die Perspektive der Vergabeseite als auch die der Antragsstellenden aufgenommen werden. Die Perspektive der Vergabeseite auf der Länder- bzw. Revierebene wurde durch die sechs geführten Interviews mit Governance-Akteur*innen, die mit der Vergabe von Fördermitteln und/oder der Gestaltung von Förderrichtlinien betraut sind (Intermediäre, Landesministerien), erfasst. Auswahlkriterien für die Interviewpartner*innen waren, dass diese 1. auf Länderebene agieren und 2. auskunftsfähig hinsichtlich der Förderprogramme der Länder und des Bundes sind. Zudem wurde darauf geachtet, dass sowohl die drei Reviere als auch die verschiedenen beteiligten Bundesländer repräsentiert sind.

Für die Interviews wurde ein halbstrukturierter Frageleitfaden entwickelt (s. Anhang H), der den Interviewpartner*innen vorab zugesendet wurde. Die Interviews fanden im März und April 2024 per Videokonferenz statt. Der Frageleitfaden war in zwei thematische Blöcke unterteilt:

1. Erörterung der Rolle von ökologischen Kriterien im Vergabeprozess
2. Diskussion von Lösungsansätzen, um ökologische Nachhaltigkeit stärker in die Vergabeprozesse zu integrieren.

Der Ansatz ermöglichte es auch, Empfehlungen aus den konkreten, praktischen Erfahrungen der lokalen Akteure heraus zu entwickeln. Schließlich wurden die Zwischenergebnisse aus den Interviews und den Workshops in einem weiteren Fokusgruppenworkshop (April 2024) mit vier Wissenschaftler*innen, welche bereits zu themenverwandten Fragen gearbeitet haben, diskutiert. Durch diesen Schritt erfolgte ein Abgleich der vorläufigen Ergebnisse und Erkenntnisse mit denen thematisch verzahnter Forschungsprojekte (z.B. das vom UBA geförderte Vorhaben NaKESt¹⁹). Im Anschluss wurden die Förderempfehlungen anhand der neuen Informationen aus der Fachdiskussion soweit notwendig angepasst und verfeinert.

Nachhaltigkeitskriterien wie z.B. Biodiversitätsverlust, Treibhausgas-Emissionen oder Wasserverbrauch wurden ebenfalls betrachtet, jedoch mit einem höheren Abstraktionsniveau, als es ursprünglich in Form einer umfänglichen Kriterienliste vorgesehen war. Eine ergänzende Desktopanalyse – u.a. zur Sichtung der bisherigen Projektergebnisse und Sichtung von Förderprogrammen und -richtlinien – unterstützte die Arbeiten zur Förderpolitik im Strukturwandel.

Auf Basis der Erkenntnisse aus den Interviews (Perspektive der Vergabeseite), den Inputs der Stakeholder aus den Fallstudienregionen (Perspektive der Antragsstellenden) sowie der Literaturanalyse wurden dann Vorschläge für Förderempfehlungen erarbeitet.

In den Braunkohlerevieren und den betroffenen Bundesländern werden unterschiedliche Ansätze der Fördermittelvergabe praktiziert, die stark auf lokale Gegebenheiten und Ideen angepasst worden sind. Eine interessante Frage ist deshalb auch, ob die Reviere bzw. Länder voneinander lernen können, welche Unterschiede sinnvoll sind und was sie gemeinsam haben. Im folgenden Kapitel wird zunächst die Fördermittellandschaft vorgestellt, um dann auf konkretere

¹⁹ Forschungsprojekt NaKESt – Nachhaltige KommunalEntwicklung im Strukturwandel, <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/895>

Aspekte der Fördermittelvergabe einzugehen, die mittels Expert*inneninterviews und Workshops gewonnen werden konnten.

6.2 Struktur der Förderlandschaft in den untersuchten Braunkohlerevieren

Die Förderlandschaft in den deutschen Braunkohlerevieren ist komplex und vielschichtig. Sie ist geprägt von zahlreichen Programmen und Akteuren, die den Strukturwandel in den betroffenen Regionen unterstützen sollen. Die Fördermaßnahmen in den Revieren zielen schwerpunktmäßig auf struktur-, wirtschafts- und arbeitsmarktpolitische Herausforderungen, die mit dem Ausstieg aus der Braunkohleverstromung einhergehen. Dabei kommt technischen Infrastrukturen grundsätzlich eine Schlüsselfunktion zu. Allerdings werden die konkreten Bedarfe an Infrastrukturen und deren Ausgestaltung (z.B. Sektorkopplung) in den Leitbildern der Regionalentwicklung und des Strukturwandels nur sehr allgemein angesprochen (s. Kap. 4.4; Trapp et al., 2024).

Insgesamt zielt die Förderlandschaft darauf ab, die Braunkohlereviere zukunftsfähig zu machen, neue wirtschaftliche Perspektiven zu eröffnen und gleichzeitig die sozialen und ökologischen Folgen des Kohleausstiegs abzumildern.

6.2.1 Politischer Rahmen

Das Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen (StStG, 2020) legt fest, dass für den Kohleausstieg bis 2038 insgesamt bis zu 40 Milliarden Euro für Maßnahmen in den Braunkohlerevieren bereitgestellt werden. Die Förderschwerpunkte sind Infrastrukturprojekte, Wirtschaftsförderung, Forschung und Innovation, Stärkung des Arbeitsmarktes und sozialer Zusammenhalt. Die Verteilung der finanziellen Mittel aus dem Strukturstärkungsgesetz an die Länder und die Umsetzung von Projekten wird im Investitionsgesetz Kohleregionen (InvKG, 2020) geregelt. Das InvKG definiert zwei Säulen (Förderarme): 1. Landes – und Kommunalmaßnahmen, in dem bis 2038 insgesamt 14 Mrd. Euro zur Verfügung stehen und 2. Bundesmaßnahmen, für die im gleichen Zeitraum 26 Mrd. Euro zur Verfügung stehen. Die Mittel entfallen anteilig nach Größe und Relevanz des Kohleabbaus auf die Bundesländer.

Die Mittel der 1. Säule werden von den Landesregierungen verwaltet, die kommunale und länderspezifische Projekte fördern und hierfür deutlich unterschiedliche Verteilungs- und Evaluationsmechanismen entwickelt haben. Im §4 des InvKG werden neben Infrastruktur, Verkehr, öffentlicher Fürsorge, Städtebau, Digitalisierung, Tourismus sowie Forschung und Innovation auch a) Klima- und Umweltschutz (mit konkreten Hinweisen auf energetische Sanierung von Infrastrukturen sowie Bodensanierung und Lärmschutz) sowie b) Naturschutz und Landschaftspflege benannt. Dazu einschränkend heißt es jedoch im nächsten Absatz, dass die Investitionen insbesondere der Schaffung und dem Erhalt von Arbeits- und Ausbildungsplätzen sowie der Diversifizierung der Wirtschaftsstruktur und Verbesserung der Attraktivität des Wirtschaftsstandortes dienen sollen. Im dritten Paragraphen wird wiederum darauf hingewiesen, dass die Ziele der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Bundesregierung 2024) zu berücksichtigen sind. Diese Ausführungen im InvKG – insbesondere der Hinweis auf die Schaffung und Erhalt von Arbeitsplätzen – führen bei einigen Interviewpartner*innen (s. Kap. 4.4) zu der Ansicht, dass ökologische Nachhaltigkeit anderen Zielen nachgeordnet ist. Sowohl Gürtler und Löw Beer (2024) als auch Heyen et al. (2024) kommen in ihren Analysen zu ähnlichen Ergebnissen. Zusätzlich zeigt sich laut Trapp et al. (2024) ein enges Begriffsverständnis ökologischer Nachhaltigkeit und Möglichkeiten der innovativen Infrastrukturgestaltung von Akteuren in den Revieren. Dazu sei bemerkt, dass auch die Berichte zur Evaluierung des InvKG auf wirtschaftliche Aspekte und geschaffene Arbeitsplätze fokussieren (BMWi, 2021; Bundesregierung, Deutschland, 2024).

Die Finanzmittel der 2. Säule werden für Projekte des Bundes verwendet und durch die Bundesministerien unter Beteiligung der Landesministerien entwickelt. Hier sind auch Förderprogramme wie STARK (Stärkung der Transformationsdynamik und Aufbruch in den Revieren und an den Kohlekraftwerkstandorten)²⁰ und dem Förderprogramm KoMoNa (Kommunale Modellvorhaben zur Umsetzung der ökologischen Nachhaltigkeitsziele in Strukturwandelregionen)²¹ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) angesiedelt. Auf beide Programme und deren Relevanz wurde mehrfach von den Akteuren hingewiesen. Auf die Bundes-Förderprogramme STARK und KoMoNa können sich Kommunen und lokale Akteure bewerben. Das ebenfalls bekannte Programm „Unternehmen Revier“ richtet sich hingegen direkt an Unternehmen.²² Das Programm KoMoNa ist für die Berücksichtigung der ökologischen Nachhaltigkeit in den Braunkohlerevieren besonders relevant. Im Zuge der Entwicklung des Förderprogramms wurde im Rahmen des Ressortforschungsplans des BMUV begleitend auch das UBA-Projekt „Nachhaltige Kommunalentwicklung im Strukturwandel“ (Venjakob et al., 2023) gefördert, welches wichtige Impulse dafür lieferte, wie die ökologische Nachhaltigkeit in der Fördermittelvergabe gestärkt werden kann.

In der Förderlandschaft bewegen sich verschiedene staatliche und private Akteure. Die Bundesregierung ist zentrale Akteurin mit dem „Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen“, das finanzielle Mittel für den Strukturwandel bereitstellt. Im Rahmen des Strukturstärkungsgesetzes haben die betroffenen Bundesländer (in diesem Rahmen relevant: Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg) spezifische Programme und Institutionen entwickelt, die auf die jeweiligen regionalen Bedürfnisse zugeschnitten sind. Nicht zuletzt sind es die Kommunen, aber auch Wirtschaftsfördergesellschaften und zivilgesellschaftliche Organisationen, die sich um die Entwicklung und Umsetzung auf Projektebene bemühen.

In diesem Zusammenhang ist zudem noch das Bund-Länder-Koordinierungsgremium²³ unter Leitung des BMWK zu nennen, welches zum einen allen im Rahmen des InvKG angestoßenen Projekten zustimmen muss und zum anderen den Ländern ermöglicht, auch auf Bundesebene auf dem Laufenden zu bleiben und mitsprechen zu können. Grundlage für das Gremium bildet §25 des InvKG.

Die Fördermittelvergabe nach InvKG gerät jedoch auch immer wieder in die Kritik. Ragnitz (2021) kritisiert, dass Gelder nicht zielgerichtet genug eingesetzt und zu wenig an den Zielen des InvKG ausgerichtet werden. Kolde (2020) attestiert den ersten Förderempfehlungen der ZRR im Rheinischen Revier ein Bias in Richtung der Interessen von an der ZRR beteiligten Akteuren und ein zu geringes Gewicht von kleinen Kommunen und Umweltverbänden.

Ergänzt werden diese Bemühungen durch Förderungen aus Strukturfonds, wie dem Just Transition Fund (JTF) der Europäischen Union (EU)²⁴. Auch der JTF fördert Infrastrukturen, wobei, anders als auf nationaler Ebene, hier ökologisch ausgerichtete Projekte mit Bezug auf den Green

²⁰ STARK – Stärkung der Transformationsdynamik und Aufbruch in den Revieren und an den Kohlekraftwerkstandorten; URL: https://www.bafa.de/DE/Wirtschaft/Beratung_Finanzierung/Stark/stark_node.html, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

²¹ Kommunale Modellvorhaben zur Umsetzung der ökologischen Nachhaltigkeitsziele in Strukturwandelregionen (KoMoNa), URL: <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit/ueberblick-nachhaltigkeit/kommunale-modellvorhaben-zur-umsetzung-der-oekologischen-nachhaltigkeitsziele-in-strukturwandelregionen-komona>, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

²² Zum Beispiel für Mitteldeutschland URL: <https://transformationsregion-mitteldeutschland.com/unternehmen-revier/>

²³ https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/B/blk-geschaeftsordnung.pdf?__blob=publicationFile&v=1

²⁴ Just Transition Fund (JTF), URL: https://ec.europa.eu/regional_policy/funding/just-transition-fund_en?ettrans=de, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

Deal explizit Vorzug erhalten. Die EU fördert die Entwicklung benachteiligter Regionen außerdem über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE)²⁵, jedoch ohne einen Schwerpunkt Infrastruktur im Sinne des Projektes. Die Bundesländer sind zudem in verschiedenen Austauschformaten der EU vertreten. Hierzu gehört die EU-Kohleplattform²⁶ und die Plattform für einen gerechten Übergang²⁷.

In den folgenden Ausführungen steht die Vergabe von Mitteln auf Landes- und Kommunalebene im Fokus.

²⁵ Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE); URL: <https://www.eu-info.de/foerderprogramme/strukturfonds/EFRE/>, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

²⁶ Coal regions in transition Initiative (CRiT), URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/carbon-management-and-fossil-fuels/eu-coal-regions-transition_en, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

²⁷ Weitere Informationen zur Plattform und den Fond für einen gerechten Übergang unter URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/finance-and-green-deal/just-transition-mechanism_de, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

Tabelle 6: Übersicht zu den rahmengebenden Akteuren und Richtlinien auf Länderebene

Bundesland:	Brandenburg	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Nordrhein-Westfalen
Oberste Zuständigkeit	Staatskanzlei	Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung (SMR)	Stabsstelle des Sächsischen Staatsministeriums für Regionalentwicklung	Stabsstelle Strukturwandel Rheinisches Revier
Förderinstitut	Investitionsbank des Landes Brandenburg (ILB)	Sächsische Aufbaubank (SAB)	Investitionsbank Sachsen-Anhalt (IB)	
Zentrale Strukturentwicklungsgesellschaft	Wirtschaftsregion Lausitz GmbH (WRL)	Sächsische Agentur für Strukturentwicklung GmbH (SAS)	Förderlotse IB	Zukunftsagentur Rheinisches Revier GmbH (ZRR)
Zuständige Akteure für Förderauswahl und -bewilligung	IMAG Lausitz	Interministerielle Arbeitsgruppe (IMAG) und Regionale Begleitausschüsse (RBA)	Bewilligungsbehörde: 1. Investitionsbank Sachsen-Anhalt. ²⁸ 2. Vorabmeldung erfolgt durch Staatskanzlei & Ministerium für Kultur ²⁹	Fachausschüsse & Aufsichtsrat Zukunftsagentur
Förderrichtlinie zur Umsetzung des InvKG	Strukturentwicklung Lausitz der Staatskanzlei des Landes Brandenburg ³⁰	Förderrichtlinie Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung zur Gewährung der Zuwendungen nach InvKG (RL-InvKG) ³¹ und Handlungsprogramm zur Umsetzung des Strukturstärkungsgesetzes Kohleregionen des Bundes in den sächsischen Braunkohlerevieren ³²	Landesrichtlinie Sachsen-Anhalt Revier 2038 ³³	Reviervvertrag 2.0 setzt Zielsetzungen und Maßnahmen ³⁴ Dach d. finanziellen Förderung u. verschied. Förderzüge: Programm REVIER.GESTALTEN ³⁵

Quelle: eigene Darstellung

²⁸ Bei der IB sind Förderlotsen angesiedelt, die im direkten Kontakt mit den Antragstellenden stehen.

²⁹ Richtlinie Sachsen-Anhalt Revier 2038, S. 12. URL: https://strukturwandel.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Sonstige_Webprojekte/Strukturwandel_Kohleregion/Bilder/Landes-Richtlinie/2024-06-25_konsolidierte_Fassung_Richtlinie_ST_Revier_2038_nichtamtliche_Lesefassung.pdf, zuletzt eingesehen am 17.12.2024

³⁰ Strukturentwicklung im Lausitzer Braunkohlerevier / Land Brandenburg – lausitz-brandenburg.de und „Brandenburg zur Umsetzung der Finanzhilfen des Strukturstärkungsgesetzes für den Teil Investitionsgesetz Kohleregionen“, veröffentlicht im Amtsblatt für Brandenburg, Nummer 24, 19. Juni 2024, URL: https://lausitz-brandenburg.de/wp-content/uploads/2024/07/Amtsblatt-24_24.pdf

³¹ Förderrichtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Regionalentwicklung zur Gewährung von Zuwendungen nach dem Investitionsgesetz Kohleregionen, SächsABl. 2021 Nr. 20, S. 557, Fsn-Nr.: 5501-V21.1, Fassung gültig ab: 31. Dezember 2023, URL: <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/19150-RL-InvKG>, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

³² Handlungsprogramm zur Umsetzung des Strukturstärkungsgesetzes Kohleregionen des Bundes in den sächsischen Braunkohlerevieren, URL: https://transformationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2020/12/Handlungsprogramm_Sachsen.pdf, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

³³ <https://strukturwandel.sachsen-anhalt.de/entwicklung-foerdern/landesfoerderung/regelfoerderung-ueber-die-landesrichtlinie>, Letzte Änderung 25. Juni 2024, gültig bis 31.12.2026

³⁴ Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes NRW: <https://www.wirtschaft.nrw/strukturwandel-im-rheinischen-revier>, zuletzt eingesehen am 17.12.2024

³⁵ URL: <https://www.rheinisches-revier.de/wie/foerderung/dialogverfahren-revier-gestalten/>, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

Im Folgenden wird beispielhaft auf die Organisation der Strukturförderung gemäß InvKG in den Bundesländern Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt eingegangen, um die Gemeinsamkeiten als auch die durchaus signifikanten Unterschiede in den Prozessen der Fördermittelvergabe in den Bundesländern herauszuarbeiten.

6.2.2 Brandenburg

Brandenburg erhält aus dem Fördertopf des InvKG 25,8%, also 10,32 Mrd. Euro (Lausitzprogramm 2038, (Sachsen, Staatskanzlei, Lausitz-Beauftragter des Ministerpräsidenten, o. J.) Umgesetzt wird das Prüfverfahren durch die Staatskanzlei Brandenburg, wobei erste Anlaufstelle für Antragstellende und Ort der Einreichung für Projektideen die Wirtschaftsregion Lausitz GmbH (WRL) ist (Projekt-/Qualifizierungsebene). Die WRL ist für die Koordination von Projektvorschlägen, die Qualifizierung von Projekten und der Vorbereitung von Förderempfehlungen für die interministerielle Arbeitsgruppe (IMAG) zuständig. In diesem Rahmen wurden thematisch spezialisierte Strukturwandelwerkstätten geschaffen. Die Werkstätten übernehmen in diesem Prozess den Förderfähigkeitscheck. Erst nach diesem Schritt kann ein Förderantrag gestellt werden. Noch einen Schritt davor, in der Projektentwicklung, können Akteur*innen Ideen in einer Sprechstunde präsentieren und einen Förderlotsen an die Hand bekommen, um Projektideen adäquat auszugestalten. Die Projekte werden in Brandenburg auf diese Art von Anfang an begleitet.³⁶ Das Leibnitz-Institut für ökologische Raumentwicklung hat diesen Prozess eingehend analysiert und gibt außerdem gut strukturierte weitere Details zum Prozess (Heer, 2021).

Die IMAG ist auf Landesebene für die Budgetverteilung der Bundesfinanzhilfen³⁷ zuständig. Sie spricht die Förderempfehlungen für Ressortprojekte aus und trifft die Entscheidungen auf Basis von Priorisierungs- und Bewertungskriterien aus dem Lausitzprogramm 2038. Im Lausitzprogramm werden drei Prioritäten identifiziert: 1. Stärkung und Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit, 2. Bildung und Fachkräfteentwicklung zur Unterstützung der wirtschaftlichen Diversifizierung und 3. Stärkung und Entwicklung der Lebensqualität und Vielfalt in der Region. Nachdem der Interministerielle Ausschuss grünes Licht gegeben hat, wird der Antrag ähnlich wie in Sachsen an die Investitionsbank Brandenburg weitergeleitet (Sachsen, Staatskanzlei, Lausitz-Beauftragter des Ministerpräsidenten, o. J.).

Konkrete Hinweise zur Berücksichtigung der ökologischen Nachhaltigkeit in Brandenburg finden sich in den Ausfüllhinweisen für Antragstellende; beispielsweise folgender Hinweis: „Hinsichtlich der Dimension Ökologie gilt das Primat der Überschreitung der gesetzlichen Anforderungen an Energieeffizienz bei der Modernisierung und dem Neubau von Gebäuden und Erschließung von Flächen. Die Nutzung energieeffizienter und ressourcenschonender Lösungen sowie erneuerbarer Energien wird zur Feststellung der Förderwürdigkeit erwartet.“³⁸ Im Lausitzprogramm heißt es auf Seite 16 zudem, dass „die Rahmenbedingungen für ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum zu verbessern“ sind und auf Seite 20, dass „(d)ie geförderten Investitionen (...) auch unter Berücksichtigung künftiger demografischer Entwicklungen nutzbar sein und im Einklang mit den Nachhaltigkeitszielen im Rahmen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und der Brandenburger Nachhaltigkeitsstrategie stehen“ sollen (Sachsen, Staatskanzlei, Lausitz-Beauftragter des Ministerpräsidenten, o. J.).

³⁶ WRL – Regional- und Kommunalförderung, URL: <https://wirtschaftsregion-lausitz.de/strukturentwicklung-lausitz/regional-und-kommunalforderung-im-strukturwandel/>, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

³⁷ Entsprechend Artikel 104b Grundgesetz

³⁸ WRL – Hinweise zur Erstellung der Projektskizze, URL: <https://wirtschaftsregion-lausitz.de/wp-content/uploads/2022/09/WRL-Ausfuellhinweise-Projektskizze.pdf>, zuletzt eingesehen am 30.10.2024

6.2.3 Sachsen

Auch Sachsen hat ein eigenes System entwickelt, arbeitet im mitteldeutschen Revier jedoch mit Sachsen-Anhalt und, untergeordnet, Thüringen zusammen sowie in der Lausitz über die WRL mit Brandenburg. Für Projekte auf Landesebene findet die Projektentwicklung direkt in den Fachministerien statt. Das Sächsische Staatsministerium für Regionalentwicklung (SMR) bezieht die Kommunen und Reviere während der Entwicklung ein. Die finale Entscheidung obliegt jedoch der sogenannten Interministeriellen Arbeitsgruppe (IMAG).³⁹

In Sachsen werden kommunale Projekte vor Ort in den Revieren entwickelt und mit den Fachministerien abgestimmt.⁴⁰ Die Entscheidung über einen positiven Fördermittelbescheid liegt bei den regionalen Begleitausschüssen der Reviere (Lausitzer und Mitteldeutsches Revier). Die finale Entscheidung liegt wie in allen Revieren beim Bund. Eine Reihe an Institutionen ist an dem Prozess beteiligt. Maßgeblich involviert ist die Sächsische Agentur für Strukturentwicklung GmbH. Sie berät am Anfang des Prozesses die Antragstellenden, prüft die Anträge und führt ein indikatorbasiertes Scoring durch. Auch im späteren Prozess informiert und unterstützt sie Antragstellende. Die Sächsische Aufbaubank prüft die Anträge und stellt schlussendlich auch die Mittel bereit. Vor der eigentlichen Prüfung findet zudem auch noch eine Vorprüfung statt, in die Landratsamt (LRA), SAB und die Landesdirektion Sachsen (LDS) involviert sind. Die IMAG Sachsens sowie die Regionalen Begleitausschüsse (RBA) nehmen zu den Projektvorschlägen im Anschluss an das Scoring der SAS Stellung zu den Anträgen. Das SMR leitet anschließend die Liste zur Förderung empfohlener Projekte an das BMWK weiter. Der Prozess kann vertieft auf der Webseite des SMR nachgelesen werden⁴¹, die Förderrichtlinien auf der Seite des Landes Sachsen.⁴²

Die Förderschwerpunkte werden im Einklang mit dem InvKG im Handlungsprogramm der sächsischen Braunkohlereviere festgelegt⁴³, die nach 1. Wirksamkeit, 2. Effizienz, 3. Nachhaltigkeit, 4. Umfeld und 5. Umsetzbarkeit bewertet werden.

6.2.4 Sachsen-Anhalt

In Sachsen-Anhalt wird der Strukturwandel durch die Stabstelle „Strukturwandel im Mitteldeutschen Revier“ begleitet und gesteuert. Grundlage bildet die Landesrichtlinie „Sachsen-Anhalt Revier 2038“. Die Investitionsbank Sachsen-Anhalt⁴⁴ ist Ansprechpartnerin für Antragstellende und stellt sogenannte Förderlotsen (Berater*innen) für Vorhabenträger zur Verfügung. Sie übernimmt auch die Koordination der Erstanmeldung. Der Prozess ist insgesamt deutlich schlanker gehalten als in Brandenburg, Sachsen oder dem Rheinischen Revier. Im Letzteren spielt die Zukunftsagentur Rheinisches Revier eine entscheidende Rolle. Diese Rolle sowie die Verzahnung

³⁹ Ausführliche Informationen zur Förderrichtlinien und zum Förderverfahren finden sich hier: URL: <https://www.strukturentwicklung.sachsen.de/foerderrichtlinie-und-foerderverfahren-4341.html>, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

⁴⁰ Website des Landes Sachsen zu Förderrichtlinie und Förderverfahren, Abschnitt „Regionale Begleitausschüsse“, URL: <https://www.strukturentwicklung.sachsen.de/foerderrichtlinie-und-foerderverfahren-4341.html>, zuletzt eingesehen am 17.12.2024

⁴¹ Siehe Abbildung zum Ablauf des Förderverfahrens nach der Förderrichtlinie für Zuwendungen nach dem Investitionsgesetz Kohleregionen auf der Website des Landes Sachsen zu Förderrichtlinie und Förderverfahren: URL: <https://www.strukturentwicklung.sachsen.de/foerderrichtlinie-und-foerderverfahren-4341.html>, zuletzt eingesehen am 17.12.2024

⁴² Förderrichtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Regionalentwicklung zur Gewährung von Zuwendungen nach dem Investitionsgesetz Kohleregionen, SächsABl. 2021 Nr. 20, S. 557 Fsn-Nr.: 5501-V21.1, Fassung gültig ab: 31. Dezember 2023, URL: <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/19150-RL-InvKG>, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

⁴³ Handlungsprogramm zur Umsetzung des Strukturstärkungsgesetzes Kohleregionen des Bundes in den sächsischen Braunkohlereviere, URL: https://transformationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2020/12/Handlungsprogramm_Sachsen.pdf, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

⁴⁴ URL: <https://www.ib-sachsen-anhalt.de/oeffentliche-einrichtungen/investieren-ausgleichen/sachsen-anhalt-revier-2038>, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

der Akteur*innen im Revier wurde bereits in Trapp et al., 2024 umfassend dargestellt. Grundlage bildet der Reviervertrag 2.0, in welchem Ziele und Maßnahmen dargestellt werden. Das Programm REVIER.GESTALTEN bildet das Dach der finanziellen Förderung und der verschiedenen Förderzugänge (Nordrhein-Westfalen, Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie, 2023).⁴⁵

6.3 Erkenntnisse zur Integration ökologischer Nachhaltigkeitskriterien in Förderprogrammen

In den Interviews wurde zunächst gefragt, welche Rolle ökologische Förderkriterien derzeit in der Strukturförderung auf Länderebene spielen und wie ggf. weitere Kriterien integriert werden könnten, um die ökologische Nachhaltigkeit stärker in der Projektentwicklung im Strukturwandel zu verankern. Den Interviewpartner*innen wurde dazu die folgende Tabelle 7 mit möglichen Kriterien zur Bewertung ökologischer Nachhaltigkeit von Infrastrukturprojekten vorgelegt. Die Tabelle ist das Ergebnis wissenschaftlicher Auswertungen im Forschungsprojekt und deckt ökologische Aspekte umfassend ab⁴⁶. In den Interviews wurde auch thematisiert, welche der aufgelisteten Kriterien bereits in der Vergabep Praxis berücksichtigt werden und ob in der Tabelle weitere Kriterien fehlen. Anschließend wurde gefragt, welche Kriterien aus der Tabelle (und darüber hinaus) in Förderprogramme aufgenommen werden sollten und wie dies praktisch umgesetzt werden könnte.

Aus den Rückmeldungen der Interviewpartner*innen geht hervor, dass Kriterien und Indikatoren in der vorgeschlagenen Detailtiefe allein keinen geeigneten Lösungsweg darstellen, um die Förderung von ökologisch nachhaltigen Projekten sicherzustellen (s. Kap. 6.3.2). Die Abfrage solch spezifischer Kriterien und Indikatoren wurde zumindest in der frühen Phase der Erstanträge von Strukturwandelprojekten als zu aufwendig und nicht praktikabel angesehen. Aus der Synthese der Interviewergebnisse sowie der Diskussionsbeiträge des Expert*innenworkshops lassen sich Stellschrauben identifizieren, wie ökologische Nachhaltigkeitskriterien zielführend in Vergabeprozesse verankert werden können (s. Kap. 6.3.3).

⁴⁵ Revier.Gestalten, URL: <https://www.revier-gestalten.nrw/download>, zuletzt eingesehen am 27.10.2024

⁴⁶ Die Liste der Kriterien und Indikatoren wurde im Rahmen des Forschungsprojekts TransIS zusammengestellt und basiert auf den Vorarbeiten von M. Berger und Finkbeiner (2017); Olfert et al. (2020); Trapp et al. (2017).

Tabelle 7: Zusammenstellung möglicher Kriterien zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Infrastrukturprojekten

	Kriterium	Indikator
1.a	Abfallaufkommen	Abfallaufkommen insgesamt
1.b		gefährliche Abfälle
2.	Biodiversitätsverlust	Auswirkungen auf gefährdete oder schützenswerte Arten oder Lebensräume
3.a	Energieverbrauch	Primärenergiebedarf
3.b		Endenergiebedarf
4.a	Flächeninanspruchnahme	Infrastrukturspezifische Flächennutzungsänderung oder -umwandlung (Hemerobie-Stufe)
4.b		Ausmaß der schädlichen Bodenveränderungen (z. B. Abgrabungen, Versiegelung, Verschmutzung ...)
5.	Klimafolgen	klimatische Auswirkungen der Infrastrukturentwicklung (z.B. Hitzeinseln, Überflutung)
6.	Klimaanpassung	Erhöhung der Störungsresistenz gegenüber Klimafolgen (z.B. Steigerung der Versickerung)
7.	Lärmbelastung und -belästigung	Lärmäquivalente in dB
8.a, b, c, d, d, e	Luftschadstoffemissionen	a) Feinstaub (PM2.5) b) NH3 (Ammoniak) c) NMVOC (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan) d) NOx (Stickoxide) e) SO2 (Schwefeldioxid)
9.a		Nachfrageimpulse nach mineralischen Rohstoffen
9.b	Rohstoffinanspruchnahme	Nachfrageimpulse nach versorgungskritischen mineralischen Rohstoffen
10.	Treibhausgas-Emissionen	CO2, Lachgas, Methan
11.	Wasserverbrauch	Wasserknappheit am Ort des Verbrauchs

Quelle: Eigene Darstellung

6.3.1 Bisherige Berücksichtigung ökologischer Kriterien in der Vergabepaxis von Fördermitteln nach InvKG

Die Zusammenstellung der Kriterien und Indikatoren in Tabelle 7 wurde von den Interviewpartner*innen insgesamt als sehr umfangreich angesehen. Ergänzungsbedarf wurde nur punktuell von einzelnen Interviewten genannt:

- die Kreislauffähigkeit von Produkten,
- das Recycling und die Wiederverwendung von Abfällen,

- Bodenschutz (konkret der Eintrag von Pestiziden, Schadstoffen, gefährlichen Schadstoffen ins Medium Boden),
- mit Blick auf den Primärenergieverbrauch: Anteil erneuerbarer Energien und inwieweit Speichermöglichkeiten für erneuerbare Energien aufgebaut werden können.

Insgesamt wurde betont, dass in allen Bundesländern bei der Vergabe von Fördermitteln nach InvKG eine Abfrage von Nachhaltigkeitsaspekten erfolge, diese aber im Vergleich zu den in Tabelle 7 genannten Kriterien auf allgemeinerer Ebene stattfindet und meist nicht mit spezifischen Indikatoren hinterlegt ist. Beispielsweise werden in Sachsen als Teil des Scorings-Verfahrens Beiträge zu den Zielen der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie abgefragt. Auf dem Antragsformular können die Antragsstellenden ankreuzen und erläutern, auf welche der 17 Nachhaltigkeitsziele ihr Projekt einzahlt. Ihre Angaben werden im weiteren Verfahren auf Schlüssigkeit und Konsistenz mit dem Projektvorschlag geprüft und entsprechend bepunktet (Interview FP 6). Für die Beiträge zu den Nachhaltigkeitszielen werden demnach keine festgelegten Indikatoren herangezogen, um die Beiträge genau zu messen.

Zugleich wurde hervorgehoben, dass bestimmte Kriterien aus Tabelle 7 in den Revieren bereits umfänglich berücksichtigt werden. So wird die Flächeninanspruchnahme im Bundesland Sachsen in den Vergabeentscheidungen berücksichtigt. Dabei wird die Weiternutzung vorhandener Flächen – wenn möglich – priorisiert gegenüber der Inanspruchnahme neuer Flächen (Interview FP 1 und FP 6). Ähnlich wird auch im Brandenburger Teil der Lausitz vorgegangen (Interview FP 2). Des Weiteren wird im Lausitzer Revier ein besonderes Augenmerk auf den Wasserverbrauch gelegt. Hier wird beispielsweise explizit darauf geachtet, wie die Wasserversorgung für Gewerbegebiete bereitgestellt werden kann (Interview FP 1).

Darüber hinaus finden sich mehrere der vorgeschlagenen Kriterien in einer sogenannten Indikatorik wieder, die zum Zeitpunkt der Interviews (Frühjahr 2024) in Sachsen-Anhalt entwickelt wurde, um die Wirkung der geförderten Projekte auf Programmebene zu messen. Angedacht für diese Indikatorik sind u.a. durchschnittliche Treibhausgas-Emissionen, Flächeninanspruchnahmen (Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen) und das Aufkommen von Siedlungsabfällen. Dies zeigt eine große Schnittmenge zu den in Tabelle 7 genannten Kriterien und enthält keine darüberhinausgehenden Indikatoren (Interview FP 4).

6.3.2 Begrenzte Einsatzmöglichkeit von detaillierten Kriterien und Indikatoren in der Fördermittelvergabe nach InvKG

Ob bisher nicht berücksichtigte Kriterien aus der Tabelle 7 (und ggf. weitere Kriterien darüber hinaus) in die Förderprogramme aufgenommen werden sollten, wurde von der Mehrzahl der Interviewpartner*innen verneint. Eine häufige Rückmeldung war, dass der vorgeschlagene Kriterienkatalog nicht für die Anwendung in der Fördermittelvergabe nach InvKG geeignet wäre.

Als einen zentralen Grund dafür wurde aus der Perspektive der Antragstellenden genannt, dass zum Zeitpunkt der Fördermittelantragstellung die entsprechenden Informationen noch nicht vorliegen (können). Aufgrund des frühen Stadiums und der fehlenden Ressourcen könnten Antragstellende in vielen Fällen keine detaillierten Informationen zu Kriterien und Indikatoren zur ökologischen Nachhaltigkeit erbringen (Interview FP 4 und FP 6). Die Voraussetzung für eine solch spezifische Abfrage wäre, dass die Projekte bereits zum Zeitpunkt des Erstantrags bzw. der Projektskizze recht weit entwickelt sind. Das wiederum würde voraussetzen, dass hohe personelle und finanzielle Ressourcen in den Erstantrag fließen müssten – was jedoch für viele Kommunen nicht realisierbar sei. Insbesondere für finanzschwache Kommunen ist die Antragstellung bereits jetzt aufgrund der knappen personellen Kapazitäten herausfordernd. Gleichzeitig

fehlt es oftmals auf Seiten der Kommunen am nötigen Fachwissen, um detaillierte Nachhaltigkeitsüberlegungen anzustellen. Hinzu kommt, dass nicht alle Kriterien für jedes Projekt einschlägig sind und ein Vergleich zwischen Projektanträgen und damit der Entscheid über die Förderung erschwert und weniger transparent würde. Mit diesen Aussagen im Einklang wurde bereits in den Fokusgruppen der Workshops zu den Fallstudien in den Revieren ein möglichst einfacher und schlanker Erstantrag gefordert.

Auch aus der Perspektive der Vergabeseite können in einem frühen Stadium der Projektentwicklung detaillierte Informationen zur ökologischen Nachhaltigkeit nicht abschließend bewertet werden (Interview FP 6). Zwar können Nachhaltigkeitspotenziale berücksichtigt werden (z.B. Nutzung erneuerbarer Energien) – was bereits auch umgesetzt wird – jedoch nicht anhand von Berechnungen und Auswertungen konkreter Indikatoren. Im Einklang mit dieser Argumentation hob eine*r der befragten Expert*innen mit Blick auf Tabelle 7 hervor, dass sich die vorgeschlagenen Indikatoren dafür eignen könnten, Industrieprozesse zu bewerten (z.B. Stickoxidemissionen). Da jedoch bei der Vergabe der Strukturwandelmittel keine Unternehmensförderung gewährt wird, sind viele der Indikatoren nicht anwendbar. Bei der Förderung von Industrieparks bzw. Industrieflächen ist zwar die Folge, dass sich Unternehmen ansiedeln; hier erfolgen dann jedoch weitere Genehmigungsprozesse (außerhalb des Rahmens der Fördermittelvergabe), bei denen konkrete Indikatoren abgeprüft werden. Somit erfolge die detaillierte Prüfung der ökologischen Nachhaltigkeit von Infrastrukturprojekten auf einer anderen Genehmigungsstufe (Interview FP 2). Dieses Argument wurde auch in einem weiteren Interview genannt: Für Infrastrukturprojekte erfolgt nach deutschem Recht bereits eine detaillierte Überprüfung von ökologischen Kriterien und Indikatoren – als Teil der Baugenehmigungen, der Verabschiedung von Bauungsplänen bzw. der Umweltverträglichkeitsprüfung. Eine Überprüfung solcher Kriterien bei der Fördermittelvergabe würde daher eine Dopplung darstellen (Interview FP 6).

Des Weiteren wurde das grundsätzliche Anliegen hervorgehoben, den bürokratischen Aufwand für Antragstellende möglichst gering zu halten. Schlanke Prozesse für die Strukturwandelförderung zu etablieren, ist in vielen Bundesländern ein zentrales Interesse.

Insgesamt lässt sich festhalten: Förderkriterien sollten aus Sicht der befragten Expert*innen der Vergabeseite zunächst generisch sein – insbesondere in der frühen Antragsphase (Projektskizze und Förderwürdigkeitsprüfung). Zwar spielen Kriterien wie Treibhausgas-Emissionen oder Energieverbrauch (fast immer) eine Rolle, sie sind nach Ansicht der Interviewten aber schwer für die Förderwürdigkeitsprüfung zu operationalisieren. Andere Kriterien wie Abfallaufkommen oder Biodiversitätsverlust sind nicht für alle Projekte relevant (Interview FP 4).

Von einigen Interviewpartnern wurde betont, dass es hilfreich sein könnte, detaillierte Kriterien und Indikatoren an anderer Stelle der Fördermittelvergabe zu integrieren. In einigen Bundesländern werden aktuell Prozesse für eine Art Ergebniskontrolle oder Wirksamkeitsanalyse der geförderten Projekte etabliert. Beispielsweise entwickelt das Bundesland Sachsen-Anhalt eine Indikatorik, die eine Wirkungsmessung auf der Programmebene erlaubt (s. Kap. 6.3.1). Hier könnten möglicherweise die Aspekte Wasserverbrauch und Biodiversitätsverlust zusätzlich einfließen (Interview FP 4).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass ein Nachjustieren der Prüfkriterien und -indikatoren für die Vorhabensförderung von der Mehrheit der Interviewpartner*innen nicht als wichtigste Stell-schraube gesehen wird, um die ökologische Nachhaltigkeit in den Strukturwandelprojekten besser zu fördern. Es wurde jedoch eine Reihe anderer Ansatzpunkte genannt, die dringlicher angegangen werden müssten.

6.3.3 Möglichkeiten und Stellschrauben für eine bessere Integration von Kriterien und Indikatoren für die ökologische Nachhaltigkeit

Eine wichtige Voraussetzung ist zunächst, die (ökologische) Nachhaltigkeit als gleichrangiges Ziel zu den anderen, wirtschaftlich geprägten Zielen in den Landesstrukturprogrammen zu verankern. Hier bestehen derzeit deutliche Unterschiede zwischen den Bundesländern, wie diese die Vorgaben des Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen auslegen und wie hoch sie infolgedessen Nachhaltigkeitsaspekte priorisieren. In Sachsen beispielsweise gelten die Schaffung und Sicherung von Arbeits- und Ausbildungsplätzen als „oberste Prämisse“ in der Strukturförderung, während Nachhaltigkeitsaspekte demgegenüber als nachrangiges Ziel angesehen werden (Interview FP 6; ähnliche Äußerungen auch in Interview FP 2). Dies spiegelt sich darin, dass Nachhaltigkeitsaspekte insgesamt im sächsischen Scoring-Verfahren mit 20% in der Gesamtgewichtung relativ gering gewichtet werden, wodurch kein starker Anreiz für Vorhabenträger entsteht, ihre Projekte besonders nachhaltig auszurichten (Löw Beer & Gürtler, 2023). Ein Ansatzpunkt könnte demzufolge sein, das Zielbild anzupassen: „Wenn man dann sagt, das Thema Ökologie ist uns jetzt mindestens genauso wichtig wie die Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen, dann müsste im Scoring-Verfahren die Schwerpunktsetzung bei der Bewertung der einzelnen Kriterien entsprechend angepasst werden. Dann würden aufgrund der Höherbewertung des Kriteriums Ökologie automatisch Projekte mit klar nachvollziehbarer ökologischer Zielsetzung ein höheres Scoring erhalten. So könnte man das, wenn das gewünscht wäre, umsetzen“ (Interview FP 6).

Für Sachsen-Anhalt wird dies ähnlich eingeschätzt: „Ich glaube, Ansatzpunkte gibt es genug. Man kann das in der Strategie forcieren. Wir befinden uns auch gerade in der Fortschreibung für unser Strukturentwicklungsprogramm – also man könnte das Thema höher aufs Tableau heben. Man könnte auch schon in der Förderrichtlinie den Fokus deutlich machen. Es könnte stärker in der Scoring-Matrix vorgegeben sein. Auch das Gesetz selber, also das InvKG, könnte das stärker zum Ausdruck bringen, dass die ökologischen Kriterien eine hohe Rolle spielen und hohe Gewichtung haben sollen“ (Interview FP 4). Als Vorbild in diesem Kontext könnte Nordrhein-Westfalen dienen, denn dort wird die Stellung von Nachhaltigkeitszielen im Strukturwandel bereits als hoch angesehen. Laut Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen „sollen“ die geförderten Investitionen im Einklang mit den Nachhaltigkeitszielen der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie stehen. Im Gegensatz zu den anderen Bundesländern wird in NRW dieses „sollen“ als „müssen“ ausgelegt. Dabei handelt es sich um eine ressortabgestimmte Ansicht (Interview FP 5).

Als weiterer Ansatzpunkt wurde genannt, stärker auf die Vernetzung innerhalb der Reviere zu setzen und dabei das vorherrschende Ressortdenken zu überwinden (Interview FP 2). Zudem sollte die lokale Bevölkerung gut auf die anstehenden Transformationsprozesse vorbereitet werden. Ein Ansatzpunkt dafür ist, das lokale Wissen zum Thema ökologische Nachhaltigkeit besser in den Kommunen zu verankern (Interview FP 4). Für den dafür erforderlichen Wissenstransfer können bereits bestehende Netzwerke genutzt und/oder erweitert werden.

6.3.4 Reflektion zur Notwendigkeit von Kriterien und Indikatoren zur Stärkung der ökologischen Nachhaltigkeit im Strukturwandel

Als ein Ergebnis der Diskussion im Expert*innenworkshop lässt sich festhalten, dass sich mehr Ökologie im Strukturwandelprozess aus Sicht der Wissenschaftler*innen nicht ohne spezifische Kriterien und Indikatoren erreichen lässt. Kriterien legen den Maßstab bzw. die Anforderungen fest, anhand derer die Strukturwandelvorhaben bewertet werden können und sollen (z.B. Biodiversitätsverlust). Indikatoren dienen als konkretes Instrument, um den Grad zu messen, in dem ein Kriterium erfüllt ist (z.B. Auswirkungen auf gefährdete oder schützenswerte Arten oder Lebensräume). Indikatoren machen also erst messbar, ob und inwieweit bestimmte Kriterien

erreicht werden. Objektiv nachprüfbar Kriterien sind aus Sicht der Wissenschaftler*innen notwendig, um Entscheidungen nicht dem Bauchgefühl zu überlassen. Ferner sind Kriterien und Indikatoren erforderlich, um zu prüfen, ob gesetzte Ziele erreicht wurden. Hier gebe es keine Alternative zu einem formellen Evaluierungsprozess und messbaren Indikatoren, da sonst willkürliche, gefühlte, subjektive Meinungen zur Nachhaltigkeit im Prozess vorherrschen könnten.

In diesem Punkt gibt es eine Übereinstimmung mit den Aussagen in den Interviews: Beispielsweise sollen für die Programmevaluierung in Sachsen-Anhalt spezifische ökologische Kriterien herangezogen werden (Interview FP 4). Für Sachsen wurde angemerkt, dass für die Schaffung von Arbeitsplätzen bereits eine Kontrolle der Zielerreichung stattfinde, während das für die Beiträge zu den Nachhaltigkeitszielen nicht der Fall sei. „Wenn man also wollte, dass das Thema Ökologie eine größere Rolle spielt, müsste man auch die ökologischen Nachhaltigkeitskriterien entsprechend überwachen und Zahlen konkreter abfragen, damit man da ein Steuerungsinstrument in der Hand hätte“ (Interview FP 6). Aus Sicht der Wissenschaftler*innen sei ein häufiger Fehler, der mit Blick auf die Strukturwandelförderung gemacht wurde, dass messbare Zielkriterien nicht von Anfang an im Prozess festgelegt und verankert wurden. Mit Blick auf die zweite und dritte Förderperiode wird empfohlen, dass sich die Umweltressorts stärker bei der Zielentwicklung, Prozessausgestaltung und letztendlich Wahl von Erfolgsindikatoren einbringen.

Die Diskussion um Kriterien und Indikatoren im Vergabeprozess lässt sich auf die Frage zuspitzen: Wie viel Bürokratie ist erforderlich und zumutbar, und wie viel ökologische Nachhaltigkeit ist gewollt? Das ist eine Abwägungsfrage, mit der sich die Strukturwandelinstitutionen auseinandersetzen. Nach Meinung der Wissenschaftler*innen müssten Vorgaben zur ökologischen Nachhaltigkeit ambitioniert sein, um eine Transformation bewirken zu können.

Um weiterhin administrativ schlanke Förderprozesse zu gewährleisten, ist eine entscheidende Frage, wie die (ökologischen) Nachhaltigkeitsindikatoren operationalisiert werden. So müssen Prüfstellen in der Lage sein, die Indikatoren auch abzuprüfen. Dies sei einerseits bei eher vagen Kriterien, die nicht mit messbaren/eindeutigen Zielindikatoren hinterlegt sind, schwierig oder gar unmöglich, da in diesem Fall nicht auf eine geordnete Handhabung zurückgegriffen werden kann. Andererseits müsste die Überprüfung von sehr spezifischen Indikatoren bzw. Schwellenwerten ggf. an eine externe Stelle ausgelagert werden (Interview FP 5). Dieser Aspekt erscheint für die Strukturförderung in den einzelnen Revieren sehr relevant, da derzeit in den jeweiligen Nachhaltigkeitsprüfungen sehr stark auf qualitative Antworten der Antragsteller*innen gesetzt wird.

Aus Sicht der Wissenschaftler*innen werden Vorbilder für schlanke Fördermittelvergabeprozesse und zugleich für wesentlich kreativere und kollaborative Prozesse auf der EU-Ebene gesehen. So sind für die EU-Forschungsförderung transparente Prozesse etabliert. Oftmals sind diese expertengestützt, d.h. ein Expert*innengremium ist mit der Auswahl oder Prüfung von Projekten beauftragt. Ein Hemmnis ist dabei, dass die EU-Prozesse von vielen lokalen Akteuren in den Revieren als sehr bürokratisch und akademisch wahrgenommen und daher teilweise sehr stark abgelehnt werden. So wurde in mehreren Interviews deutlich gemacht, dass akademische, weit von den lokalen Gegebenheiten entfernte Vorgaben der Europäischen Union auf wenig Akzeptanz und Verständnis in der Region stoßen (Interview FP 2 und FP 3). Andererseits orientieren sich die Verwaltungen in den Braunkohlerevieren teilweise bereits an den EU-Vergabeprozessen. Aus Sicht einiger Interviewpartner*innen ist es sinnvoll, Elemente aus bestehenden Prozessen zu übernehmen, statt spezifische Kriterien, Indikatoren und Prüfverfahren für jedes Revier neu zu erfinden (Interview FP 5 und FP 4).

Eine Antwort auf den befürchteten, unangemessen hohen bürokratischen Aufwand in der Fördermittelvergabe bei umfangreicherer Nutzung ökologischer Kriterien und Indikatoren sehen

die Wissenschaftler*innen in einer Staffelung der Anforderungen nach Projektgröße. So könnten Antragsprozesse insbesondere für kleinere Projekte schlank gehalten werden, wenn Abstufungen bei den Vorgaben und Prüfvorgaben je nach Projektgröße und Förderbetrag gemacht werden. Für umfangreiche Vorhaben, die beispielsweise mit einer Summe in Millionenhöhe gefördert werden sollen, könnten demnach umfangreichere Angaben zur ökologischen Nachhaltigkeit gefordert und strengere Prüfkriterien angelegt werden.

6.4 Diskussion von Empfehlungen zur Verbesserung der Fördermittelvergabe

Auf Basis der Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten wurden fünf konkrete Vorschläge entwickelt, wie ökologische Aspekte stärker in die Förderlandschaft und Fördermittelvergabe integriert werden könnten. Diese Vorschläge basieren zum einen auf Empfehlungen, die im abgeschlossenen Forschungsprojekt NaKESt erarbeitet wurden (Venjakob et al., 2023), zum anderen wurden sie auf Basis der Diskussionen und Erkenntnisse im Projekt TransIS erstellt. Die Vorschläge wurden dann im Rahmen der Interviews und des Expert*innenworkshops auf Plausibilität und Umsetzungspotenzial geprüft. Die Vorschläge waren bewusst offen formuliert, um im Diskurs mit den Akteuren eigene Ideen zu Ausgestaltungsmöglichkeiten anzuregen.

Im Folgenden werden die zentralen Erkenntnisse und Positionen aus den Interviews sowie aus dem Workshop mit Expert*innen zusammengefasst.

6.4.1 Vorschlag A: Earmarking

Mit dem „Earmarking“, d.h. der Zweckbestimmung von Mitteln, wird im Folgenden ein Ansatz aufgegriffen, der geeignet scheint, ökologische Nachhaltigkeitsziele in politischen Strukturförderprogrammen besser zu verankern und zu operationalisieren (Venjakob et al., 2023). Es geht darum, Fördermittel explizit ökologisch vorteilhaften Zwecken zu widmen. Ein Beispiel ist die Förderung regenerativer Energieversorgung in Gewerbegebieten (Heyen et al., 2024). Earmarking ist „ein Ansatz, um Nachhaltigkeitsziele in (Struktur-)förderprogramme zu integrieren [...]“. Dabei ist ein bestimmter Prozentteil des Fördervolumens zweckgebunden, das heißt zum Beispiel für Klimaschutzinvestitionen reserviert. Der Earmarking-Ansatz wird auf der EU-Ebene bereits seit einigen Jahren für die Struktur- und Investitionsfonds angewendet und kennzeichnet auch die neu geschaffene europäische Aufbau- und Resilienzfazilität“ (Venjakob et al., 2023, S. 211).

Dieser Vorschlag wurde von den interviewten Stakeholdern unterschiedlich bewertet. Ein*e Interviewpartner*in sprach sich vehement gegen ein Earmarking nach dem Vorbild der EU aus, da dies zu bürokratisch und der erforderliche Mehraufwand aufgrund des Fachkräftemangels nicht umsetzbar sei (Interview FP 2). Darüber hinaus wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass die ökologische Nachhaltigkeit von Projekten nicht die Prämisse in der Strukturförderung sei – der gesetzliche Auftrag liege klar darin, Arbeits- und Ausbildungsplätze zu schaffen und zu sichern, während Nachhaltigkeitsperspektiven in Projekten dem nachgeordnet seien (Interview FP 2 und FP 6). Vor diesem Hintergrund kann der Vorschlag, einen bestimmten Anteil der Strukturwandelgelder für ökologisch nachhaltige Projekte zu reservieren, derzeit nicht umgesetzt werden. Dies würde zunächst eine entsprechende Anpassung der gesetzlichen Grundlagen erfordern (d.h. im InvKG und die darauf basierenden Förderrichtlinien), die das Thema ökologische Nachhaltigkeit mit der Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen gleichsetzt (Interview FP 6). Ferner wurde von einigen Interviewpartner*innen kein großes Verbesserungspotenzial gesehen, welches durch ein Earmarking erreicht werden könnte. Es gäbe bereits viele ökologisch-nachhaltig ausgerichtete Projekte, sodass eine Zurückhaltung von Geldern spezifisch für dieses Ziel nicht erforderlich sei (Interview FP 2 und 3).

Im Gegensatz dazu schätzten andere Interviewpartner*innen das Earmarking grundsätzlich als ein umsetzbares und sinnvolles Instrument mit einer guten Lenkungswirkung ein (Interviews FP 1, FP 4, FP 5). Es sei ein probates Mittel, um einen stärkeren Fokus auf die (ökologische) Nachhaltigkeit in Projekten zu legen (Interview FP 4). Der Ansatz des Earmarkings könnte nach der Evaluierung der laufenden Förderperiode umgesetzt werden, um in der zweiten oder dritten Förderperiode einen stärkeren Schwerpunkt auf ökologische Nachhaltigkeit zu setzen. Allerdings sei damit zu rechnen, dass die Verhandlung über die Höhe des Prozentsatzes für das Earmarking und die Budgetverteilung zwischen verschiedenen Ressorts zu langatmigen und hitzigen Diskussionen führt (Interview FP 4 und FP 6). Auch könnte es auf regionaler Ebene zu Akzeptanzproblemen führen, wenn die Bedeutung der ökologischen Nachhaltigkeit nicht von allen Akteuren als gleichrangig gegenüber wirtschaftlichen und sozialen Aspekten angesehen wird (Interview FP 5). Leichter umsetzbar könnte es sein, 30% (bzw. einen bestimmten Betrag) der verfügbaren Strukturwandelgelder für gezielte Förderaufrufe zu verwenden, die bestimmte ökologische Aspekte in den Vordergrund stellen (Interviews FP 3, FP 4, FP 5). Solche themenbezogenen Förderaufrufe wurden in Sachsen bereits diskutiert. Ihr Vorteil wäre, dass sich damit Projekte zu einem bestimmten gewünschten Fokus und einer entsprechenden Wirkung hinlenken ließen. Die Evaluation der laufenden Förderrichtlinie könnte entsprechende Hinweise geben, ob Bedarf nach themenbezogenen Förderaufrufen in Richtung ökologischer Nachhaltigkeit besteht (Interview FP 6).

In der Workshop-Diskussion mit Wissenschaftler*innen wurden Bedenken gegenüber dem Earmarking-Ansatz geäußert. Ökologische Nachhaltigkeit in eigene Förderprojekte auszulagern, wurde als eine riskante Strategie gesehen, da auf diese Weise kein Mainstreaming von Klima- und Umweltschutz in die Wirtschaftsförderung insgesamt stattfinden könne.

6.4.2 Vorschlag B: Schlüssiger Nachweis des Einklangs mit Nachhaltigkeitszielen („Do No Significant Harm“)

Dieser Vorschlag richtet den Fokus auf die Ziele der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie. Um Strukturfördergelder zu beantragen, müssen in diesem Fall Antragsteller*innen schlüssig nachweisen, dass ihre Fördervorhaben den Zielen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zumindest nicht wesentlich entgegenstehen. Ein Vorbild für diesen Vorschlag wäre der Ansatz der EU-Taxonomie für ein nachhaltiges Finanzwesen mit seinen „Do-no-significant-harm“-Kriterien (Europäische Kommission, 2022).

Dieser Vorschlag wird von der Mehrheit der Interviewpartner*innen grundsätzlich als sinnvoll angesehen. Unterstützt werden können die Antragstellenden durch Beratungsstellen, die bereits in den Revieren etabliert sind.

Die Meinungen der Interviewpartner*innen unterscheiden sich jedoch darin, ob die EU-Taxonomie mit ihren „Do-no-significant-harm“-Kriterien hierfür ein sinnvolles Vorbild darstellt (vgl. hierzu auch Kapitel 7.3.4). Das EU-Modell wird als sehr bürokratisch und aufwendig wahrgenommen und als nicht passend für die Gegebenheiten vor Ort in den Revieren (Interviews FP 2, FP 3, FP 4). Daher wird die Entwicklung eines eigenen Prozesses für die jeweiligen Bundesländer befürwortet. Betont wurde außerdem, dass Beiträge zu den Nachhaltigkeitszielen bereits in den Vergabeprozessen der einzelnen Reviere abgeprüft werden, auch wenn dies meist auf allgemeinerer Ebene passiere als im EU-Modell. Ferner können in mehreren Bundesländern (Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg) bereits heute durch plausibel begründete Beiträge zu den Nachhaltigkeitszielen Pluspunkte für die Bewertung des Antrags gesammelt werden. Die Idee ist, damit einen Anreiz für möglichst nachhaltige Projekte zu setzen. Die EU-Taxonomie dagegen stehe für eine umgekehrte Herangehensweise, bei der Antragsstellende nachweisen müssen,

dass ihr Projekt sich nicht negativ auf die Nachhaltigkeitsziele auswirkt. Einige Interviewpartner*innen bevorzugten einen positiven bzw. motivierenden Ansatz, um mehr ökologische Nachhaltigkeit in Strukturwandelprojekte zu integrieren (Interview FP 1 und FP 4).

Im Gegensatz dazu argumentierten einige der Interviewpartner*innen, dass es sinnvoll sei, sich an bestehenden Systemen wie der EU-Taxonomie zu orientieren. In Nordrhein-Westfalen wird bei den Antragstellenden bereits abgefragt, ob signifikant negative Beiträge zu den Nachhaltigkeitszielen aus ihren Projekten zu erwarten seien. Zudem hat Nordrhein-Westfalen seine zweistufige Nachhaltigkeitsprüfung für die Strukturwandelförderung in Stufe zwei an die EU-Taxonomie angelehnt und fragt die entsprechenden ökologischen Prüfkategorien qualitativ ab (Interview FP 5). Verbesserungspotenzial wird von der Vergabeseite noch darin gesehen, die Überprüfbarkeit und Anwendbarkeit der Prüfkategorien zu vereinfachen, denn die Antragstellenden interpretieren ihre Beiträge zur ökologischen Nachhaltigkeit sehr unterschiedlich und es ist schwierig, die Projektbeiträge miteinander zu vergleichen und zu bewerten (Interview FP 3 und FP 5). Hier könnte es hilfreich sein, Standards und standardisierte Textbausteine einzuführen. Ferner könnten für Infrastrukturprojekte gewisse Mindeststandards als Fördervoraussetzung festgelegt werden. Um Anreize zu setzen, könnten höhere Förderquoten in Aussicht gestellt werden, wenn ein höherer als der Mindeststandard erreicht wird. Generell sei es wichtig, Prüfkategorien bzw. -kriterien gut zu operationalisieren, um Bürokratie zu vermeiden (Interview FP 5).

6.4.3 Vorschlag C: Enge Begleitung durch Berater*innen

In diesem Vorschlag werden Infrastrukturvorhaben von der ersten Bedarfsanmeldung an durch qualifizierte Berater*innen begleitet (z.B. Bedarf Glasfaserausbau, Energieversorgung oder Schienenverkehr), wofür die öffentliche Hand langfristig Stellen mit entsprechenden Qualifikationen aufbaut. Ziel dieses Ansatzes ist, schon frühzeitig im Planungsprozess innovative, ökologisch nachhaltige Möglichkeiten der Infrastrukturgestaltung zu erkennen, die über den Stand der gängigen Techniken und Abläufe hinausgehen.

Dieser Vorschlag erhielt sehr hohe Zustimmung von den Interviewpartner*innen. Für viele Kommunen wird ein klarer Bedarf an dieser Art von Unterstützung gesehen (Interviews FP 2, FP 3, FP 5). Dieser Eindruck deckt sich mit Aussagen der Teilnehmenden aus den Fallstudien-Workshops in den Untersuchungsräumen der Reviere (s. Kap. 5). Insbesondere Kommunen mit sehr kleinen Verwaltungen sowie finanzschwache Kommunen sind auf externe Beratungsangebote angewiesen: „Wir haben sehr kleine Kommunen, die können kein Millionenprojekt umsetzen mit ihrem derzeitigen Personal“ (Interview FP 3).

Als wichtiger Punkt bei der **Gestaltung von Beratungsangeboten** wurde hervorgehoben, dass sich die Berater*innen untereinander eng vernetzen sollten, um voneinander lernen zu können und Wissen in der Region aufzubauen (Interview FP 3). Es gilt, durch eine bessere Vernetzung und Kommunikation „die vorhandenen Möglichkeiten viel, viel stärker [zu] nutzen“, um erfolgreiche Transformationsprozesse auf den Weg zu bringen (Interview FP 2). Dies deckt sich mit Empfehlungen in der Literatur, wonach Akteur*innen in einem nachhaltigen Strukturwandel unterstützt werden können, indem gegenseitiges Lernen („Peer-Learning“) ermöglicht wird und interkommunale Netzwerke und strategische Allianzen gebildet werden (Venjakob et al., 2023). Dieser Bedarf wurde in allen drei Fokusgruppen im Rahmen der regionalen Fallstudien-Workshops betont.

Während einerseits ein klarer Bedarf an zusätzlichen Beratungsleistungen gesehen wird, wurde in den Interviews gleichzeitig betont, dass es in vielen Regionen bereits gute Beratungsangebote gibt. Ein Positivbeispiel stellen die Strukturwandelmanager*innen im Rheinischen Revier dar

(s. Textbox), die sich bereits gut vernetzen. Sie bringen Wissen in die Kommune ein und ermöglichen ein systemisches Denken, indem sie darauf achten, dass die geförderten Projekte in der Summe möglichst ein Ziel verfolgen und sich ergänzen, ineinandergreifen und sich Synergien ergeben (können). Allerdings gibt es bei dem Ansatz der Strukturwandelmanager*innen mit Beratungsfunktion in seiner jetzigen Form noch einige Herausforderungen (Interview FP 3 und FP 5): So laufen viele der üblicherweise zeitlich begrenzten Vier-Jahresverträge der Strukturwandelmanager*innen in den Jahren 2024 oder 2025 aus. Damit ist keine Langfristigkeit des Ansatzes gesichert. Was jedoch eigentlich benötigt wird, ist die Kontinuität des Ansatzes: „Die Strukturwandelmanager bauen ein Know-How auf. Dieses Wissen und auch das Netzwerk der Strukturwandelmanager wieder zu verlieren wäre ‚bitter‘. Eine Nachhaltigkeit muss gesichert werden. Eine **Verstetigung von Strukturwandelmanagern** durch Anschlussförderung ist sehr sinnvoll und wünschenswert“ (Interview FP 3).

Hinzu kommt, dass die angestellten Strukturmanager*innen bereits viele verschiedene Aufgaben erfüllen und dabei nicht alle Infrastrukturthemen abdecken können, auch da sie unterschiedliche berufliche Hintergründe haben. Sie können die oftmals in Projekten benötigten Planer*innen nicht ersetzen (Interview FP 5).

Beratungsangebote und -strukturen sind in den Bundesländern zumeist nicht zentral koordiniert. So zum Beispiel in Sachsen: Im Landkreis Görlitz sind durch die Entwicklungsgesellschaft Niederschlesische Oberlausitz mbH (ENO) sehr gute Beratungsangebote für Kommunen etabliert. Mitarbeiter*innen der ENO werden zum Teil über das STARK-Programm des Bundes gefördert. Sie sind in Sachsen bei jeder Projektberatung, insbesondere bei den Erstberatungen, mit am Tisch und treiben Projekte gemeinsam mit dem Projektträger und mit der Sächsischen Agentur für Strukturentwicklung voran. Die ENO ist jedoch ausschließlich für einen Landkreis zuständig. In anderen Landkreisen sind entweder andere Entwicklungsgesellschaften oder ähnliche Institutionen vorhanden, oder die Kreisverwaltung übernimmt selbst die Aufgabe der Erstberatung. Der Beratungsaspekt in der frühen Phase der Projektentwicklung ist somit grundsätzlich im Förderantragsprozess in Sachsen gut integriert und in der Praxis umgesetzt (Interview FP 1).

Als größtes Hemmnis, um eine enge Begleitung der Strukturwandelprojekte durch Berater*innen zu ermöglichen oder auszubauen, wird der Fachkräftemangel gesehen. Dabei wurde in den Interviews hervorgehoben, dass es in vielen Regionen insbesondere an Planer*innen in der Umsetzung der Projekte mangle (Interviews FP 2, FP 5). Ein*e Interviewpartner*in aus dem Lausitzer Revier beschrieb dieses Problem folgendermaßen: „Also wenn ich mir im Moment angucke, wie die Planer-Landschaft leergefegt ist... Ich sage mal, gute Fachfrauen und Fachmänner, die auch strategisch denken, die kriegen Sie nicht mit E 13 in den öffentlichen Dienst gelockt. Also aus meiner Sicht ist das die größte Baustelle, die wir haben“ (Interview FP 2). Diese Aussage wurde durch eine antragstellende Person im Verlauf der Fallstudien-Workshops mit Stakeholdern der Fallbeispiele in den Revieren bestätigt und hinzugefügt, dass zusätzliche erschwerende Faktoren der Personalsuche die zeitliche Begrenzung der Stellen und die notwendigen Wohnortwechsel (z.B. Umzug in den ländlicheren Raum) sind.

Um das Problem des fehlenden Fachpersonals anzugehen wurde von eine*r Interviewpartner*in die Idee eingebracht, einen **Pool an Planer*innen und Gutachter*innen** bereitzustellen, auf den die Kommunen bei Bedarf zurückgreifen können. Dies wäre eine Alternative zu festen, durch die jeweiligen Bundesländer bereitgestellten Verwaltungsstellen für die Beratung in jeder Region. Das Angebot könnte so ausgestaltet werden, dass finanzschwache Kommunen oder auch KMU ein gewisses Budget für Beratungsstunden zur Verfügung bekommen, während finanzstärkere Kommunen, größere Unternehmen und Forschungseinrichtungen selbst zahlen müssten. Wichtig bei einem solchen Ansatz wäre, dass die Beantragung der Beratungsleistungen für die

Kommunen einfach handhabbar sind und keine komplexen Anträge gestellt werden müssen (Interview FP 5).

Strukturwandelmanager*innen im Rheinischen Revier

Im Rheinischen Revier wurden rund **50 Strukturwandelmanager*innen** eingestellt, um Zukunftsprojekte für die Region zu entwickeln und umzusetzen. Sie sind Ansprechpartner*innen für Kommunen, Kreise und Initiativen bei allen Fragen zur Entwicklung und Beantragung von Förderprojekten und sollen die Kommunen im Strukturwandel unterstützen und entlasten. Die Initiative wird durch das STARK-Programm gefördert.

Die Strukturwandelmanager*innen sind untereinander über die **Revierakademie**⁴⁷ vernetzt. Diese bietet einen regelmäßigen Austausch, Schulungen sowie Informationen zu Förderverfahren und aktuellen Themen. Dadurch sollen die Strukturwandelmanager*innen in die Lage versetzt werden, neue Ideen in die Verwaltung einzubringen und Projekte systemisch voranzubringen.

6.4.4 Vorschlag D: Partizipativer Werkstattprozess und Orientierung an einem Leitbild

In der Lausitz (Brandenburg) wird ein partizipativer Werkstattprozess⁴⁸ genutzt, um Strukturwandelprojekte gemeinsam mit Akteuren vor Ort zu entwickeln. In sogenannten Werkstätten entwickeln Akteursgruppen aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft, Kommunen und Zivilgesellschaft gemeinsam Projekte und sind Ideengeber. In den Interviews wurde dieser Vorschlag mit Blick auf seinen Vorbildcharakter und Übertragbarkeit auf andere Regionen im Strukturwandel besprochen.

Von den Interviewpartner*innen wird dieser Vorschlag, die Region in Entscheidungen zur Strukturförderung mit einzubeziehen, wie es in den Lausitzer Werkstätten der Fall ist, grundsätzlich als gut angesehen. Dadurch könne die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung erhöht werden. Der Frage der Akzeptanz wird eine hohe Relevanz beigemessen (Interview FP 1 und FP 2), u.a. auch, um bei Infrastrukturprojekten dem „Not-In-My-Backyard“-Syndrom vorzubeugen (Interview FP 3).

Gleichzeitig wird hervorgehoben, dass Prozesse zur Einbindung regionaler Akteure zu den Ausgangsbedingungen im jeweiligen Bundesland passen müssen. Es bestehen bereits eine Reihe von Bottom-Up-Ansätzen auch in anderen Bundesländern. So haben sich in Sachsen Fachnetzwerke als gut funktionierendes Beteiligungsformat für Akteure aus der Region etabliert (Interviews FP 1 und FP 6; s. Textbox). In Nordrhein-Westfalen wurde ein Dialogverfahren für die Strukturwandelförderung eingeführt, um regionale Akteure stärker als bisher in die Entscheidungsprozesse einzubinden.⁴⁹ Darüber hinaus gibt es für die Tagebauumfeldinitiativen im Rheinischen Revier gesonderte Programme und Initiativen, um eine intensive Einbindung lokaler Akteure zu gewährleisten (Interviews FP 3 und FP 5). Es wurde jedoch auch angemerkt, dass großangelegte partizipative Ansätze nicht zu allen Strukturwandelbereichen passen. Daher ist es sinnvoll, sich nach dem Bedarf zu richten und zu berücksichtigen, dass partizipative Prozesse zeitaufwendig sein können (Interviews FP 3, FP 4 und FP 5). Hervorzuheben ist, dass es in Brandenburg mit dem Werkstättenansatz gelungen ist, einen von Anfang an partizipativen und gleichzeitig schlanken Prozess für die Strukturförderung zu etablieren (Interview FP 2).

⁴⁷ <https://www.rheinisches-revier.de/wer/zukunftsagentur/team/>

⁴⁸ <https://wirtschaftsregion-lausitz.de/>

⁴⁹ Für weitere Informationen zum Dialogverfahren siehe Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (2023), URL https://www.rheinisches-revier.de/wp-content/uploads/2023/11/Flyer_Dialogverfahren.pdf

Es existiert damit in den Revieren eine Reihe von Partizipations- und Dialogformaten, die sich in der Praxis grundsätzlich bewährt haben und die auf die spezifischen Rahmenbedingungen und Bedarfe der Akteure zugeschnitten sein sollten.

Fachnetzwerke in Sachsen

In Sachsen wurden im Herbst 2022 sogenannte Fachnetzwerke im Mitteldeutschen und im Lausitzer Revier eingeführt, um den Strukturwandel in den betroffenen Regionen besser zu unterstützen. Diese themenbezogenen Netzwerke dienen als Plattformen, auf denen verschiedene Akteure wie Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Kommunen und Verwaltungen Projektideen diskutieren können und eigene Ideen in den Strukturwandelprozess einbringen können. In beiden sächsischen Revieren wurden jeweils Fachnetzwerke zu jedem der folgenden strategischen Entwicklungsschwerpunkte eingerichtet:

- ▶ Mobilität und IT⁵⁰
- ▶ Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie
- ▶ Energiemodellregion
- ▶ Gesundheitsmodellregion
- ▶ Tourismus und lebenswerte Regionen

Die Vernetzung und der Wissenstransfer innerhalb der Fachnetzwerke tragen dazu bei, einen stärkeren Fokus auf innovative Projekte und nachhaltige Lösungen in den Strukturwandelregionen zu legen und entsprechende Projektideen zu entwickeln. Gleichzeitig soll der frühzeitige Austausch der Akteur*innen in den Fachnetzwerken dazu beitragen, Projekte schneller zu bewilligen und realisieren zu können. Zudem wird eine bessere Verzahnung der Einzelprojekte angestrebt. Querschnittsthemen wie beispielsweise die Fachkräftesicherung werden für jeden Entwicklungsschwerpunkt mitbetrachtet (Sächsische Agentur für Strukturentwicklung, o. J.); Interviews FP 1 und FP 6).

6.4.5 Vorschlag E: Investitionsgarantie; um Unsicherheiten und Risiken abzufedern

Infrastrukturprojekte sind in der Regel zeit- und kostenintensiv. Und insbesondere innovative Konzepte sind mit ökonomischen Risiken und Unsicherheiten verbunden, sodass ökonomischen Unsicherheiten oft gegen deren Planung und Realisierung stehen. Um innovative Projekte zu fördern, könnte der Staat eine Art Investitionsgarantie geben, mit der Investitionen, die sich trotz Erfüllung der planerisch-technischen und ökonomischen Sorgfaltspflicht als Fehlentwicklung herausstellen, finanziell (zumindest teilweise) aufgefangen werden. Fördergelder sollten vor dem Hintergrund von Unsicherheit und eventuellen Nachsteuerungsbedarfen langfristig, d.h. auch nach 2038, für eine Anpassung von Infrastrukturvorhaben verfügbar gemacht werden. Dieser Vorschlag basiert auf Erkenntnissen aus den durchgeführten Fallstudien-Workshops in den Regionen. Hier wurde der Bedarf deutlich, Unsicherheiten und Risiken, die lokale Akteure oftmals davon abhalten, innovative Projektideen umzusetzen, im Verlauf der Projektumsetzung abzufedern.

In den geführten Interviews wird deutlich, dass das Problem von Unsicherheiten und Risiken auch von der Vergabeseite wahrgenommen und zum Teil bereits intensiv diskutiert wird (Inter-

50 Im Mitteldeutschen Revier gibt es insgesamt sechs strategische Entwicklungsschwerpunkte, da die Themen Mobilität und IT getrennt voneinander betrachtet werden.

view FP 2, FP 5, FP 6). Auch teilen einige Interviewpartner*innen die Einschätzung, dass die aktuellen Förderbedingungen nicht dazu anregen, innovative Wege in der Vorhabensplanung zu beschreiten (Interviews FP 1, FP 5). Häufig genannt in diesem Kontext wurden unerwartete Kostensteigerungen, die in der Vergangenheit häufig bei der Umsetzung von Infrastrukturprojekten auftraten. Faktoren, die hierbei eine Rolle spielen, sind beispielsweise teurer werdende Materialien aufgrund der Inflation, steigende Löhne, Altlastenbeseitigung sowie lange Antrags- und Bewilligungszeiträume. Während diese Faktoren für alle Infrastrukturvorhaben eine Rolle spielen, können innovative Projekte besonders betroffen sein, da sie neue Wege beschreiten und Erfahrungswerte oftmals noch fehlen. Dies stellt Kommunen, die für die Mehrkosten aufkommen müssen, teilweise vor große Herausforderungen.

Bereits heute können in Einzelfällen erhebliche Zusatzkosten oder zeitliche Verzögerungen über Folgeanträge aufgefangen werden (Interviews FP 5, FP 6). Zusätzlich könnte es helfen, im Austausch mit den Förderbanken deren Angebote stärker zu vereinfachen, so dass potentielle Antragsteller*innen diese einfacher und schneller nachvollziehen können (Interview FP 3).

Einen Lösungsansatz für die Problematik von Kostensteigerungen in Infrastrukturvorhaben zu finden ist allerdings förderrechtlich schwierig (Interview FP 5 und FP 6), und es liegen bisher noch keine ausgearbeiteten Konzepte für den Umgang mit (Kosten-)Risiken vor. Von den Interviewpartner*innen wurden verschiedene Lösungsansätze eingebracht (Interviews FP 1, FP 3, FP 5, FP 6), die im Folgenden kurz skizziert werden, jedoch im Rahmen dieses Vorhabens nicht weiter ausgearbeitet werden konnten:

- ▶ Eine Möglichkeit, um mehr Raum für innovative Ansätze und Projektideen zu ermöglichen wird darin gesehen, innerhalb der Förderkulisse gezielt Experimentierräume und Reallabore zu fördern. Auf diese Weise kann die Hemmschwelle abgebaut werden, neue, innovative Konzepte anzuwenden.
- ▶ Um mit unvorhergesehenen Kostenentwicklungen der Vorhaben umzugehen, wäre ein hilfreicher Ansatzpunkt, den Bundesländern mehr Flexibilität im Umgang mit den Fördergeldern zwischen den einzelnen Förderperioden zu ermöglichen. Dies setze allerdings eine entsprechende Abstimmung zwischen Bund und Ländern voraus.
- ▶ Eine weitere Überlegung ist, das Auftreten unerwarteter Kostensteigerungen in Infrastrukturvorhaben in den Fördermaßnahmen explizit zu berücksichtigen und einen Mechanismus für solche Fälle einzubauen. Das könnte bedeuten, einen Puffer in der Budgetplanung vorzuhalten, der für einzelne Vorhaben bei Bedarf die Freigabe einer zusätzlichen Fördersumme ermöglicht - beispielsweise in einer vorher festgelegten Höhe von 20 bis 30 Prozent der ursprünglichen Förderung. Eine Schwierigkeit bei dem Konzept eines „Schattenbudgets“ ist, mit diesem Instrument keine Fehlanreize für eine von Anfang an zu knappe Kostenkalkulation zu setzen. Es wären genaue Prüfmechanismen und Regeln essentiell, um bewusste unterschätzte Kostenrahmen zu unterbinden. Und schließlich dürfen gesetzliche Umweltbestimmungen nicht ausgehebelt werden.

7 Zentrale Botschaften zur Stärkung einer nachhaltigen Infrastrukturentwicklung im Strukturwandel

Der Fokus der folgenden Botschaften ist auf die Rolle von technischen Infrastrukturen und deren Transformation als Beitrag für einen sozial-ökologisch ausgerichteten Strukturwandel und eine nachhaltige Regionalentwicklung gerichtet. Gerade der Blick auf die Transformation von Infrastrukturen und deren Vernetzung auch über Sektorengrenzen hinweg verweist auf die Notwendigkeit, umweltrelevante Innovationen zu befördern und in die Umsetzung zu bringen. Zentral hierfür sind zum einen Prozesse zur Planung und Abstimmung sowie zum anderen Akteure samt ihrer Expertise und Interessen.

Im Rahmen der Arbeiten und Analysen zu konkreten Entwicklungsvorhaben (Fallstudien) in den drei Revieren (Entwicklung eines Industrie- und Gewerbegebiets mit CO₂-neutraler Energieversorgung und Produktion (GRAL – Green Areal Lausitz) im Lausitzer Revier, Entwicklungsoptionen der regionalen Infrastrukturen im Südraum Leipzig im Mitteldeutschen Revier, integriertes Sektorkopplungsprojekt in der Tagebaufolgelandschaft: Gewerbe- und Industriepark Elsbachtal im Rheinischen Revier; s. Kap. 5) sowie in der Auseinandersetzung mit maßgeblichen Förderprogrammen und -politiken (s. Kap. 6) konnte eine Reihe von Beobachtungen und Erkenntnissen hinsichtlich der Rolle und Bedeutung von Infrastrukturen im Strukturwandel gewonnen werden. Diese Beobachtungen und Erkenntnisse wurden vom Projektteam gebündelt und in Form von Botschaften verdichtet. In einem Arbeitstreffen mit vier ausgewählten Schlüsselakteuren sowie in einem abschließenden Workshop mit mehr als 20 Akteuren aus den drei Revieren und Fallstudienregionen wurden die folgenden vier Botschaften präzisiert:

1. Strukturwandel als Möglichkeitsraum für eine stärker sozial-ökologisch ausgerichtete Infrastruktur- und Regionalentwicklung nutzen
2. Vorausschauende, räumlich integrierte Infrastrukturentwicklung stärken
3. Wissen und Kompetenzen der Akteure vor Ort zum Entwickeln und Planen von Innovationen aufbauen und stärken
4. Gezielte Stärkung förderpolitischer Maßnahmen für ökologisch nachhaltige Infrastrukturprojekte

Die Botschaften richten sich an die unterschiedlichen Akteure nachhaltiger Infrastrukturentwicklung im Strukturwandel. Das sind Vertreter*innen der Landesebene, der Regionalplanung und der Kommunen sowie auch öffentliche und private Infrastrukturbetreiber, private Unternehmen, zivilgesellschaftliche Akteure (z.B. Gewerkschaften, Umweltverbände etc.), aber auch der Bund mit seinen Förderprogrammen. Es wurde bewusst darauf verzichtet, die Botschaften explizit dem einen oder anderen Akteur zuzuweisen. Das würde dem integrativen Anspruch des Vorhabens und seinen Botschaften nicht gerecht. Gleichwohl werden sich die Akteure unterschiedlich stark von den Botschaften angesprochen fühlen.

7.1 Strukturwandel als Möglichkeitsraum für eine stärker sozial-ökologisch ausgerichtete Infrastruktur- und Regionalentwicklung nutzen

An anspruchsvollen Nachhaltigkeitskriterien ausgerichtete Infrastrukturplanungen in Verbindung mit einer sozial-ökologischen Raumentwicklung implizieren für die planenden Akteure regelmäßig die Auseinandersetzung mit neuartigen Projektansätzen und Lösungsoptionen. Sie bedürfen eines innovationsfreundlichen Umfelds und Planungskontexts, der neben Wissen, geeigneten Akteurskonstellationen und institutionellen Rahmenbedingungen auch finanzielle Ressourcen bereithält, um „alte Pfade“ der Infrastruktur- und Regionalentwicklung zu verlassen und

neue, kreative Wege einzuschlagen und zu beschreiten. Dies bildet sich auf unterschiedliche Art in den drei Fallstudien ab.

Mit der spezifischen Förderkulisse für den Strukturwandel bietet sich für die Braunkohlereviere ein Gelegenheitsfenster, das die Realisierung innovativer Infrastrukturentwicklungen über die „konventionelle“ Infrastrukturausstattung hinaus unterstützen kann, sodass innovative Entwicklungsvorhaben nicht (ausschließlich) von der (Risiko-)Bereitschaft privater Investoren (vgl. TransIS-Fallstudie Lausitzer Revier/GRAL, s. Kap. 5.1) abhängen. Zugleich löst der Strukturwandel mit dem vereinbarten Zeitfenster für den Kohleausstieg bis 2038 Zeitdruck in der Umsetzung aus, der mit den Spezifika einer Bergbaufolgelandschaft und der damit einhergehenden rechtlichen, institutionellen und materiell-räumlichen Komplexität der Kontextbedingungen kollidiert (z.B. Bergbaurecht, Wasserrahmenrichtlinie). Die regelmäßig geforderte Beschleunigung von Planungsprozessen droht jedoch, die korrekte Prüfung von Umweltbelangen (z.B. im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung) und die Suche nach Gestaltungsoptionen mit möglichst geringen Umweltfolgen in Frage zu stellen.

Grundsätzlich können die mit dem Strukturwandel in den Revieren verbundenen Rahmenbedingungen wie Fördermittel und auch spezifische Beratungs- und Unterstützungsangebote (z.B. Strukturwandelmanager*innen) innovatives Denken und Ausprobieren neuartiger Projektansätze ermöglichen. Strukturwandelmittel bieten damit eine Chance, Unsicherheiten, die unweigerlich mit (sozio-technischen) Innovationen verbunden sind, finanziell aufzufangen und Innovationsoffenheit für sozial-ökologisch ausgerichtete Ansätze zu fördern. Mit finanziellen Mitteln bzw. dem Abfedern von finanziellen Risiken (s. Kap. 6.4.5) oder der Schaffung von Anlässen zur gemeinsamen Arbeit an Strukturwandalthemen (s. Kap. 6.4.4) lassen sich Spielräume für die Entfaltung von Alternativen im traditionellen politischen Diskurs weiten. Zugleich wecken Strukturwandelmittel Begehrlichkeiten, und es zeigt sich, dass die Fördermittel der 1. Finanzierungssäule (Länder) vor dem Hintergrund der zahlreichen eingereichten Projektanträge und der zwischenzeitlich gestiegenen Kosten der Umsetzung (Inflation) die mit den Projektanträgen avisierten Summen nicht decken. Und wenn nicht mehr Gelder bereitgestellt werden, müssen Projekte entweder kostengünstiger umgeplant, zusammengelegt oder gar ganz gestrichen werden (Aussage Workshop „Botschaften“ vom 26.09.2024 bezogen auf Sachsen und das Mitteldeutsche Revier). Umso wichtiger sind eine zielgerichtete Auswahl langfristig zukunftsfähiger Projektansätze und die Mittelbindung an kriterienbasierte Auswahlverfahren.

Die für eine innovative, sozial-ökologisch orientierte Infrastruktur- und Regionalentwicklung angelegten Möglichkeitsräume im Strukturwandel müssen jedoch auch kreativ und aktiv „be-spielt“ bzw. genutzt werden. Charismatische, gut vernetzte und diskursstarke Akteure mit Vorreiterfunktion spielen dabei ebenso eine wichtige Rolle wie attraktive, positiv konnotierte Narrative der Regionalentwicklung.

Die Ergebnisse in den Fallstudien haben gezeigt, dass sich die Einbettung von Strukturwandelvorhaben in Narrative der regionalen Entwicklung als hilfreich erweist. Denn Narrative ermöglichen es, die vielfältigen Raumbilder der (ehemaligen) Energielandschaften in den Braunkohlerevieren anders oder neu zu interpretieren. Dabei geht es nur selten um die vollständige Wiederherstellung des alten Landschaftsbildes. Stattdessen gewinnen Orientierungsmarken, die als Identifikationsobjekte dienen, an Bedeutung. Die Vielfalt an möglichen Raumbildern reflektiert die unterschiedlichen Phasen und Identitäten einer Region und zeigen Entwicklungsoptionen auf. Sie ermöglichen einen Blick auf die Symbiose zwischen Erhalt und Wandel als zentraler Aspekt der regionalen Raumentwicklung.

Empfehlungen:

- **Promotoren und „Kümmerer“ dauerhaft und strukturell fördern:** Für die Entwicklung und erfolgreiche Umsetzung von Innovationen sind neben finanzieller Unterstützung auch die Prozesse und Akteure von zentraler Bedeutung. Promotoren und sogenannte „Kümmerer“ (Individuen oder Organisationen) spielen dabei eine Schlüsselrolle (vgl. TransIS-Fallstudien Mitteldeutsches, s. Kap. 5.2, und Lausitzer Revier, s. Kap. 5.1). Sie vernetzen, motivieren und aktivieren öffentliche und private Akteure und sollten daher explizit nicht nur projektbezogen, sondern dauerhaft und strukturell gefördert werden (s. Kap. 6.4.3). Dazu gehören auch von der Wissenschaft unterstützte Diskussionsprozesse, die an zentralen Entscheidungspunkten externes Wissen zu der Bandbreite der Möglichkeiten sozial-ökologischer Innovationen in die laufenden Planungsprozesse einbringen (vgl. TransIS-Fallstudien Rheinisches Revier, s. Kap. 5.3, und Lausitzer Revier, s. Kap. 5.1).
- **Positive Raumbilder und Narrative auf Bekanntem aufbauen:** Positive Raumbilder und Narrative der Zukunftsfähigkeit der Braunkohlereviere können dazu beitragen, umweltrelevante innovative Ansätze regionaler Infrastrukturen zu entwerfen und eine nachhaltige Regionalentwicklung zu fördern (vgl. TransIS-Fallstudie Lausitzer Revier, s. Kap. 5.1.3, und Mitteldeutsches Revier, s. Kap. 5.2.3). Dabei sollte gerade in von Veränderungsmüdigkeit und Transformationsfrust in der Bevölkerung gezeichneten Regionen an bekannte und bewährte Strukturen und Identifikationspunkte angeknüpft werden. Narrative zeigen positive Zukunftsbilder auf und können, ausgehend vom Bekannten, Impulse für etwas Neues setzen. Visualisierungen und positive Zukunftsbilder können in partizipativen Prozessen dabei helfen, bereits vorhandene Zielbilder und Wege der Transformation durch konkreten regionalen Raumbezug greifbar zu machen.

7.2 Vorausschauende, räumlich integrierte Infrastrukturentwicklung stärken

Die mit dem Strukturwandel verbundenen Entwicklungsmaßnahmen nehmen auf den infrastrukturellen Bestand und notwendige Voraussetzungen (oftmals) keine Rücksicht. Infrastrukturdienstleistungen werden als technisch herstellbarer Rahmen erachtet. Im Sinne einer „nachholenden Infrastrukturplanung“ werden technische Infrastrukturen dann geplant, wenn die Abstimmungen und Planungen über Flächennutzungen und deren Bebauung (nahezu) abgeschlossen sind. Damit werden jedoch regelmäßig die Potenziale bestehender Infrastrukturen („Was ist schon da und könnte weiter genutzt werden?“) nicht systematisch erschlossen. Auch mögliche Synergien und sektorenübergreifenden Effizienzgewinne und intelligente Lösungen etwa zum Schließen von Stoffkreisläufen vor Ort (vgl. TransIS-Fallstudien Rheinisches, s. Kap. 5.3, und Lausitzer Revier, s. Kap. 5.1) können nicht gehoben werden, wenn Infrastrukturen nachgelagert zur räumlichen Entwicklung geplant werden. Eine integrierte Planung von Infrastrukturen wird oft nur auf Initiative einzelner Akteure angestoßen (vgl. TransIS-Fallstudie Lausitzer Revier, s. Kap. 5.1) und nicht ausreichend durch strukturelle Vorgaben zur sektorenübergreifenden Abstimmung gefordert.

Ein grundlegendes Problem bei der Planung und Umsetzung von Infrastrukturen ist die Synchronisation und Abstimmung von Bau bzw. Leistungsbereitstellung der Infrastrukturen und der Abnahme der Leistungen durch Kunden. Regelmäßig werden Infrastrukturen gebaut, ohne dass die zukünftige Nachfrage in Menge und Qualität zweifelsfrei feststeht. Daher ist bei der Finanzierung (nicht nur von Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen der öffentlichen Daseinsvorsorge) die öffentliche Hand gefordert, in „Vorkasse“ zu gehen. Beispiel sind u.a. Energieinfra-

strukturen für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft oder die Ver- und Entsorgung eines Industrie-/Gewerbegebiets, dessen Infrastrukturausstattung maßgeblich von den anzusiedelnden Branchen und Unternehmen abhängt (vgl. TransIS-Fallstudien Lausitzer, s. Kap. 5.1, und Rheinisches Revier, s. Kap. 5.3).

Empfehlungen:

Zur Stärkung der ökologischen Perspektive im Strukturwandel sollte die Bedeutung von Infrastrukturen stärker berücksichtigt werden. Dies kann gelingen, wenn Infrastrukturen im Rahmen einer vorausschauenden, räumlich integrierten Infrastrukturentwicklung frühzeitig und systematisch, sei es in konkreten Entwicklungsprojekten oder in (regionalen) Planungsprozessen, mitgedacht werden. Folgende Aspekte tragen hierzu bei:

- **Relevante Akteure sektorübergreifend angemessen und frühzeitig an der Planung beteiligen:** Die relevanten Akteure (wie beispielsweise Wirtschaftsförderung, Stadtplanung, Tiefbau- und Grünflächenämter, Wasserwirtschaft, Infrastrukturunternehmen u.a.) sollten frühzeitig in den Planungsprozess einbezogen und somit auch externes Fachwissen eingebunden werden. Dabei ist darauf zu achten, dass alle Infrastrukturektoren angemessen beteiligt sind und „Sowieso-Maßnahmen“ nicht unreflektiert und ungeprüft in die Förderung durch Strukturwandelmittel hineinrutschen. Auch ist es sinnvoll, bei der Auswahl von Branchen und Unternehmen für die Ansiedlung in Industrie-/Gewerbegebieten deren Bedarfsprofile und Quellenpotenziale mit zu berücksichtigen und Unternehmen anzusiedeln, deren Energiebedarf und Energieoutput in der Gesamtschau den Ausgleich von Bedarfsspitzen und Überangeboten zulässt (vgl. TransIS-Fallstudien Lausitzer, s. Kap. 5.1, und Rheinisches Revier, s. Kap. 5.3). Dazu können überschlägige Machbarkeitsstudien oder analog zur Wärmeplanung allgemein gehaltene Infrastrukturentwicklungspläne ein hilfreicher Schritt sein. Auch eine Analyse, welche Infrastrukturen bereits vor Ort liegen und für die z.B. Neuansiedlung von Unternehmen genutzt werden können, trägt zur ressourceneffizienten, sozial-ökologischen Transformation bei. Die Vermarktung richtet sich dann nicht mehr allein auf wirtschaftliche (oder steuerliche) Aspekte, sondern fokussiert auf Unternehmen, die sich ergänzen, um Synergien zu heben und Bedarfe zu verzahnen (vgl. TransIS-Fallstudien Lausitzer, s. Kap. 5.1, und Rheinisches Revier, s. Kap. 5.3). Schließlich trägt eine transparente Kommunikation zwischen den Stakeholdern dazu bei, Unsicherheiten und Zweifel abzubauen und gemeinsame Lösungen zu erarbeiten, um Konflikten vorzubeugen.
- **Umweltbilanzierung am Lebenszyklus – Um- und Weiternutzung bestehender Infrastrukturen fördern:** Neubauprojekte bieten aus ökologischer Perspektive die Chance, umweltfreundliche innovative Technologien und Ansätze von Beginn an zu integrieren. Umbauprojekte von bestehenden Infrastrukturen geben bereits sehr konkrete Rahmenbedingungen vor und erfordern eine präzise Koordination mit dem laufenden Betrieb, um Beeinträchtigungen zu minimieren. Unter ökologischen Gesichtspunkten können Umbauprojekte vorteilhaft sein, da die bereits im Bestand gebundene graue Energie weiter „genutzt“ wird. Die Weiter- und Umnutzung bestehender Infrastrukturen sollte nicht nur unter ökonomischen Gesichtspunkten, sondern auch mit Blick auf ökologische Argumente (Energie- und Stoffströme) geprüft werden. Daher sollten in der Infrastrukturentwicklung Umweltkosten internalisiert und die Umweltbilanzierung am Lebenszyklus von Infrastrukturen vorgenommen werden (vgl. hierzu (Trapp et al. 2017). Die Weiter- bzw. Umnutzung bestehender Infrastrukturen (vgl. TransIS-Fallstudie Mitteldeutsches Revier, s. Kap. 5.2) kann als Teil einer am Nachhaltigkeitsprinzip der Suffizienz (Lage et al. 2023) ausgerichteten Strategie gerahmt werden, indem bestehende infrastrukturelle Potenziale gezielt genutzt und in Wert gesetzt

werden. Schließlich kann die gezielte Verknüpfung des Strukturwandels mit der Weiterentwicklung bestehender Infrastrukturen (die im Einzelfall auch „Marken“ räumlicher Identifikation und regionaler Narrative sein können) auch gesellschaftliche Akzeptanz fördern (vgl. Empfehlung Kap. 7.1).

- **Systematisch sektorübergreifende Wechselwirkungen und Synergien prüfen:** Infrastruktursektoren unterscheiden sich u.a. in ihren technisch-materiellen Grundlagen (Netze, Anlagen), den Akteuren und Unternehmen, die in einem Sektor aktiv sind, und den Regelwerken. Es ist daher unabdingbar ihre jeweils eigenen sektorspezifischen Anforderungen in der Planung und Durchführung zu berücksichtigen (vgl. etwa die angestrebte Eigenstromversorgung im GRAL und die Flächenrestriktionen für Windkraftanlagen). Zugleich sollten systematisch alle Sektoren auf potenzielle Wechselwirkungen und Synergien hin geprüft werden, wie dies in den Fallstudien des Lausitzer und des Rheinischen Reviers geschehen ist. Dazu sollten Infrastrukturbetreiber auch regelmäßig in regionalen Foren zusammengebracht werden, um damit über einzelne, singuläre Vorhaben hinaus in einen Abstimmungsprozess zu treten.
- **Infrastrukturentwicklungen auf Umweltschutz und Klimaneutralität ausrichten:** Die Betrachtung der Klimaneutralität ist heute in der infrastrukturbezogenen Fachplanung unverzichtbar. Denn die Errichtung von Infrastrukturen geht mit Pfadabhängigkeiten einher, die über viele Jahre (oftmals Jahrzehnte) wirkmächtig sind. Investitionen und Baumaßnahmen, die heute umgesetzt werden und Klimaneutralität nicht berücksichtigen, müssen dann schon vor Ablauf ihrer geplanten Lebensdauer kostenintensiv wieder umgebaut werden bzw. bedürfen großer Zusatzinvestitionen für deren Anpassung. Mit Blick auf Klimaneutralität als Planungsziel ist auch das Vergaberecht so auszulegen bzw. zu gestalten, dass dieses Ziel nicht nur angemessen berücksichtigt wird, sondern aufgrund seiner Relevanz im Abwägungsprozess widerstreitender Interessen auch zum Zuge kommt und etwaige Mehrkosten einer klimaneutralen Infrastrukturplanung auch refinanziert werden können.

7.3 Wissen und Kompetenzen der Akteure vor Ort zum Entwickeln und Planen von umweltrelevanten Innovationen aufbauen und stärken

Wissen über umweltrelevante innovative Ansätze und Gestaltungsoptionen regionaler Infrastrukturen ist die Grundlage, um die erforderliche Neugestaltung der Infrastrukturen in den Strukturwandelregionen sozial-ökologisch auszurichten. Der Grad der Einbeziehung von Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekten hängt direkt vom Wissensstand zu konkreten Handlungsalternativen der an der Planung beteiligten Personen ab. Erst wenn Akteure innovative Ansätze der sozial-ökologisch ausgerichteten Infrastrukturentwicklung kennen (und dies bezieht explizit nicht nur den Neubau von Infrastrukturen ein, sondern gerade auch die Nach-, Um- und Weiternutzung von vorhandenen Infrastrukturen), können diese in Ideenfindungs- und Planungsprozesse eingetragen und sachgerecht abgewogen werden. Ein Beispiel ist die sich dynamisch entwickelnde Digitalisierung, die (zusätzliche) Flexibilitätsoptionen z.B. im On-Demand-Betrieb im Sektor Mobilität (vgl. TransIS-Fallstudie Mitteldeutsches Revier, s. Kap. 5.2) oder Kopplungen im Energiesektor (vgl. TransIS-Fallstudien Lausitzer Revier, s. Kap. 5.1, und Rheinisches Revier, s. Kap. 5.3) ermöglicht und damit grundsätzlich neue Lösungsoptionen eröffnen kann.

Die Erfahrungen in den Fallstudien belegen die wichtige Rolle von lokalen Akteuren, die eigene, ambitionierte Ideen hinsichtlich der Nachhaltigkeit in den Planungsprozess eingebracht haben. Besonders betont wurde dabei die Notwendigkeit, u.a. stärker auf lokale und regionale Wertschöpfungsketten und Kreisläufe zu achten (vgl. TransIS-Fallstudien Lausitzer Revier, s. Kap. 5.1, und Rheinisches Revier, s. Kap. 5.3).

Neben Fachwissen über die Funktionsweise von Infrastruktursystemen sind auch methodische Kompetenzen der Prozessgestaltung und z.B. zur Formulierung von Narrativen und Zukunftsbildern der Regionalentwicklung relevant. Die teils recht kleinen Kommunalverwaltungen (und ehrenamtlichen Gemeinderäte) mit einer in fachlicher Breite und Tiefe überschaubaren Personaldecke haben regelmäßig unzureichende Kapazitäten (in Form von Zeit und Geld) und Kompetenzen (im Sinne von Fähigkeiten und Methodenkenntnis), um eigenständig kreative Projektansätze und Entwicklungsoptionen zu entwickeln. Dieser Umstand wird auch dann erkennbar, wenn (kleine/ländliche) Kommunen in den Strukturwandelregionen mit externen Investoren verhandeln und dabei Nachhaltigkeitsaspekte im Sinne eines sozial-ökologischen Strukturwandels gegenüber kurzfristigen betriebswirtschaftlichen Renditeerwartungen nicht einfordern und durchsetzen können.

Auch wenn aus Wissen über innovative Infrastrukturen und nachhaltige/sozial-ökologische Regionalentwicklung nicht automatisch konkretes Handeln wird, sind Wissen und Kompetenzen auf kommunaler Ebene Schlüsselfaktoren, um den Strukturwandel stärker sozial-ökologisch auszurichten.

Empfehlungen:

- **Beratungs- und Unterstützungsstrukturen für eine nachhaltige und ökologisch orientierte Infrastrukturentwicklung in den Strukturwandelregionen schaffen:** Die Fallstudien haben gezeigt, dass zur Förderung einer nachhaltigen und ökologisch orientierten Regionalentwicklung der kontinuierliche Wissensaufbau und insb. die gezielte Fortbildung der mit Infrastrukturplanungen befassten Akteure vor Ort, insb. in den Kommunalverwaltungen, zentral sind. Das ist vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und des Fachkräftemangels, wie dies in den Fallstudienregionen in der Lausitz und den Kommunen im Leipziger Südraum der Fall war, eine große Herausforderung. Besonders wichtig ist es, dabei ehrenamtliche Gemeinderäte und weitere lokale Entscheidungsträger*innen zu qualifizieren, um sie besser auf ihre Aufgaben vorzubereiten und zu befähigen. Gerade im ländlichen Raum spielt die interkommunale Zusammenarbeit eine entscheidende Rolle. Unterstützungsstrukturen auf Landkreis- oder Landesebene können Kommunen hierbei maßgeblich unterstützen und fördern (z.B. Strukturwandelmanager*innen, s. Kap. 6.4.3). Wichtig dabei ist, dass die verschiedenen Beratungs- und Unterstützungsangebote aufeinander abgestimmt sind, um ein strategisches und systemisches Vorgehen innerhalb der Reviere sicherzustellen. Zudem sollten die Berater*innen bzw. Unterstützer*innen untereinander gut vernetzt sein, um Peer-Learning und Wissenstransfer zu ermöglichen.
- **Pool an Expert*innen zur Stärkung einer umweltorientierten Infrastruktur- und Regionalplanung in den Strukturwandelregionen einrichten:** Wo Wissen und Kompetenzen vor Ort oder auch in interkommunaler Kooperation nicht ausreichend vorliegen, ist es sinnvoll, externe Expert*innen etwa von Forschungseinrichtungen hinzuzuziehen. Forschungseinrichtungen, die bestenfalls ebenfalls regional verankert sind, können wertvolle fachliche und methodische Expertise bieten, die z.B. in Reallaboren genutzt werden kann, um innovative Ansätze praxisnah zu entwickeln (vgl. TransIS-Fallstudien im Lausitzer Revier, s. Kap 5.1, im Rheinischen Revier, s. Kap. 5.3, durch das TransIS-Projektteam⁵¹ und im Mitteldeutschen Revier, s. Kap. 5.2, in Form der Hochschule Merseburg). Damit dies möglich wird, ist die Finanzierung derartiger Beratung zu sichern (Bundes- und Länderprogramme).

⁵¹ Im Fall des Forschungsvorhabens TransIS waren dies das Wuppertal Institut im Rheinischen Revier und die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg im Lausitzer Revier.

- **Revierübergreifende Bündelung und Bereitstellung von Know-how zu transformativen Ansätzen:** Neben einem Pool an Expert*innen auf Ebene der Strukturwandelregion werden die Bündelung von Wissen und z.B. die systematische Aufbereitung von guten Beispielen innovativer Ansätze einer nachhaltigen Infrastrukturentwicklung für einen sozial-ökologisch ausgerichteten Strukturwandel in einer revierübergreifenden Einrichtung oder einem Netzwerk empfohlen.
- **Frühzeitige Abstimmung und Einbindung der lokalen Akteure:** Um Unsicherheiten und Zweifel bei der Planung und Umsetzung innovativer umweltorientierter Infrastrukturvorhaben von Anfang an zu reduzieren, sind die möglichst frühzeitige Abstimmung und Einbindung der relevanten lokalen bzw. regionalen Akteure ein wichtiger Ansatz. Ein gemeinsames Verständnis sowie Vertrauen zwischen den Beteiligten sind elementar, um innovative Projekte erfolgreich umzusetzen. Durch die breite und frühzeitige Einbindung von Fachexpertise und die Berücksichtigung vielfältiger Stakeholder-Interessen können unterschiedliche Belange fundiert abgewogen werden. Ebenso wichtig ist es, Raum für Lernprozesse zu schaffen und diese aktiv zu fördern. Die Akteure müssen die Möglichkeit haben, aus Erfahrungen zu lernen und ihre Kompetenzen und Wissen kontinuierlich weiterzuentwickeln. Wichtig ist zudem, dass im Zuge der Beteiligung von lokalen Akteuren und Entscheidungsträger*innen Entwicklungsziele adaptiert und angeeignet werden. Dieses zu eigen machen („Ownership“) lässt sich erzeugen, wenn die maßgeblichen Akteure schon im Ideenfindungs- und Planungsprozess beteiligt waren und die Ziele des Vorhabens mit verabschiedet haben. Hierfür eignen sich partizipative Prozesse, die relevante Stakeholder aus der Region gezielt einbinden und damit zu einer besseren Akzeptanz innerhalb der lokalen Bevölkerung beitragen können. Und nicht zuletzt tragen derartige Prozesse zur Bildung und Verstetigung von (regionalen) Akteursnetzwerken bei, die auch in anderen Entwicklungsvorhaben aktiviert werden können.
- **Schlüsselakteure stärken:** Personen (oder Organisationen), die Nachhaltigkeitsziele und Innovationen vorantreiben, spielen eine essenzielle Rolle in der nachhaltigen Regionalentwicklung. Aktive Akteure mit einem besonderen Mix aus Fähigkeiten und Ressourcen wie regionale Verankerung, Glaubwürdigkeit und breite Vernetzung sind unverzichtbar für den Fortschritt in der Entwicklung einer Region. Dies können sowohl öffentliche (z.B. Kommunen, Wirtschaftsförderung, Regionalplanung, Zweckverbände) und zivilgesellschaftliche Einrichtungen sein als auch Vertreter*innen privater bzw. privatwirtschaftlicher Organisationen. Schlüsselakteure sollten gezielt gefördert und unterstützt werden, da ihre Kompetenzen und ihr Engagement maßgeblich den Erfolg solcher Prozesse beeinflussen. Diese Akteure sollten daher nicht nur qualifiziert, sondern im Falle öffentlicher, zivilgesellschaftlicher und gemeinnütziger Einrichtungen auch institutionell gestärkt und langfristig gesichert werden, um ihre Rolle effektiv wahrnehmen zu können.
- **Besonderen Unterstützungsbedarf kleiner/ländlicher Gemeinden berücksichtigen:** Gerade kleinere Kommunen im ländlichen Raum verfügen nur über eine kleine Personaldecke und regelmäßig wenige spezialisierte Fachkräfte. Sie sind in besonderem Maße auf externe Expertise bei konkreten, sehr spezifischen und anspruchsvollen Fragestellungen angewiesen. Beispielsweise sind die Entwicklung eines Industrieparks mit Wärme- und Kältekonzept (vgl. TransIS-Fallstudie im Rheinischen Revier, s. Kap. 5.3) und die Versorgung mit regionalen erneuerbaren Energien (vgl. TransIS-Fallstudie im Lausitzer Revier, s. Kap. 5.1) ein Vorgang, der deutschlandweit vielfach und laufend diskutiert und geplant wird. Für die jeweiligen Kommunen vor Ort handelt es sich aber um seltene, anspruchsvolle Einzelprojekte, die im Prinzip den Aufbau von speziellem Sachverstand in der Kommunalverwaltung erforderten. Hier fehlen aktuell entsprechende Unterstützungsstrukturen und Austauschformate,

die Beratung und Erfahrungsaustausch ermöglichen. Gleichzeitig wird diese spezifische Fachkenntnis nach Abschluss einer Planung nicht mehr oder ggf. erst Jahre später wieder benötigt, so dass es nicht effizient wäre, dieses spezialisierte Wissen über Jahre up-to-date und gleichsam auf Vorrat in der Verwaltung vorzuhalten. Übergreifend agierende, an strategischen Entwicklungszielen ausgerichtete Akteure könnten neben einer Vernetzungsfunktion (wie z.B. die Zukunftsagentur Rheinisches Revier) auch praktische Beratungsangebote übernehmen bzw. geeignete (Forschungs-)Einrichtungen vermitteln.

7.4 Gezielte Stärkung förderpolitischer Maßnahmen für ökologisch nachhaltige Infrastrukturprojekte

In der Vergabep Praxis der Reviere wird der ökologischen Nachhaltigkeit von Infrastrukturprojekten im Rahmen des InvKG aktuell häufig eine geringere Priorität zugeordnet als wirtschaftlicher und sozialer Nachhaltigkeit (s. auch Kap. 4.4 und Kap. 6.3.1). Dabei scheint das Verständnis des langfristigen Einflusses ökologischer Nachhaltigkeit auf die beiden anderen Ebenen der Nachhaltigkeit teilweise unvollständig. Eine zentrale Frage ist: Wie viel Bürokratie ist erforderlich und zumutbar, und wie viel ökologische Nachhaltigkeit ist gewollt? Das ist eine Abwägungsfrage, mit der sich die Strukturwandelinstitutionen immer wieder auseinandersetzen. Zwar werden Nachhaltigkeitsaspekte bereits in allen Bundesländern im Vergabeprozess abgefragt, allerdings zu meist nur als qualitativ beschriebene Beiträge zu übergeordneten Nachhaltigkeitszielen auf sehr allgemeiner Ebene und auf freiwilliger Basis. Negative Auswirkungen von Strukturwandelvorhaben auf ein oder mehrere Nachhaltigkeitskriterien werden in den Bundesländern nicht systematisch erfasst.

Sowohl vonseiten der Antragstellenden als auch der Vergabeseite zeigte sich eine verhaltene Reaktion auf den von TransIS zur Diskussion gestellten Vorschlag (FG-Workshop Förderpolitik), weitere ökologische Kriterien in den Antragsprozess von Strukturwandelvorhaben zu integrieren. Die Befürchtung ist, dass der Antragsprozess dann noch langwieriger und ressourcenintensiver werden könnte, was dem Bedarf an einfacheren Prozessen, Klarheit und Unterstützung entgegenstünde. Umso zentraler ist daher die Formulierung von klaren, messbaren und verbindlichen Umwelt- und Nachhaltigkeitszielen, da sonst ökologische Themen schnell „hinten runterfallen“ (s. Kap. 6.3.2 und 6.3.3).

Empfehlungen:

- **Klare und verbindliche Ziele formulieren und mit messbaren Kriterien unterlegen:**
Die Bundesländer sollten – idealerweise in Abstimmung mit dem Bundesumweltministerium (BMUKN) – ein Kriterien- und Indikatoren-Set für ökologische Nachhaltigkeit in Strukturwandelvorhaben festlegen. Eine Grundlage hierfür bietet die im Projekt TransIS erarbeitete und durch Praxisakteure ergänzte Kriterienliste (vgl. Kap. 6.3, Tab. 7). Da in der Regel nicht alle Kriterien auf die Breite und Vielfalt der Strukturwandelvorhaben anwendbar sein werden, sollten jeweils zu Projektbeginn (ggf. gemeinsam mit einer Beratungsstelle) die passenden Kriterien und Indikatoren ausgewählt und konkrete Ziele festgelegt werden. Gesetzlich vorgegebene Prüfungen (z.B. die Umweltverträglichkeitsprüfung) können als Meilensteine in den Bewilligungsprozess integriert werden, um Doppelprüfungen zu vermeiden.
- **Verankerung von ökologischer Nachhaltigkeit in der Projektentwicklung verbessern:**
Die Erstprüfung von Projektanträgen sollte so gestaltet werden, dass Vorhabenträger in nachvollziehbarer Weise darlegen, inwiefern ihre Projektideen mit den Zielen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und des jeweiligen Bundeslandes im Einklang stehen. Konflikte mit Nachhaltigkeitszielen sollten dargelegt und mögliche Gegen- oder Ausgleichsmaßnahmen

vorgeschlagen werden. Eine vertiefte Analyse der Wirkungen mit Blick auf die Ziele ist zum Zeitpunkt der Antragstellung nicht erforderlich, jedoch sollte bei den Antragstellenden das Verständnis für mögliche Handlungsbedarfe geweckt bzw. deutlich gesteigert werden. Beratungsstellen der jeweiligen Bundesländer können hierbei gezielte Unterstützung anbieten, beispielsweise in Form von einfach handhabbaren Vorlagen und Beratungen.

- **Ökologische Nachhaltigkeit von Projekten monitoren und optimieren:** Voraussetzung hierfür ist die Schaffung von zertifizierten Stellen für eine projektbegleitende Evaluierung. Bei Fehlentwicklungen können Unterstützungsstrukturen aktiviert werden und Fehleranalyse sowie Nachbesserungen vereinbart werden. Dabei geht es um Unterstützung und die Förderung der Einhaltung gesetzter Ziele und nur bei grober und vorsätzlicher Missachtung um negative Konsequenzen. So wird die Performance der Projekte begleitet, und bei Fehlentwicklungen kann nachgesteuert werden. Vertrauen und Wissen werden aufgebaut. Weiterer Komplexität bereits etablierter Verfahren wird vorgebeugt, und Unsicherheiten werden vermieden (Steuerungsinstrument).
- **Politischen Willen und Programme für ökologische Nachhaltigkeit klar kommunizieren:** Ein klarer politischer Wille und verbindliche Programme sind nicht nur für die Planungssicherheit in Projekten relevant, sondern auch maßgeblich für die Vergabestellen von Fördermitteln. Aktuell gibt es einen großen Interpretationsspielraum hinsichtlich der Relevanz und Ausgestaltung ökologischer Nachhaltigkeitsziele im InvKG (s. Kap. 6.4.2). Zwar fordert das InvKG die Einhaltung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (§ 4, Abs. 3) ein, die Umsetzung wird in den Bundesländern allerdings sehr unterschiedlich ausgestaltet. Nachhaltigkeitsaspekte werden gegenüber den anderen Zielen des InvKG häufig als nachrangig angesehen und behandelt⁵² (s. auch Kap. 4.4). Ein erster Ansatzpunkt wäre demnach, die (ökologische) Nachhaltigkeit als gleichrangiges Ziel zu den anderen, wirtschaftlich geprägten Zielen in den Landesstrukturprogrammen zu verankern. Derzeit bestehen deutliche Unterschiede zwischen den Bundesländern, wie sie die Vorgaben des Investitionsgesetzes Kohleregionen (InvKG) auslegen und wie hoch sie infolgedessen Nachhaltigkeitsaspekte priorisieren. Durch eine ergänzende Kommunikation („Interpretationshilfe“) der zuständigen Ressorts des Bundes könnten mehr Sicherheit und Einheitlichkeit für eine Stärkung der ökologischen Nachhaltigkeit in der Infrastrukturentwicklung erreicht werden. So könnten auch Aspekte der neuen Rahmenstrategie Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie Eingang finden und die (Wieder-)Nutzung bestehender Infrastrukturen und zirkulärer Materialien sowie Zirkularität in der Wassernutzung gefördert werden.
- **Innerhalb der Förderlandschaft Risiken und finanzielle Unsicherheiten für Vorhabenträger besser berücksichtigen:** Um stärkere und gezieltere Anreize für innovative und ökologisch nachhaltig ausgerichtete Infrastrukturprojekte zu setzen, gilt es, Risiken und finanzielle Unsicherheiten für Vorhabenträger stärker zu adressieren (vgl. Kap. 6.4.5). Konkret sollten/könnten im Rahmen des Strukturwandels neben der reinen Investitionsförderung von Infrastrukturvorhaben auch „Fonds für Risikokapital“ oder Ausfallbürgschaften bereitgestellt werden, um damit besonders innovative bzw. Pilotvorhaben zu ermöglichen. Zudem sollten verstärkt Reallabore genutzt werden, um Experimentierräume für innovative Ansätze zu schaffen.

⁵² Die Flughöhe dieser Strategie ist für die Projektebene jedoch zu hoch. Eine Interpretation wird durch die jeweiligen Fördermittelgeber in den Bundesländern durch die Kriterien für Fördermittelanträge gestellt. Hier ist es die Aufgabe der Bundesländer, die Nachhaltigkeitskriterien im Prüfverfahren auf eine Art und Weise zu operationalisieren, die sowohl für die Antragsstellenden als auch für die Prüfstellen praktikabel ist.

7.5 Fazit

Vor dem Hintergrund der vielfältigen Zugänge und Anforderungen, die die im Rahmen von TransIS eingebundenen Praxisakteure in den drei Revieren zu dem, was Strukturwandel ist und ausmacht, haben, hat das Vorhaben den Fokus auf sozial-ökologische Transformation und einen stärker ökologisch ausgerichteten Strukturwandel gerichtet. Mit der Vielfalt der Akteure in den Revieren gehen unterschiedliche Zielperspektiven und Erwartungen an zukünftige Entwicklungen sowie die Relevanz ökologischer Fragen im Kontext des Strukturwandels einher. Die Arbeiten in TransIS haben gezeigt, dass weder die Bedeutung der Rolle technischer Infrastrukturen noch die Verabschiedung und Umsetzung ambitionierter ökologischer Nachhaltigkeitsziele im Strukturwandel Selbstläufer sind. Die Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsdimensionen in Infrastrukturprojekten in den betrachteten Fallstudien fiel sehr unterschiedlich aus. Oft sind es Fachexpertise und Erfahrungswissen, die den gestaltenden regionalen Akteuren nicht hinreichend zur Verfügung stehen. Mit seinem prozessbegleitenden Ansatz konnte das Forschungsteam im TransIS-Vorhaben für die lokalen Akteure wichtige Hinweise zur Stärkung der Umweltperspektive in den Strukturwandelprojekten vor Ort geben. Um jedoch über solche Projektstrukturen hinaus Wissenstransfer zu ermöglichen, sollten Strukturwandelgelder auch für den Aufbau von institutionalisierten, dauerhaft eingerichteten Beratungs- und Vernetzungsstrukturen genutzt werden.

In allen drei Fallstudien waren die finanziellen Förderbedingungen und Kriterien nicht ausschlaggebend für die Berücksichtigung ambitionierter ökologischer Nachhaltigkeitsziele bei der Infrastrukturgestaltung. Maßgeblich waren vielmehr persönliches Engagement von Schlüsselpersonen, ihre Beharrlichkeit und Hartnäckigkeit beim Verfolgen der Vision, die Fähigkeit, Allianzen zu schmieden und Akteure zu vernetzen sowie Wissen über innovative Infrastrukturlösungen aufzubauen und da, wo es vor Ort nicht verfügbar war, von außen hereinzuholen.

Infrastrukturen, so zentral ihre Bedeutung in der Raumentwicklung auch ist, werden in den Strategien und Debatten zum Strukturwandel in den Revieren überwiegend nachgelagert thematisiert. Dabei bestünde in der proaktiven Gestaltung und gerade in der gezielten Weiter- und Umnutzung vorhandener Infrastrukturen in den Regionen sowohl Potenzial als auch Motivation, den Strukturwandel stärker im Sinne eines nachhaltigen, sozial-ökologischen Transformationsprozesses auszurichten.

Quellenverzeichnis

- 50Hertz Transmission GmbH, Amprion, TenneT TSO & TransnetBW. (2025). Szenariorahmen zum Netzentwicklungsplan Strom 2037/2045, Version 2025: Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber. https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2024-07/Szenariorahmenentwurf_NEP2037_2025.pdf
- AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung. (2020). Koordinierter Schlussbericht - Langfassung für das Projekt „Digitalisierung von energieeffizienten Quartierslösungen in der Stadtentwicklung mit intelligenten Fernwärme- Hausanschlussstationen – iHAST (Phasen 1 – 2)“. <https://www.agfw-shop.de/langfassung-ihast.html>
- Akademie für Raumforschung und Landesplanung. (2016). Daseinsvorsorge und gleichwertige Lebensverhältnisse neu denken: Perspektiven und Handlungsfelder (Positionspapier aus der ARL Nr. 108). <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-01086>
- Allekotte, M., Bergk, Fabien, Biemann, Kristen, Deregowski, C., Knörr, W., Althaus, H.-J., Sutter, D. & Bergmann, T. (2020). Ökologische Bewertung von Verkehrsarten: Abschlussbericht (Texte 156/2020). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekologische-bewertung-von-verkehrsarten>
- Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (ADAC). (2023). Das Elektroauto als Stromspeicher fürs Haus: So funktioniert bidirektionales Laden. <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/bidirektionales-laden/>
- Amt Peitz. (o.J.). Über das Amt Peitz. <https://www.peitz.de/amt>
- Barlösius, E. (2019). Infrastrukturen als soziale Ordnungsdienste: Ein Beitrag zur Gesellschaftsdiagnose. Campus.
- Becker, E. & Jahn, T. (2006). Soziale Ökologie: Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen. Campus. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=839395>
- Berger, M. & Finkbeiner, M. (2017). Vereinfachte Umweltbewertung des Umweltbundesamtes (VERUM 2.0) (UBA-Texte 28/2017). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vereinfachte-umweltbewertungen-des>
- Berger, W., Lademann, S., Schnellenbach, J., Weidner, S. & Zundel, S. (2019). Standortpotentiale Lausitz: Studie im Auftrag der Zukunftswerkstatt Lausitz. Wirtschaftsregion Lausitz. <https://opus4.kobv.de/opus4-UBICO/frontdoor/index/index/docId/25436>
- Berkner, A. (2019). Herausforderung Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung: Bestandsaufnahme und Perspektiven für die Braunkohlenreviere in Deutschland. Informationen zur Regionalplanung. Regionaler Planungsverband Leipzig-West Sachsen. https://www.rpv-vestsachsen.de/wp-content/uploads/bekanntmachungen/Regionalinfo_Strukturwandel.pdf
- Bertenrath, R., Bähr, C., Kleissner, A. & Schaefer, T. (2018). Folgenabschätzung Klimchutzplan und Strukturwandel in den Braunkohleregionen: Gutachten für den Deutschen Braunkohlen-Industrie-Verein e.V. DEBRIV. Bundesverband Braunkohle (DEBRIV). <https://www.iwkoeln.de/studien/roman-bertenrath-cornelius-baehr-thilo-schaefer-strukturwandel-in-den-braunkohleregionen.html>
- Biolarum. (o. J.). Mobile Biogas-Kläranlagen. <https://biolarum.com/>
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2018). Merkblatt für innovative KWK-Systeme: zur Darlegung der Zulassungsvoraussetzungen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) i.V.m. der KWK-Ausschreibungsverordnung (KWKAusV). https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/kwk_anlagen_mb_innovative_kwk-systeme.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. (2020). Vom Städtebau zur städtischen Transformationsstrategie (BBSR-Online-Publikation 09/2020). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-2020102710563152501036>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. (2016). Klimaschutzplan 2050: Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Industrie/klimaschutzplan-2050.html>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2019). Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“: Abschlussbericht. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?__blob=publicationFile

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2021). Erster Bericht der Bundesregierung zum Gesamtdeutschen Fördersystem für strukturschwache Regionen: Bestandsaufnahme und Fortschrittsbericht der regionalen Strukturförderung in Deutschland. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/erster-bericht-der-bundesregierung-zum-gesamtdeutschen-foerdersystem-fuer-strukturschwache-regionen.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). (o. J.). Intelligente Netze. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/intelligente-netze.html>

Bundesnetzagentur. (o. J.). Netzentwicklungsplan. <https://www.netzausbau.de/nep>

Bundesnetzagentur. (2020). Genehmigung des Szenariorahmens 2021-2035. https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/Szenariorahmen_2035_Genehmigung_1.pdf

Bundesnetzagentur. (2022). Bestätigung Netzentwicklungsplan 2021-2035: Bedarfsermittlung 2021-2035. https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/NEP2035_Bestaetigung.pdf

Bundesregierung, Deutschland. (o.J.). Die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele verständlich erklärt. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte-der-bundesregierung/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-erklaert-232174>

Bundesregierung, Deutschland. (2024). Bericht der Bundesregierung zum Umsetzungsstand des Investitionsgesetzes Kohleregionen 2023. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/B/20221103-bt-drucksache-in-vkg.pdf?__blob=publicationFile&v=8

Buri, R. & Kobel, B. (2004). Wärmenutzung aus Abwasser: Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen. Bundesamt für Energie, Schweiz. https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Energieeffizienz/Abwasserwaermenutzung/Leitfaden_Ratgeber/Leitfaden_Waerme_aus_Abwasser.pdf

Crow, K. A. (2001). Ausgleichs- versus Wachstumsziel: Eine Effektivitätsanalyse der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ am Beispiel Sachsen-Anhalt. Zugl.: Halle, Univ., Diss., 2001. <https://d-nb.info/963258117/34>

Dahlbeck, E. & Gärtner, S. (2019). Gerechter Wandel für Regionen und Generationen: Erfahrungen aus dem Strukturwandel im Ruhrgebiet. WWF Deutschland. <https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Klima/WWF-Studie-Gerechter-Wandel-fuer-Regionen-und-Generationen.pdf>

Dahlbeck, E., Gärtner, S., Best, B., Kurwan, J., Wehnert, T. & Beutel, J. (2022). Analyse des historischen Strukturwandels im Ruhrgebiet (Fallstudie) (Climate Change 29/2021). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-des-historischen-strukturwandels-im-0>

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. (2021). Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte: DWA-Positionen. https://de.dwa.de/files/_media/content/01_DIE_DWA/Politikinformationen/Positionspapiere/Positionspapier_Wasserbewusste_Entwicklung_unserer_St%C3%A4dte_2021_Netz.pdf

Deutscher Bundestag, 19. Wahlperiode. (2020). Entwurf eines Gesetzes zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze (Kohleausstiegsgesetz): Gesetzentwurf der Bundesregierung (Drucksache 19/17342). <https://dserver.bundestag.de/btd/19/173/1917342.pdf>

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW). (2020). Power to Gas: Schlüsseltechnologie der Energiewende. <https://www.dvgw.de/themen/energiewende/power-to-gas>

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie & Ecologic Institut. (2018). Die Beendigung der energetischen Nutzung von Kohle in Deutschland: Ein Überblick über Zusammenhänge, Herausforderungen und Lösungsoptionen.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwilqdCwrJGCAxXTRfEDHS_eDR4QFnoECBEQAQ&url=https%3A%2F%2Fpub.wupperinst.org%2Ffiles%2F7231%2F7231_Kohlereader.pdf&usg=AOvVaw3ZQ1P90cxATxMPLzOSPvon&opi=89978449

Dezera. (o. J.). Stromgeführte und wärmegeführte KWK-Anlagen. <https://dezera.de/kwk-im-wandel/>

DIN Media (2014). Raumfahrtssysteme - Definition des Technologie-Reifegrades (TRL) und der Beurteilungskriterien: Entwurf (DIN ISO 16290:2014-12).

Dybe, G. (2003). Regionaler wirtschaftlicher Wandel: Die Sicht der evolutischen Ökonomie und der „Neuen Wachstumstheorie“. Zugl.: Berlin, Freie Univ., Diss., 2002. Stadt- und Regionalwissenschaften: Bd. 2. Lit.

Eckey, H.-F. (2005). Regionale Strukturpolitik. In Handwörterbuch der Raumordnung (4., neu bearb. Aufl., S. 933–940).

Edwards, J. (2025). Intelligente Müllentsorgung in der Smart City: Wie Technologie unsere Städte sauberer, effizienter und nachhaltiger macht - Mobilecity Android App. <https://mobilecity.de/intelligente-muellentsorgung-wie-sensortechnologie-die-stadtreinigung-revolutioniert/>

Einhellig, L., Herrmann, M., Kappl, J., Stumpp, O. & Zech, K. (2019). Smart Grid 2019: Netzdienliche Leistungen über Smart Metering als neues und standardisiertes Instrument im Verteilernetz. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/energy-resources/Deloitte-Smart-Grid-Studie-2019.pdf>

Energieagentur Rheinland-Pfalz. (2022). Wege zur Planung eines nachhaltigen Gewerbegebietes. Planungs- und Entscheidungshilfe für die Entwicklung von nachhaltigen und klimaresilienten Gewerbegebieten.

https://www.energieagentur.rlp.de/fileadmin/user_upload/Unternehmen/Fahrplan_nachhaltige_Gewerbegebiete.pdf

Energycity. (2023). So funktioniert eine Power-to-Heat-Anlage: Wärme aus Strom. Energie-Magazin #positive Energie. <https://www.energycity.de/magazin/unsere-welt/funktionsweise-power-to-heat>

Euromovement. (o. J.a). Green Areal Lausitz: Das Projekt. <https://www.euromovement.de/>

Euromovement. (o. J.b). Green Areal Lausitz: Energiekonzept. <https://www.euromovement.de/energiekonzept>

Europäische Kommission. (2022). Climate Mainstreaming Architecture in the 2021-2027 Multiannual Financial Framework (Commission Staff Working Document 225 final). https://commission.europa.eu/document/download/ec33a594-2d1b-4f96-8b05-6cb93236f7a8_en?filename=swd_2022_225_climate_mainstreaming_architecture_2021-2027.pdf

Exytron. (o. J.). Das Projekt Alzey in Rheinland-Pfalz: Der weltweit erste Zero-Emission-Wohnpark. http://www.exytron.online/downloads/1508858086_Weltweit%20erster%20ZERO-Emission-Wohnpark-Pilot-projekt%20Alzey.pdf

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR). (o. J.). Biogasaufbereitung. <https://biogas.fnr.de/biogas-gewinnung/anlagentechnik/biogasaufbereitung>

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG). (o. J.). Wärmenetze 4.0. <https://www.ieg.fraunhofer.de/de/geschaeftsbereiche/netze-energie-verfahrenstechnik/waermenetze-40.html>

Fürst, D. (1995). Öffentliche Finanzen als Instrument der Regionalpolitik. In Handwörterbuch der Raumordnung (S. 679–685).

Gärtner, S. (2014). Präventiver Strukturwandel: Strukturpolitische Möglichkeiten für die Innovationsregion Rheinisches Revier. Gutachten an den Landtag Nordrhein-Westfalen (Information 16/175). https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/files/74724/G%C3%A4rtner_und_Frenzel_-_2014_-_Pr%C3%A4ventiver_Strukturwandel_Strukturpolitische_M%C3%B6g.pdf

Gemeinde Jänschwalde. (2022). Ortsteile Jänschwalde und Drewitz: Bebauungsplan „Industrie- und Gewerbepark Jänschwalde“. Zusammenfassende Erklärung. https://geoportal.peitz.de/grafik/12071006000_begr.pdf

Gröschl, M. (2017). Höhere Methan-Ausbeute aus Bioabfällen. Paul Scherrer Institut. <https://www.psi.ch/de/media/forschung/hoehere-methan-ausbeute-aus-bioabfaellen>

Günnewig, D., Johannwerner, E., Kelm, T., Metzger, J., Wegner, N., Moog, C. & Kamm, J. (2022). Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen (Texte Nr. 141). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltvertraegliche-standortsteuerung-von-solar-0>

Gürtler, K. & Löw Beer, D. (2024). What role for sustainability in post-fossil regional transition processes? Exploring governance conditions, actors, and transition projects in a German coal phase-out region. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 26(6), 575–591. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2024.2389837>

Heer, S. (2021). Strukturwandel im Werkstattmodus: Analysen zum Arbeitsverfahren der brandenburgischen Werkstätten der Wirtschaftsregion Lausitz (IZS Policy Briefs Nr. 7). Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR); Interdisziplinäres Zentrum für transformativen Stadtumbau (IZS). https://transformation-lausitz.ioer.eu/fileadmin/user_upload/transformation-lausitz/files/izs-policy-briefs/Policy_Brief_7_Werkstattprozess_WRL.pdf

Herman, H., Schumacher, K. & Förster, H. (2018). Beschäftigungsentwicklung in der Braunkohleindustrie: Status quo und Projektion (Climate Change 18/2018). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/beschaeftigungsentwicklung-in-der>

Heyen, D. A., Gsell, M., Raffer, C. & Scheller, H. (2024). Weiterentwicklung der regionalen Strukturpolitik in Deutschland zu einer ökologisch nachhaltigen, vorausschauenden und transformativen Strukturpolitik: Konzeptionelle Überlegungen (Texte 128/2024). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-der-regionalen-strukturpolitik-in>

HKW Heizkraftwerksgesellschaft Cottbus. (o. J.). Heizkraftwerk morgen: So funktioniert das neue Heizkraftwerk. <https://heizkraftwerk-cottbus.de/heizkraftwerk-morgen/>

Hüttenrauch, J., Kreienbrock, U., Kühn, M., Lehnert, F., Müller-Syring, G., Rieger, R., Schütz, S. & Temmler, F. (2022). Wasserstoffnetz Mitteldeutschland: Kurzfassung Machbarkeitsstudie. <https://www.mitteldeutschland.com/de/machbarkeitsstudie-schlaegt-laenderuebergreifendes-wasserstoffnetz-mitteldeutschland-vor/>

Interconnector. (o. J.). Was ist ein Virtuelles Kraftwerk? <https://www.interconnector.de/#:~:text=Was%20ist%20ein%20Virtuelles%20Kraftwerk,Anlagen%20oder%20Wasserkraftanlagen%20zu%20verstehen.>

Investitionsgesetz Kohleregionen (2020). <https://www.gesetze-im-internet.de/invkg/index.html>

Jacob, K., Wolff, F., Graaf, L. & Heyen, D. A. (2019). Transformative Umweltpolitik: Ansätze zur Förderung gesellschaftlichen Wandels (Texte 7/2020). Umweltbundesamt (UBA). https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-01-15_texte_07-2020_transformative-umweltpolitik.pdf

Jepsen, D., Zimmermann, T., Hauschke, F., Wolf, R. & Beckamp, M. (2023, unveröffentlicht). SymbiotiQ - symbiotische Gewerbegebiete. Umweltbundesamt (UBA).

- Kluge, T. & Libbe, J. (2010). Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft: Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser ; [Ergebnisse des Forschungsverbunds netWORKS.
- Kluge, T. & Schramm, E. (2006). Transformationsmanagement in Kommunen. In T. Kluge & J. Libbe (Hrsg.), Transformation netzgebundener Infrastruktur: Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser (Difu-Beiträge zur Stadtforschung Nr. 45, S. 57–63): Deutsches Institut für Urbanistik (Difu).
- Kolde, L. (2020). Die Governance des gerechten Strukturwandels: Empirische Untersuchung im Rheinischen Braunkohlerevier und Konzeptualisierung (Wuppertaler Studienarbeiten zur nachhaltigen Entwicklung Nr. 21). Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-74945>
- Koschätzky, K. (2002). Innovationsorientierte Regionalentwicklungsstrategien: Konzept zur regionalen Technik- und Innovationsförderung (Arbeitspapiere Unternehmen und Region R2/2002). Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI). <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-291379>
- Koschätzky, K. & Stahlecker, T. (2023). Nachhaltige Transformation und resilienter Strukturwandel in Regionen (ISI-Schriftenreihe Innovationspotenziale). <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/f2004850-2640-4d18-b775-79334d0ffbd2/content>
- Kost, K., Lötscher, L. & Weingarten, J. (2011). Neue und innovative Ansätze zur Regionalentwicklung durch unternehmerische Wirtschaftsförderung (Edition der Hans-Böckler-Stiftung Nr. 261). Hans-Böckler-Stiftung.
- Lage, J., Böcker, M. & Christ, M. (2023). Wie kann Suffizienzpolitik gelingen? Planung und Umsetzung suffizienzorientierter Stadtentwicklung durch kommunale Verwaltungen. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 32(4), 368–376. <https://doi.org/10.14512/gaia.32.4.8>
- Lageman, B., Neumann, U. & Schmidt, C. M. (2006). Und täglich grüßt die Subvention: Wie kann die erfolgreiche Revitalisierung des Ruhrgebiets gelingen? Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie, 50(1), 232–244. <https://doi.org/10.1515/zfw.2006.0022>
- Lang, W., Auer, T., Heissler, K. M., Metz, J. & Nemeth, I. (2017). Potenziale von Niedrigtemperaturnetzen zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in Quartieren: Niedrigtemperaturnetze in Quartieren [Abschlussbericht]. Technische Universität München (TUM); Hochschule für angewandte Wissenschaften Ansbach.
- Lausitzer Energie Bergbau. (2024). Geschäftsfeld Bergbau. <https://www.leag.de/de/geschaeftsfelder/bergbau/>
- Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft. (2020). Den Boden für die Zukunft bereiten: Rekultivierung von Bergbaufolgelandschaften. <https://www.lmbv.de/wp-content/uploads/2021/03/LMBV-Broschuere-Rekultivierung-deutsch.pdf>
- Lempar, J. (2022). Abwärme von Rechenzentren gegen den Klimawandel nutzen: Klimafreundlich heizen. Energy. <https://www.enercity.de/magazin/unsere-welt/rechenzentren-abwaerme>
- Libbe, J. (2014). Transformation städtischer Infrastruktur: Perspektiven und Elemente eines kommunalen Transformationsmanagements am Beispiel Energie [Disseration]. Universität Leipzig, Leipzig.
- Libbe, J. (2017). Gekoppelte Infrastrukturen sind nicht nur eine technische Herausforderung. Difu-Berichte-Magazin(2), 4–5.
- Libbe, J., Köhler, H. & Beckmann, K. J. (2010). Infrastruktur und Stadtentwicklung: Technische und soziale Infrastrukturen - Herausforderungen und Handlungsoptionen für Infrastruktur- und Stadtplanung : [Forschungsprojekt des Deutschen Instituts für Urbanistik (Difu) im Auftrag der Wüstenrot-Stiftung (Edition Difu - Stadt, Forschung, Praxis Nr. 10). Deutsches Institut für Urbanistik (Difu); Wüstenrot Stiftung. <https://repository.difu.de/handle/difu/127248>
- Libbe, J., Petschow, U., Trapp, J., Arndt, W.-H. & Floeting, H. (2018). Diskurse und Leitbilder zur zukunftsfähigen Ausgestaltung von Infrastrukturen: Abschlussbericht im Rahmen des Projekts „Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur klimaresilienten und zukunftsfähigen Abschlussbericht im Rahmen des Projekts „Notwendigkeiten

und Möglichkeiten zur klimaresilienten und zukunftsfähigen Ausgestaltung von nationalen und grenzüberschreitenden Infrastrukturen“ (Climate Change 33/2018). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/diskurse-leitbilder-zur-zukunftsfahigen>

Löw, M. (2001). Raumsoziologie. Suhrkamp.

Löw Beer, D. & Gürtler, K. (2023). Nachhaltigkeit im Brandenburger Strukturwandel: Wie die Lausitz zu einer Modellregion für die Transformation werden könnte (RIFS Policy Brief Nr. 3). Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit, Helmholtz-Zentrum Potsdam (RIFS). <https://doi.org/10.48481/rifs.2023.007>

Mankins, J. C. (2004). Technology Readiness Levels: A White Paper. http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf

Mayer, J., Kautz, a., Gansler, J. & Merstens, H. (2021). Bioökonomie als Treiber für Wertschöpfung und Innovation: Strategiepapier zur Schlüsselrolle des Landes Sachsen-Anhalt bei der Etablierung einer Modellregion der Bioökonomie im Mitteldeutschen Revier. Sachsen-Anhalt, Staatskanzlei und Ministerium für Kultur. https://www.mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2021/06/010621_biooekonomie-strategiepapier.pdf

Metropolregion Mitteldeutschland. (2022). Schieneninfrastruktur Dreiländereck: Schieneninfrastruktur für den Güter- und Personenverkehr im Dreiländereck der Innovationsregion Mitteldeutschland. Endbericht. https://transformationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2022/01/220210_Gesamtergebnisbericht_Railistics.pdf

Metropolregion Mitteldeutschland Management & Burgenlandkreis. (2022). Revierkompass: Neue Wege für Innovation und Wertschöpfung. Strukturwandel im Mitteldeutschen Revier. https://www.innovationsregion-mitteldeutschland.com/wp-content/uploads/2022/06/Strategiepapier_IRMD_Revierkompass.pdf

Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft (MIBRAG). (2020). Revierkarte. <https://www.mibrag.de/unternehmen/standorte/>

Mohajeri, S [Shahrooz], Wurbs, S., Dierich, A., Yildiz, Ö., Mohajeri, S [Safaa], Koziol, M., Hoffmann, D., Kirchner, J.-F., Walther, J. & Hermann, L [Laurenz]. (2023). Flexible Utility: Mit sozio-technischer Flexibilisierung zu mehr Klimaresilienz und Effizienz in der städtischen Infrastruktur (Flexility). Gemeinsamer Verbundschlussbericht für die F+E-Phase (in Veröffentlichung). Forschungsverbund „FLEXILITY“. <https://doi.org/10.2314/KXP:1876341637>

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität. (o.J.). Factsheet „Vehicle to Grid“: Kundennutzen und Netzintegration. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/10/201012_NPM_AG5_V2G_final.pdf

Nordrhein-Westfalen, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz. (2023). Das Rheinische Braunkohlerevier. <https://www.lanuk.nrw.de/themen/wasser/grundwasser/das-braunkohlerevier>

Nordrhein-Westfalen, Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie. (2023). Dialogverfahren REVIER.GESTALTEN: Förderung für das Rheinische Revier – ein einfacher Prozess für einen erfolgreichen Strukturwandel bis 2030. https://www.rheinisches-revier.de/wp-content/uploads/2023/11/Flyer_Dialogverfahren.pdf

Olfert, A., Brunnow, B., Schiller, G., Walther, J., Hirschnitz-Garbers, M., Langsdorf, S., Hölscher, K. & Wittmayer, J. M. (2020). Nachhaltigkeitspotenziale innovativer, gekoppelter Infrastrukturen: Teilbericht des Vorhabens „Transformation hin zu nachhaltigen, gekoppelten Infrastrukturen“ (Texte 99/2020). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/nachhaltigkeitspotenziale-von-innovativen>

Ragnitz, J. (2021). Anmerkungen zur Umsetzung der Hilfen für die Flankierung des Kohleausstiegs in den ostdeutschen Bundesländern (ifo Dresden berichtet 6/2021). ifo Institut. <https://www.ifo.de/publikationen/2021/aufsatz-zeitschrift/anmerkungen-zur-umsetzung-der-hilfen-fuer-die-flankierung>

Ribbeck-Lampel, J., Spohr, P. & Otto, A. (2022). Revier ist nicht gleich Revier: Die Bedeutung von Raumstrukturen für die Transformation der Braunkohleregionen in Deutschland. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR). <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2023/revier-raumstrukturen.html>

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., III, F. S. C., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., Wit, C. A. de, Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., K. Snyder, P., Costanza, R., Svedin, U., . . . Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(24), 472–475.

RWTH Aachen University. (2023). Raumstrategie 2038+: Projektdokumentation des Planungs- und Dialogprozesses Juni 2021 bis August 2022. https://www.staedtebau.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaacbnapmy&download=1

Sachsen, Staatskanzlei, Lausitz-Beauftragter des Ministerpräsidenten. (o. J.). Das Lausitzprogramm 2038: Prozesspapier zum Aufbau von Entscheidungs- und Begleitstrukturen im Transformationsprozess. https://lausitz-brandenburg.de/wp-content/uploads/2020/09/Lausitzprogramm-2038_20200914.pdf

Förderrichtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Regionalentwicklung zur Gewährung von Zuwendungen nach dem Investitionsgesetz Kohleregionen, SächsABl 557 (2021). <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/19150-RL-InvKG>

Sachsen-Anhalt, Staatskanzlei und Ministerium für Kultur. (2021). Funktion und Aufgaben des Revierausschusses. https://strukturwandel.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Schulung/Strukturwandel/Newsmodul/2021-04-01_Konzept_Revierausschuss.pdf

Sächsische Agentur für Strukturentwicklung. (o. J.). Sachsen auf Zukunftsmission. <https://sas-sachsen.de/de/ueber-uns/fachnetzwerkmanagement>

Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung (SMR Sachsen). (o.J.). Strukturentwicklung in den sächsischen Braunkohleregionen: Fakten [Das Mitteldeutsche Revier]. <https://www.strukturentwicklung.sachsen.de/fakten-4064.html>

Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung. (2020). Handlungsprogramm zur Umsetzung des Strukturstärkungsgesetzes Kohleregionen des Bundes in den sächsischen Braunkohlerevieren. <https://www.medien-service.sachsen.de/medien/medienobjekte/134939>

Schnabel, F., Heydkamp, C., Schmitz, M., Braun, S., Albrecht, P., Lonien, J., Rothballer, C., Jacobi, N., Robrecht, H. & Ullrich, P. (2020). Smarte umweltrelevante Infrastrukturen: Anwendungsfelder, Bedarfe, Praxiserfahrung aus kommunaler Sicht. Abschlussbericht (Texte 74/2020). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/smart-e-umweltrelevante-infrastrukturen>

Schneidewind, U. (Hrsg.). (2018). Forum für Verantwortung. Die große Transformation: Eine Einführung in die Kunst gesellschaftlichen Wandels. Fischer.

Schramm, E., Libbe, J., Trapp, J. H. & Winker, M. (2020). Transformation. In J. H. Trapp & M. Winker (Hrsg.), Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen: Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen (S. 24–25): Deutsches Institut für Urbanistik (Difu). <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/281578>

Siebke, C., Simonides-Noack, S., Schmidt, L. & Felmeden, J. (2020). Optionen kommunaler Sektorenkopplungen Band I - Überblick: Handlungsoptionen zur nachhaltigen Transformation sowie sektorenübergreifenden Vernetzung und Optimierung von Infrastruktursystemen in urbanen Räumen. Handreichung für Kommunen und kommunale Betriebe. https://www.nachhaltige-zukunftsstadt.de/downloads/Optionen_kommunaler_Sektorenkopplungen_Band_I_getaggt_neu.pdf

Stadt Grevenbroich. (2020). Aufstellung des Bebauungsplanes Nr. GU38 „Industriepark Elsbachtal“: Ortsteil Gustorf [Übersichtsplan]. <https://www.o-sp.de/download/grevenbroich/512991>

Statista. (2024). Anzahl der Beschäftigten im Braunkohlebergbau in den alten und neuen Bundesländern in den Jahren 1950 und 2023 [Graph]. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/161211/umfrage/braunkohlenbergbau-beschaefigte-alte-und-neue-bundeslaender-seit-1950/>

Statista. (2025). Braunkohleförderung in Deutschland in den Jahren von 1990 bis 2024 (in Millionen Tonnen) [Graph]. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/156258/umfrage/braunkohlefoerderung-in-deutschland-seit-1990/>

Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen, Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 37 (2020 & i.d.F.v. 08.08.2020).

Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen, 2020 Teil 1 Bundesgesetzblatt 1795 (2020).

http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl120s1795.pdf

Synaxon. (o. J.). Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) – Definition. <https://it-service.network/itlexikon/informations-und-kommunikationstechnologie-ikt>

Trapp, J. H., Arndt, W.-H., Libbe, J., Schneider, S., Verbücheln, M., Winkelhaus, J., Mottschall, M., Bauknecht, D., Bergmann, T. & Gröger, J. (2017). Ressourcenleichte zukunftsfähige Infrastrukturen – umweltschonend, robust, demografiefest (Texte 64/2017). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ressourcenleichte-zukunftsfaehige-infrastrukturen>

Trapp, J. H., Riechel, R., Barthel, C., Zeiss, C., Gräbner, M. & Walther, J. (2024). Transformation regionaler Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel: Konzeptionelle Ansätze des Strukturwandels und Herausforderungen für sozial-ökologische Transformationen in den drei Braunkohlerevieren. Teilbericht (Texte 17/2024). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transformation-regionaler-infrastrukturen-fuer>

Trapp, J. H. & Winker, M. (2020). Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen: Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen. <https://repository.difu.de/handle/difu/281578>

Uhlmann, W., Zimmermann, K., Kaltoven, M., Gerstgraser, C., Grosser, F. & Schützel, C. (2023). Wasserwirtschaftliche Folgen des Braunkohleausstiegs in der Lausitz: Abschlussbericht (Texte 90/2023). Umweltbundesamt (UBA). https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/90_2023_texte_wasserwirtschaftliche_folgen.pdf

Venjakob, J., Kurwan, J., Roelfes, M., Wehnert, T., Beutel, J., Schepelmann, P., Schostock, D., Hartmann, K., Merkelbach, J., Will, M., Kollmorgen, R., Kremer, A. & Ragnitz, J. (2023). Nachhaltige Kommunalentwicklung im Strukturwandel: Abschlussbericht (Texte 106/2023). Umweltbundesamt (UBA). <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/nachhaltige-kommunalentwicklung-im-strukturwandel>

Verkehrsclub Deutschland (VCD). (2017). Multimodale Navigations-Apps: Mithilfe von Mobilitäts-Apps auch ohne Pkw flexibel unterwegs. <https://www.vcd.org/service/presse/pressemitteilungen/mithilfe-von-mobilitaets-apps-auch-ohne-pkw-flexibel-unterwegs>

Wietschel, M., Plötz, P., Pfluger, B., Klobasa, M., Eßer, A., Haendel, M., Müller-Kirchenbauer, J., Kochems, J., Hermann, L [Lisa], Nacken, L., Küster, M., Pacem, J., Naumann, D., Kost, C., Kohrs, R., Fahl, U., Schäfer-Stradowsky, S., Timmermann, D. & Albert, D. (2018). Sektorkopplung: Definition, Chancen und Herausforderungen (Working Paper Sustainability and Innovation S 01/2018). Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2018/WP01-2018_Sektorkopplung_Wietschel.pdf

Winker, M., Trapp, J. H., Libbe, J. & Schramm, E. (2017). Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten: Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume (Edition Difu - Stadt, Forschung, Praxis Nr. 17). <https://repository.difu.de/handle/difu/238341>

Wirtschaftsregion Lausitz. (2020). DIGITAL@LAUSITZ: Die Digitalisierungsstrategie für die Lausitz. Im Auftrag der Zukunftswerkstatt Lausitz. https://wirtschaftsregion-lausitz.de/wp-content/uploads/2022/08/18._Digitalisierungsstrategie-fuer-die-Lausitz_Studie.pdf

Wirtschaftsregion Lausitz. (2021). Entwicklungsstrategie Lausitz 2050. https://wirtschaftsregion-lausitz.de/wp-content/uploads/2021/03/1_Entwicklungsstrategie-Lausitz-2050_gross.pdf

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. (2016). Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. Hauptgutachten. https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2016/wbgu_hg2016-hoch.pdf

Wissenschaftsladen Bonn. (2017). Nachhaltige Gewerbegebiete: Empfehlungen für Kommunen. https://gewerbegebiete-im-wandel.de/images/PDF/Wila_Gewerbegebiete_Broschuere_Web.pdf

Wittmayer, J. & Hölscher, K. (2017). Transformationsforschung: Definitionen, Ansätze, Methoden. Texte: 103/2017. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-11-08_texte_103-2017_transformationsforschung.pdf

Wörten, C., Keppler, L. & Holzhausen, G. (2017). Arbeitsplätze in Braunkohleregionen: Entwicklungen in der Lausitz, dem Mitteldeutschen und Rheinischen Revier. arepo consult. https://arepoconsult.com/wp-content/uploads/2019/11/2017_gruene_arbeitsplaetze-braunkohle_kurzstudie.pdf

Zangenmeister, C. (1970). Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. Dissertation (4. Aufl.).

Zukunftsagentur Rheinisches Revier. (o.J.). Raumstrategie Rheinisches Revier 2038+. <https://www.raum-strategie.de>

Zukunftsagentur Rheinisches Revier. (2021a). Innovationsstudie 2021: Leuchttürme im Rheinischen Revier. Analyse der regionalen Innovationspotenziale und des Innovationstransfers im Rheinischen Revier. https://www.rheinisches-revier.de/fileadmin/Content/Seitenstruktur/05_Service/05_Downloads/04_Strategien__Konzepte_und_Studien/Innovationsstudie.pdf

Zukunftsagentur Rheinisches Revier. (2021b). Wirtschafts- und Strukturprogramm für das rheinische Zukunftsrevier 1.1 (WSP 1.1). https://www.wirtschaft.nrw/sites/default/files/documents/final_wsp_1_1_webversion.pdf

Zukunftsagentur Rheinisches Revier. (2023). Reviervertrag 2.0: Eine gute Zukunft für das Rheinische Revier Strukturwandel zielorientiert gestalten und bis 2030 zum Erfolg führen. https://www.rheinisches-revier.de/fileadmin/Content/Seitenstruktur/05_Service/05_Downloads/01_Zentrale_Dokumente_zum_Strukturwandel/Reviervertrag-2.0.pdf

Zweckverband LANDFOLGE Garzweiler. (2021). Innovationspark Erneuerbare Energien Jüchen: Konzeptstudie. <https://landfolge.de/wp-content/uploads/2023/11/Konzeptstudie-Innovationspark-Erneuerbare-Energien-IEE.pdf>

A Anhang: Innovative IKT-Basierte Vernetzungen von Infrastrukturen (interner Arbeitsbericht)

Autoren: Markus Gräbner, Jörg Walther | BTU Cottbus

September 2023

Inhalt

1	Forschungsfragen und Ziele des Arbeitspapiers	155
2	Vorgehen	156
3	Definitionen und Bilanzgrenzen	156
3.1	Untersuchte Infrastrukturen	156
3.2	Technische Infrastrukturen und IKT	157
4	IKT-basierte Vernetzungen von Infrastrukturen	159
4.1	Vernetzungen des Typs 1B	159
4.2	Vernetzungen des Typs 2 A und 2 B	160
4.3	Vernetzungen des Typs 3	162
5	Bewertung der Umsetzungschancen und Relevanz für Akteure	162
5.1	Kriterienbasierte Bewertung der Umsetzungschancen IKT-basierter Vernetzungen	163
5.2	Einschätzung der interviewten Expert*innen zu IKT-basierten Infrastrukturvernetzungen	165
6	Vorgehen bei der Bewertung der Umweltauswirkungen	167
7	Änderung des Bearbeitungsprozesses	168

A.1 Forschungsfragen und Ziele des Arbeitspapiers

Das vorliegende Arbeitspapier beschreibt das methodische Vorgehen im Arbeitspaket 2 zur Beantwortung der folgenden Forschungsfragen und gibt einen Ausblick auf den weiteren Verlauf der Bearbeitung:

1. Was gibt es (aktuell) für innovative, IKT-basierte Lösungen für die Vernetzung technischer Infrastrukturen und Konzepte der Smart City/Smart Region und
2. Wie verändern diese Vernetzungen die Gesamtbilanz technischer Infrastrukturen in ihrer Wirkung auf Klima und Umwelt?

A.2 Vorgehen

Im vorliegenden Arbeitspapier

- ▶ wird ein Überblick gegeben, welche technischen Infrastrukturen im Forschungsvorhaben untersucht werden.
- ▶ wird das methodische Vorgehen und die Arbeitsschritte beschrieben; beginnend mit der Begriffsabgrenzung für das Projekt Transformation regionaler Infrastrukturen im Strukturwandel.
- ▶ werden die relevanten Infrastrukturvernetzungen herausgearbeitet und einer Bewertung unterzogen.
- ▶ wird das Vorgehen bei der Bewertung der Umweltwirkungen der ausgewählten Techniken beschrieben.

A.3 Definitionen und Bilanzgrenzen

A.3.1 Untersuchte Infrastrukturen

Ausgangspunkt der Untersuchung von IKT-basierten Vernetzungen sind technische Infrastrukturen, die der Erbringung von Dienstleistungen rund um die Nutzung von Gebäuden in Siedlungsbereichen dienen⁵³, darunter Infrastrukturen für die Daseinsvorsorge, wie die Trinkwasserversorgung, die Abwasserableitung und -entsorgung oder die Stromversorgung.

Unterschieden wird zwischen ortsgebundenen und ortsungebundenen infrastrukturellen Dienstleistungen und deren Nutzung:

Tabelle A1: Dienstleistungen technischer Infrastrukturen

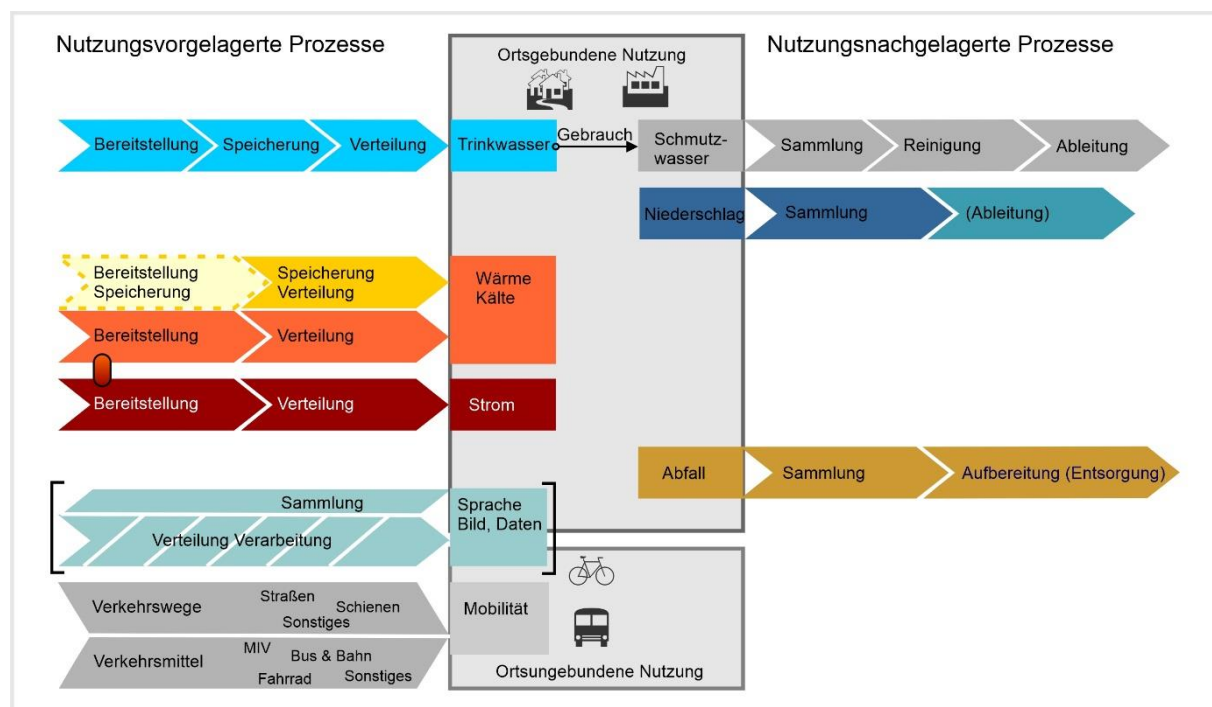
Ortsgebundene Dienstleistungen	Ortsungebundene Dienstleistungen
Trinkwasserbereitstellung (TW-Versorgung)	Mobilität (Straßen, Wege, Schienen, Verkehrsmittel)
Kommunikation	Kommunikation (Mobilfunk)
Schmutzwasserableitung	
Energiebereitstellung (Wärme- u. Strom)	
Umgang mit Niederschlagswasser	

Quelle: eigene Darstellung

Diese Dienstleistungen sind das Ergebnis funktional im Zusammenhang stehender und aufeinander aufbauender Prozesse. Abbildung 1 gibt einen schematischen Überblick über die Prozesse der Erzeugung und Bereitstellung von Dienstleistungen technischer Infrastrukturen.

⁵³ Diese Sichtweise greift weiter als der in der Praxis gebräuchliche Begriff der Sektorenkopplung, der auf die Integration und Verknüpfung verschiedener Sektoren mit dem Energiesektor fokussiert. Sektorenkopplungen sind eine Teilmenge der in TransIS untersuchten Vernetzungen.

Abbildung 1: Prozessschritte im Betrieb technischer Infrastrukturen



Quelle: eigene Darstellung

A.3.2 Kopplung und Vernetzung

Bei der Beschreibung von technischen Zusammenhängen zwischen technischen Infrastrukturen sind mehrere Begriffe in Verwendung:

„Von einer Kopplung von Infrastrukturen kann gesprochen werden, wenn mindestens zwei Infrastrukturen in Abhängigkeit zueinander bestehen bzw. miteinander interagieren“ (Libbe, 2017).

Der ebenfalls die Interaktion von technischen Infrastrukturen beschreibende Begriff der Sektorkopplung fokussiert auf energetische Belange bzw. Zielstellungen. Beispielsweise bezeichnen Wietschel et al. (2018, S. 48) Sektorkopplung als „... den fortschreitenden Prozess der Substitution fossiler Energieträger durch weit überwiegend erneuerbar erzeugten Strom oder durch andere erneuerbare Energieträger und nachhaltige Energienutzungsformen, wie die Nutzung von Abwärme, in neuen sektorenübergreifenden Anwendungen oder durch verstärkte Nutzung bekannter sektorenübergreifender Anwendungen.“ Einen ähnlichen Fokus, aber insgesamt offener definieren Siebke et al. (2020) den Begriff, nach der Sektorkopplung die „Verknüpfung von Prozessen und Ressourcen zwischen zwei Sektoren oder innerhalb eines Sektors der technischen, natürlichen/naturnahen oder sozialen Infrastruktur mit dem Ziel der Effizienzsteigerung und Ressourceneinsparung“ (Siebke et al., 2020, S. 16) darstellt.

Diesen Definitionen von (Sektor-)Kopplung ist gemeinsam, dass die zu verbindenden (zu kopplenden) Infrastrukturen und ggf. das damit angestrebte Ergebnis bzw. der Zweck in den Mittelpunkt gerückt werden. Verbindende Elemente, die eine Kopplung bewirken, werden nicht explizit thematisiert und sind aus dem Begriff und dessen Definitionen nicht herleitbar.

Im Projekt TransIS wird vor diesem Hintergrund der Begriff der „Vernetzung“ für eine mit Informations- und Kommunikationstechnologie, kurz IKT, herbeigeführte Interaktion zwischen Infrastrukturen genutzt. Der Begriff **IKT** bezeichnet Technik, die zum Erheben, Speichern, Übertragen

und Weiterverarbeiten von Daten und Informationen genutzt wird. Zu dieser Technik gehören beispielsweise Computer, Handys/Smartphones und Tablets, aber auch Sensorik, Netzwerke oder Speicher. (Synaxon, o. J.)

Der Begriff Vernetzung lehnt sich an den im IKT-Bereich etablierten Begriff „Netzwerk“ an. Dieser steht für die Verknüpfung der o.g. Technik mit dem Ziel des Daten- bzw. Informationsaustausches. Sind technische Infrastrukturen vernetzt, interagieren sie mindestens infolge eines durch Mittel der IKT herbeigeführten Informationsaustausches. Sie können darüber hinaus auch baulich „gekoppelt“ sein.

Art und Umfang der Interaktion ist nicht Bestandteil der Definition von Vernetzung. Hier sind von monofunktionalen Zustandserfassungen bis hin zu einer bidirektionalen Steuerung diverse Abstufungen denkbar und zulässig.

A.3.3 Technische Infrastrukturen und IKT

Die Informations- und Kommunikationstechnologie hat sich in den letzten Jahren zu einem inhärenten Bestandteil der Komponenten technischer Infrastrukturen entwickelt. Durch Neubau oder Erneuerung von Bestandsanlagen verbreitet sich die Technik weiter und eröffnet neue Möglichkeiten der Vernetzung. Diese Möglichkeitsräume können, wenn sie den Zugang zu entsprechendem Mehrwert erschließen, zur Arena von Transformationen werden.

Diese zeigen sich durch den Einsatz von IKT (=Einsatztyp, im Folgenden kurz Typ) an verschiedenen Stellen im Infrastrukturbetrieb und werden für die Untersuchungen in TransIS, wie nachfolgend beschrieben, unterschieden (siehe hierzu auch die Abbildungen 2,3 und 4 in Kap. A.4).

1. ... wird IKT zur Optimierung und Unterstützung von Prozessschritten (Typ 1A) oder Prozessen (Typ 1B) innerhalb der (bisherigen) Systemgrenzen eines Infrastruktursystems angewandt.
2. ... wird IKT als Bindeglied für systemübergreifende Interaktion von Infrastrukturen genutzt.
3. Hier sind wiederum unterschiedliche „Tiefen“ der Vernetzung zu unterscheiden. Bei einer „leichten“ Vernetzung werden Daten systemübergreifend erhoben und verarbeitet (Typ 2A). Infrastruktursysteme werden dadurch in die Lage versetzt, auf das jeweils andere System zu reagieren und damit eigene/interne Prozesse in Hinblick auf eine Gesamtbilanz zu optimieren. Eine intensive, bidirektionale Vernetzung geht mit einer physischen Kopplung von Prozessschritten einher (Typ 2B). Diese sind in ihrer Funktion damit von dem jeweils anderen Infrastruktursystem abhängig.
4. ... wird IKT eine Voraussetzung für neuartige Schritte der Leistungserbringung von der Ermöglichung von neuen Prozessschritten bis hin zur Etablierung von gänzlich neuen Prozessen und Systemen (Typ 3).

Der Fokus der Untersuchungen im Projekt TransIS liegt auf innovativen Vernetzungen technischer Infrastrukturen. Aufbauend auf der Differenzierung liegt nach dem Verständnis von TransIS eine **IKT-basierte Vernetzung von technischen Infrastrukturen dann** vor, wenn IKT mindestens als infrastrukturübergreifendes Bindeglied zum Einsatz kommt (Typ 2 und 3). Als **innovativ** gilt diese Vernetzung, wenn diese nicht nur im „Labor“ entwickelt wurde und theoretisch vorliegt, sondern sie auch den Weg in die Anwendung in der Praxis gefunden hat und hier über Einzelpilotvorhaben hinausgekommen ist.

Das Ziel von TransIS ist ein möglichst umfassender Überblick über bedeutsame „IKT-getriebene“ Infrastrukturentwicklungen, ggf. auch jenseits einer infrastrukturübergreifenden Vernetzung. Deshalb werden auch IKT-basierte Vernetzungen des Typs 1B mit betrachtet, wenn diese – bei hohem Innovationsgrad – z.B. in den im Rahmen des Vorhabens TransIS geführten Interviews

und öffentlichen Fachdebatten eine wichtige Rolle spielen sowie wenn sie insgesamt eine Voraussetzung für die Umsetzung weiterer innovativer Vernetzungen sind.

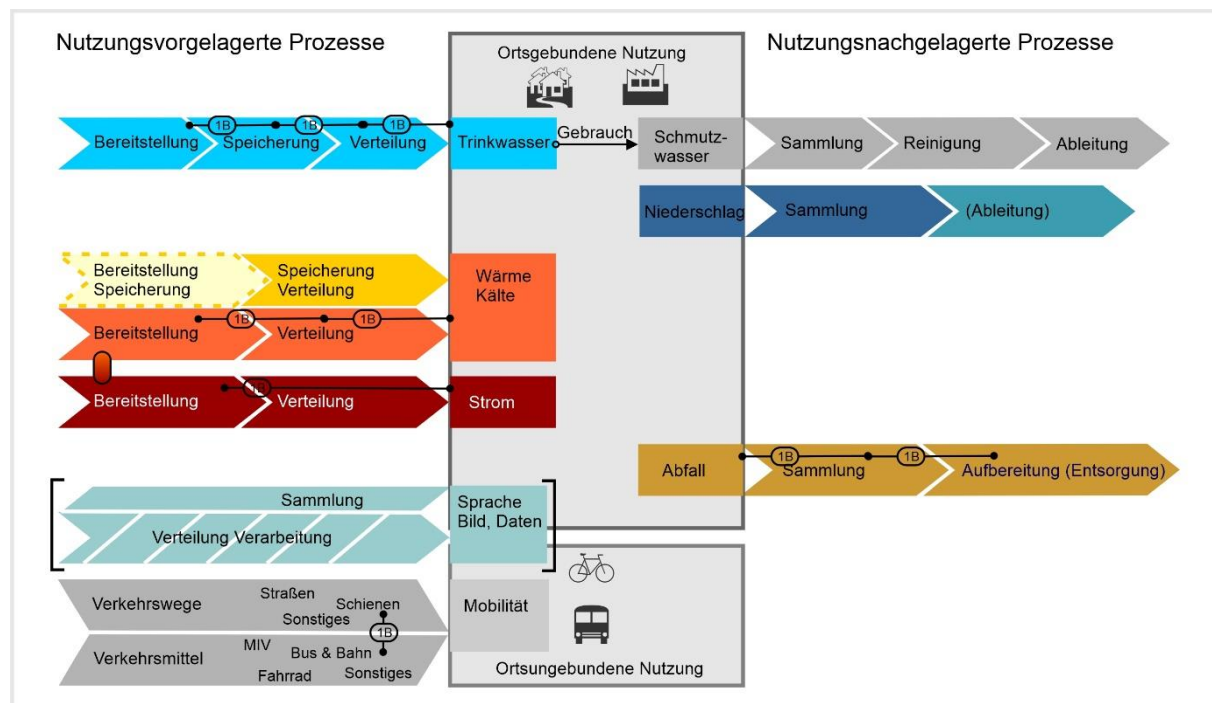
Der Bilanzierungsrahmen orientiert sich in TransIS an technischen Zusammenhängen. Angegliederte Prozesse der Informationsverarbeitung, wie z.B. Planungsvorgänge oder dem Handel an der Strombörse, bei denen auch IKT zum Einsatz kommen kann, liegen in dieser Untersuchung nicht im Fokus.

A.4 IKT-basierte Vernetzungen von Infrastrukturen

Der technische Aufbau von Infrastrukturen ist in der Literatur dokumentiert⁵⁴. Nachfolgend dargestellte Vernetzungen beruhen auf einem ideenbasierten Findungsprozess, der auf diesem Wissen aufbaut und in dem entlang der dargestellten Prozesse in einer internen Expertenrunde Überlegungen zu möglichen Vernetzungen beschrieben und diskutiert wurden. Eine darauf aufbauende Desktoprecherche von Anwendungsbeispielen⁵⁵ sowie das an der BTU vorhandene Expertenwissen führten zu einem Auswahlprozess, dessen Ergebnisse in den Grafiken dargestellt bzw. textlich unter den Abbildungen beschrieben ist. Auf diese Weise wurde versucht, möglichst umfassend aktuell verfügbare und auf Basis bekannter Technologie potenziell denkbare Vernetzungen zu identifizieren. Die Aufzählung ist vor diesem Hintergrund nicht vollständig. Sie stellt den Wissensstand zum Untersuchungszeitpunkt (2022 - 2023) dar und wird sich durch technische (innovative) Neuerungen weiterentwickeln.

A.4.1 Vernetzungen des Typs 1B

Abbildung 2: Systeminhärente IKT-basierte Vernetzungen (IKT-Einsatztyp 1B)



Quelle: eigene Darstellung

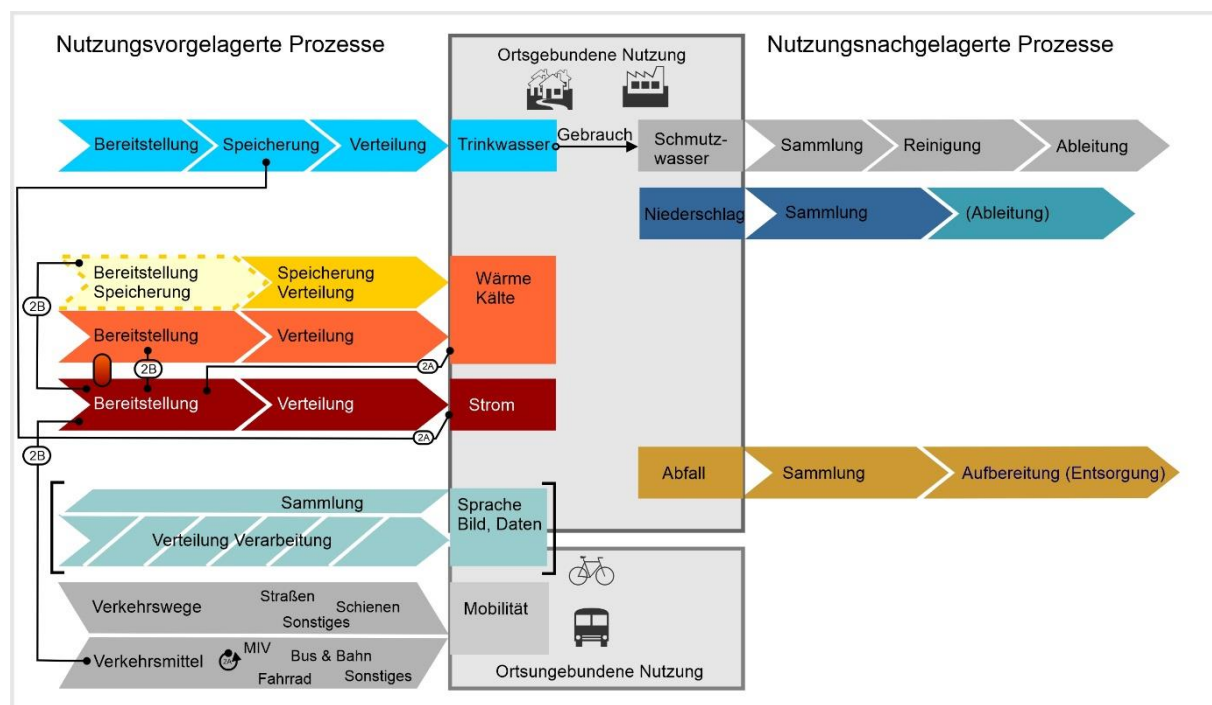
⁵⁴ für Fernwärme: Regelwerk des AGFW, für Gas- und Trinkwasserversorgung: Regelwerk des DVGW, für die Siedlungsentwässerung: Regelwerk des DWA, für die Stromversorgung: VDE Regelwerk

⁵⁵ Ein Nachweis von Quellen, in denen Anwendungsbeispiele dokumentiert werden, erfolgen in den jeweiligen Kapiteln A.4.1-A.4.3.

- Lastprofilorientierte Trinkwasserbereitstellung mit Nutzung von Smart-Meter-Daten und Wetterdaten (Mohajeri et al., 2023).
- iKWK – innovative Kraft-Wärme-Kopplung
Die Vernetzung einer KWK-Anlage mit einer erneuerbaren Wärmeerzeugung und einem elektrischen Wärmeerzeuger (Power-to-Heat) über ein zentrales Steuerungs- und Regelungssystem (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2018).
- Niedertemperatur-Fernwärme
Absenkung der Netztemperatur als Grundlage zur adäquaten Implementierung von regenerativen Wärmeerzeugern und Dekarbonisierung der Fernwärme (Lang et al., 2017).
- Smart Grid/Clusterbezogenes Lastmanagement
Das (primär lokale) Management von Stromerzeugung, -speicherung, -netz und -verbrauch in Echtzeit zur Reduzierung von Leistungsschwankungen und Überdimensionierung der Netze (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [BMWK], o. J.).
- Smarte Mülltonnen
Mit Sensoren ausgestattete Mülltonnen, die den Füllstand und ggf. Falschbefüllung an den Entsorger melden und somit optimierte Routen und Prozessabläufe ermöglichen (Edwards, 2025).
- Apps für intermodale Verkehrsangebote
Software ermöglicht die Fahrzeitauskunft zur Planung sowie in Echtzeit innerhalb eines Verkehrsmittels und über mehr Verkehrsmittel hinweg (Verkehrsclub Deutschland [VCD], 2017).

A.4.2 Vernetzungen des Typs 2 A und 2 B

Abbildung 3: IKT-basierte Infrastrukturvernetzungen des Typs 2A und 2B



Quelle: eigene Darstellung

Datenbasierte systemübergreifende Kopplung (2A)

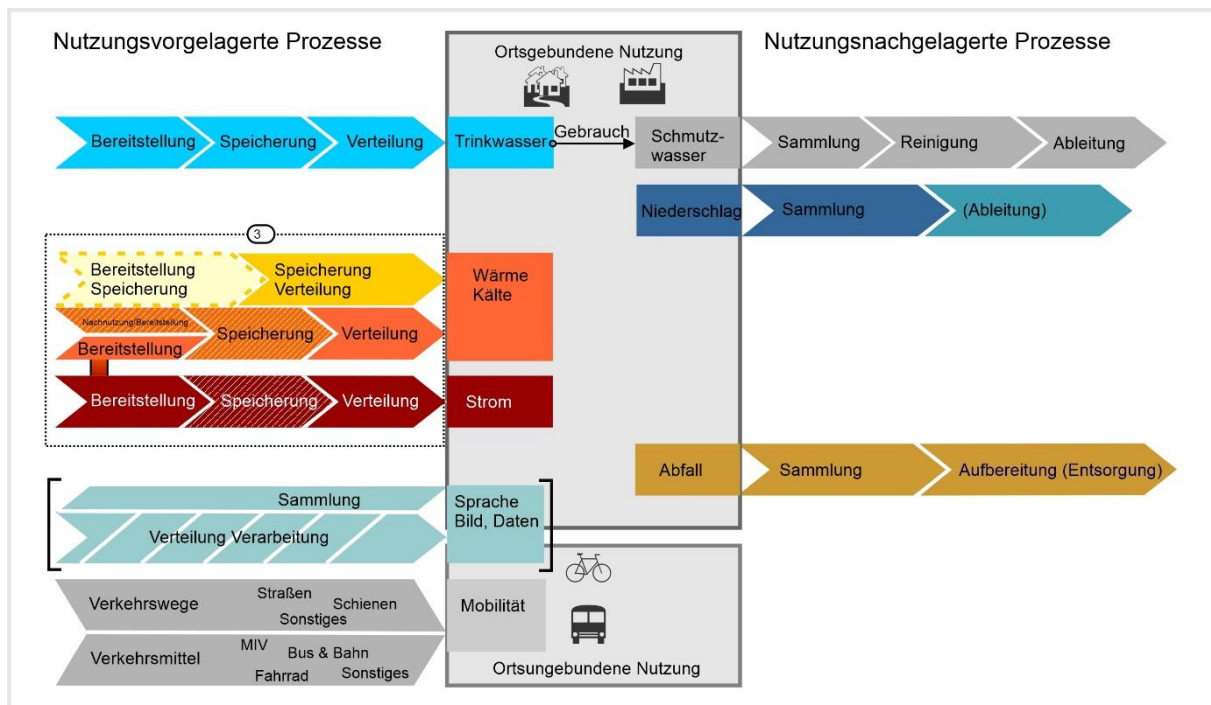
- ▶ **Intelligente Hausanschlussstationen (iHAST)**
Digitale, selbstlernende Fernwärme-Hausanschlussstationen zur Regelfähigkeit und Effizienzsteigerung (AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung, 2020).
- ▶ **Schwarmkraftwerke/ Virtuelle Kraftwerke (bei KWK-Anlagen)**
Die Vernetzung und Zusammenschaltung von dezentralen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen durch ein zentrales Steuerungs- und Regelungssystem zu einer Kraftwerkseinheit (Interconnector, o. J.).
- ▶ **Stromnetzdienlicher Anlagenbetrieb**
Die digitale Überwachung des Anlagenbetriebes und Kooperation mit dem Strom-Netzbetreiber. Dem Netzbetreiber wird Einsicht in die erhobenen Daten und im Bedarfsfall eine Steuerung der Anlage ermöglicht, z.B. bei der zeitgesteuerten Befüllung von Trinkwasserspeichern (Einhellig et al., 2019).

Systemübergreifende Vernetzung von Prozessen (2B)

- ▶ **Abwasserwärmenutzung**
Die Nutzung von im Abwasser anfallender thermischer Energie zur Wärmeversorgung (Buri & Kobel, 2004).
- ▶ **Kläranlagen mit Waste-to-X**
Die Nutzung biochemischer Verfahren, um organische oder anorganische Abfälle in nutzbare Stoffe und Gase umzuwandeln (Biolarum, o. J.).
- ▶ **Power-to-Heat**
Die Nutzung „überschüssiger“ regenerativer elektrischer Energie zur Bereitstellung von Wärme durch einen Elektrodenkessel (Energycity, 2023).
- ▶ **Power-to-Gas**
Die Nutzung „überschüssiger“ regenerativer elektrischer Energie zur Herstellung von Gasen wie z.B. Wasserstoff oder Methan (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches [DVGW], 2020).
- ▶ **Serverabwärme**
Die Nutzung von der in Server-Räumen anfallenden thermischen Energie zur Wärmeversorgung (Lempart, 2022).
- ▶ **SmartEnergyTechnology (Exytron)**
Produktion synthetischer Gase mithilfe regenerativer elektrischer Energie, Gas-Zwischenspeicherung und anschließende KWK-gestützte Strom und Wärmeerzeugung auf Basis dieser synthetischen Gase in einem geschlossenen Kreislauf unter Nutzung der Abwärme der Umwandlungsprozesse (Exytron, o. J.).
- ▶ **Stromgewinnung auf Straßen**
Die Integration von Photovoltaikmodulen in den Straßenkörper zur Strombereitstellung (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, o.J.).
- ▶ **Wärmenetze 4.0**
Wärmenetze mit einem geringerem Temperaturniveau und einer Speisung durch erneuerbare Energien und Abwärmeprozesse (Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie [IEG], o. J.).

A.4.3 Vernetzungen des Typs 3

Abbildung 4: IKT-basierte Infrastrukturvernetzungen des Typs 3



Quelle: eigene Darstellung

IKT als Voraussetzung für neue (technische) Wege der Leistungserbringung: **neue Prozessschritte**

- ▶ bidirektionales Laden batterieelektrischer Fahrzeuge (ohne Darstellung)
Das Laden und Entladen von E-Fahrzeugen zum bedarfsgerechten Einsatz der elektrischen Energie (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club [ADAC], 2023).
- ▶ Methanisierung von Bioabfällen (ohne Darstellung)
Das Nutzen von Abfällen und bio-chemischen Prozessen zur Herstellung von Methan (Gröschl, 2017).
- ▶ Stromgeführte KWK-Technik mit Wärmespeicher
Die Produktion von Strom nach dem Prinzip Kraft-Wärme-Kopplung mit einer Speicherung der zusätzlich anfallenden thermischen Energie zur zeitlichen Entkopplung der Bereitstellung beider Zielenergien (Dezera, o. J.).

IKT als Voraussetzung für neue (technische) Wege der Leistungserbringung: **neue Prozesse**

- ▶ Gaskonditionierung
Die Aufbereitung von Biogas hinsichtlich festgesetzter Parameter, um eine Einspeisung in das Gasnetz zu ermöglichen (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe [FNR], o. J.).

A.5 Bewertung der Umsetzungschancen und Relevanz für Akteure

Die in Kapitel A.4 hergeleiteten IKT-basierten Vernetzungen werden in der Praxis unterschiedliche Relevanz entfalten. Für TransIS sind Vernetzungen immer dann relevant, wenn sie zum ei-

nen ein hohes Einsatzpotenzial in der Praxis aufweisen und zum zweiten auch seitens der Gesellschaft bzw. wichtiger Akteure in der Praxis Möglichkeiten des (breiten) Einsatzes derartiger Lösungen gesehen (oder erhofft) werden.

Um auszuschließen, dass im Projekt Infrastrukturlösungen untersucht/bewertet werden, die in den Revieren nicht diskutiert werden oder die als Technologien keine Beachtung finden, wurden die zuvor genannten Infrastrukturlösungen hinsichtlich ihrer Relevanz (für den Strukturwandel) einem Auswahlprozess unterzogen. Anhand einer Nutzwertanalyse nach Zangenmeister (1970) wurde die generelle Einsatzfähigkeit der genannten Vernetzungen geprüft. Weiterhin wurden in den Experteninterviews in AP1 Einschätzungen der befragten Akteure zur Relevanz der Infrastrukturlösungen eingeholt. Diese Einschätzungen entstehen für den Anwendungskontext der untersuchten Reviere.

Parallel wurde eine Printmedienanalyse im Lausitzer Revier durchgeführt. Ziel war es, Hinweise auf konkrete innovative Infrastrukturvernetzungen zu identifizieren. Im Lausitzer Revier fällt auf, dass im untersuchten Zeitraum keinerlei Berichterstattung zu den hier identifizierten Infrastrukturlösungen in den Print-Medien stattfindet. Wenige Ergebnisse liefert eine allgemeinere Fassung von Themen, wie z.B. die Frage nach dem Einsatz von Wasserstoff, dessen Erzeugung und Einsatz zwingend mit einer Infrastrukturvernetzung einhergehen wird. Keiner der Artikel thematisiert den konkreten Einsatz des Stoffes oder der dafür notwendigen Technologie im Revier in Planungen oder Projekten. Hier ist insgesamt zu überlegen, ob für erfolgversprechende Lösungen zentral Informationen aufbereitet und auch über lokale Medien platziert werden können, damit ein Prozess der gesellschaftlichen Meinungsbildung angestoßen wird.

A.5.1 Kriterienbasierte Bewertung der Durch- und Umsetzungschancen IKT-basierter Vernetzungen

Die Kriterien bilden typische Umsetzungsanforderungen ab, die im Kontext kommunaler Entscheidungen eine große Rolle spielen.

- ▶ **TRL (Technology Readiness Level)**
Bei der Bewertung des TRL wird eingeschätzt, inwieweit die betrachtete Technologie marktreif und dort auch eingeführt ist. Dabei ist zu ermitteln, in welchem Stadium sich die Technologie zwischen orientierter Grundlagenforschung und Markteinführung befindet. (DIN Media, 2014; Mankins, 2004) Da die Angaben z.T. nicht vorliegen, wurde die Einordnung von den Verfassern entsprechend der Kriterien der TRL-Systematik eingeschätzt.
- ▶ **Theoretisches Einsatzpotenzial**
Das theoretische Einsatzpotenzial beschreibt, inwieweit eine Technik aufgrund ihrer spezifischen Standortanforderungen für den (flächendeckenden) Einsatz zur Dienstleistungserbringung geeignet ist. Geprüft wurde, welche Anforderungen eine Technik an einen Standort stellt und wo diese Anforderungen erfüllt werden können. Beispielsweise bedarf eine Abwasserwärmenutzung einer Abwasserleitung mit einer hinreichenden hydraulischen Grundlast sowie leitungsnahe Nutzungsmöglichkeiten. Weil die dafür erforderlichen Daten, z.B. ein Abwasserwärmekataster i.d.R. nicht vorliegen, erfolgte die Bewertung abschätzend auf Basis der Fachexpertise des TransIS-Teams BTU.
- ▶ **Ökonomische Akzeptanz**
Die Infrastrukturlösungen werden hinsichtlich der ökonomischen Akzeptanz bewertet. In die Bewertung fließen der Investitionsbedarf und die Förderfähigkeit. Das Kriterium ist eng mit der im Risikomanagement herangezogenen „Tragweite eines Risikos“ einer Investition

verflochten. Wesentlichen Einfluss auf die Tragweite hat der durch das Unternehmen zu leistende Investitionsbedarf. Mit dem Investitionsbedarf nimmt die Tragweite des Risikos zu. Mit einer finanziellen Förderung kann der durch die Investition zu finanzierende Kapitaleinsatz und damit die „unternehmenswirksame“ Tragweite des Investitionsrisikos reduziert werden. Ein hoher Investitionsbedarf und geringe/fehlende Fördermöglichkeiten für diese nicht etablierten Techniken werden dementsprechend als nachteilig bewertet. Die Bewertungen erfolgten auf Basis eigener Recherchen zu voraussichtlichen Investitionsbedarfen und vorhandener Förderkulissen.

► Handhabbarkeit

Die Einschätzung der Handhabbarkeit soll eine Sicherstellung des Betriebes und der Instandhaltung durch Fachpersonal bewerten. Erfordert der Betrieb der vernetzten Infrastruktur spezielle Ausbildung oder lässt einen hohen Instandhaltungsaufwand erwarten, wurden die Lösungen nachteilig bewertet. Auch hier liegen Daten aus der Praxis nicht vor. Die Bewertung beruht deshalb ebenfalls auf Einschätzungen auf Basis der Fachexpertise der Mitarbeiter.

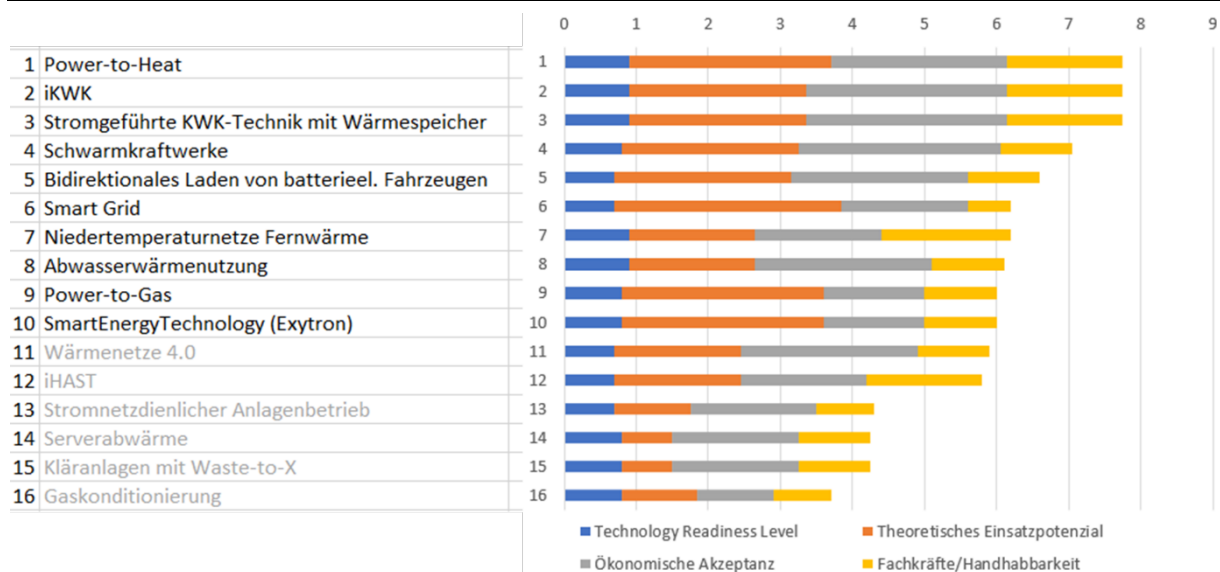
In den Fokus einer Umweltbewertung gilt es insbesondere die Techniken zu nehmen, die in der Praxis voraussichtlich eine große Verbreitung erfahren werden und deshalb selbst bei geringen spezifischen Umwelteffekten kumuliert große Wirkungen auf die Umwelt entwickeln können. Nach Einschätzung der Mitarbeiter haben Techniken insbesondere dann hohe Chancen der Verbreitung, wenn in der Praxis viele Einsatzmöglichkeiten bestehen und ein möglichst geringes ökonomisches Risiko aus einer Investition in eine neue Technik erwächst.

Den diesen Sachverhalt abbildenden Kriterien „Theoretisches Einsatzpotenzial“ und „Ökonomische Akzeptanz“ wurden deshalb insgesamt 2/3 der Gewichtung zugewiesen (gerundet 70%). Innerhalb der 70% sind die beiden Kriterien gleichgewichtet.

Dem Kriterium „Handhabbarkeit“ der innovativen Infrastrukturlösungen wurden 2/3 der verbleibenden Gewichtung von 30% (entspricht 20% Gesamtgewichtung) zugewiesen. Damit wird dem Sachverhalt Rechnung getragen, dass nach Einschätzung der Mitarbeiter aus unternehmerischer Perspektive die „Betriebsfähigkeit“ der Infrastrukturlösung gegenüber dem technologischen Level eine höhere Bedeutung zukommt. Dem „Technology Readiness Level“ verbleibt rechnerisch eine Wichtung von 10%.

Diese Bewertung ermöglicht somit ein Ranking innovativer Vernetzungen von Infrastrukturen. Für die weitere Betrachtung sollen die 10 Lösungen mit der höchsten Bewertung, die zur näheren Betrachtung der Umwelt- und Klimawirkungen herangezogen werden. Daraus ergibt sich die in Abbildung 5 dargelegte Bewertung.

Abbildung 5: Bewertung der IKT-basierten Vernetzungen



Quelle: eigene Darstellung

A.5.2 Einschätzung der interviewten Expert*innen zu IKT-basierten Infrastrukturvernetzungen

In den im AP1 verorteten Interviews wurden die Akteure der Strukturwandelregionen nach innovativen Vernetzungen von Infrastrukturen gefragt. Es sollte eingeschätzt werden, welche Relevanz die zuvor durch die Nutzwertanalyse ausgewählten Technologien zukünftig in der Region entfalten. Differenziert wurde nach Umsetzungspotenzial und Umsetzungszeitraum.

Aufgrund des technischen Bezugs war zu erwarten, dass Akteure aus Governance und Industrie/ Gewerbe zurückhaltende Einschätzungen zur technischen Entwicklung von Infrastrukturlösungen abgeben. Diese Erwartung konnte bestätigt werden. Es waren keine eindeutigen Tendenzen aus der Befragung ableitbar. Zur besseren Einordnung der Ergebnisse wurden die Aussagen der Ver- und Entsorgungsunternehmen geprüft. Im Lausitzer Revier sind drei Unternehmen befragt worden und im Mitteldeutschen sowie Rheinischen Revier jeweils eins. Die Ver- und Entsorger haben lediglich bei 11 von 51 Aussagen konkrete Einschätzungen zum Maß des potenziellen Beitrages und zum Zeithorizont einer möglichen Realisierung abgegeben. Eine Vielzahl der Aussagen waren ungenau was den Zeithorizont betrifft oder wiesen keine konkreten Aussagen zu dem möglichen Realisierungspotenzial der vorgeschlagenen Infrastrukturlösungen auf. Auffällig ist, dass zehnmal den Technologien ein hohes Potenzial zugemessen wurde, aber dies vor keinem vorstellbaren Zeithorizont geschah. Das ist darauf zurückzuführen, dass die vorgeschlagenen Infrastrukturlösungen bekannt sind und als sinnvolle Technik angesehen werden, jedoch bisher keine Pläne hinsichtlich einer Etablierung solcher Infrastrukturen diskutiert werden. Es ist zu vermuten, dass dies aufgrund von ökonomischen Rahmenbedingungen nicht passiert oder abwartende Haltungen aufgrund von unabsehbaren politischen Vorgaben eingenommen wurden. Entgegen der Annahme liegen also keine konkreten Konzepte vor, wie sich die Infrastrukturen im Zuge des Strukturwandels in den Revieren verändern werden. Die Ver- und Entsorger befinden sich in einer Phase, in der sie sich für innovative Lösungen interessieren müssen. Die aktuelle geopolitische Lage verlangt eine zügige Abkehr vom Energieträger Erdgas, welches oft als Brückenenergieträger hin zur regenerativen Energieversorgung bezeichnet wird. Diese Übergangszeit wird nun erheblich reduziert. Dementsprechend war zu erwarten, dass die Infrastrukturbetreibende Strategien erarbeiten, in welche Richtungen sie sich technologisch entwickeln werden. Diese Erwartung konnte nicht bestätigt werden.

Abbildung 6: Auswertung Infrastrukturabfrage bei Ver- und Entsorgungsunternehmen der Reviere



Quelle: eigene Darstellung

Die Abbildung 6 zeigt eine qualitative Einordnung der Antworten befragter Ver- und Entsorgungsunternehmen. Die Technologien Abwasserwärmenutzung, Innovative Kraft-Wärme-Kopplung und Niedertemperatur-Fernwärme werden mit jeweils drei Nennungen das meiste Potenzial einer zukünftigen Etablierung zugetraut.

Die Befragung kann die Entwicklungen aller Ver- und Entsorgungsunternehmen in den untersuchten Revieren nicht valide abbilden. Dennoch sind Tendenzen zu erkennen. Trotz der räumlichen Trennung treffen die Unternehmen ähnlich vage Aussagen hinsichtlich der Etablierung innovativer Vernetzung von Infrastrukturen.

Das lässt zusammenfassend folgende Einschätzungen zu:

- ▶ Es gibt in den Revieren zum Untersuchungszeitpunkt nur wenig konkrete Projektplanungen für Infrastrukturprojekte, die auf den Einsatz IKT-basierter Vernetzungen von Infrastrukturen setzen. Ver- und Entsorgungsunternehmen bleiben aus unterschiedlichen Gründen technologieoffen und tendieren in ihren Planungen in den Revieren zu keiner bestimmten Technologie.
- ▶ innovativ vernetzte Infrastrukturen finden zum Untersuchungszeitpunkt in der Praxis noch keine Anwendung.
- ▶ Keine der Technologien wird als so „attraktiv“ empfunden, dass diese als „Gamechanger“ eine zentrale Säule des Transformationsprozesses übernehmen könnte.
- ▶ Künftige (transformierte) Infrastrukturen werden nicht nur durch IKT komplexer - ein Sachverhalt, der z.T. auch nachteilig bewertet wird und deshalb als Hindernis der Transformation eingeschätzt wird.
- ▶ Es werden keine über die Auswahl hinausgehende innovative Vernetzungen von Infrastrukturen gesehen, die möglicherweise in die Vorauswahl nicht eingeflossen sind.

A.6 Vorgehen bei der Bewertung der Umweltauswirkungen

Um eine Nachvollziehbarkeit gewährleisten zu können, besteht der Anspruch eines einfachen und transparenten Bewertungssystems. Indem Datengrundlagen hinzugezogen werden, die öffentlich zugänglich und verfügbar sind, kann ebenfalls die Nachvollziehbarkeit der Bewertung erhöht werden. Eine Vergleichbarkeit lässt sich herstellen, wenn das Bewertungsprinzip auf alle betrachteten Sektoren und auf weitere Infrastrukturlösungen anwendbar ist. Die weiterführende Anwendbarkeit wird dadurch begünstigt, dass das Bewertungsprinzip unabhängig von Expertenwissen ist.

Vorgehensweise

Das im Projektantrag vorgeschlagene Kriterienset wurde in Hinblick auf die formulierten Anforderungen und die im Projekt festgestellte Datenlage überarbeitet. Für quantitative Bewertungen sollen die im Forschungsprojekt RELIS genutzten Bewertungskriterien genutzt werden (Trapp et al., 2017). Hierzu zählen:

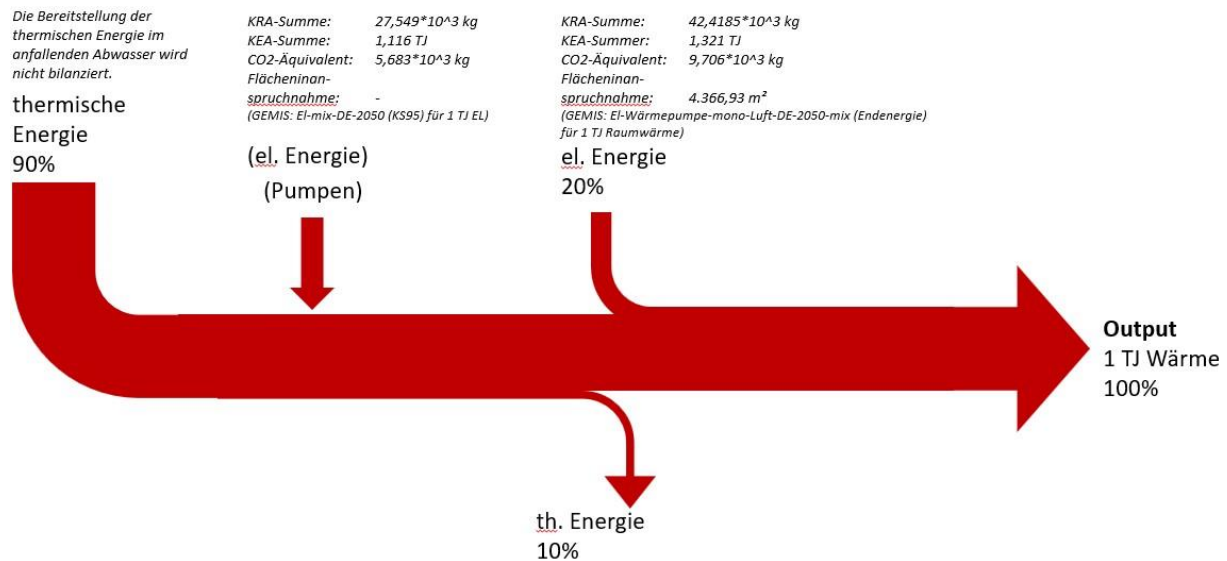
- Kumulierter Rohstoffaufwand (KRA)
- Kumulierter Energieaufwand (KEA)
- Gesamttreibhauspotenzial in CO₂-Äquivalenten (THG)
- Flächeninanspruchnahme

Die quantitativ darstellbaren Kriterien werden durch qualitative Beschreibungen möglicher Wirkungen der Eingangsfaktoren wie Materialmengen oder spezifische Kennwerte erweitert. Außerdem werden durch qualitative Hinweise weitere auftretende Klima- und Umweltwirkungen (z.B. Einwirkungen auf Grünräume, den regionalen Wasserhaushalt oder verändertes Nutzer*innenverhalten) ergänzt. Dies soll insgesamt dazu führen, dass die Infrastrukturlösungen in ihren Wirkungen vergleichbar sind, aber dennoch wichtige Einflussfaktoren mitgedacht werden.

Die In- und Outputs der Infrastrukturen einschließlich der Vernetzungen werden anhand von Sankey-Diagrammen verdeutlicht. Dort werden die Anteile im Prozess aufgezeigt, die zur Bereitstellung einer nutzbaren Einheit aufgebracht werden müssen. (z.B. 1 TJ Wärme oder 1 TJ Strom) Diese Anteile sind quantitativ mit den bereits erwähnten Daten zu hinterlegen. Die Daten zu In- und Outputs werden der öffentlich verfügbaren GEMIS-Datenbank entnommen.

Die quantitativen In- und Outputs der Prozesse werden daraufhin zu einem Wert je Bewertungskriterium verrechnet. Diese Verrechnung ist mathematisch darstellbar, physisch in ihrer Zusammensetzung aber an den konkreten Anwendungsfall geknüpft. Die „Inputs“ sind nicht fixiert, sondern können variabel ausgestaltet werden. Beispielsweise sind die Umweltwirkungen der Abwasserwärmenutzung im Fernwärmenetz nicht allgemein darstellbar, sondern durch die Menge, den Zeitpunkt und das Temperaturniveau des Abwassers sowie durch die Parameter des wärmenutzenden Netzes und der Lage des Einspeisepunktes im Netz bestimmt. Diese Besonderheit vernetzter Infrastrukturen erfordert die Anknüpfung einer Bewertung an das konkrete Beispiel.

Abbildung 7: Beispiel Energiefluss Abwasserwärmenutzung



Quelle: eigene Darstellung

A.7 Änderung des Bearbeitungsprozesses

Eine Abschätzung der Umweltauswirkungen unterschiedlicher Infrastrukturgestaltungen und -vernetzungen in den Revieren lässt sich aufgrund der vagen Aussagen der Akteure und Befunde in der Literatur hinsichtlich der Relevanz und der greifbaren Infrastrukturbedarfe in den Revieren nur bedingt durchführen. Es wird daher vorgeschlagen, das Arbeitspaket 2 zeitlich zu strecken und mit dem Arbeitspaket 3 (Szenarienentwicklung) zu verbinden. Anhand der Szenarien in den Untersuchungsräumen können konkrete Anwendungen (Infrastrukturprojekte und Sektorkopplungen) nachvollzogen werden und infrastrukturelle Ableitungen für die jeweilige Region im Revier getroffen werden. Einschätzungen der Umwelt- und Klimawirkungen sind somit eindeutiger zu treffen.

Das vorliegende Arbeitspapier vollzieht dementsprechend die Arbeitsschritte bis zum Beginn des Arbeitspaket 3 nach. Ein abschließender Bericht zum Arbeitspaket 2 wird nach der abschließenden Bewertung der Umwelt- und Klimawirkungen in den Szenarien erfolgen.

B Anhang: Liste von innovativen gekoppelten Infrastrukturlösungen

- ▶ Abwasserwärmenutzung: Die Nutzung von im Abwasser anfallender thermischer Energie zur Wärmeversorgung.
- ▶ Bidirektionales Laden batterieelektrischer Fahrzeuge: Das Laden und Entladen von E-Fahrzeugen zum bedarfsgerechten Einsatz der elektrischen Energie.
- ▶ iKWK - Innovative Kraft-Wärme-Kopplung: Die Vernetzung einer KWK-Anlage mit einer erneuerbaren Wärmeerzeugung und einem elektrischen Wärmeerzeuger (Power-to-Heat) über ein zentrales Steuerungs- und Regelungssystem.
- ▶ Niedertemperatur Fernwärme: Absenkung der Netztemperatur als Grundlage zur adäquaten Implementierung von regenerativen Wärmeerzeugern und Dekarbonisierung der Fernwärme.
- ▶ Power-to-Heat: Die Nutzung (überschüssiger) regenerativer elektrischer Energie zur Bereitstellung von Wärme durch einen Elektrodenkessel.
- ▶ Power-to-Gas: Die Nutzung (überschüssiger) regenerativer elektrischer Energie zur Herstellung von Gasen wie z.B. Wasserstoff oder Methan.
- ▶ Schwarmkraftwerke/ Virtuelle Kraftwerke: Die Vernetzung und Zusammenschaltung von dezentralen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen durch ein zentrales Steuerungs- und Regelungssystem zu einer Kraftwerkseinheit.
- ▶ SmartEnergyTechnology (Exytron): Produktion synthetischer Gase mithilfe regenerativer elektrischer Energie, Gas-Zwischenspeicherung und anschließende KWK-gestützte Strom und Wärmeerzeugung auf Basis dieser synthetischen Gase in einem geschlossenen Kreislauf unter Nutzung der Abwärme der Umwandlungsprozesse.
- ▶ Smart Grid (Intelligentes Stromnetz): Das (primär lokale) Management von Stromerzeugung, -speicherung, -netz und -verbrauch in Echtzeit zur Reduzierung von Leistungsschwankungen und Überdimensionierung der Netze.
- ▶ Stromgeführte KWK-Technik mit Wärmespeicher: Die Produktion von Strom nach dem Prinzip Kraft-Wärme-Kopplung mit einer Speicherung der zusätzlich anfallenden thermischen Energie zur zeitlichen Entkopplung der Bereitstellung beider Zielenergien.

C Anhang: Übersicht der Interviews in den Revieren

Lausitzer Revier

Code	Institution	Datum
LR 1	Stadt Cottbus/Chóśebuz	15.06.2022
LR 2	Landratsamt Görlitz	17.08.2022
LR 3	Regionale Planungsgemeinschaft Lausitz-Spreewald	09.06.2022
LR 4	Lausitz Energie Bergbau AG	26.07.2022
LR 5	IHK Cottbus	02.08.2022
LR 6	Stadtwerke Cottbus GmbH	27.06.2022
LR 7	LWG Lausitzer Wasser GmbH & Co. KG	16.06.2022
LR 8	Wirtschaftsregion Lausitz GmbH	22.07.2022
LR 9	Sächsische Agentur für Strukturentwicklung GmbH (SAS)	30.06.2022
LR10	Stadtwerke Weißwasser GmbH	30.08.2022

Mitteldeutsches Revier

Code	Institution	Datum
MDR 1	Staatskanzlei und Ministerium für Kultur des Landes Sachsen-Anhalt	09.06.2022
MDR 2	Regionaler Planungsverband Leipzig Westsachsen	16.08.2022
MDR 3	Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH	08.08.2022
MDR 4	Sächsisches Staatsministerium für Regionalentwicklung	07.07.2022
MDR 5	DGB Sachsen	30.06.2022
MDR 6	Stadt Hohenmölsen	02.08.2022
MDR 7	VNG AG	06.07.2022
MDR 8	InfraLeuna GmbH	15.09.2022
MDR 9	Stadtwerke Zeitz	27.09.2022

Rheinisches Revier

Code	Institution	Datum
RR 1	Stadtwerke Düren	05.07.2022
RR 2	Speira (Aluminiumhersteller)	15.06.2022
RR 3	RWE	08.07.2022
RR 4	Rhein-Kreis Neuss	21.07.2022
RR 5	In4climate NRW im Rheinischen Revier	18.07.2022
RR 6	Wirtschaftsförderungs-gesellschaft Kreis Heinsberg	11.08.2022

D Anhang: Leitfaden Expert*innen-Interviews

Fragencluster Leitbilder und Leitthemen der regionalen Entwicklung des Reviers

Was sind die aus Ihrer Sicht prägenden Themen / thematischen Debatten im Kontext des Strukturwandels in der Region? (Einstiegsfrage)

Spielen Ziele der Nachhaltigen Regionalentwicklung aus Ihrer Sicht eine Rolle in der Diskussion? Und wenn ja: Was genau wird dabei unter Nachhaltigkeit verstanden?

Wann wäre für Sie der Strukturwandel im Revier erfolgreich? (Wenn wir uns in das Jahr 2045 versetzten: Welche Strukturen/Ergebnisse müssten dann vorliegen?)

Fragencluster Infrastrukturen

Schauen wir auf die Infrastrukturen im Strukturwandel; im Vorhaben interessieren uns insb. die technischen Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen (Strom, Gas, Wärme, Wasser/Abwasser, Verkehr, IKT).

Welche Bedarfe sehen Sie an infrastrukturell erbrachten Dienstleistungen, wie z.B. bestimmten Qualitäten der Energieversorgung, Mobilitätsangeboten etc.?

Inwiefern werden in der Strukturwandelregion die Umweltwirkungen neuer Infrastrukturlösungen mitbetrachtet/beachtet/eingeschätzt?

Welche der im Folgenden genannten Sektorenkopplungen werden nach Ihrer Einschätzung im Revier Relevanz entfalten?

- ▶ Abwasserwärmenutzung: Die Nutzung von im Abwasser anfallender thermischer Energie zur Wärmeversorgung.
- ▶ Bidirektionales Laden batterieelektrischer Fahrzeuge: Das Laden und Entladen von E-Fahrzeugen zum bedarfsgerechten Einsatz der elektrischen Energie.
- ▶ iKWK - Innovative Kraft-Wärme-Kopplung: Die Vernetzung einer KWK-Anlage mit einer erneuerbaren Wärmeerzeugung und einem elektrischen Wärmeerzeuger (Power-to-Heat) über ein zentrales Steuerungs- und Regelungssystem.
- ▶ Niedertemperatur Fernwärme: Absenkung der Netztemperatur als Grundlage zur adäquaten Implementierung von regenerativen Wärmeerzeugern und Dekarbonisierung der Fernwärme.
- ▶ Power-to-Heat: Die Nutzung (überschüssiger) regenerativer elektrischer Energie zur Bereitstellung von Wärme durch einen Elektrodenkessel.
- ▶ Power-to-Gas: Die Nutzung (überschüssiger) regenerativer elektrischer Energie zur Herstellung von Gasen wie z.B. Wasserstoff oder Methan.
- ▶ Schwarmkraftwerke/ Virtuelle Kraftwerke: Die Vernetzung und Zusammenschaltung von dezentralen Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen durch ein zentrales Steuerungs- und Regelungssystem zu einer Kraftwerkseinheit.
- ▶ SmartEnergyTechnology (Exyttron): Produktion synthetischer Gase mithilfe regenerativer elektrischer Energie, Gas-Zwischenspeicherung und anschließende KWK-gestützte Strom und

Wärmeerzeugung auf Basis dieser synthetischen Gase in einem geschlossenen Kreislauf unter Nutzung der Abwärme der Umwandlungsprozesse.

- ▶ Smart Grid (Intelligentes Stromnetz): Das (primär lokale) Management von Stromerzeugung, -speicherung, -netz und -verbrauch in Echtzeit zur Reduzierung von Leistungsschwankungen und Überdimensionierung der Netze.
- ▶ Stromgeführte KWK-Technik mit Wärmespeicher: Die Produktion von Strom nach dem Prinzip Kraft-Wärme-Kopplung mit einer Speicherung der zusätzlich anfallenden thermischen Energie zur zeitlichen Entkopplung der Bereitstellung beider Zielenergien.

Fragencluster Governance des Strukturwandels

Welche Instrumente, Strukturen und Verfahren bräuchte es, um Umwelt- und Infrastrukturbe-lange und deren Verknüpfung im Strukturwandel in Ihrem Revier zu stärken?

Haben Sie Ideen, wie man die Vergabe von Fördermitteln für Infrastrukturen ökologisch nachhaltiger gestalten könnte? Wenn ja, wo sehen Sie Prioritäten? Und welche Kriterien könnte man hier-für nutzen?

Fragencluster Thesen

Zum Schluss möchten wir Ihnen noch ein paar Aussagen/Thesen vorlesen, zu denen Sie bitte sa-gen, ob Sie diese teilen oder nicht. (Antwortmöglichkeiten: stimme voll und ganz zu, stimme zu, teils-teils, stimme nicht zu, stimme überhaupt nicht zu; Keine Antwort möglich)

These 1: Es geht im Strukturwandel des Reviers primär um wirtschaftliches Wachstum und Arbeits-plätze.

These 2: Eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch kann im Struktur-wandel hier im Revier etabliert werden.

These 3: Die Visionen und Leitbilder gehen auf technische Infrastrukturen ein. Infrastrukturbe-darfe werden in den regionalen Leitbildern und strategischen Planungen stringent abgeleitet.

These 4: Es wird implizit davon ausgegangen, dass Infrastrukturplanung die Leitbilder/Ziele der räumlichen und wirtschaftlichen Entwicklung nachvollzieht und ermöglicht. (Infrastrukturplanung ist reaktiv.)

These 5: Die möglichen Umweltauswirkungen von notwendigen Infrastrukturen werden mitbe-trachtet und spielen in der regionalen Planung eine Rolle.

These 6: Der strukturwandelbedingte Infrastrukturausbau erfolgt „konventionell“, d. h. unter An-wendung bereits etablierter technischer Systeme. Neuartige Techniken bzw. Lösungen werden eine untergeordnete Rolle spielen.

Fragencluster zum weiteren Vorgehen im Projekt

Wir suchen für eine Szenarienerstellung Untersuchungsräume oder Vorhaben (?) im Revier, bei deren Entwicklung der Infrastrukturausbau eine zentrale Rolle spielt bzw. spielen wird. Welche Teilräume/Gebiete würden Sie uns im Revier empfehlen? Welche Akteure sollten wir im Revier bzw. dem Untersuchungsraum unbedingt berücksichtigen?

E Anhang: Übersicht der Workshops

Untersuchungsraum im Lausitzer Revier

- ▶ Workshop LR 1 am 15.03.2023
- ▶ Workshop LR 2 am 13.11.2023

Untersuchungsraum im Mitteldeutschen Revier

- ▶ Workshop MDR 1 am 16.05.2023
- ▶ Workshop MDR 2 am 26.10.2023

Untersuchungsraum Elsbachtal im Rheinischen Revier

- ▶ Workshop RR 1 am 12.05.2023
- ▶ Workshop RR 2 am 07.12.2024

Fokusgruppen Workshop Förderpolitik mit Wissenschaft im AP 4

- ▶ Workshop FG im April 2024

Abschließende digitale Veranstaltung

- ▶ Abschlussveranstaltung zu den Botschaften des Projektes am 12.11.2024

F Anhang: Übersicht der Interviewpartner*innen zu Förderpolitiken

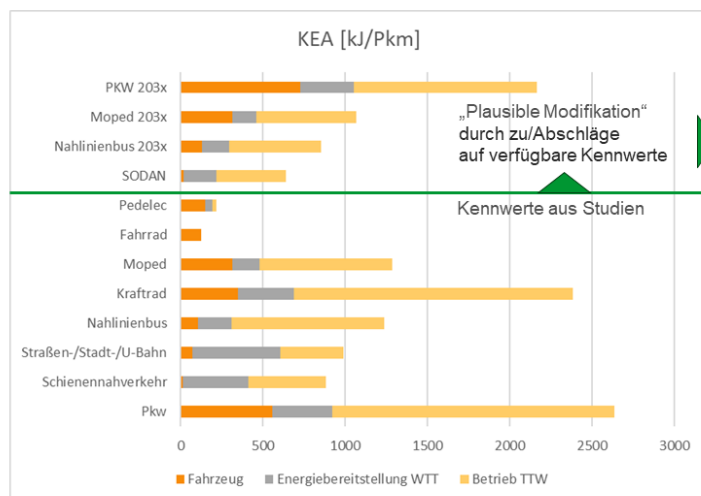
Aufschlüsselung der Interviews nach Bundesland und Revier

Code	Bundesland	Revier	Datum
FP 1	Sachsen	Lausitz	18.03.2024
FP 2	Brandenburg	Lausitz	22.03.2024
FP 3	Nordrhein-Westfalen	Rheinisches Revier	21.03.2024
FP 4	Sachsen-Anhalt	Mitteldeutsches Revier	25.03.2024
FP 5	Nordrhein-Westfalen	Rheinisches Revier	15.04.2024
FP 6	Sachsen	Mitteldeutsches Revier	16.04.2024

G Anhang: Umweltauswirkungen unterschiedlicher Verkehrsmittel

BEWERTUNG DER UMWELTAUSWIRKUNGEN Kumulierter Energieaufwand

b-tu Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg



Fahrzeug: Fahrzeughülle nur bei erkennbaren Trends modifiziert, Wechsel der Antriebstechnik, Ergänzung von Speichern (Batterien)

Energiebereitstellung: Veränderung der Bereitstellungsketten, Veränderung der Effizienz der Bereitstellungsketten

Betrieb: Veränderung der Betriebsenergie in der Zusammensetzung, der Menge der Betriebsenergie (Effizienz), der primärenergetischen Bewertung der Betriebsenergie, der Instandhaltungsaufwendungen

Jeweils durch Vergleich von GEMIS-Datensätzen, z.T. eigene Schätzungen

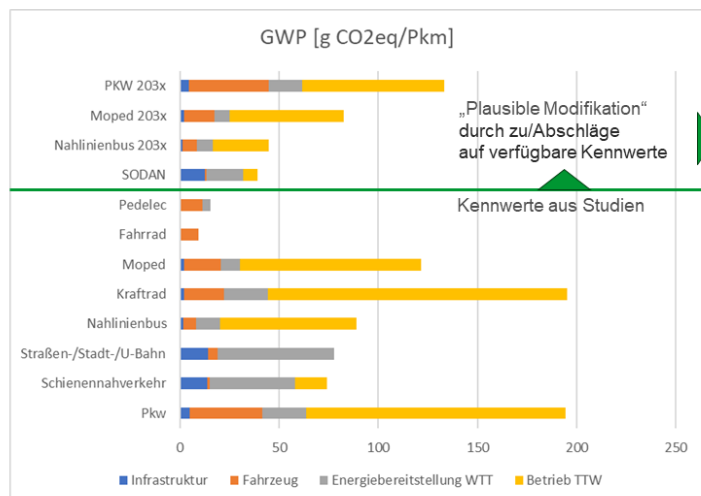
FG INFRASTRUKTUR- UND MOBILITÄTSPLANUNG

1

Quelle: Eigene Darstellung

BEWERTUNG DER UMWELTAUSWIRKUNGEN Klimawirkung (Global Warming Potential | GWP)

b-tu Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus - Senftenberg



Über alle Bereiche hinweg: Direkt und Indirekt sinkende Emissionen, primär durch mehr EE im Strombereich

Umstellung der verwendeten Primärenergien durch andere Antriebstechnik, teilweise anteilig berücksichtigt

Jeweils durch Vergleich von GEMIS-Datensätzen, z.T. eigene Schätzungen

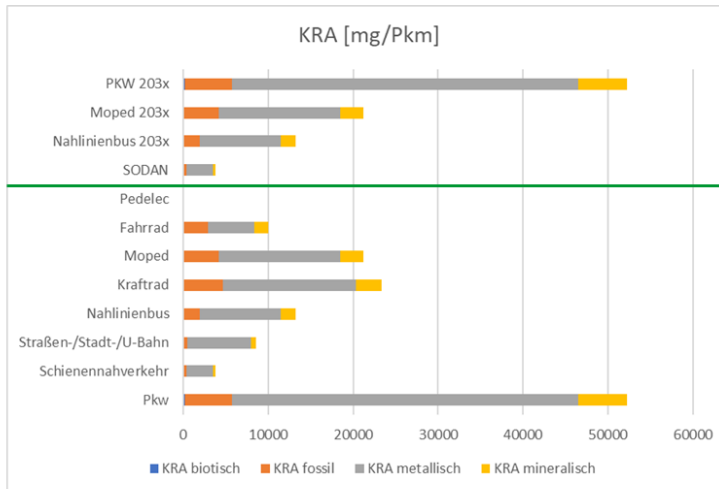
FG INFRASTRUKTUR- UND MOBILITÄTSPLANUNG

2

Quelle: Eigene Darstellung

BEWERTUNG DER UMWELTAUSWIRKUNGEN

Kumulierter Rohstoffaufwand



Hier keine Modifikationen.

Es lag keine Datenbasis zur Differenzierung der Werte und zur Ableitung von Wirkungen vor.

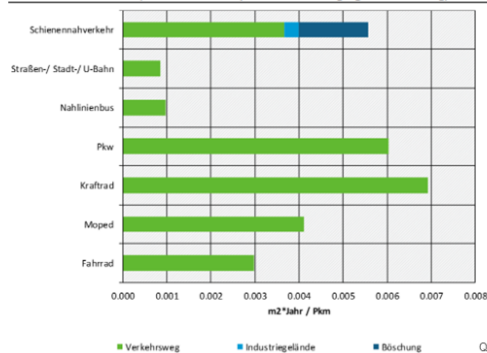
> Bewertung anhand der Basiskennwerte.

Quelle: Eigene Darstellung

BEWERTUNG DER UMWELTAUSWIRKUNGEN

Flächenverbrauch

Abbildung 27: Durchschnittliche Flächenbelegung im Personennahverkehr in Deutschland 2017, Variante A (Allokation nach temporärer Flächenbelegung und Fahrleistung)



Quelle: UBA

Die Bilanzierung des Flächenverbrauches erfordert Kenntnis:

- Der Flächennutzung zum Zeitpunkt der Errichtung der Infrastruktur
- Der Nutzungsdauer
- Der Nutzungsfrequenz
- Der Auslastung
- Der Flächennutzung nach der Aufgabe des Verkehrssystems
- Der Allokation der Aufwendungen auf Güter und Personenverkehr

Eine Bewertung des Flächenverbrauches von SODAN ist mit den vorhandenen Datengrundlagen in dieser Studie nicht leistbar.

Quelle: Eigene Darstellung

H Anhang: Interviewleitfaden zu Förderempfehlungen für die regionale Infrastrukturentwicklung in Strukturwandelregionen

Zum Verständnis und Umgang mit dem Leitfaden:

Dauer des Interviews: ca. 60 Minuten.

Zielgruppen: Governance Akteure*innen, welche mit der Vergabe von Fördermitteln und/oder der Gestaltung von Förderrichtlinien betraut sind (Intermediäre, Landesministerien, Landesbanken)

Ziel der Interviews: Mit den Interviews erfassen wir die Perspektive der Vergabeseite auf Länder- bzw. Revierebene hinsichtlich der Frage, wie sich die Infrastrukturentwicklung in Strukturwandelregionen stärker ökologisch ausrichten lässt. Zunächst möchten wir besser verstehen, wie Kriterien zur Förderung ökologischer Aspekte in der aktuellen Vergabep Praxis berücksichtigt werden. Anschließend wollen wir Optimierungsvorschläge diskutieren, um den Strukturwandel sozial-ökologisch auszurichten und insbesondere Potenziale zur Stärkung der ökologischen Dimension in der Infrastrukturplanung und -entwicklung zu heben. Schwerpunkte liegen dabei auf der Machbarkeit, den Umsetzungshürden und -voraussetzungen sowie auf dem Einbezug der Arbeitsrealität möglicher Zuwendungsempfänger. Wir wollen möglichst konkrete Hinweise erarbeiten, wie die Förderung technischer Infrastrukturen für einen sozial-ökologischen Strukturwandel und eine nachhaltige Regionalentwicklung optimiert werden kann.

Hintergrund: Nachhaltigkeitsziele sind bisher nicht durchgängig in der deutschen Förderlandschaft für Infrastrukturprojekte umgesetzt. Dadurch könnten Maßnahmen Förderung erhalten, die im klaren Widerspruch zu mindestens einem der Nachhaltigkeitsziele stehen. Dabei wurden für Infrastrukturprojekte bereits umfassend Kriterien zur Bewertung ökologischer Aspekte entwickelt. Daher stellt sich die Frage ob und wie sich diese Kriterien in der Praxis gut umsetzen lassen.

Durchführung: Die Leitfadeninterviews werden als videogestützte Gespräche geführt. Die Fragen im Leitfaden müssen nicht alle und nicht zwingend in der Reihenfolge besprochen werden. Im Interview werden situativ geeignete/sinnvolle Schwerpunkte gesetzt.

Dokumentationsmethodik: Die Interviews werden – sofern Sie einverstanden sind – datenschutzrechtskonform aufgezeichnet. Aus den Interviews werden Ergebnisprotokolle erstellt, die die wichtigsten Aussagen und Argumente wiedergeben (wir fertigen keine wortwörtlichen Transkripte an). Diese Protokolle schicken wir Ihnen zur Validierung und Autorisierung zu.

Leitfaden

Einstieg ins Thema

1. Welche Rolle haben Sie in Ihrer Institution bei der Steuerung oder Vergabe von Fördermitteln?
2. Welche Förderprogramme für den Strukturwandel im Revier sind wichtig für Ihre Arbeit? Welche Rolle spielen dabei Infrastrukturprojekte?
Erklärung: Unser Fokus liegt auf technischen Infrastrukturen: Energie, Wasser, Abwasser, Mobilität, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Digitalisierung.
3. Was kennzeichnet für Sie im Kern ein ökologisch nachhaltig ausgerichtetes Infrastrukturvorhaben im Kontext des Strukturwandels?
4. Inwieweit findet sich dies in der aktuellen Strukturwandel-Förderlandschaft wieder?
5. Welche Spielräume haben Sie, um ökologisch nachhaltige Projekte zu priorisieren?

6. Welches Handwerkszeug bräuchten Sie (in Ihrer Organisation), um ökologisch ausgerichtete Infrastrukturprojekte leichter identifizieren und priorisieren zu können?

Fragencluster zu ökologischen Kriterien in Förderprogrammen

Die untenstehende Tabelle listet Kriterien zur Bewertung ökologischer Nachhaltigkeit von Infrastrukturprojekten auf. Die Tabelle ist das Ergebnis wissenschaftlicher Auswertungen im Forschungsprojekt TransIS⁵⁶.

	Kriterium	Indikator
1.a	Abfallaufkommen	Abfallaufkommen insgesamt
1.b		gefährliche Abfälle
2.	Biodiversitätsverlust	Auswirkungen auf gefährdete oder schützenswerte Arten oder Lebensräume
3.a	Energieverbrauch	Primärenergiebedarf
3.b		Endenergiebedarf
4.a	Flächeninanspruchnahme	Infrastrukturspezifische Flächennutzungsänderung oder -umwandlung (Hemerobie-Stufe)
4.b		Ausmaß der schädlichen Bodenveränderungen (z. B. Abgrabungen, Versiegelung, Verschmutzung ...)
5.	Klimafolgen	klimatische Auswirkungen der Infrastrukturentwicklung (z.B. Hitzeinseln, Überflutung)
6.	Klimaanpassung	Erhöhung der Störungsresistenz gegenüber Klimafolgen (z.B. Steigerung der Versickerung)
7.	Lärmbelastung und -belästigung	Lärmäquivalente in dB
8.a, b, c, d, d, e	Luftschadstoffemissionen	a) Feinstaub (PM2.5)
		b) NH3 (Ammoniak)
		c) NMVOC (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan)
		d) NOx (Stickoxide)
		e) SO2 (Schwefeldioxid)
9.a	Rohstoffinanspruchnahme	Nachfrageimpulse nach mineralischen Rohstoffen
9.b		Nachfrageimpulse nach versorgungskritischen mineralischen Rohstoffen
10.	Treibhausgas-Emissionen	CO2, Lachgas, Methan
11.	Wasserverbrauch	Wasserknappheit am Ort des Verbrauchs

⁵⁶ Die Liste der Kriterien und Indikatoren wurde im Rahmen des Forschungsprojekts TransIS zusammengestellt und basiert auf den Vorarbeiten von [Berger & Finkbeiner, 2017](#), [Olfert et al., 2020](#) und [Trapp et al., 2017](#)

1. Sehen Sie hier Ergänzungsbedarf?
2. Auf welche Kriterien wird aktuell in der Vergabep Praxis geschaut und an welchem Punkt des Vergabeverfahrens?
3. Mit Blick auf die Entwicklung von Infrastruktur: welche Kriterien aus der untenstehenden Liste (und darüber hinaus) sollten in Förderprogramme aufgenommen werden?
4. Welche Voraussetzungen müssen geschaffen werden, um ökologische Kriterien stärker in Förderprogramme zu verankern?
(z.B. fachliche, förderpolitische oder rechtliche Voraussetzungen, wie Entscheidungsprozesse, gesetzliche Vorgaben, Anpassung von Leitbildern der Region)

Fragencluster zur Verbesserung der Fördermittelvergabe

Im Folgenden sehen Sie eine Liste von Vorschlägen, wie ökologische Aspekte stärker in die Förderlandschaft und Fördermittelvergabe integriert werden können. Diese Empfehlungen basieren auf Zwischenergebnissen aus Interviews und Workshops im laufenden Forschungsprojekt TransIS sowie Ergebnissen die im Forschungsprojekt NaKEST^{57,58} erarbeitet wurden.

5. Basierend auf Ihren Erfahrungen und Hintergrundwissen: Für wie sinnvoll halten Sie die folgenden Vorschläge für die Infrastrukturentwicklung in Ihrem Revier/Bundesland? Was müsste für eine erfolgreiche Umsetzung beachtet werden, welche Hürden müssen zunächst überwunden werden?

Vorschläge zur Optimierung der Förderlandschaft und Fördermittelvergabe:

- a) Ein bestimmter Prozentsatz (z.B. 30 Prozent) der Strukturwandelgelder wird für Projekte reserviert, die klar ökologische Nachhaltigkeitsziele verfolgen (sogenanntes „Ear-marking“ nach dem EU-Modell zur Stärkung ökologischer Nachhaltigkeitsziele in EU-Projekten).

⁵⁷ Forschungsprojekt NaKESt – Nachhaltige KommunalEntwicklung im Strukturwandel, <https://wupperinst.org/p/wi/p/s/pd/895>

⁵⁸ NaKEST Abschlussbericht: Venjakob et al., 2023, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11740/publikationen/2023-06-05_texte_81_2023_nachhaltige_kommunalentwicklung_0.pdf

- b) Um Strukturfördergelder zu beantragen, müssen Antragsteller*innen schlüssig nachweisen, dass Fördervorhaben den Zielen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie nicht wesentlich entgegenstehen. Ein Prozess dafür muss erarbeitet werden.
 - Vorbild kann der Ansatz der EU-Taxonomie für ein nachhaltiges Finanzwesen sein mit seinen „Do-no-significant-harm“-Kriterien.
- c) Infrastrukturentwicklungen werden von der ersten Bedarfsanmeldung an durch Berater*innen begleitet (z.B. Bedarf Glasfaserausbau, Energieversorgung oder Schienenverkehr). Hierfür baut die öffentliche Hand langfristig Stellen auf.
 - Ziel der Maßnahme ist, innovative Möglichkeiten zu erkennen – auch über den Stand der gängigen Techniken und Abläufe hinaus – und ein stärker systemisches Denken zu ermöglichen.
- d) In der Lausitz in Brandenburg wird ein partizipativer Werkstattprozess⁵⁹ genutzt, um Strukturwandelprojekte gemeinsam mit Akteuren vor Ort zu entwickeln. In sogenannten Werkstätten entwickeln verschiedene Akteursgruppen (aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft, Kommunen und Zivilgesellschaft) gemeinsam Projekte und sind Ideengeber.
 - Prozess: Die Projektideen kommen im Bottom-Up-Prinzip aus der Region und werden im Haus des Strukturwandels – von der WRL, dem Lausitz-Beauftragten als Teil der Landesregierung Brandenburg, der Investitionsbank des Landes Brandenburg (ILB) und den regionalen Wirtschaftsförderungen – qualifiziert und zur Umsetzungsreife gebracht. Geben die regionalen Akteure in der Werkstatt ihr Okay, kann die abschließende Zustimmung vom Land folgen.

Wie blicken Sie auf diesen Prozess? Könnte er auf andere Bundesländer übertragen werden?

- e) Infrastrukturprojekte sind zeit- und kostenintensiv. Auf innovative Konzepte zu setzen fällt daher schwer. Um innovative Projekte zu fördern, kann der Staat eine Art Investitionsgarantie geben. Bei Nachweis, dass sich die Investitionen trotz Erfüllung der Sorgfaltspflicht als Fehlentwicklung herausstellen, können neue Fördergelder auch langfristig (nach 2038) für eine Anpassung von Infrastruktur verfügbar gemacht werden.
6. Welche weiteren Lösungen bieten sich aus Ihrer Sicht an – vor allem auf Länder und kommunaler Ebene – um innovative, ökologisch nachhaltige Infrastrukturprojekte stärker zu fördern?

⁵⁹ <https://wirtschaftsregion-lausitz.de/>