



SYSTEME AUF DEM WEG ZUR INTEGRATION

Industrielle Abwärmenutzung im Kontext der kommunalen Wärmeplanung

Robin Jaede, Henry Krull, Matthäus Blonski
Sandra Meyer-Ghosh, Simon Güntner

Energiesystem im Umbruch:
Akteur:innen der Transformation im Dialog – Teil 2

SYSTEME AUF DEM WEG ZUR INTEGRATION

Industrielle Abwärmenutzung im Kontext der kommunalen Wärmeplanung

Robin Jaede, Henry Krull, Matthäus Blonski
Sandra Meyer-Ghosh, Simon Güntner
September 2026

Abstract

Die Energiewende ist nicht nur eine technologische Transformation, sondern erfordert einen Umbau des gesamten Energiesystems. Damit dieser möglichst reibungslos gelingt, müssen die Perspektiven, Interessen und Erwartungen ganz unterschiedlicher Akteur:innen frühzeitig in die Transformationsprozesse einfließen. Das Energiewende-Verbundprojekt Norddeutsches Reallabor (NRL) bringt deshalb relevante Stakeholdergruppen zusammen und verknüpft Einzelperspektiven zu einem gesamtsystemischen Blick.

Die im Jahr 2024 durchgeführte Veranstaltungsreihe der NRL Transformation Labs brachte Akteur:innen der Energiewende an einen Tisch, um gemeinsam über Treiber und Hemmnisse für den Markthochlauf von Sektorenkopplungstechnologien zu diskutieren. Das erste Lab beschäftigte sich mit der Nutzung industrieller Abwärme im Kontext der kommunalen Wärmeplanung. Die Analyse der dort geführten Diskussionen liegt in diesem Bericht vor.

Sie verbindet zwei Auswertungsstränge: In einer Inhaltsanalyse werden treibende und hemmende Einflussfaktoren identifiziert. Argumentationen zu Infrastruktur, Regulierung und Wirtschaftlichkeit dominieren die Nennungen: Vor allem die Rahmenbedingungen des Infrastrukturausbaus bei gleichzeitiger Sicherung von Business Cases wurden thematisiert.

Parallel werden die Zusammenhänge der genannten Einflussgrößen im Rahmen einer Szenarioanalyse betrachtet. Es ergibt sich eine Vielzahl von Szenarien und damit möglicher Zukünfte. Die Analyse zeigt, dass ein stabiles Gesamtsystem den Hochlauf¹ von industrieller Abwärmenutzung trägt, dieses aber Anfälligkeiten für externe Schocks zeigt.

Ausgehend von diesen Ergebnissen schließt der Bericht mit ersten Handlungsempfehlungen aus den NRL Transformation Labs zur Unterstützung des Hochlaufs industrieller Abwärmenutzung.

1 Im Rahmen der Transformation Labs wurden verschiedene Sektorenkopplungstechnologien diskutiert. Diese haben unterschiedliche Technologiereifegrade und stehen teilweise noch am Anfang eines Markthochlaufs, teilweise sind es bereits etablierte Lösungen, die lediglich im Kontext der Sektorenkopplung skaliert werden müssen. Für industrielle Abwärme und ihre Einbindung in Wärmenetze gibt es bereits vielfältige Praxisbeispiele. In dieser Studie wird dennoch analog zu den übrigen betrachteten Technologien von „Hochlauf“ gesprochen. Damit soll nicht impliziert werden, dass industrielle Abwärme noch nicht marktfähig ist, sondern das Ziel, dass ihre Nutzung verstärkt und standardisiert werden soll, ausgedrückt

1	EINLEITUNG Mehrdimensionale Transformationprozesse	5
2	HINTERGRUND Das NRL als Impulsgeber der industriellen Transformation	8
	Integrativer Forschungs- und Diskursansatz	9
3	DIE NRL TRANSFORMATION LABS Akteur:innen der Energiewende im Zukunftsdialog	11
	Kreis der Teilnehmer:innen	12
	Ablauf der Transformation Labs	12
4	METHODE Doppelter Auswertungspfad	15
	Methodisches Vorgehen der Inhaltsanalyse	15
	Methodisches Vorgehen der Szenarioanalyse	16
5	QUALITATIVE INHALTSANALYSE Die Multidimensionalität der Abwärmenutzung	18
	Zwischen Unsicherheit und Interesse	26
	Zwischenfazit	30
6	SZENARIOANALYSE Gleichzeitigkeit von Netzausbau und Abwärmeeinbindung	31
	Anreize und Fallstricke	33
	Sonderfälle: Hochlauf unter erschwerten Bedingungen	43
7	Fazit	44
	Diskussion	45
8	Handlungsempfehlungen	47
9	Literaturverzeichnis	50
10	Anhang	52

Über die Autor:innen:

Der hier vorliegende Bericht entstand im Rahmen des Teilvorhabens „Industrielle Transformation und gesellschaftliche Teilhabe“ des Norddeutschen Reallabors (NRL), das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert wird. Die an der Studie beteiligten Autor:innen sind Wissenschaftliche Mitarbeiter:innen am Competence Center for Energy Transition (CC4E) der HAW Hamburg.



Vorbemerkung

Die Studienreihe „Energiesystem im Umbruch: Akteur:innen der Transformation im Dialog“ entstand im Rahmen des Energiewende-Verbundprojekts Norddeutsches Reallabor (NRL). Sie basiert auf den Ergebnissen der NRL Transformation Labs, einer mehrteiligen Veranstaltungsreihe, in der Akteur:innen aus Industrie, Energiewirtschaft, Wissenschaft, Verwaltung und Gesellschaft ihre Perspektive auf die gegenwärtigen Treiber und Hemmnisse der Transformation zur Klimaneutralität diskutierten. Allen Lab-Teilnehmer:innen sei an dieser Stelle für ihre Bereitschaft zur Teilnahme ausdrücklich gedankt.

Organisiert und ausgewertet wurde die Veranstaltungsreihe vom Competence Center for Energy Transition (CC4E) der Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW) Hamburg. Entsprechend der Themensetzung der einzelnen Transformation Labs erscheinen im Rahmen der Studienreihe in lockerer Folge diese Veröffentlichungen:

STUDIENREIHE TEIL 1

Wasserstoff in der Industrie: Zwischen Aufbruch und Blockade

STUDIENREIHE TEIL 2

Systeme auf dem Weg zur Integration: Industrielle Abwärmenutzung im Kontext der kommunalen Wärmeplanung

STUDIENREIHE TEIL 3

Wasserstoffmobilität (Arbeitstitel)

EXKURS

Gesellschaftliche Teilhabe (Arbeitstitel)

Mehrdimensionale Transformationsprozesse

Die Wärmewende steht vor entscheidenden Jahren. Für die Dekarbonisierung der Gebäudewärme wird Fernwärme ein entscheidender Schlüssel sein, für die Dekarbonisierung der Wärmenetze selbst ist die Einspeisung industrieller Abwärme eine vielversprechende Option. Im Zuge der kommunalen Wärmeplanung werden zum Erscheinungsdatum dieser Studie die Wärmepläne für deutsche Großstädte (>100.000 Einwohner:innen) vorliegen, die das Potenzial für Fernwärmenetze und Anschluss wärmeabgebender Industrien besser verdeutlichen. Einige Städte sind schon im Prozess der Erschließung dieses Potenzials, insgesamt ist der Weg aber noch lang.

Im Projektraum des Norddeutschen Reallabors (NRL) sind viele Großstädte schon auf einem guten Weg, was den Netzausbau angeht, allerdings gibt es auch vielerorts unterschiedliche Ansätze und offene Fragen, wie die Netze dekarbonisiert werden sollen. Industrielle Abwärme kann dabei ein Baustein sein, muss aber ins jeweilige System passen. Je höher die Netzdurchdringung schon ist, desto besser ist die wirtschaftliche Perspektive dafür, weil mehr Kund:innen die Investition gegenfinanzieren. Zugleich stehen wichtige gesetzliche Rahmenbedingungen wie das Gebäudeenergiegesetz (GEG) aktuell vor tiefgreifenden Veränderungen, die einen noch nicht vollständig absehbaren Einfluss auf diesen Komplex haben werden.

Mit dem Fortschreiten der Transformation wird zunehmend deutlich, dass die Betrachtung technologischer Aspekte allein nicht ausreicht, um Herausforderungen beim Markthochlauf zu begegnen. Die Problemlagen werden systemischer und vielschichtiger: Bei der industriellen Transformation sind nicht nur die notwendigen Technologien anspruchsvoll, auch deren Integration in ein Gesamtsystem und nicht zuletzt ihre **Einbettung in gesellschaftliche Logiken, Perspektiven, Interessen, Erwartungen und Praktiken** fügen weitere Ebenen der Komplexität hinzu.

In der Energiewende wirken all diese Entwicklungen zusammen und bedingen sich gegenseitig. Daher benötigt der Prozess hin zu einer klimaneutralen Gesellschaft das Wissen und die Teilhabe ganz unterschiedlicher Akteur:innen. So lässt sich nicht-intendierten Nebenfolgen einer isolierten oder rein technik-logischen Entwicklung besser vorbeugen.

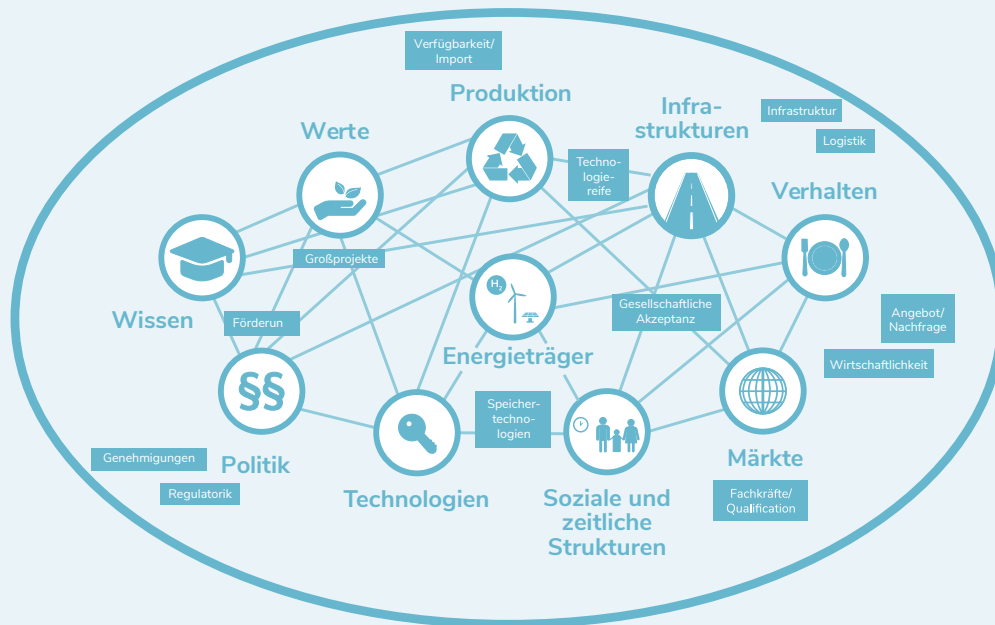


Abbildung 1: Soziotechnisches System. Eigene Darstellung in Anlehnung an Umweltbundesamt (2018), S. 13

Der Markthochlauf von Sektorkopplungstechnologien muss als ein multi-dimensionaler Prozess gesehen werden, der nur als Gesamtheit verstanden werden kann. Soziotechnische, -ökonomische und -kulturelle Systeme stehen miteinander in Beziehung und beeinflussen sich wechselseitig (Geels 2019; Umweltbundesamt 2018, 2020; Jaede, Meyer-Ghosh & Saidi 2025).

Ein Modell des Umweltbundesamts (Umweltbundesamt 2020) illustriert diese Verwobenheit, indem es die Interdependenzen zwischen sozioökonomischen, soziotechnischen und soziokulturellen Faktoren abbildet (Umweltbundesamt 2018, S. 12; Jaede, Meyer- Ghosh & Saidi 2025).

Soziotechnische Systeme sind dabei durch die jeweils dominierenden Technologien geprägt, während sozioökonomische Systeme (z. B. Energie, Mobilität) sich durch Märkte oder ihre Funktionen auszeichnen und soziokulturelle Systeme (z. B. Gesundheits-, Ernährungs- oder Bildungssystem) Aspekte gesellschaftlichen Zusammenlebens in sozialer und kultureller Hinsicht umfassen (z. B. Werte und Verhalten) (Umweltbundesamt 2020, S. 37).

Im Zentrum des hier leicht angepassten¹ Modells stehen die in dieser Studienreihe betrachteten Sektorkopplungstechnologien. Auf sie wirken Technologien und Produktionsprozesse und die dafür benötigte Infrastruktur ebenso wie ökonomische und gesellschaftliche Faktoren. Das geordnete Zusammenspiel der Systemelemente benötigt u. a. politische Regelungen, z. B. in Form von Gesetzen und Genehmigungsverfahren. Damit wird die Bedeutung eines gesamtsystemischen Ansatzes bei der Erforschung von Transformationsprozessen deutlich.

1 Die im Modell des Umweltbundesamtes abgebildeten Faktoren decken sich teilweise denen, die in unserem Forschungsprozess aus den Expert:inneninterviews erarbeitet wurden (siehe S. 13).

Die aktuell ambivalente Haltung zur Energiewende in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft birgt dabei sowohl neue Chancen als auch altbekannte Hürden (Arndt & Saidi 2022). Einerseits können im Zusammenspiel mit einer Industrie, welche die Energiewende in der Regel befürwortet und die eigene Transformation zu einem klimaneutralen Wirtschaften vorbereitet, innovative Technologien an einem frühen Zeitpunkt in der Diffusion begleitet werden. Andererseits lässt sich eine abnehmende Priorisierung des Themas in Politik und Gesellschaft beobachten (Arndt 2022). Zugleich sorgen Regierungswechsel, eine schwierige wirtschaftliche Lage und unklare Rahmenbedingungen für Zurückhaltung bei langfristigen, großen oder risikoreichen Projekten.

Eine nachhaltige und breit akzeptierte Transformation kann daher nur gelingen, wenn relevante Stakeholdergruppen der Energiewende frühzeitig in den Transformationsprozess eingebunden werden – nicht nur technisch, sondern auch diskursiv. So bietet sich die Chance, ihre Wissensbestände für die notwendigen Weichenstellungen der Energiewende zu erschließen und zugleich mögliche Zielkonflikte frühzeitig zu adressieren. Erst durch das Zusammenbringen verschiedener Perspektiven können somit diffusionsfördernde, aber auch hemmende Faktoren verlässlich identifiziert werden.

Die hier vorliegende Studie will ebendies tun: Sie richtet ihren Blick auf den von der Bundesregierung angestrebten Markthochlauf industrieller Abwärmennutzung und betrachtet ihn aus einer sozialwissenschaftlichen Perspektive, um ein multidimensionales Bild möglicher Marktentwicklungen zu geben und dabei das Spannungsfeld zwischen industrieller Transformation und gesellschaftlicher Teilhabe auszuleuchten. Zurückgegriffen wurde für die Studie auf das Wissen einer Vielzahl von Akteur:innen aus dem Umfeld des Energiewende-Verbundprojekts Norddeutsches Reallabor (NRL), in dessen Rahmen die vorliegende Studie entstand.

Die nachfolgenden Kapitel 2 & 3 entsprechen weitestgehend den respektiven Kapiteln aus dem ersten Teil dieser Studienreihe „Wasserstoff in der Industrie: Zwischen Aufbruch und Blockade“ (2025). Sie können deshalb übersprungen werden, wenn der erste Teil bekannt ist.

Das NRL als Impulsgeber der industriellen Transformation

Das Norddeutsche Reallabor (NRL) ist ein länderübergreifendes Energiewende-Verbundprojekt, das neue Wege zur Klimaneutralität aufzeigen will. Dazu werden Produktions- und Lebensbereiche mit besonders hohem Energieverbrauch schrittweise defossilisiert und auf erneuerbare Energieträger umgestellt – insbesondere in der Industrie, aber auch in der Wärmeversorgung und im Mobilitätssektor.

Hinter dem Norddeutschen Reallabor stehen mehr als 50 Partner aus Industrie, Energiewirtschaft, Wissenschaft und Politik. Als Energiewende-Allianz arbeiten sie eng zusammen, um nachhaltige Innovationen zu schaffen und den Industriestandort Norddeutschland zu stärken. Die dafür gewählte Modellregion umfasst die Bundesländer Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern sowie Bremerhaven. Ziel des Projekts ist es, einen Transformationspfad zu erproben, mit dem es gelingen kann, die CO₂-Emissionen im Norden bis 2035 um 75 Prozent zu reduzieren.

Dazu werden im Norddeutschen Reallabor Elektrolyseure mit einer Erzeugungskapazität von 15 MW betrieben. Der grün erzeugte Wasserstoff dient unter anderem dazu, fossile Energieträger in industriellen Prozessen durch Wasserstoff bzw. dessen Folgeprodukte zu ersetzen. Im Mobilitätssektor werden Wasserstoff-Tankstellen und Brennstoffzellen-Fahrzeuge in unterschiedlichen Nutzungsszenarien erprobt. Außerdem werden im NRL mehrere Projekte umgesetzt, die eine Abwärmenutzung in einem Umfang von 700 GWh pro Jahr ermöglichen. Mit den im Projektzeitraum geplanten Vorhaben können bis zu 330.000 Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr eingespart werden. Das Großprojekt hat eine Laufzeit von sechs Jahren (04/2021–03/2027). Als Teil der Förderinitiative „Reallabore der Energiewende“ wird das NRL mit rund 30 Mio. Euro durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert. Weitere Fördermittel werden durch das Bundesministerium für Verkehr (BMV) bereitgestellt.

Eine Besonderheit des Projekts ist sein Rundum-Blick auf die Energiewende: Neben den geplanten Erprobungsvorhaben zur CO₂-Reduktion werden auch Querschnittsthemen berücksichtigt. In unterschiedlichen Forschungsvorhaben befassen sich die NRL-Partner mit der volkswirtschaftlichen und der gesellschaftlichen Dimension des geplanten Transformationspfades hin zur Klimaneutralität. Die Betrachtung von Schnittstellen und Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Erprobungs- und Forschungsvorhaben der NRL-Partner steht im Zentrum des Norddeutschen Reallabors.

Integrativer Forschungs- und Diskursansatz

Das Teilvorhaben „Industrielle Transformation und gesellschaftliche Teilhabe“ (TV 3.1) begleitet die technologischen Projekte, die im Rahmen des NRL umgesetzt wurden, mit sozioökonomischen Fragestellungen. Es wird verantwortet vom Competence Center for Energy Transition (CC4E), einer interdisziplinären Forschungseinrichtung an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg). Im Projekt wird erforscht, wie die industrielle Nutzung und damit der Markthochlauf von Sektorenkopplungstechnologien am Beispiel von Wärme, Mobilität und Industrie durch eine gezielte Beteiligung relevanter Stakeholder:innen in der Projektregion unterstützt werden kann. Ziel ist es, ihr Wissen durch partizipative und diskursive Forschungsmethoden systematisch zu erfassen und effektiv miteinander zu verzahnen, um zu einer schnellen und zugleich breit akzeptierten Transformation des Energiesystems beizutragen, also die Transformationspfade so zu gestalten, dass sie sowohl wirksam als auch gesellschaftlich anschlussfähig sind.

Im Ergebnis soll ein mehrdimensionales Gesamtbild zu den gegenwärtigen Treibern und Hemmnissen der aktuellen Transformationsprozesse entstehen. Es kann dabei helfen, Barrieren frühzeitig zu erkennen, passende Lösungsansätze zu erarbeiten und somit mittelbar den Markthochlauf von Sektorenkopplungstechnologien in der norddeutschen Projektregion zu beschleunigen. Um diesen Forschungszielen gerecht zu werden, verfolgt das NRL-Teilvorhaben methodisch einen integrativen Forschungs- und Diskursansatz. Er lässt sich in fünf Phasen gliedern.

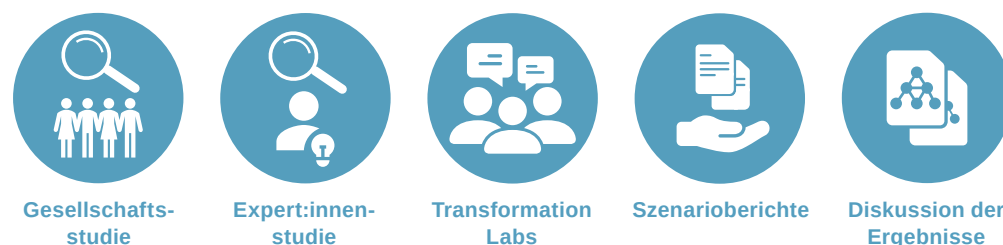


Abbildung 2: Die fünf Phasen des Forschungsprozesses im NRL-Teilvorhaben 3.1 „Industrielle Transformation und gesellschaftliche Teilhabe“

Zu Beginn wurde zum einen eine repräsentative Gesellschaftsstudie zu Einstellungen gegenüber Wasserstofftechnologien und ihren Anwendungsfeldern in der Projektregion des NRL durchgeführt (Arndt 2022). Sie gab wertvolle Einblicke in die Stimmungen der Gesellschaft zur Energiewende, insbesondere in Hinblick auf den Einsatz von Wasserstoff als Schlüsseltechnologie. Zum anderen wurden qualitative Interviews mit Akteur:innen aus dem NRL und dessen Umfeld zu den Treibern und Herausforderungen des Markthochlaufs geführt und als Expert:innenstudie veröffentlicht (Arndt & Saidi 2022).² Aus ihr ließen sich erste Erkenntnisse zu den wichtigsten Einflussfaktoren auf

2 Beide Studien sind über die NRL-Website unter www.norddeutsches-reallabor.de/presse#studien abrufbar.

die Transformation ableiten, die als Wissensbasis für die inhaltliche Konzeption der NRL Transformation Labs dienen. Die Transformation Labs bilden den methodischen Schwerpunkt des Vorhabens und werden im nachfolgenden Kapitel näher beschrieben.

Aus den Auswertungen der Transformation Labs resultiert eine mehrteilige Studienreihe, deren zweiter Teil hier vorliegt. Sie liefert Szenarien zu möglichen Marktentwicklungen und zeigt Handlungsoptionen auf, um den Markthochlauf von Sektorenkopplungstechnologien in Norddeutschland zu unterstützen. Im Rahmen des NRL werden diese Ergebnisse weiterverwertet, zur Diskussion gestellt sowie der Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht.

Akteur:innen der Energiewende im Zukunftsdialog

Hinter den NRL Transformation Labs steht eine vierteilige Veranstaltungsreihe, die im Jahr 2024 vom Competence Center for Energy Transition (CC4E) der HAW Hamburg durchgeführt wurde.

Dazu wurden im Vorfeld vier zentrale Technologiebereiche identifiziert, die an die Erprobungsprojekte des Norddeutschen Reallabors anknüpfen:

- „Industrielle Abwärme und kommunale Netzplanung“
- „Wasserstofferzeugung, -transport und -speicherung“
- „Wasserstoffnutzung in der Industrie“
- „Straßenbasierte Wasserstoffmobilität“

Zu diesen Themen wurde jeweils ein eigenes Transformation Lab durchgeführt. Die Transformation Labs wurden bewusst als Raum für einen offenen, breiten Diskurs konzipiert, in dem Erkenntnisse über die Prozesse und Rahmenbedingungen des Markthochlaufs von Sektorenkopplungstechnologien offengelegt und mögliche Zielkonflikte zwischen unterschiedlichen Akteur:innen sichtbar werden.

Dieser Ansatz trägt damit den zentralen Forschungsfragen des NRL-Teilvorhabens „Industrielle Transformation und gesellschaftliche Teilhabe“ Rechnung, das hinter den Transformation Labs steht: Es hat den Auftrag, mittels sozialwissenschaftlicher Methoden zu eruieren, welche Faktoren sich begünstigend auf die frühe Adoption von den im NRL erprobten Sektorenkopplungstechnologien auswirken und ob sich Barrieren für den Markthochlauf sowie Konflikte in den unterschiedlichen Perspektiven und Zielsetzungen der Stakeholder erkennen lassen, denen dann ggf. frühzeitig begegnet werden kann.



Abbildung 3: Teilnehmende des Transformation Labs „Industrielle Abwärme“ am 06.03.2024, Foto: Louis Fraser/CC4E

Kreis der Teilnehmer:innen

Zu den Transformation Labs wurden ausgewählte Akteur:innen aus Industrie, Wissenschaft und Verwaltung themenspezifisch eingeladen, um über innovative Ansätze der Sektorenkopplung in Norddeutschland zu diskutieren. Als Stakeholder:innen der Energiewende wurden sie miteinander ins Gespräch gebracht, um besser zu verstehen wo die Hemmnisse, die Interessenkonflikte, aber auch die Treiber der Energiewende liegen und wie ein schneller Markthochlauf von Sektorenkopplungstechnologien gelingen kann.

Die Einladung zu den Transformation Labs erfolgte auf Basis von umfassenden sektorenspezifischen Stakeholderlisten, die im Vorfeld erstellt wurden. So wurden per Internet- und Literaturrecherche Ansprechpartner:innen und Kontaktdaten bei Unternehmen, Forschungsorganisationen, Behörden und Ministerien, Kammern, Verbänden und anderen Interessenvertretungen, Beratungsfirmen und zivilgesellschaftlichen Gruppen identifiziert, die einen erkennbaren Bezug zu dem jeweiligen Themenfokus der Transformation Labs und nach Möglichkeit auch einen Bezug zu Norddeutschland als Modellregion aufwiesen. Ergänzt wurden die Listen durch Empfehlungen aus dem NRL-Kreis und anderen Branchenkontakten. Dabei wurden sowohl die Leitungsebenen als auch das ausführende Management bzw. die Mitarbeiterebene inkludiert.³

Im Ergebnis enthielten die Stakeholderlisten je nach Lab zwischen 100 und 150 Kontaktadressen. Die ermittelten Stakeholder:innen wurden schriftlich über Zweck und Ausrichtung des jeweiligen Transformation Labs und den Projektkontext NRL informiert und schriftlich sowie telefonisch eingeladen. Die daraus folgenden Anmeldezahlen lagen bei ca. 25-35 Teilnehmer:innen pro Lab, teilgenommen haben letztlich zwischen 18-26 Personen pro Veranstaltung.

Ablauf der Transformation Labs

Die jeweils sechsstündigen Transformation Labs waren wie folgt aufgebaut: Nach einer einführenden Information zum Teilvorhaben und seinem Forschungsinteresse und den bisherigen Erkenntnissen gab es einen Referentenvortrag zum jeweiligen Thema, mit dem Ziel, den gemeinsamen Diskurs anzuregen. Das Lab zur industriellen Abwärme wurde eingeleitet von Felix Doucet, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am CC4E und Geschäftsführer der Energieberatung Hamburg EnHH, der über „Neue Pflichten zur Abwärmenutzung und Wärmeplanung – Regulatorik und praktische Herausforderungen“ referierte.

³ Allerdings zeigte sich in der Vorbereitung und der Durchführung der Transformation Labs auch, dass durch die gewählten Ansprachewege kaum Repräsentant:innen der Zivilgesellschaft erreicht werden konnten. Um auch die gesellschaftliche Perspektive auf die Transformation einbinden zu können, wurde im Rahmen des NRL-Teilvorhabens im April 2025 ein Zukunftsworkshop zum Thema „Energiewende und gesellschaftliche Teilhabe“ durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Rahmen dieser Reihe in einem gesonderten Studienbericht veröffentlicht.

Die anschließenden Diskussionen folgten der „World-Cafe“-Methodik (Steier, Gyllenpalm, Brown und Bredemeier 2008), die an den konkreten Forschungsbedarf angepasst wurde. An drei Thementischen konnten Treiber und Hemmnisse für den Markthochlauf der jeweils behandelten Sektorenkopplungstechnologie diskutiert werden.

Aus den Expert:inneninterviews der ersten Forschungsphasen wurden dazu im Vorwege Einflussgrößen identifiziert, die wesentliche Auswirkungen auf den Markthochlauf von Sektorenkopplungstechnologien haben: Regulatorik – Genehmigungsverfahren – Förderung – Infrastruktur und Logistik – Verfügbarkeit – Speichertechnologien – Technologiereife – Wirtschaftlichkeit – Angebot und Nachfrage – Großprojekte – Fachkräfte sowie gesellschaftliche Akzeptanz.⁴

Die zuvor identifizierten Einflussgrößen waren die Grundlage für die nun folgenden Stakeholder-Diskussionen in den Transformation Labs. Zugleich bildeten sie die Basis für die Auswertungskategorien der folgenden Inhaltsanalyse (Kapitel 5) und begründen die Faktoren für die Szenarioanalyse (Kapitel 6). Dieser Rückgriff auf Ergebnisse aus den früheren Phasen des Forschungsprozesses ermöglichte eine Überprüfung und Ergänzung der gewonnenen Erkenntnisse und trug damit dem iterativen Forschungsprozess Rechnung, der für das Teilvorhaben angedacht war.

Die Teilnehmenden wählten nach der Einführung und den Hintergrunderläuterungen zum Projekt und zum methodischen Vorgehen aus der Reihe der aus den Experteninterviews gewonnenen Einflussgrößen diejenigen drei, die zentral für die Thementische sein sollten, um eine strukturierte Diskussion mit Anknüpfungspunkten zu den restlichen Einflussgrößen zu ermöglichen. Dabei wurden Wirtschaftlichkeit, Infrastruktur und Großprojekte gewählt. Die Tischdecken, sogenannte Brownpaper, regten zudem an, die Argumente nach Treibern und Hemmnissen zu gruppieren. Die Verschriftlichung erfolgte im Wesentlichen durch die jeweiligen Tischmoderator:innen.

Die Workshops waren so aufgebaut, dass die Stakeholder:innen in wechselnden Konstellationen in die Diskussion kamen, um so einen möglichst vielfältigen Austausch zu fördern (vgl. Jaede, Meyer-Ghosh, Saidi 2025, S. 477). Diskutiert wurde in drei Runden à 45 Minuten. Die Teilnehmer:innen waren durch die Moderation angehalten, fördernde und hemmende Faktoren aus ihrer Perspektive zu benennen und gemeinsam herauszustellen, wie sie aufeinander einwirken. Sie konnten ihre Diskussionspunkte direkt auf den bereitgestellten Papiertischdecken aufschreiben und in Beziehung zueinander setzen. Dadurch war es möglich, in den Gesprächsrunden auf verschriftlichte Argumente und Aussagen aus den vorangegangenen Runden Bezug zu nehmen. Die Moderator:innen eröffneten die jeweilige Diskussionsrunde am

4 Zum Teil decken sich diese Faktoren mit dem in der Einleitung vorgestellten Modell des Umweltbundesamtes, sind aber spezifisch an die Forschungszwecke des Norddeutschen Reallabors angepasst. Es wurden entsprechende Faktoren integriert, die auf den Markthochlauf von Sektorenkopplungstechnologien einwirken – die also die industrielle Abwärmenutzung unterstützen oder auch hemmen können.

Tisch mit einem kurzen Abriss der bisherigen Erkenntnisse sowie den obigen Fragen nach hemmenden oder fördernden Faktoren und den wahrgenommenen Interdependenzen als „Aufgabenstellung“ für die Diskussion. Sie hatten zudem die Funktion, die Teilnehmenden bei der Verschriftlichung ihrer Wortbeiträge in Kurzform zu unterstützen, um so den Rückbezug auf die genannten Aspekte während der Diskussion zu ermöglichen und damit Einstiegspunkte für die anschließende Diskussionsrunde mit anderen Teilnehmer:innen am Tisch zu geben. Zum Ende jeder Runde wurden die Teilnehmenden gebeten, eine Einschätzung zur Priorisierung der diskutierten Einflussgrößen und Argumente zu geben. Diese wurden dann zusammengefasst im Plenum am Ende des Workshops vorgestellt und das Feedback der Teilnehmenden dazu eingeholt.

Die Teilnehmer:innen diskutierten aus ihrer beruflichen Rolle und ihrer persönlichen Erfahrung heraus relevante Faktoren und beschrieben deren Wirkungsweise auf den am Tisch diskutierten Kernfaktor sowie die Zusammenhänge zwischen den Faktoren. Dabei wurde deutlich, dass die Zusammenhänge häufig mehrdimensionaler Art sind, dass sich also mehrere Einflussgrößen in einem komplexen Gefüge aus Wirkungsketten beeinflussen, und daher in ihrer Auswirkung nicht isoliert betrachtet werden sollten.⁵



Abbildung 4: Diskussion an einem Thementisch im Rahmen des Transformation Labs „industrielle Abwärme“ am 06.03.2024, Foto: Louis Fraser/CC4E

⁵ Zusätzlich wurde im Nachgang ein Online-Lab mit einigen der Teilnehmenden durchgeführt. Dieses hatte die Zielsetzung, Lösungsideen für die im Lab identifizierten Problemstellungen zu generieren. Leider konnten in diesem Format jedoch keine zufriedenstellenden Daten generiert werden, weshalb die Ergebnisse für diese Studie nicht berücksichtigt werden konnten.

Doppelter Auswertungspfad

Um die Diskussionsergebnisse aus dem Transformation Lab vollumfänglich zu dokumentieren und sie sozialwissenschaftlich auswerten zu können, wurden alle Gesprächsrunden – nach Zustimmung der Teilnehmenden – per Diktiergerät aufgezeichnet.

Zusammen mit den schriftlichen Notizen der Teilnehmenden auf den Brown-paper-Tischdecken ermöglichte dieser Ansatz eine ausführliche Erfassung der Diskussionsinhalte und Argumente. Die Audioaufnahmen wurden softwaregestützt transkribiert und für die weiteren Auswertungsschritte in MAXQDA importiert. MAXQDA ist eine Software, die die Auswertung qualitativer Daten wie z. B. Aufzeichnungen von Interviews, Fokusgruppen oder Diskussionsrunden unterstützt. Jede Diskussionsrunde eines Transformation Labs bildet ein Dokument in MAXQDA, in dem der Personen zugeordnete Gesprächsverlauf wörtlich dargestellt wird.⁶

Die Transkripte der Transformation Labs dienen als Datengrundlage für die beiden miteinander verzahnten Auswertungspfade: die Inhaltsanalyse und die Szenarioanalyse.

Methodisches Vorgehen der Inhaltsanalyse

Die in den Transformation Labs zur Diskussion gestellten Einflussgrößen, abgeleitet aus den Expert:innen-Interviews, bilden die Auswertungskategorien der Inhaltsanalyse mit MAXQDA (vgl. dazu Rädiker & Kuckartz 2019). Die im Diskussionsverlauf durch die Teilnehmer:innen genannten Beschreibungen und Bewertungen des aktuellen Hochlaufprozesses wurden aus dem Textmaterial der einzelnen Wortmeldungen heraus den Kategorien und Subkategorien zugeordnet, indem sie entsprechend markiert bzw. codiert wurden. Im weiteren Textverlauf wird daher auch von Treibern und Hemmnissen gesprochen.

Auf die eingangs beschriebene Weise lassen sich sowohl der Argumentationsverlauf zwischen den Teilnehmenden als auch die Wirkungsketten der Faktoren nachvollziehen und – auf Basis einer Quantifizierung in Form von Nennungshäufigkeiten und durch ihre inhaltliche Formulierung – die Relevanz der Faktoren hinsichtlich ihrer Wirkrichtung einordnen und interpretieren.

MAXQDA bietet dabei unterschiedliche Analysemöglichkeiten, z. B. in Form von Häufigkeitsauszählungen auf unterschiedlich tiefen Ebenen der vorge-

⁶ Da es in jedem Transformation Lab in der Regel drei Thementische mit jeweils drei Diskussionsrunden gab, enthält die MAXQDA-Datei pro Transformation Lab i. d. R. neun Dokumente. Wenn im Veranstaltungsverlauf Teilnehmende nicht bis zum Ende bleiben konnten, wurde ein Tisch z. B. vor Beginn der dritten Runde aufgelöst und die verbleibenden Teilnehmer:innen auf die beiden anderen Tische aufgeteilt, um einen regen und vielfältigen Diskussionsverlauf zu unterstützen. Leider gab es im ersten Transformation Lab einen technischen Defekt an einem Aufnahmegerät, so dass die ersten beiden Runden eines Tisches nicht aufgezeichnet werden konnten.

nommenen Kategorisierung und Codierung oder Kreuztabellen. Damit lassen sich Überschneidungen von Faktoren und Argumenten, die Bezugnahme oder Entgegnung auf Ausführungen der Vorredner:innen verdeutlichen und so die Schnittstellen zwischen Perspektiven und Argumenten unterschiedlicher Akteur:innen hervorheben. So wird auch deutlich, dass die vorliegende Auswertung einem Mixed-Methods Ansatz folgt und keine rein qualitative oder quantitative Analyse darstellt.⁷ Die Detail-Ergebnisse der inhaltlichen Auswertung werden in Kapitel 5 dargestellt.

Methodisches Vorgehen der Szenarioanalyse

Auf Basis der in MAXQDA integrierten Transkripte wurden im Nachgang der Transformation Labs in einem softwaregestützten Prozess, der Cross Impact Balance Analyse (CIB), Szenarien für die Zukunft des Hochlaufs von industrieller Abwärmenutzung konstruiert.

Grundsätzlich werden in einer Szenarioanalyse die Interdependenzen zwischen verschiedenen Einflussfaktoren ermittelt, die Aussagen über mögliche Zukünfte erlauben (Kosow & León 2015, S. 219; Kosow & Gaßner 2008, S. 10). Die im NRL zugrunde gelegten Faktoren für die Szenarioberechnung lehnen sich, wie in Kapitel 3 beschrieben, wiederum an die Einflussgrößen an, die aus den Expert:inneninterviews hervorgegangen sind. Anhand der Aussagen und Einschätzungen der Teilnehmenden wurden Interdependenzen zwischen diesen Faktoren aufgezeigt und Wirkungsketten möglicher zukünftiger Entwicklungen gebildet.

Zum genauen methodischen Vorgehen: Für jeden Einflussfaktor wurden anhand aller Segmente des Transkriptes, in denen dieser besprochen wurde, die verschiedenen Ausprägungen identifiziert, in denen sich dieser Faktor nach Auffassung der Stakeholder in Zukunft ausdrücken könnte. Diese Ausprägungen wurden mit Hilfe der Software ScenarioWizard in einer Wechselwirkungsmatrix anhand der Aussagen der Stakeholder von stark fördernd (+3) bis stark hemmend (-3) zueinander bewertet (Weimer-Jehle 2023, S. 31). Die Software rechnet daraufhin sämtliche Kombinationen an Ausprägungen aus und identifiziert Szenarien, die in sich „konsistent“ sind. Sie weisen also plausible interne Zusammenhänge auf und ihre Zukunftspfade sind in sich stimmig und nicht widersprüchlich (Kosow & Gaßner 2008, S. 29).

Die Konsistenz eines Szenarios bemisst sich dabei aus den Konsistenzen der in ihm enthaltenen Faktor-Ausprägungen. Diese leiten sich wie folgt her: Für die in einem Szenario aktive Ausprägung eines Faktors werden die Wirkungen der jeweils anderen aktiven Ausprägung der übrigen Faktoren zu einer Wirkungssumme aufaddiert. Da negative Werte hemmende Wirkungen anzeigen, ist eine Ausprägung mit einer kleinen (und insbesondere negativen) Wirkungssumme wenig logisch und der Wechsel zu einer anderen Ausprägung würde die Plausibilität des Szenarios erhöhen. Der Konsistenzwert berech-

⁷ Zu der Unterscheidung sowie den Stärken und Schwächen der verschiedenen Ansätze vgl. Kelle 2017.

net sich nun aus dem Abstand der Wirkungssumme der aktiven Ausprägung gegenüber der höchsten Wirkungssumme aller nichtaktiven Ausprägungen.

Ein Szenario wird anhand der Konsistenz des niedrigsten Konsistenzwertes der in ihm enthaltenen Ausprägungen errechnet. Empirisch übersetzt heißt das, dass der Einflussfaktor, der das „schwächste Glied“ eines Szenarios ist, mindestens einen Konsistenzwert von 0 haben muss, damit ein Szenario als Ganzes konsistent ist – da sonst naheliegt, dass eine andere Ausprägung dieses Faktors plausibler wäre (Weimer-Jehle 2023, S. 50 ff).⁸

Der Mehrwert einer Szenarioanalyse liegt darin, dass sie eine kollektive Perspektive statt Einzelperspektiven abbilden kann. Die einzelnen Stakeholder:innen können mit ihrer jeweiligen Expertise zur Systemarchitektur beitragen (vgl. Weimer-Jehle 2015, S. 246), ohne selbst jedes Einzelteil überblicken zu müssen. So entsteht ein kohärenter Zugang zum Wissen über den Transformationsprozess, ohne dass alle Zusammenhänge gleichzeitig kognitiv verarbeitet werden müssen (vgl. Weimer-Jehle 2015, S. 246). Zudem dienen die Szenarien als „Bibliothek“, die anhand klarer Codeschemata die Stakeholder-Aussagen rückverfolgbar macht und so ermöglicht, von der systemischen Ebene auf die zugrundeliegenden Stakeholder-Aussagen zurückzuschließen.

⁸ Es kann in der Praxis aber auch vorkommen, dass es kaum vollständig konsistente, aber viele nur marginal inkonsistente Szenarien gibt. Da Stakeholder:innen Einschätzungen auch Irrtümern unterliegen können, kann es legitim sein, auch diese zu analysieren.

Die Multidimensionalität der Abwärmenutzung

Die qualitative Inhaltsanalyse gibt wichtige Einblicke in eines der bedeutendsten Themen der Wärmewende: die Dekarbonisierung der Wärmenetze. Unvermeidbare industrielle Abwärme kann dabei einen bedeutenden Anteil der Energiequellen für den Einsatz von Fernwärme darstellen. Die Analyse zeigt zudem, welche Faktoren aus Sicht der Industrieunternehmen eine Abgabe von Abwärme (anstelle der Eigennutzung) begründen. Das Transformation Lab bringt diese verschiedenen Perspektiven zusammen und schafft mit Hilfe der Inhaltsanalyse Erkenntnisse, die zu einer vermehrten Nutzung von industrieller Abwärme für die Wärmeversorgung beitragen können.

In einem ersten Schritt der Auswertung werden die absoluten Häufigkeiten der Nennungen der Einflussfaktoren betrachtet. Es ist Folgendes anzunehmen: Je häufiger ein Faktor thematisiert wurde, desto wichtiger ist er den Stakeholdern im Vergleich zu den weniger genannten Faktoren.⁹ Alternativ kann ein Punkt besonders kontrovers oder tiefgründig sein, weshalb er länger diskutiert wurde. Dies drückt sich darin aus, dass die Anzahl der Nennungen hoch, allerdings auf ein einzelnes Dokument konzentriert ist. Werden die Nennungen mit der Anzahl der Dokumente, in denen das Argument vorkommt, „gewichtet“, lässt sich die Bedeutung für das Gesamtsystem robuster beschreiben. Obwohl die Moderation an den Tischen darauf achtete, dass alle Stimmen Gehör fanden, wurde die Auszählung durch besonders beitragsfreudige Teilnehmer:innen beeinflusst. Die Thementische hatten die Schwerpunkte „Wirtschaftlichkeit und Angebot/Nachfrage“, „Infrastruktur“ und „Großprojekte“.¹⁰ Die Festlegung auf die Fokusthemen ankert die Diskussion um diese Einflussfaktoren, was die Anzahl der Nennungen im Vergleich zu den übrigen Faktoren erhöht. Da die Wahl der am Tisch diskutierten Einflussfaktoren von den Teilnehmenden selbst kam, spiegelt sich darin folglich die Priorisierung der Faktoren durch die Stakeholder wider.

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Auszählung. Erwartungsgemäß dominieren bei der Auszählung der häufigsten Aussagen zu den Einflussgrößen der Transformation die von den Lab-Teilnehmenden gewählten Tischthemen. Der mit 86 codierten Segmenten am häufigsten genannte Einflussfaktor ist **Angebot/Nachfrage**. Die Diskussionen um Angebot und Nachfrage bezogen sich unter anderem auf die Vertragsgestaltungen zwischen Wirtschaftsteilnehmern, die Rolle der einzelnen Akteure und die Nachfrage-Konkurrenz erneuerbarer Heizlösungen untereinander. Dies deutet schon den aktuellen Stand des Hochlaufs einer industriellen Abwärmenutzung an: Die techni-

⁹ Solche Auszählungen unterliegen Verzerrungen, derer sich die Forschenden bewusst sind. Die Quantifizierung dient hierbei als Hilfsmittel und sollte nicht isoliert betrachtet werden. Dennoch lassen sich daraus Tendenzen ableiten, welche unter Beachtung der genannten Einschränkungen analysiert werden können.

¹⁰ Während der ersten beiden Diskussionsrunden am Thementisch zu Infrastruktur hatte das Aufnahmegerät eine Fehlfunktion, weshalb die Gespräche nicht aufgezeichnet werden konnten. Durch die Brownpaper und Gedächtnisprotokolle des Organisationsteams können die Inhalte wiedergegeben, jedoch nicht quantifiziert werden.

schen Bedingungen sind grundsätzlich gegeben und es geht den Teilnehmenden vor allem um die großflächige Umsetzung.

Großprojekte und **Regulatorik** wurden in den Diskussionen ebenfalls häufig adressiert. Auffällig ist allerdings, dass über Großprojekte ausschließlich an dem entsprechenden Thementisch diskutiert wurde. Dies deutet einerseits darauf hin, dass Großprojekte im Gesamtsystem eine bedeutende, jedoch gesonderte Rolle einnehmen. In der Inhaltsanalyse wurde andererseits auch ersichtlich, dass sich das Verständnis des Begriffs „Großprojekt“ bei den Diskutant:innen durchaus unterscheidet: Während einige Teilnehmenden das NRL als Referenz nahmen und folglich vor allem an große Verbundprojekte dachten, wurde an anderer Stelle über einzelne leistungsstarke Wärmeprojekte wie eine Großwärmepumpe oder die Nutzung von industrieller Abwärme im dreistelligen MW-Bereich gesprochen.¹¹ Letztere wurden auch im Kontext von Verfügbarkeit und Ausfallrisiko diskutiert.

Einflussfaktoren	Anzahl der Nennungen
Angebot/Nachfrage	86
Großprojekte	72
Regulatorik	62
Wirtschaftlichkeit	48
Akzeptanz	46
Infrastruktur/Logistik	45
Verfügbarkeit	32
Förderung	27
Fachkräfte	5
Genehmigungen	4
Speichertechnologie	4
Technologiereife	3
Gesamt	434

Tabelle 1: Auszählung der Nennungen der Einflussfaktoren im Wärme-Lab

Regulatorik ist der einzige Einflussfaktor, welcher in allen aufgezeichneten Diskussionsrunden thematisiert wurde – wobei die meisten anderen Einflussfaktoren immerhin in sechs der sieben Runden Erwähnung finden. Dies schlägt sich auch in der späteren Szenarioanalyse nieder, wo Regulatorik entscheidend auf viele andere Faktoren einwirkt. Konkrete regulatorische Maß-

¹¹ An den anderen Thementischen wurden letztere nicht als „Großprojekte“ codiert, da es keine explizite Erwähnung des Begriffs gab und der inhaltliche Fokus der Äußerung auf anderen Einflussfaktoren lag.

nahmen waren das am häufigsten diskutierte Thema im Wärme-Lab. Zusätzlich standen die oft fehlende Stabilität solcher regulatorischen Maßnahmen und die aus ihnen folgende zunehmende Bürokratisierung im Fokus. Daraus folgt die Notwendigkeit eines möglichst klaren regulatorischen Rahmens und somit einer stringenten Energiepolitik. Regulatorik war vor allem der Fokus von Teilnehmenden, die staatliche Institutionen wie Behörden und Ministerien repräsentierten, während Großprojekte zumeist von Forschenden und beratend tätigen Teilnehmer:innen diskutiert wurden.

Der Fokus bei den Themen zur **Infrastruktur** lag auf dem fortwährenden Ausbau des Netzes, welcher mit erheblichen Kosten und Planungsaufwand hinsichtlich Priorisierung und Einbindung in die bestehende Infrastruktur verbunden ist. Je nach dem räumlichen Kontext (siehe Exkurs) sehen die Teilnehmer:innen dabei die Entfernungen zwischen den Wärmequellen und den Nutzenden als eine besondere Herausforderung, in urbanen Gebieten auch die Flächenkonkurrenz sowie die Vor-Ort-Belastung für die Bevölkerung. Die Auszählung des dritten Tischthemas Infrastruktur ist allerdings etwas verzerrt, da ein Teil der Diskussionsrunden nicht aufgezeichnet wurde. Dadurch wurden in der Inhaltsanalyse lediglich 45 Segmente zur Infrastruktur identifiziert.¹²

Akzeptanz spielt, der Häufigkeit der Nennungen zufolge, eine nicht unerhebliche Rolle für die Stakeholder. Von Interesse scheint vor allem, wie die gesellschaftliche Akzeptanz im Kontext der Wärmewende beeinflusst werden kann – negativ wie positiv. Die erwähnten Belastungen wurden dabei besonders diskutiert, weshalb in den folgenden Abschnitten tiefer darauf eingegangen wird. **Wirtschaftlichkeit** bildete zusammen mit Angebot/Nachfrage ein Tischthema. Während Angebot/Nachfrage wie beschriebenen Themen zwischen den Stakeholdern inkludiert, fallen unter den Begriff der Wirtschaftlichkeit ökonomische Betrachtungen innerhalb eines Unternehmens. Liegen deren Ursachen im Bereich eines anderen Einflussfaktors, wurde das Textsegment diesem Faktor zugeordnet.¹³ Aus diesem Grund steht in der Inhaltsanalyse die Wirtschaftlichkeit bis auf wenige, dafür bedeutsame, Punkte weniger im Fokus. In der Szenarioanalyse hingegen wird aus deren Makroperspektive Wirtschaftlichkeit mit Angebot/Nachfrage zusammengefasst und als Voraussetzung eines erfolgreichen

Exkurs: Räumliche Unterschiede der Faktoren

Viele der im Wärme-Lab diskutierten Faktoren sind abhängig vom jeweiligen räumlichen Kontext. Großprojekte haben in einer Metropole andere Dimensionen als im ländlichen Raum. Lösungen, die in der Stadt funktionieren, sind auf dem Land häufig nicht umsetzbar. So ist beispielsweise die Auskopplung industrieller Abwärme zur Einspeisung ins Fernwärmenetz erst ab einer gewissen Bebauungsdichte sinnvoll, in dünner besiedelten Regionen aber mitunter nicht. Wo diese Unterschiede inhaltlich relevant werden, werden sie daher mitdiskutiert und sollten auch bei einer Adaption der Ergebnisse immer mitbedacht werden.

¹² Fast 40% aller codierten Segmente der einen aufgezeichneten Runde wurden dem Faktor Infrastruktur zugeordnet. Eine einfache Hochrechnung aller Segmente auf die anderen beiden Runden würde Infrastruktur als zweithäufigsten Einflussfaktor abbilden.

¹³ So werden beispielsweise Diskussionen um Tiefbaukosten der Kategorie „Infrastruktur“ zugeordnet.

Hochlaufs betrachtet. Themen dieses Faktors, aber auch von Angebot/Nachfrage wurden am häufigsten von Teilnehmenden genannt, die in einem Wirtschaftsunternehmen arbeiten. Demgegenüber äußerten sich Teilnehmende aus dem öffentlichen Sektor kaum dazu.

Die anderen Einflussfaktoren wurden weniger diskutiert, wobei **Förderung** und **Verfügbarkeit** sich in der Häufigkeit der Nennungen noch von den restlichen vier Faktoren in der Menge abheben. Die Förderlandschaft wurde vor allem in zwei der sieben Runden diskutiert, vor allem von Teilnehmer:innen, die in Verbänden tätig sind. Hauptthemen waren der Zweck von Förderung und auch hier die (Förder-)Konkurrenz zwischen den erneuerbaren Energieträgern. Verfügbarkeit fand hingegen eine breitere Berücksichtigung über die Runden hinweg. Insbesondere die Abhängigkeit der Abwärmemenge von den Produktionsprozessen der abgebenden Unternehmen und die benötigte Redundanz wurden dabei je an sechs Tischen mitgedacht (siehe Abschnitt Zwischen Unsicherheit und Interesse).

S. 26

Die Faktoren **Genehmigungen**, **Speichertechnologien** und **Fachkräfte** wurden kaum thematisiert. Dies zeigt sich auch in der Szenarioanalyse, wo diese Einflussfaktoren keinen entscheidenden Einfluss auf das Gesamtsystem haben. Argumente bezüglich der Technologiereife betrafen vor allem den Vergleich zu anderen Technologien, welcher in der Inhaltsanalyse im Kontext der Nachfragekonkurrenz dem Faktor Angebot/Nachfrage zugeordnet wurde. In der Szenarioanalyse hingegen wird die Konkurrenz der Technologien als eine Frage der Technologiereife gesehen, weshalb dieser Einflussfaktor dort eine bedeutendere Rolle einnimmt.

S. 41

S. 38

Die quantitative Auswertung der einzelnen Diskussionsverläufe unterstützt die Auffassung, dass der Hochlauf industrieller Abwärmenutzung ein multidimensionaler Prozess ist. Die am häufigsten vorkommenden Themen lassen sich sechs verschiedenen Einflussfaktoren zuordnen (siehe Tabelle 2) und die mit Abstand am meisten diskutierten Themen betreffen dabei die drei Dimensionen Politik, Wirtschaft und Gesellschaft (siehe Abbildung 5).

Als politisches Steuerungsinstrument standen **konkrete regulatorische Maßnahmen** im Fokus. Insbesondere der CO₂-Preis wurde diskutiert, da er erneuerbare Energien im Vergleich zu fossilen Lösungen wirtschaftlich attraktiver mache. Dadurch ergebe sich laut den Lab-Teilnehmenden eher ein Anreiz für Verbraucher:innen, Fernwärme nachzufragen, und somit ein potenzielles Geschäftsmodell für Wärmenetzbetreiber. Jedoch muss in diesem Zusammenhang beachtet werden, dass Wärmenetze aktuell durchaus noch höhere CO₂-Emissionen aufweisen können als eine fossile Heizung im Einzelgebäude, wenn sie bspw. durch Kohlekraftwerke gespeist werden und Endkund:innen somit auch höhere CO₂-Preise für sie zahlen müssten.

Diskussionsthema	Einflussfaktor	Anzahl der Nennungen
Konkrete regulatorische Maßnahmen	Regulatorik	37
Wirkung auf Akzeptanz	Akzeptanz	36
Vertragsgestaltung	Angebot/Nachfrage	35
Auswirkungen von Großprojekten	Großprojekte	24
Interne Kalkulation	Wirtschaftlichkeit	20
Entfernungen	Infrastruktur	18
Akteure	Angebot/Nachfrage	17
Einfluss auf Wirtschaftlichkeit	Wirtschaftlichkeit	17
Durchführung	Großprojekte	15
Bedingungen	Großprojekte	14

Tabelle 2: Aufstellung der am häufigsten diskutierten Themen im Wärme-Lab

Angemerkt wurde in diesem Kontext auch, dass Förderungen und eine CO₂-Bepreisung aufeinander abgestimmt sein müssten, wobei sich aus den Einnahmen auch eine Finanzierung der Förderungen ergeben könne.

„Aus meiner Sicht gehört es zusammen. Man muss es austarieren, man kann sogar als Bund sagen: ‚Das hängt mit zusammen.‘ Wenn ich einen hohen CO₂-Preis auf die schlechten Sachen haben, kann ich mit dem Geld nachher die anderen fördern.“
(L1T1R3, 71)¹⁴

Eine weitere konkrete regulatorische Maßnahme, das Gebäudeenergiegesetz (GEG)¹⁵, steigere ebenfalls die Nachfrage, indem es Quoten an erneuerbaren Energien bei der Wärmeversorgung vorgibt, zu deren Erfüllungsoptionen auch Fernwärme gehören kann.¹⁶

Auch das Wärmeplanungsgesetz (WPG)¹⁷ findet Erwähnung, da es Kommunen verpflichtet, Wärmepläne zu erstellen, und somit die Transformation organisatorisch beschleunige.

Das zweithäufigste Argument aus dem Lab betrifft die gesellschaftliche Dimension. In der Wärmewende spielt die Gesellschaft eine bedeutende Rolle

14 Zur besseren Verständlichkeit wurden die wörtlichen Beiträge sprachlich geglättet. Die Angaben in Klammern geben Auskunft, in welchem Rahmen das Zitat geäußert wurde: L verweist auf die Nummer des durchgeführten Labs, T auf den dortigen Diskussionstisch, R bezeichnet die jeweilige Diskussionsrunde. Die Zahl nach dem Komma verweist auf die Gesprächssequenz in MAXQDA.

15 <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>

16 Dies betrifft die Fassung zum Zeitpunkt des Transformation Labs (März 2024), in der zukünftig 65 % der Wärmeversorgung von erneuerbaren Energien gedeckt werden sollte. Stand Mai 2026 hat die Bundesregierung im Kabinett beschlossen, das Gebäudeenergiegesetz durch das „Gebäudemodernisierungsgesetz“ zu ersetzen, welches geringere Vorgaben macht.

17 <https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/>

als Endverbraucherin. Das zweithäufigste Thema aus dem Lab betrifft deshalb die **Wirkung von einzelnen Maßnahmen, Umständen und Prozessen auf die gesellschaftliche Akzeptanz**. Besonders in den Diskussionsrunden zu Großprojekten war dabei die Belastung der Bevölkerung durch Umbaumaßnahmen im Fokus. Gerade in Kombination mit anderen Baustellen der städtischen Infrastruktur sehen die Teilnehmer:innen eine starke Beeinträchtigung der Akzeptanz voraus. In diesem Kontext wurde jedoch auch diskutiert, wie die öffentliche Kommunikation einen entscheidenden (positiven) Einfluss auf die Akzeptanz haben kann (siehe Abschnitt **Zwischen Unsicherheit und Interesse**).¹⁸ Des Weiteren wurde in den Runden zu Wirtschaftlichkeit auf die Wirkung der **erhöhten Kosten** auf die Akzeptanz hingewiesen.

Die Top 3 der häufigsten Themen wird durch die ökonomische Dimension komplettiert. Aus unternehmerischer Sicht lassen sich mehrere wichtige Bedingungen zur Entstehung von **Wärmelieferverträgen** zusammenfassen. In mehreren Runden kam zur Sprache, wie **unterschiedliche Planungshorizonte** von Wirtschaftsakteuren die Vertragsbildung bedingen, da die Industrie mit kürzeren Zeiträumen rechnet als die Netzbetreiber.

*„Ich sehe da schon auch das Problem, dass wir gerade bei der Schnittstelle Industrie und Fernwärme häufig in sehr anderen Zeiträumen rechnen, also in der Fernwärme planen wir in 20, 30 Jahren, die Rohre liegen auch mal 50 Jahre und die Industrie plant halt im Zeitraum von drei bis fünf Jahren. Also das ist auch wieder das ganze Thema Vertrag. Wie gestalten wir das überhaupt aus, dass überhaupt ein Vertrag zustande kommt?“
(L1T3R1, 26)*

Diese Diskrepanz steht in Verbindung mit den weiteren mestdiskutierten Themen (siehe Tabelle 2). Für Industrieunternehmen stellt eine langfristige Vertragsbindung laut den Teilnehmer:innen ein **wirtschaftliches Risiko** dar, weil sie Veränderungen in ihrem Produktionsprozess nicht langfristig voraussehen können und somit bei langfristigen Lieferverträgen Ausfälle monetär kompensieren müssten. Das „technische“ Risiko, wie es ein Teilnehmer formuliert, bezieht sich dabei auf die physische Lieferung von Wärme auf Netzbetreiberseite, welche von der Produktion abhängt. Wird die Produktion verringert oder sogar (temporär) eingestellt, müsste das Unternehmen zur Erfüllung des Liefervertrages auf **Redundanzen** zurückgreifen, die allerdings von den regulatorischen Rahmenbedingungen abhängen, da z. B. andere Wärmequellen wie Gaskessel gesetzlich verboten werden könnten.

*„Wir müssen also eine Redundanz aufbauen, die ein hohes Invest bedeutet, wo auch die Regulierung wieder greift. Ich kann heute ganz leicht einen Gaskessel bauen. Kann ich den in 20 Jahren noch benutzen für die Versicherung meiner industriellen Abwärme? Weiß der Himmel.“
(L1T1R3, 44)*

Redundanz aufzubauen bedeutet gleichzeitig auch eine wirtschaftliche Belastung, die dem Gewinn aus der Abwärmelieferung gegenzurechnen ist.

¹⁸ In einem weiteren Transformation Lab mit Bürger:innen wurde dieser Einfluss ebenfalls festgestellt (siehe Gesellschaftsbericht).

Intensiv diskutiert wurde auch die **interne Kalkulation** von Industrieunternehmen. Dies betrifft die Kalkulation mit Energiepreisen, wie dem Strom- oder Gaspreis. Zum Zeitpunkt des Transformation Labs war Gas günstiger als Fernwärme, doch nicht nur der steigende CO₂-Preis sondern auch die aktuellen geopolitischen Entwicklungen könnten diese Lücke perspektivisch schließen. Bedingung dafür ist aber die weitere Dekarbonisierung der Fernwärmenetze, da diese sonst selbst von den oben genannten Faktoren abhängig sind. Die **Prognose von Energiepreisen** war an mehreren Tischen ein Diskussionsthema. Dabei waren sich die Teilnehmenden einig, dass eine langfristige, die Planungshorizonte der Netzbetreibenden abdeckende, Vorhersage der Energiepreise kaum möglich ist.

„Aber trotzdem weiß man jetzt - Stand heute - kann man sich Modelle bauen, wie sich Preise entwickeln. Aber mit einem guten Gewissen darauf eine Investitionsentscheidung zu treffen, die sich eben in 20 Jahren erst amortisiert, ist einfach schwierig.“

(L1T1R2, 40)

Auch **wechselnde regulatorische Rahmenbedingungen**, wie z. B. die Neufassung des GEG, und auch die Entwicklung gesellschaftlicher Präferenzen für eine umweltfreundliche Energieversorgung wurden in diesem Kontext thematisiert. Auf der anderen Seite des Vertrags sind auch die Netzbetreiber auf verlässliche Zulieferungen seitens der Industrie angewiesen. Eine **Diversifikation des Wärmenetzes** wurde mehrfach als Versicherung gegen Ausfallrisiken genannt. Zudem seien die Prozesse der Vertragsschließung zwischen Wirtschaftspartnern noch nicht ausreichend standardisiert, weshalb viele Verträge über kleine Wärmemengen einen Mehraufwand für die Wärmenetzbetreiber bedeuteten. Gleichzeitig weisen die Teilnehmenden darauf hin, dass das Zustandekommen von Verträgen, insbesondere über große Liefermengen, ein sehr individueller Prozesse sei, was eine Standardisierung der Verträge erschwere.

S. 20

Wie **eingangs** angeführt, ist in der Betrachtung der Wärmewende der räumliche Kontext entscheidend für die effizienteste Lösung. Die Teilnehmenden diskutierten die Bedeutung **räumlicher Nähe von Abwärmequellen und Abnahmepotenzialen**, die für Kosteneinsparungen im Leitungsbau sorgen. Dazu brauche es sowohl Kenntnisse über die Verfügbarkeit als auch potenzielle Kunden. Gerade in urbanen Gegenden mit einer hohen Bebauungsdichte sei das Potenzial für die Abnahme gegeben.

„Und was ich auch noch sagen wollte, sie hatten schon das Thema Bebauungsdichte: ist ja ein fördernder Faktor, wenn Abgabestelle und Annahmestelle von Wärme nah beieinander sind, auch dafür im Bereich Wasserstoff sinnvoll ist, wenn man sich so Hubs anguckt, so Systeme anguckt, also mal so guckt, wer ist denn überhaupt da.“

(L1T1R1, 73)

Doch auch im urbanen Raum seien **gestiegene Tiefbaukosten** ein Thema, zumal Industrie- und Wohngebiete nach wie vor weit auseinander liegen. Der Ausbau der Infrastruktur hängt folglich mit der Wirtschaftlichkeitsprognose

von Fernwärme zusammen, die wiederum von regulatorischen Rahmenbedingungen und der gesellschaftlichen Akzeptanz abhängt. Im Rahmen der Szenarioanalyse werden die Wirkrichtungen der einzelnen Faktoren aufeinander genauer untersucht.

Die Komplexität des Ausbaus drückt sich auch in der Vielzahl an beteiligten Akteuren aus, auf die ein:e Teilnehmer:in hinweist. Der Ausbau betreffe sowohl industrielle Unternehmen und Netzbetreiber, aber auch Verwaltungsorgane wie Kommunen und Ämter und Fördermittelgeber.

„Ja und eben auch viele Stakeholder. Also das ist natürlich das Unternehmen, das ist natürlich die Stadt, das sind die Bezirksamter, die ja hier sozusagen die kommunale Verwaltung machen. Das sind eventuell Wirtschaftsförderungsbereiche, dann sind das die Wärme Hamburg beispielsweise oder Stromnetz Hamburg oder, oder... Also wir haben da relativ viele, die am Tisch sitzen müssen, die sich einig werden müssen.“
(L1T2R3, 16)

In diesem Zusammenhang wurde auch diskutiert, ob Abgabepotenziale und Nachfrage im Gleichgewicht sind. Auch das Interesse von Unternehmen, sich in der Energiewende einzubringen, war Gegenstand der Diskussion (siehe Zwischen Unsicherheit und Interesse).

Großprojekte nehmen in der Auswertung einen gesonderten Stellenwert ein. Wie eingangs erwähnt, wurden Großprojekte nur an dem entsprechenden Thementisch diskutiert. Die Inhalte lassen sich größtenteils in drei Unterthemen aufteilen, die allesamt in der Top 10 der häufigsten Themen stehen: **Bedingungen, Durchführung und Auswirkungen von Großprojekten**. Aufgrund ihres hohen Investitionsvolumens weisen die Teilnehmer:innen auf die um ein Vielfaches größeren Risiken hin. Förderungen könnten die beteiligten Unternehmen entlasten, dennoch benötigten diese langfristig stabile Rahmenbedingungen, da die großskalige Umsetzung langfristige Planungs- und Umsetzungsperioden erfordere. Die Auswirkungen, bzw. der Nutzen von Großprojekten wurde besonders intensiv diskutiert. Im Zentrum stehen dabei die **Strahlkraft** und die **Lerneffekte**, die generiert würden. Ersteres könne sowohl für andere Regionen ein Ansporn sein, ebenfalls prestigeträchtige Projekte zu fördern, aber laut den Teilnehmenden auch für andere Unternehmen, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU).

„Bei Nachhaltigkeit und Klimaneutralität lebt gerade der Mittelstand von Best-Practice-Beispielen. Wenn es das gibt, dann nehme ich jetzt mal so ein Großprojekt, als Best-Practice-Beispiel, dann fühlt sich auch so ein mittelständisches Unternehmen abgeholt und sieht: ‘Okay, es geht. Also ich kann hier auf den Zug springen, ich kann mich hier mit meiner Abwärme anschließen. Das ist alles wirtschaftlich darstellbar und eben auch technisch machbar. Ich seh’s ja an Best-Practice-Beispielen.’ Und wenn die aber fehlen, die Großprojekte, dann trauen sich da auch wenige, das für sich in Angriff zu nehmen.“
(L1T3R1, 67)

Gerade die Skalierung der Projekte stelle in der aktuellen Phase der Transformation Herausforderungen dar, weshalb die Lerneffekte, die sich aus den Großprojekten ergeben, für alle Stakeholder bedeutend seien. Bedingung dafür sei allerdings die **Transparenz der Ergebnisse**. Hier sehen die Teilnehmenden Interessenskonflikte im Transformationsprozess, da die beteiligten Unternehmen ihre Informationen schützen wollten, was den Prozess in der Breite hemme. Bei öffentlich geförderten Großprojekten sei deshalb die Berichtspflicht und die öffentliche Bereitstellung der Ergebnisse beispielsweise in Form eines Abschlussberichts umso wichtiger.

Zwischen Unsicherheit und Interesse

Als zusätzliche Untersuchungsebene wurde in der qualitativen Inhaltsanalyse der Diskussionen im Wärme-Lab zwischen Hemmnissen und Treibern für den Ausbau unterschieden.¹⁹

Wie die zentralen Oberthemen können auch die häufigsten Hürden allen drei Dimensionen zugeordnet werden (siehe Abbildung 5). Die zentralen Hürden finden sich in dem bereits vorgestellten Themenbereich Regulatorik, Angebot/Nachfrage und Wirtschaftlichkeit wieder. Vor allem in der ökonomischen Dimension dominieren die Hemmnisse gegenüber den Treibern: Planungsunsicherheiten und die Entwicklung und Beurteilung der Energiepreise werden als hemmend für den Ausbau beschrieben, da sie das Investitionsrisiko für langfristige Projekte erhöhen. Dies führt zum meistgenannten Hemmnis: Die **unterschiedlichen Zeithorizonte der Marktteilnehmer erschweren die Vertragsbildung**. Argumente wie diese wurden am häufigsten von Teilnehmenden genannt, die in einem Wirtschaftsunternehmen tätig sind, was zeigt, dass sie tatsächlich die derzeit in der täglichen Praxis drängendsten Hürden für den Hochlauf darstellen. Eine weitere Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit hat dabei die erforderliche Ausfallabsicherung, weshalb auch dieser Aspekt als besonders hemmend angesehen wurde. Aus Sicht der Lab-Teilnehmenden ist auch ein **fehlendes Commitment der Industrieunternehmen** Teil des Problems, da eine zuverlässige Versorgung mit Abwärme von der Produktion dieser Unternehmen abhängt. **Die Verfügbarkeit von Abwärme ist letztendlich Bedingung für einen erfolgreichen Hochlauf, eine Tatsache, die auch in den Szenarien aufgegriffen wird.** Die Stakeholder:innen bemängelten zudem, dass seitens der Privatwirtschaft zu wenig Eigeninitiative gezeigt werde, was zu Zeitverzögerungen beim Hochlauf führe.

„Und leider muss man auch sagen, viele mittelständische Unternehmen warten halt wirklich, bis sie agieren, bis da dann irgendwann mal die Behörde klopft und sagt: ‚Habt ihr denn schon?‘ Na also, bis dann irgendwelche Pönalen drohen, muss man leider sagen, macht der Mittelstand, die Masse zumindest, relativ wenig.“
(L1T3R1, 67)

¹⁹ Jedes Segment wurde entsprechend codiert, siehe Kapitel 4. Die anschließende Analyse erfolgt mit noch weiter ausdifferenzierten Unterthemen. So ist es möglich, einzelne Aspekte (z. B. den CO₂-Preis gegenüber dem WPG) als Treiber oder Hemmnis zu identifizieren und nicht nur die Ober-Themen (z. B. regulatorische Maßnahmen).

Als weiteres Hemmnis, in diesem Fall aus der politischen Dimension, wurde mehrfach die **Komplexität der regulatorischen Bestimmungen** genannt. Durch die Vielzahl an Steuerungsinstrumenten sehen die Teilnehmenden zudem die Gefahr der Überregulierung gegeben, die auch einen **erheblichen bürokratischen Aufwand** für die Unternehmen mit sich bringt.

„Was unsere Unternehmen gerade sehr belastet, ist tatsächlich die Bürokratisierung. Und mit dem EnEfG [Energieeffizienzgesetz]²⁰ kommt jetzt noch mal wieder was Neues dazu und die sind echt zunehmend überlastet. [...] Die Unternehmen sind auch komplett überfordert.“
(L1T2R3, 36)

Die Unklarheit der Regulatorik betrifft auch Fragen der Infrastruktur, z. B. wenn es um Verantwortlichkeiten beim Netzausbau oder **Vorrangigkeit von erneuerbaren Energien** gegenüber dem Landschaftsschutz geht.

Die gesellschaftliche Akzeptanz kann den Lab-Teilnehmenden zufolge durch die **Umbaumaßnahmen** erheblich leiden, so der Konsens. Dies trifft insbesondere in dicht bebauten Gebieten zu, in denen der Bau von Fernwärmeleitungen erhebliche Störungen des Alltags wie Straßensperrungen, Umwege im ÖPNV oder Lärmbelästigung durch die Bauarbeiten bedeuten kann. Im äußersten Fall kann sich der daraus entstehende Unmut politisch niederschlagen und so beispielsweise Genehmigungsprozesse verzögern oder zum Scheitern von Großprojekten führen, weil diese keine politische Unterstützung mehr erführen.

„Ein Hemmnis kann natürlich auch vor allem in Ballungsgebieten das Thema Akzeptanz sein. Wenn man die Wärmeplanung umsetzen will, dann sieht man sehr viel Baustellen auf den Straßen. Und [deren Zweck] muss man noch viel mehr bewerben und Baustellen auch sehen, als dass hier Zukunft gebaut wird und wir dadurch ein bisschen CO₂-neutraler werden. Und ich glaube das Thema Akzeptanz ist auch wichtig, weil Bauverzögerungen und dass man es überhaupt anfangen kann ein großer Wirtschaftlichkeitsfaktor ist.“
(L1T1R1, 72)

Auch die Hemmnisse der politischen und gesellschaftlichen Dimension werden in der Szenarioanalyse genauer untersucht und die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Einflussfaktoren genauer erläutert.

S. 36

Die gesellschaftliche Akzeptanz ist aber auch ein viel genannter Treiber für den Hochlauf, während der ökonomischen Dimension keiner der meistgenannten Treiber zugeordnet werden kann (siehe Abbildung 5). Je größer das Interesse der Bevölkerung an der Transformation ist, desto mehr steigt die Nachfrage. Nun spiele jedoch auch Ideologie eine zunehmende Rolle in der Entscheidung für eine Wärmetechnologie.

²⁰ <https://www.gesetze-im-internet.de/enefg/BJNR1350B0023.html>.

„Ich glaube, dass wir mittlerweile ein hohes gesellschaftliches Interesse daran haben, grüne Energie einzusetzen. Ob nun Wärme oder Strom, das lass ich mal außen vor. Aber das war ja früher nicht immer so, jetzt, da war den Leuten das eigentlich Latte, ob sie sich eine Gasheizung ins Haus installieren oder aber eben halt alles anderweitig über grüne Energien – zu hohen Preisen damals noch – reinholen. Und ich glaube, dass wir da eine höhere Akzeptanz haben, grüne Energie einzusetzen.“
(L1T1R1, 60)

Gegebenenfalls können Anregungen zur Abwärmenutzung auch aus der Zivilbevölkerung an Gemeindevertretungen herangetragen werden, was Projekte aus dem Mittelstand vorantreiben könnte. Deshalb erscheint es den Lab-Diskutanten besonders wichtig, dass das Interesse an der Transformation nicht gehemmt wird. Die Teilnehmenden sind sich einig, dass einem durch Umbaumaßnahmen verursachten Akzeptanzverlust mit **offener Kommunikation über den Nutzen und die konkreten Ziele** der Maßnahmen begegnet werden sollte. Dabei kann Framing, also die (positive) Formulierung von Mitteilungen eine wichtige Rolle spielen.

„Ich glaube, das muss man noch viel mehr bewerben und Baustellen bisschen framen als dass hier Zukunft gebaut wird und wir dadurch ein bisschen CO₂-neutraler werden.“
(L1T1R1, 72)

Insbesondere kann eine **gesamtsystemische Planung**, die Sektoren wie Strom, Wärme und Wasser und deren Baustellen miteinander verknüpft, die Belastungen reduzieren. Durch eine großflächigere Planung können zudem Abwärmequellen und -nutzung besser koordiniert werden. Hierbei können z. B. die kommunalen Wärmepläne helfen, **Informationen über Abwärmepotenziale** zugänglich zu machen, um einen effizienten Ausbau zu gewährleisten. Neben der Toleranz von Baustellen ist die Kommunikation einer Vision auch ein Treiber für die Akzeptanz von Großprojekten, da sich dadurch erst der Sinn eines Großprojektes für die Bürger:innen ergebe.

„Ja, ich glaube aber, das Stichwort kommunale Wärmeplanung wurde ja auch schon angesprochen, dass man einmal überhaupt auch den Bürgern vermittelt: ‚Wofür machen wir das eigentlich alles?‘ Das ist so ein langfristiger Plan und ich glaube, so kann man auch die Brücke zu den Großprojekten schlagen, weil wenn man dann nämlich als Bürger feststellt: ‚Das ist ein gutes Projekt, was uns auf dem Weg dahin dann wirklich unterstützt‘, ist, glaube ich, die Akzeptanz ist eine ganz andere, als wenn ich isoliert so ein Großprojekt sehe.“
(L1T3R2, 34)

Auch politische Maßnahmen wie der CO₂-Preis oder das WPG schaffen einen Nutzungsanreiz für Abwärme. Besonders oft wurde dabei hervorgehoben, dass der **steigende CO₂-Preis Abwärme im Vergleich zu fossilen Energieträgern wirtschaftlicher mache**, sofern das Fernwärmenetz hinreichend schnell dekarbonisiert werde.

Großprojekte als Einflussfaktor wurden sowohl fördernd als auch hemmend bewertet. Das hohe ökonomische Risiko und die Bindung von Ressourcen wurden als hemmend angesehen. Hervorgehoben wurden jedoch die positi-

ven Auswirkungen, wie die erwähnten **Best-Practice-Beispiele** für den Mittelstand, wodurch zusätzliche Abwärmepotenziale erschlossen und weitere Regionen zur Durchführung motiviert werden können. Auch die **Lerneffekte** finden sich in den meistgenannten Treibern wieder, selbst wenn diese aus Fehlschlägen resultieren, da nur aus der Praxis Erkenntnisse für die Skalierung gewonnen werden könnten.

„Man sieht, in all diesen Projekten, Esbjerg²¹ steht ja alle drei Tage in der Zeitung, die Wärmepumpe läuft aber nicht. Ja, warum läuft sie nicht? Weil es da zahlreiche technische Probleme gibt und unter den Partnern Probleme gibt. Also man wird ja die Techniken, die es seit 500 Jahren gibt, nicht einfach skalieren können. Das weiß man. Also muss man diese Projekte schaffen und lernen und man muss es eben auch tun, sonst wird man die Technik nicht weiterentwickeln können.“
(L1T3R1, 40)

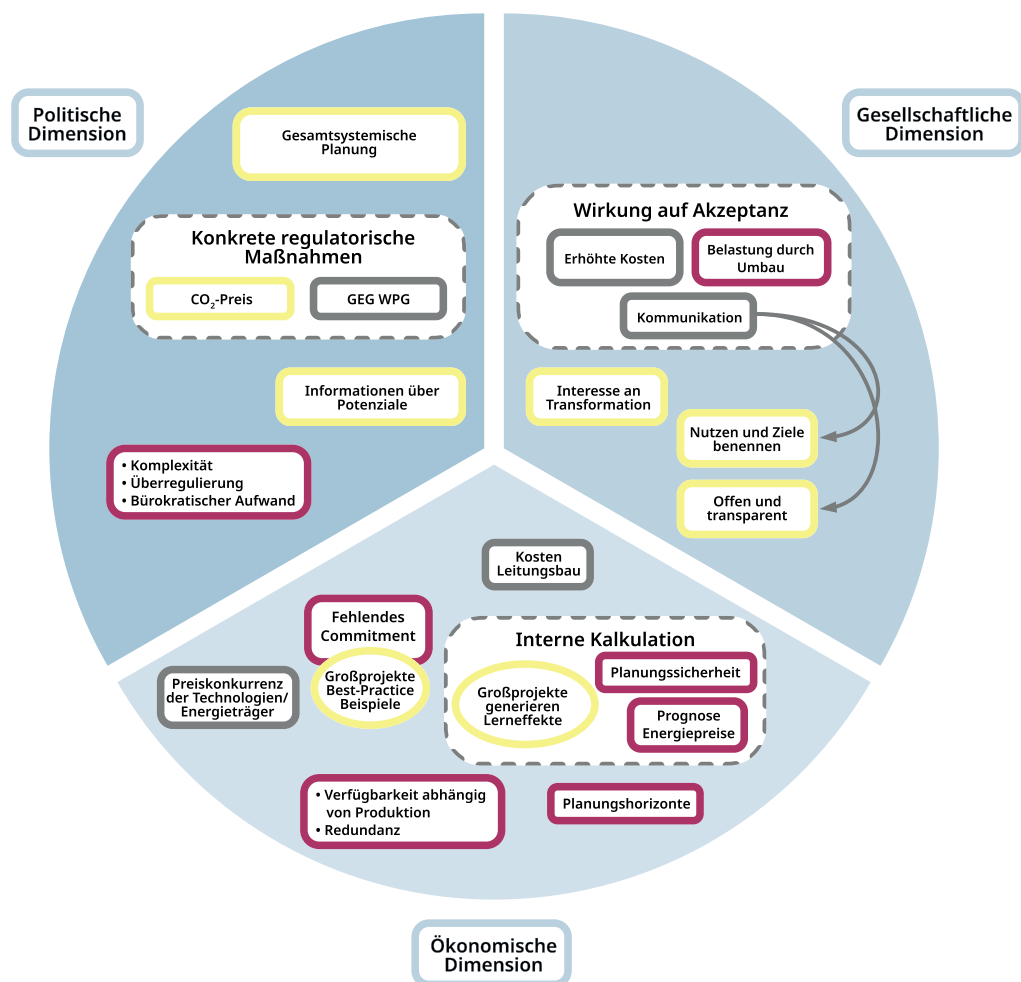


Abbildung 5: Zuordnung der häufigsten Themen in die drei Dimensionen Politik, Gesellschaft und Wirtschaft. Gelb: Treiber; magenta: Hemmnisse.

21 Weltgrößte Meerwasserwärmepumpe in Esbjerg, Dänemark.

Zwischenfazit

Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse spiegeln die Multidimensionalität des Transformationsprozesses wider (siehe Abbildung 5). Die Teilnehmenden der Transformation Labs nehmen in verschiedenen Bereichen Hemmnisse und Treiber für den Hochlauf von industrieller Abwärmenutzung wahr. Besonders im Fokus der Unternehmensvertreter:innen stehen ökonomische Themen wie Investitionskosten und Risikokalkulationen, da diese Akteure in der Regel wirtschaftlich handeln müssen. In der Differenzierung der Wirkungsrichtung der Themen dominieren in der ökonomischen Dimension die Hemmnisse gegenüber den Treibern. Dem gegenüber stehen Nutzungsanreize in den Dimensionen Gesellschaft und Politik: Die Akzeptanz der Bürger:innen als Endverbraucher:innen ist entscheidend für eine entsprechende Nachfrage von industrieller Abwärme, weshalb die Lab-Teilnehmenden in akzeptanzsteigernden Maßnahmen Treiber sahen. Die politische Dimension wurde mit der Regulatorik in allen Runden intensiv diskutiert, da sie durch spezifische Gesetze Nutzungsanreize schaffen kann.

All diese Themen wurden vor dem Hintergrund diskutiert, dass die technologische Seite der Transformation vorbereitet ist, weshalb die Lab-Teilnehmenden die konkrete, großflächige Umsetzung von Vorhaben untersuchen. Dabei werden mehrere Unsicherheiten als Hemmnisse für den Hochlauf identifiziert: Einerseits geht es um die instabilen regulatorischen Rahmenbedingungen, aber auch um konkrete Probleme bei der Vertragsschließung zwischen den Akteuren. Die unklare Preisstruktur birgt ebenfalls Unsicherheiten, weshalb die Unternehmen in kürzeren Planungshorizonten agieren als die Netzbetreiber. Als Treiber wurden analog durch Großprojekte generierte Lerneffekte genannt, da Erfahrungswerte die Investitionsrisiken verringern. Das gesellschaftliche Interesse an der Nutzung industrieller Abwärme wurde ebenfalls als treibender Faktor identifiziert.

Gleichzeitigkeit von Netzausbau und Abwärmeeinbindung

Die vorangegangene Inhaltsanalyse hat gezeigt, welche Themen und Einflussfaktoren die Diskussion in den Transformation Labs dominierten. Dies kann ein Fingerzeig auf die wichtigsten Stellschrauben für den Hochlauf sein. Es ist jedoch unerlässlich, genauer auf das Zusammenspiel dieser Faktoren zu blicken, um das soziotechnische System rund um die Nutzung industrieller Abwärme in seiner Ganzheit erfassen und seinen derzeitigen Zustand analysieren zu können.



Abbildung 6: In den Labs diskutierte Einflussfaktoren für den Hochlauf

Mittels einer Cross-Impact-Balance-Analyse (vgl. Kapitel 4 Methode) werden im Folgenden Abhängigkeiten, Wirkungsketten und Sachzwänge der identifizierten Faktoren greifbar gemacht. Die aus den Diskussionen im Transformation Lab herausgearbeiteten Wechselwirkungen zwischen den Einflussfaktoren für den Hochlauf bilden die Basis für verschiedene Szenarien, die die mögliche Zukünfte abbilden. Sie helfen dabei, mögliche Entwicklungspfade und deren zugrundeliegenden Wirkungsketten des Hochlaufs aufzuzeigen und können damit als Entscheidungsgrundlage dienen, um einen Transformationsprozess ggf. mit Maßnahmen in Richtung einer gewünschten Entwicklung zu unterstützen und nicht-intendierte Nebenfolgen zu verhindern (vgl. Jaede, Meyer-Ghosh & Saidi 2025, S. 449).

Die Teilnehmenden in den Transformation Labs beschrieben dezidiert aus ihrer jeweiligen Perspektive, welche Bedingungen und Entwicklungen den Hochlauf behindern oder auch begünstigen. Das im Folgenden gezeigte Szenarioportfolio beschreibt damit die Bandbreite der möglichen Zukunftsentwicklungen (Weimer-Jehle 2023, S. 59), wie sie – basierend auf den von den teilnehmenden Stakeholdern in den Transformation Labs getätigten Aussagen – zustande kommen könnten.

Für die Auswertung des Transformation Labs „Industrielle Abwärme und kommunale Wärmeplanung“ gibt ScenarioWizard ein Portfolio mit insgesamt

42 konsistenten²² Szenarien aus. Somit besteht ein breiter Raum möglicher Zukünfte. Eine vollständige Übersicht der Szenarien sowie deren Legende findet sich im Anhang. Grundsätzlich zeigt die Vielfalt der Szenarien einen weiten Zukunftsraum, in dem Szenarien von einem perfektem Hochlauf bis Regression enthalten sind, aber auch diverse „Mitteltypen“ in denen Teile des soziotechnischen Systems fördernd ineinandergreifen, während sich andere gegenseitig hemmen. Unter den 42 Szenarien gibt es diverse, die sich stark ähneln, und oft in nur einer Ausprägung eines einzelnen Deskriptors unterscheiden.

Da das NRL den Hochlauf von Sektorenkopplungstechnologien fördern will, wird dieser in der Analyse als wünschenswert betrachtet und das Portfolio dementsprechend untersucht. Es können zwei mögliche Zielfaktoren für die Analyse ausgewählt werden. Grundsätzlich ist es am sinnvollsten, zu untersuchen, welche Szenarien eine *gute*²³ **Wirtschaftlichkeitsperspektive** beinhalten und welche Ausprägungen anderer Deskriptoren diese stützen, weil der Großteil der Akteure nicht ohne Wirtschaftlichkeitsperspektive agieren kann. In direktem Zusammenhang damit ist es sinnvoll, das gleiche Vorgehen für die Ausprägung *Netzanschlüsse* des Faktors **Infrastruktur** anzuwenden, da für die Nutzung industrieller Abwärme die Besonderheit vorliegt, dass die Netze mitunter – wie z. B. in Hamburg – in öffentlicher Hand sind und der Netzausbau für den Hochlauf auch ohne unmittelbare Perspektive von Profitabilität geschehen kann. Da beide Faktoren stark interdependent sind, kann hier schon vorweggenommen werden, dass gute Wirtschaftlichkeitsperspektive und Netzausbau in der Regel gemeinsam auftreten, also von den gleichen Konfigurationen profitieren.



Szenarien im Möglichkeitsraum zwischen best-case und worst-case können herangezogen werden, um mögliche „Minimalversionen“ eines Hochlaufs von industrieller Abwärmenutzung zu kartieren. Da der Hochlauf von industrieller Abwärmenutzung nicht einheitlich für Gesamtnorddeutschland erfolgt, sondern sich anhand der verschiedenen Bedingungen in verschiedenen räumlichen Kontexten stark unterscheiden kann, ist es sinnvoll, auch solchen Szenarien Beachtung zu schenken. Es kann Fälle geben, in denen bestimmte Vorbedingungen einen idealtypischen Hochlauf, wie ihn die wünschenswerten Szenarien abbilden, unmöglich machen, ein eingeschränkter Hochlauf aber möglich ist.

Insgesamt können drei Szenarien (Nr. 1, 2 & 4) als nahezu vollständig wünschenswert angesehen werden, weil sie zu einem positiven Zielzustand führen. Neben dem optimalen Szenario, in dem es keine inkonsistenten De-

22 Der für die Auswertung angesetzte maximale Inkonsistenzwert für ein Szenario ist 1. Das bedeutet, dass Szenarien auch marginal inkonsistent sein dürfen, also einen oder mehrere Faktoren enthalten können, die einen Konsistenzwert von -1 aufweisen. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass sowohl die Einschätzungen der Stakeholder:innen als auch die anschließende Wertung in der Matrix durch die Forschenden Einschätzungen sind, die potentiellen Abweichungen unterliegen können.

23 Kursiv gedruckte Wörter in diesem Abschnitt verweisen auf die verschiedenen Ausprägungen, die die Einflussfaktoren in der Szenarioanalyse annehmen können, beispielsweise *gute Wirtschaftlichkeit*, *perspektivische Unsicherheit* oder *unwirtschaftlich* für den Faktor **Wirtschaftlichkeit**

skriptoren gibt und sämtliche Ausprägungen ihre wünschenswerteste Ausprägung erreichen, sind auch bei Vorhandensein von *Förderdschungel* und *Fachkräftemangel* noch alle anderen Ausprägungen positiv. Gleicht man diese Szenarien mit dem Status Quo ab, zeigt sich ein moderat optimistisches Bild: Zwar sind bei weitem nicht alle wünschenswerten Zustände erreicht, es gibt jedoch positive Ausprägungen, die von den Stakeholder:innen schon als weitestgehend erreicht betrachtet werden, beispielsweise eine hohe **Technologieife**. Zwar sind einige Städte und Kommunen wesentlich weiter als andere, jedoch kann hier durchaus an den erfolgreichsten Beispielen gemessen werden, da diese verdeutlichen, dass der Hochlauf von industrieller Abwärmenutzung grundsätzlich funktioniert.

Es bestehen zudem keine offensichtlichen Blockaden im soziotechnischen System. Die Diskrepanz zum Status Quo ist bei den „worst-case“-Szenarien größer. Von diesen gibt es neun, die allerdings weitestgehend deckungsgleich sind und sich nur in wenigen Punkten unterscheiden. Für die meisten Städte und Kommunen, die ob ihrer Grundbedingungen überhaupt für eine Abwärmenutzung in der Wärmeversorgung infrage kommen, trifft der in diesen Szenarien skizzierte Fall einer vollständigen Blockade oder sogar einer Rückwärtsdynamik nicht zu. Da sich aber die Rahmenbedingungen für den Hochlauf je nach den räumlichen Gegebenheiten, zum Beispiel Bebauungsdichte und Vorhandensein von energieintensiven Unternehmen, stark unterscheiden können, kann kein allgemeingültiges Urteil darüber gefällt werden, wie nah diese Szenarien dem Status Quo sind. Sie zeigen jedoch, in welcher Weise negative Umstände miteinander verbunden sein können, sodass sich eine selbstverstärkende Blockade ergibt. Sie können dabei helfen, Ausprägungen zu identifizieren, die ein System am Scheideweg in eine solche Blockadesituation bringen. Ersichtlich wird auch so, auf welche Faktorenkombination wie eingewirkt werden muss, um diese aufzulösen.

Ziel muss es also sein, in einem bereits weitestgehend funktionalen Basis-System diejenigen Impulse zu identifizieren, die es auch langfristig stabilisieren und so Sicherheit für die beteiligten Akteure zu schaffen. Im Folgenden sollen diejenigen Faktoren identifiziert werden, die den größten Einfluss auf die Stabilisierung und letztlich auf die Förderung dieses Systems ausüben und wie sie im soziotechnischen System mit den übrigen Faktoren zusammenhängen, sodass gezielte Maßnahmen ergriffen werden können, die den Hochlauf unter der Berücksichtigung der multiplen Interdependenzen unterstützen. Gleichzeitig müssen die Stellschrauben identifiziert werden, an denen extern induzierte „Schocks“ auftreten können, also plötzliche Veränderungen der Bedingungen, und ob und wie diese die Stabilität des Systems gefährden.

Anreize und Fallstricke

Wie bereits im Vorangegangenen besprochen, besteht das angestrebte Ziel des Hochlaufs von industrieller Abwärmenutzung in einer engen Symbiose von **Wirtschaftlichkeit** und **Infrastruktur**, insbesondere deren Ausbau.

Die folgende Analyse soll zeigen, welche Konfigurationen der übrigen Ein-

flussgrößen diese beiden Faktoren positiv beeinflussen und welche Maßnahmen ergriffen werden können, um solche Konfigurationen anzureizen und/oder zu stabilisieren. Darüber hinaus sollen auch Fallstricke identifiziert werden, durch die der Hochlauf scheitern kann.

S. 26

Die Inhaltsanalyse hat bereits verdeutlicht, dass zwei der häufigsten Hemmnisse darin bestehen, dass eine Wirtschaftlichkeitskalkulation für Abwärme-Projekte noch sehr schwierig ist und – damit eng verbunden – die **Wirtschaftlichkeit** industrieller Abwärmenutzung erheblich von den unterschiedlichen Planungshorizonten der beteiligten Akteure gehemmt werden kann. Während das abgebende (Industrie-)Unternehmen oft in wenigen Jahren eine Profitabilität erwartet, muss der Netzbetreiber die für den Anschluss ans Fernwärmenetz nötige Leitungs**infrastruktur** in der Regel über Jahrzehnte abschreiben. Hier zeigt sich bereits, dass **Wirtschaftlichkeit** und **Infrastruktur** eng miteinander verzahnt sind und beide für sich genommen für einen breiten Hochlauf nicht hinreichend sind. Um Abwärme verkaufen zu können, bedarf es Leitungen, die diese in Wärmenetze transportieren; damit diese Leitungen gebaut werden können, muss der Netzbetreiber eine Wirtschaftlichkeitsperspektive haben, um sie zu refinanzieren.



Mit Abstand am häufigsten identifizieren die Stakeholder:innen **Regulatorik** als Einflussfaktor auf die **Wirtschaftlichkeit**. Die Szenarien spiegeln diesen Fakt wider. Regulatorik wirkt in der Szenariomatrix auf jeden anderen Faktor und nahezu jede von deren Ausprägungen. Regulatorik muss somit schon deshalb ein zentraler Faktor für mögliche Lösungsansätze sein, weil ihr Einfluss auf das Gesamtsystem so umfassend ist. In allen Szenarien, in denen die Wirtschaftlichkeitsperspektive gut ist, ist die Ausprägung des Faktors Regulatorik „*Nutzungsanreize*“. Dies deckt sich mit dem häufigsten Treiber aus der Inhaltsanalyse, konkreten regulatorischen Maßnahmen, bspw. dem CO₂-Preis. Großes Hemmnis bleibt vor allem die fehlende Kalkulationsbasis für Wärmepreise mangels standardisierter Märkte.

S. 21

*„Und für die Abnehmer konkurriert man ja als Fernwärmeanbieter mit Gas und Strom, erst mal im Wesentlichen. So, und bei Gas kann ich bilanziell mein Gas in Flensburg einspeisen und das irgendwo in Süddeutschland rausziehen. Kann ich beim Strom genauso machen. Bei der Wärme habe ich wieder Probleme, um von Halstenbek nach Pinneberg zu kommen.“
(L1T2R3, 24)*



Die Stakeholder:innen wünschen sich darüber hinaus vor allem Instrumente, mit denen die bereits genannten unterschiedlichen Planungshorizonte überbrückt werden können und die beiden Parteien Anreize bieten, langfristige Wärmelieferverträge zu schließen. Insbesondere Regulatorik, die die Nutzung der Abwärme auf Industrieseite anreizt oder gar verpflichtet, könnte weitreichende Impulse liefern, um die Nutzung industrieller Abwärme für die Wärmebereitstellung anzureizen.

„Bei den Rechenzentren ist man ja in dem anderen §11²⁴ schon weiter, was die Verpflichtung zur Abwärme-Nutzung angeht. Da wird ganz klar gesagt, hat man Verpflichtungen, es zu nutzen.“
(L1T1R3, 38)

Dies soll nicht bedeuten, dass die Industrie zu unwirtschaftlichen Maßnahmen gedrängt wird, sondern, dass die Wärmeauskopplung für die Industrie-seite nie das Kernprodukt ist. Sie ist lediglich ein Zusatzgeschäft neben dem eigentlichen Produkt, sodass sie intern möglicherweise geringe Priorität erfährt, die mit den richtigen Anreizen erhöht werden könnte. Ansätze solcher Anreize sind bereits regulatorisch angelegt.

„Ich würde als fördernden Faktor tatsächlich auch nennen, dass die Wärmenetze um 50 % bis 2030 dekarbonisiert werden müssen, über das Wärmeplanungsgesetz. Dadurch bekommt natürlich Abwärme einen anderen Wert, der vorher eher geringer war. Dadurch steigt die Attraktivität.“
(L1T1R1, 36)

An der bereits bestehenden Regulatorik wünschen sich einige Stakeholder folglich Nachschärfungen und Stabilität über eine Wahlperiode hinaus.

„Gerade in dem Sinne ist doch diese Idee, denjenigen der Abwärme produziert, zu verpflichten, Konzepte zu entwickeln, eigentlich genau der richtige Weg.“
(L1T2R3, 25)

Auch auf die **Infrastruktur** hat **Regulatorik** einen erheblichen Einfluss. Von den Szenarien, in denen regulatorische Nutzungsanreize und gute **Wirtschaftlichkeitsperspektiven** enthalten sind, tritt lediglich in einem *nicht* die Ausprägung Netzanschlüsse mit auf. Die Stakeholder:innen sehen in der Regulatorik also eine zentrale Stellschraube, um Mechanismen bereitzustellen, die den Netzausbau auch trotz den bestehenden Hemmnissen fördern kann – dies deckt sich mit der Erkenntnis aus der Inhaltsanalyse, dass der Faktor als einziger in jeder einzelnen Runde diskutiert wurde. Hier ist der im vorangegangenen erwähnte **Wirtschaftlichkeitsanreiz** ein wichtiger Schnittpunkt, um das häufig genannte „Henne-Ei“-Problem zu überwinden, nämlich dass ein Infrastrukturausbau nur mit einer Wirtschaftlichkeitsperspektive geschehen kann, während Wirtschaftlichkeit erst dann erreichbar ist, wenn die entsprechende Infrastruktur bereits besteht. Insbesondere weil viele Wärmenetzbetreiber Stadtwerke oder andere städtische bzw. öffentlich-rechtliche Einrichtungen sind, die in der Regel nicht auf große Kapitalreserven zurückgreifen können, aber gleichzeitig wirtschaftlich handeln müssen, ist die Regulatorik für den Infrastrukturausbau ein zentrales Element, um diesen Akteuren die Sicherheit zu geben, mit dem Netzausbau in Vorleistung zu gehen.

„Aber im Moment ist die Infrastruktur [vielerorts] ja nicht da. Und wer wird diese Kosten übernehmen? Wie können wir die verteilen, so dass es überhaupt möglich ist, loszulegen? Das ist im Moment, also ich würde sagen, fast 50 % der Kosten sind die Infrastrukturkosten Tiefbau, Rohrleitungen verlegen und das bringt fast jedes Projekt zum Halten oder verhindert, dass es

24 Gemeint ist hier Energieeffizienzgesetz (EnEfG) §11 Klimaneutrale Rechenzentren https://www.gesetze-im-internet.de/eneffg/___11.html



losgeht, weil es nicht finanzierbar ist.“

(L1T3R1, 27)

S. 23

Gleichzeitig sind es explizit nicht lediglich regulatorische Absicherungen, die die Stakeholder:innen als fördernd identifizieren, sondern explizit regulatorische Anreize. So tritt die Ausprägung „regulatorische Absicherung“ in keinem einzigen konsistenten Szenario auf, **auch die Inhaltsanalyse zeigt keine konkreten Absicherungsvorschläge**. Erheblichen negativen Einfluss haben dagegen regulatorische Hemmnisse. Sie hemmen sowohl die Wirtschaftlichkeitsperspektive als auch den Infrastrukturausbau direkt wie auch indirekt und haben auf nahezu jeden Faktor einen hemmenden Einfluss. Szenarien mit der Ausprägung *regulatorische Hürden* enthalten nie eine gute Wirtschaftlichkeitsperspektive. Die Identifikation und der Abbau dieser Hürden muss also eine Priorität bei Maßnahmen zur Unterstützung des Hochlaufs sein, weil diese sowohl die **Wirtschaftlichkeit** als auch den **Infrastrukturausbau** mit erheblichen Unsicherheiten belegen. Unter anderem wünschen sich Stakeholder, dass der Vorrang von erneuerbaren Energien bei der Flächenauswahl auch auf Fernwärmeinfrastruktur erweitert wird, da diese sonst einen Nachteil hat, vor allem aber – **wie in der Inhaltsanalyse bereits thematisiert** – mehr Stabilität in den regulatorischen Rahmenbedingungen. Andere Regularien liegen allerdings häufig außerhalb des unmittelbaren regulatorischen Rahmens der Abwärmenutzung, beispielsweise im Mietrecht.

S. 24

„Ich werfe mal die WärmeLV [Wärmelieferverordnung]²⁵ mit rein. Es gibt in der Wärmelieferverordnung das Wärmeneutralitätsprinzip. Und das besagt, [bei einem neuen Wärmeträger für ein Mietshaus] richten sich die Kosten, die man von den Kunden verlangen kann, meistens nach den Gaskosten. Wie die Gaskosten schwanken, haben wir gesehen den letzten Jahren. Das heißt, es ist schwierig, ein Projekt langfristig zu planen und zu sagen: ‚Auf diese Kosten kann ich meine Fernwärme anbieten‘.“

(L1T1R1, 16)

Solche regulatorischen Hürden für einen Hochlauf industrieller Abwärmenutzung sind erheblich mit gesellschaftlicher **Akzeptanz** verbunden. Insbesondere durch die strukturelle Besonderheit von Fernwärmenetzen – nämlich, dass diese insbesondere dort zum Einsatz kommen, wo die Bebauungsdichte hoch und von Mehrfamilienhäusern gekennzeichnet ist, sodass die Wärme zwar vornehmlich von Mieter:innen bezogen wird, die Kund:innen der Netzbetreiber aber in der Regel deren Vermieter:innen sind – entsteht eine Situation, in der viele berechnete Interessen abgewogen werden müssen. Der Abbau solcher regulatorischen Hürden kann somit diverse nicht-intendierte Nebeneffekte mit sich bringen, die den Hochlauf an anderen Stellen hemmen. Müssten Mieter:innen für Fernwärme wesentlich höhere Preise zahlen als für bestehende Heizlösungen, ohne auf diese Entscheidung einen Einfluss zu haben, würde dies sowohl die generelle Akzeptanz für Fernwärme als auch die konkrete Nachfrage beeinträchtigen.²⁶

Das Teilwirkungsgeflecht Wirtschaftlichkeit – Infrastruktur – Regulatorik kann



²⁵ https://www.gesetze-im-internet.de/w_rmelv/index.html.

²⁶ Zum Zeitpunkt des Labs steht dieser Aspekt unter dem Vorzeichen des Gebäudeenergiegesetzes wie es 2023 aktualisiert wurde, die Nivellierung im Gebäude Modernisierungsgesetz, die voraussichtlich 2026 beschlossen werden wird, wird dieses Verhältnis voraussichtlich erheblich verändern.

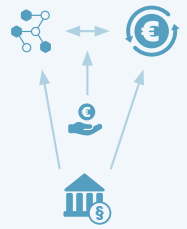
also nicht isoliert betrachtet werden, sondern ist wiederum von diversen weiteren Faktoren und ihrer zukünftigen Entwicklung abhängig. Erstaunlich ist dabei, dass der Faktor **Förderung** nicht – wie möglicherweise zu erwarten wäre – in jedem wünschenswerten Szenario seine positivste Ausprägung erreicht. Auch wenn das Idealszenario die Ausprägung weitere Förderung enthält, beinhalten zwei der drei wünschenswerten Szenarien die Ausprägung Förderdschungel – das System kann also auch dann einen Hochlauf stabilisieren, wenn Förderungen weiterhin unübersichtlich und kompliziert zu beantragen sind. Hier muss allerdings die Einschränkung gelten, dass zwar das Gesamtsystem unter diesem Vorzeichen funktionieren kann, aber durchaus einzelne Projekte – vor allem jene, die KMU betreffen – erheblich gehemmt oder sogar verhindert werden können, wenn Förderungen nicht einfach zugänglich sind.

„Wir haben ein relativ kleines Projekt. Da haben wir einen Anteil, der ist kleiner als sechsstellig von der Fördersumme, und da war die Vorlaufzeit zweieinhalb Jahre, von der Projektskizze heute. Und in der Zeit hast du einfach jemanden daran sitzen, der das die ganze Zeit macht. Und am Ende hast du auch noch jemanden daran sitzen, der für jeden Tausender, den er ausgeben will, erst mal einen Antrag stellen muss, dass er das darf. Das ist schon suboptimal.“
(L1T3R3, 41)

Grundsätzlich kann aber vor allem der Infrastrukturausbau massiv von Förderung profitieren, um perspektivische Unsicherheiten zu überwinden und so die Grundvoraussetzungen für ein funktionierendes System zu schaffen. Ein weiterer Fallstrick liegt ebenfalls im Faktor **Förderung**. Geraten Wärmenetze in Förderkonkurrenz, kann dies erhebliche hemmende Effekte auf Wirtschaftlichkeit und Infrastruktur haben. Konkurrieren Wärmenetze mit anderen geförderten Technologien, ist die Wirtschaftlichkeitsperspektive dadurch unmittelbar schlechter, weil der hohe Infrastrukturausbauaufwand des Wärmenetzes zeitintensiv und gegenüber individuellen Lösungen nicht konkurrenzfähig ist, wenn diese ebenfalls Förderung erhalten, somit verringert sich die Nachfrage.²⁷

„Wenn wir bei uns ein Neubaugebiet planen, dann sind ganz viele Leute schnell dabei, sich für eine Wärmepumpe zu entscheiden. Und bevor wir überhaupt geprüft haben, ob wir eine Förderung für das Wärmenetz bekommen. Noch bevor wir unsere Rahmenbedingungen geklärt haben, sind von 40 Einfamilienhäusern 30 mit einer Wärmepumpe ausgerüstet und fünf haben irgendwie Pellet-Kessel oder sonst irgendeine nachhaltige Geschichte. Und wir sind raus im Endeffekt und die Wirtschaftlichkeit des Fernwärmenetzes ist von vornherein erschlagen durch die Förderlandschaften.“
(L1T1R3, 44)

Hier herrscht weitestgehend Einigkeit, dass dieses Problem in der Regel nur für kleine und mittlere Wärmenetze zutrifft, da die Konkurrenztechnologien in der Regel Wärmepumpen sind, die in dicht bebauten, für Wärmenetze prädestinierten innenstädtischen Bereichen mit hoher Dichte an Mehrfamilienhäusern technisch schwerer umzusetzen sind, während mit verhältnismäßig



²⁷ Im Kapitel zur Inhaltsanalyse ist dieser Aspekt unter dem Subcode Angebot/Nachfrage thematisiert.

wenig Infrastrukturausbau viele Netzanschlüsse geschaffen werden können. In weniger dicht besiedelten Gebieten kann es aber durchaus zu einer Konkurrenz zwischen Fernwärme und Wärmepumpe kommen. Zwar sind Ein- und Zweifamilienhäuser und kleinere Mehrfamilienhäuser schon aufgrund des ungünstigen Verhältnisses von Anschlussaufwand zu möglicher Wärmeabgabemenge keine idealen Kunden für Wärmenetze, in Neubaugebieten oder bei Vorhandensein eines zentralen Abwärmeabgebers in der unmittelbaren Umgebung kann es aber dennoch sinnvoll und wirtschaftlich sein, sie anzuschließen. Sinkt aber die Anzahl der Abnehmer:innen, weil diese sich mehrheitlich für individuelle, schnell umsetzbare Lösungen entscheiden und diese gefördert bekommen, werden Wärmenetze und die Auskopplung industrieller Abwärme zunehmend unwirtschaftlich. Hier wünschen sich einige der Stakeholder Maßnahmen, um eine solche Konkurrenz zu verhindern.

„Also ich würde eher sagen, man muss wahrscheinlich auch mehr machen. Und die Individualförderungen dann auch anzupassen an die Wärmeplanung, zu sagen, wenn hier Netzgebiet geplant ist, gibt es die individuelle Förderung nicht mehr. Das ist im Moment nicht so, weil es auch keine Wärmeplanung gibt.“

(L1T1R3, 47)

In direktem Zusammenhang dazu steht der Faktor **Technologiereife**. Alle wünschenswerten Szenarien enthalten bereits eine hohe Technologiereife. Während die Stakeholder diese grundsätzlich bereits im Status Quo als hoch erachten und wenig technologische Hürden für den Hochlauf industrieller Abwärmenutzung sehen, ist es vor allem die bestehende Technologiekonkurrenz, die viele Szenarien in eine nicht wünschenswerte Richtung zieht. Anders als bei der Förderkonkurrenz spielen hier aber nicht nur Wärmepumpen, sondern vor allem auch bestehende fossile Technologien eine erhebliche Rolle. Die erheblichen Planungs- und Umsetzungshorizonte von Fernwärme veranlassen viele Endkunden, die unter Zeitdruck bei einem Heizungswechsel stehen, zu anderen Heiztechnologien zu greifen.

„Weil das ist ja auch ein großer Punkt, weil wenn ich jetzt sage, in den nächsten Jahren passiert sowieso nichts bei der Umsetzung, dann ist das vielleicht auch ein Stück, wo zumindest der Endverbraucher sagt, so viel Zeit habe ich für euch ja gar nicht. Wenn jetzt ein Heizungstausch ansteht, zum Beispiel.“

(L1T1R1, 31)

Technologiekonkurrenz hemmt in den Szenarien die Wirtschaftlichkeit sowohl direkt, weil sie die Auskopplung von Wärme weniger wirtschaftlich macht, wenn andere Wärmequellen günstiger sind, als auch indirekt, weil sie dazu führt, dass die Akzeptanz von Endkunden eher zu Kostenbedenken tendiert als zu Nachfrage nach Fernwärme. Hier ist das Problem also nicht direkt der Reifegrad der Technologie an sich, sondern die Integration der Abwärmeauskopplung in das Gesamtsystem, dessen Herausforderungen umfassender sind als die gebäudebezogener Wärmelösungen. Eine wichtige Rolle schreiben die Stakeholder bei der Verhinderung von Technologie- und Förderkonkurrenz der **Regulatorik** zu, insbesondere der kommunalen Wärmeplanung,



die klare Verhältnisse schaffen soll, für welche Bereiche einer Kommune Netzlösungen und für welche Bereiche individuelle Lösungen priorisiert werden, sodass Netzbetreiber als auch Endkunden Planbarkeit erhalten.

Essenziell für Netzbetreiber wie auch Abnehmer ist die **Verfügbarkeit** von Abwärme. Selbstverständlich muss ein Abwärmepotenzial überhaupt erst gegeben sein, bevor es in Wärmenetze eingebunden werden kann. Gerade in kleineren Städten ist dies nicht notwendigerweise der Fall. Doch auch wenn grundsätzlich Abwärmepotenziale gehoben werden können, muss die Stabilität der Versorgung gewährleistet sein, falls die erschlossenen Abwärmequellen kurz- oder langfristig ausfallen, da die abgebenden Unternehmen primär den Bedürfnissen ihres Produkts folgen, nicht denen der Abwärmeabgabe. Volatilität der Verfügbarkeit wirkt sich hemmend auf die Wirtschaftlichkeit aus, weil die Abwärme kostenintensiv gegen Ausfälle abgesichert werden muss.

„Und der zweite Punkt ist ja diese Frage der Absicherung von Ausfallrisiken, also gerade vor dem Hintergrund, hoher Industriepreise und viele von diesen Grundstoffindustrien sind sowieso an dem Punkt, wo sie sagen: ‚Ja, schauen wir mal, ob das jetzt hier noch so perspektivisch weitergeht‘. Und das kann natürlich auch bedeuten, dass die sagen, ‚dann halt nicht und ich fahre meine Produktion hier zurück‘. Bei so extremen Energiepreisen, wie wir sie jetzt letztens hatten, gab es durchaus Situationen, wo die dann auch mal für Monate ihre Produktion zum Teil komplett runtergefahren haben. Und das hat dann auch keinerlei Output an Wärmeenergie. Für ein großes Netz wie in Hamburg vielleicht noch eher zu verkraften. Aber gerade, wenn es halt kleine Netze sind, die sehr auf darauf angewiesen sind, ist das schwierig.“

(L1T2R3, 33)

Verfügbarkeit zeigt sich zudem in den Szenarien als einer der Faktoren, die ein System am Scheideweg zum Scheitern bringen können, weil sein Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit relevant ist.

Eine sehr ambivalente Rolle im Hochlauf industrieller Abwärmenutzung spielen in direktem Zusammenhang damit **Großprojekte**. Der Faktor wurde beim Transformation Lab neben Wirtschaftlichkeit und Infrastruktur zum dritt wichtigsten Faktor gewählt und erhielt einen eigenen Diskussionstisch. Wie bereits in der Inhaltsanalyse angemerkt, gab es dabei verschiedene Verständnisse von Großprojekten zwischen den verschiedenen Stakeholdern. Für die Szenarioanalyse wird unter Großprojekten jedoch stringent ein (relativ zum räumlichen Rahmen) großer Wärmeeinspeiser verstanden. Insgesamt wurde seine Rolle kontrovers diskutiert. So sind Großprojekte in keinem der Szenarien als zentrale Versorger enthalten. Die Stakeholder sehen in zentralen Versorgern vor allem die Gefahr, dass diese die Volatilität der **Verfügbarkeit** von Abwärme erhöhen und damit ein erhebliches **Wirtschaftlichkeitsrisiko** darstellen. Wird ein Wärmenetz von einem einzigen großen Industrieabgeber gespeist, ist es von dessen Produktion abhängig. Drosselt das Unternehmen nun die Produktion, nimmt Wartungen vor oder gibt im schlimmsten Fall den Standort auf, muss der Wärmenetzbetreiber die Wärme, die den Abnehmern vertraglich zugesichert ist, auf anderem Wege erzeugen. Dazu ist der Aufbau erheblicher kostspieliger Redundanzen nötig. Insbesondere in kleinen und mittleren Wärmenetzen ist dieses Problem erheblich, während Wärmenetze



in Großstädten das Risiko in der Regel minimieren können, indem sie es auf mehrere Großabgeber streuen. Daher plädieren einige Stakeholder sogar dafür, auf Großprojekte als zentrale Versorger weitestgehend zu verzichten, wobei auch dies immer unter dem Vorzeichen der räumlichen Gegebenheiten gesehen werden muss. Aus der Inhaltsanalyse ergibt sich, dass (geförderte) „Leuchtturmprojekte“ dazu dienen, Lerneffekte zu generieren und diese in den Hochlaufprozess einzubringen, sodass kleinere Akteure diese Lerneffekte nutzen können, um im Voraus Fallstricke zu identifizieren und bekannten Problemen frühzeitig begegnen zu können. Das wiederum könnte die Nutzung in weniger dicht besiedelten Räumen erleichtern.

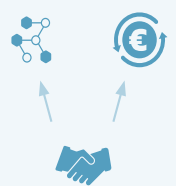
S. 25

Tatsächlich ist das *Scheitern* von Großprojekten die insgesamt am häufigsten vorkommende Ausprägung aller Faktoren. Die drei wünschenswertesten Szenarien sind die einzigen, in denen diese Ausprägung nicht enthalten ist. Das liegt vor allem daran, dass viele einzelne Ausprägung das Scheitern befördern²⁸, beispielsweise regulatorische Hürden, Genehmigungsverzögerungen, Förderdschungel oder öffentliche Bedenken wegen Alltagseingriffen, die in verschiedenen Kombinationen hinderlich für Großprojekte sind. Gleichzeitig hat das Scheitern von Großprojekten nur auf die **Verfügbarkeit** von Abwärme einen Einfluss, dieser ist aber in beide Richtungen erheblich und wirkt darüber auch auf die Wirtschaftlichkeit. Richtet sich ein Netzbetreiber auf Großprojekte aus, erhöht das wie bereits besprochen die Volatilität der Verfügbarkeit von Abwärme, umso mehr, wenn diese nicht zu Stande kommen. Großprojekte sollten demnach immer unter diesem Risikoaspekt betrachtet werden.



Zudem spielt der Faktor **Akzeptanz** eine wichtige Rolle für den Hochlauf. So stabilisiert Akzeptanz die Nachfrage nach Anschluss an das Fernwärmenetz von Kundenseite und somit sowohl die positiven Ausprägungen der Faktoren Wirtschaftlichkeit und Infrastruktur. Dafür spricht auch der Umstand, dass in den drei Wünschenswert-Szenarien die Ausprägung „Nachfrage“ enthalten ist. Wenn Hausbesitzer sich an das Fernwärmenetz anschließen lassen wollen, gibt dies sowohl eine Perspektive für einen wirtschaftlichen Infrastrukturausbau als auch für die Auskopplung der Abwärme auf Industrieseite, da diese durch zusätzliche Kunden gegenfinanziert werden kann.

Gleichwohl kann es, wie bei den Hürden beschrieben, für Ablehnung sorgen, wenn die Akzeptanz durch Eingriffe in den Alltag bestimmt wird und so den Infrastrukturausbau behindern kann. Auch wenn Kostenbedenken beim Thema Akzeptanz der Abwärmenutzung dominieren, kann dies das System des Hochlauf destabilisieren, wenn die Anschlüsse auf Kundenseite ausbleiben. Besonders relevant ist hier, dass rund zwei Drittel aller Szenarien die Ausprägung Kostenbedenken enthalten, es also viele Konfigurationen gibt, die diese Ausprägung stützen. Hierbei spielt die bereits angesprochene Problematik schwer zu kalkulierender Preise in der **Wirtschaftlichkeit** eine wichtige Rolle, weil Endkund:innen keine langfristigen Vergleiche anstellen können,



S. 27

²⁸ Hier sollte unter „Scheitern“ nicht verstanden werden, dass ein Großprojekt angestoßen und nicht zu Ende geführt wird, sondern dass es gar nicht erst zustande kommt.

die potenzielle mittelfristige Kostenvorteile der Fernwärmenetze mit erneuerbaren Energieträgern und industrieller Abwärme gegenüber fossilen Energieträgern aufzeigen könnten.

„Wir haben die Erfahrung gemacht, dass es wirklich schwierig ist, Häuslebauer, auch kleinere Wohnungsunternehmen zu überzeugen und zu sagen: ‚Rechnet mal mit dem CO₂-Preis in fünf, sechs, zehn Jahren, dann ist die Gasheizung teurer.‘ Aber selbst das ist schwierig zu sagen. Weiß nicht, die Politik ändert sich und was wisst ihr ob es auch wirklich so kommt. Heute ist es für mich einfach viel billiger. Punkt. Aus. Vielleicht ist da auch also mehr eine Unsicherheit, nämlich mal in der Gesamtbevölkerung.“

(L1T1R3, 21)

Auch die **Regulatorik** kann hier eine Hürde darstellen, wenn Fernwärme einem hohen CO₂-Preis unterliegt, weil das Netz gleichzeitig ausgebaut und dekarbonisiert werden muss und so zum Anschlusszeitpunkt noch stark fossil gespeist wird. Angeschlossene Kunden würden dann zunächst durch hohe CO₂-Preise belastet und die Kostendifferenz zu bestehenden fossilen Heizungen wäre dadurch ad hoc potentiell noch größer als ohnehin schon der Fall.

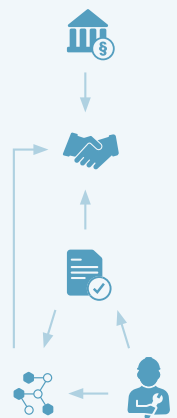
„Das ist vielleicht ein spannender Punkt, wenn es darum geht, ist jetzt zum Beispiel der CO₂-Preis ein fördernder Faktor oder gleichzeitig auch ein hemmender Faktoren? Für Fernwärmeplanung kann es auch durchaus noch ein hemmender Faktor sein, weil der [Haus]Eigentümer jetzt schon vor der Frage steht: ‚Wie komme ich schnellstmöglich aus den hohen Energiekosten raus?‘ [und nicht auf die Dekarbonisierung des Netzes warten kann.]“

(L1T1R1, 32)

In direktem Zusammenhang mit der Akzeptanz stehen **Genehmigungsverfahren**, insbesondere für **Infrastrukturvorhaben** und den damit verbundenen Eingriff in den Alltag. Genehmigungsverfahren sind meist von der hohen Technologiereife und der Erfahrung mit der generellen Umsetzung seitens der Wärmenetzbetreiber gezeichnet und laufen dementsprechend weitestgehend reibungslos, sodass sie an sich aktuell kein erhebliches Hemmnis darstellen. Allerdings sind dabei Transparenz und Kommunikation bei der Genehmigungserteilung von Netzausbau häufig genannte Faktoren, die wichtig sind, um ein Erodieren der gesellschaftlichen Akzeptanz zu verhindern. Gleichzeitig kann die wachsende Anzahl der Vorhaben aufgrund des **Fachkräftemangels** in Behörden dazu führen, dass sich Genehmigungszeiten in Zukunft verlängern, was negative Einflüsse auf den Infrastrukturausbau hätte.

„Und ich glaube, das ist was, wo man Gesellschaft, soweit das geht, insgesamt auch vorbereiten muss im Sinne von, wenn wir dieses Ziel erreichen wollen, dann müssen wir hier in relativ umfangreichem Maße unsere Stadt umgraben und da gehört ja jetzt nicht nur die Wärme-Infrastruktur dazu [...]. Wir bauen ja überall. Ich glaube, es ist wichtig, die Bevölkerung auch darauf vorzubereiten.“

(L1T3R2, 35)



Eine eher geringfügige Rolle spielen in dieser Analyse **Speichertechnolo-**

gien²⁹. Diese werden von den Stakeholdern als durchaus relevant erachtet, in der aktuellen Situation sind sie aber (noch) keine essenziellen Stellschrauben des Hochlaufs. In den Szenarien haben beide nur geringfügigen Einfluss auf deren jeweilige Beschaffenheit. Speicher wiederum werden insbesondere in Zukunft eine Rolle im Abwärmesystem spielen, um die Saisonalität der Wärme zu überbrücken. Da aber aktuell solche Volatilitäten in den meisten Netzen noch durch fossile Direkteinspeiser abgefedert werden, wird die Relevanz von Wärmespeichern ab dem Punkt dringlich, wo die vollkommene Auskopplung fossiler Einspeiser absehbar wird. Hier werden Speicher enorm wichtig, um die Stabilität der **Verfügbarkeit** zu sichern. Dies scheint aber im aktuellen Zustand des Hochlaufs noch nicht kritisch zu sein.

Sonderfälle: Hochlauf unter erschwerten Bedingungen

Die bisher diskutierten Szenarien nehmen eine Makroperspektive ein, in der die Konfigurationen des soziotechnischen Systems eines Hochlaufs von industrieller Abwärmenutzung allgemein diskutiert werden. Wie bereits erwähnt, gibt es aber in der Praxis nicht den einen allgemeinen Hochlauf, auch wenn durchaus Makroeffekte existieren, die für jeden Kontext eine Rolle spielen. Hier soll anhand der vorliegenden Szenarien untersucht werden, welche Möglichkeiten zu einem eingeschränkten Hochlauf in räumlichen Kontexten besteht, in denen einige der Faktoren sich aufgrund externer Bedingungen nicht vollständig in Richtung des wünschenswerten Zustands entwickeln können.

Ein Beispiel hierfür ist das Szenario Nr. 7, hier „Minimalhochlauf“ genannt. Es beinhaltet zwar sowohl eine gute Wirtschaftlichkeitsperspektive und Netzanschlüsse als auch regulatorische Nutzungsanreize und hohe Technologiereife, ist aber gleichzeitig von diversen Einschränkungen gezeichnet. So herrscht Fachkräftemangel aufgrund dessen es in den Behörden zu Verzögerungen bei der Erteilung von Genehmigungen kommt und Großprojekte nicht zustande kommen, auch weil Förderungen schwer zu erhalten sind und die Bevölkerung Eingriffe in ihren Alltag ablehnt. Dieses Szenario kann nicht als wünschenswert bezeichnet werden, weil diverse Fallstricke existieren, die den Hochlauf erschweren können. Das Szenario wäre dennoch akzeptabel, um zumindest einen eingeschränkten Hochlauf zu ermöglichen, auch wenn dieser mit einigen Risiken behaftet wäre. Fast deckungsgleich ist Szenario Nr. 26, welches sich nur im Faktor Akzeptanz unterscheidet, und sich demnach auch unter „Minimalhochlauf“ fassen lässt. In diesem Szenario dominieren in der Bevölkerung Kostenbedenken. Diese beiden Szenarien können einen „Minimalhochlauf“ darstellen, in dem die Kernbedingungen des Hochlaufs erfüllt sind, auch wenn der Hochlauf sich erheblichen Problemen gegenüber sieht. Liegt solch ein Fall vor, sollten Maßnahmen ergriffen werden, die das eingeschränkte System schrittweise absichern.

²⁹ Da Speichertechnologien sich eng mit Infrastruktur verzahnt sehen, ist auch hier möglich, dass der oben erwähnte Aufnahmefehler am Infrastruktur Tisch zu einer verringerten Anzahl Nennungen geführt hat.

Ein weiterer vorstellbarer Fall ist ein Hochlauf ohne klare Wirtschaftlichkeitsperspektive. Gibt es beispielsweise Städte, in denen es sinnvoll wäre, Fernwärme zu nutzen, weil die Bebauungsdichte hoch ist, sich aber keine sichere Wirtschaftlichkeitsperspektive ergibt, sollte eruiert werden, ob städtische Unternehmen trotz dieser Unsicherheit einen Hochlauf im Sinne eines Netzausbaus vornehmen können. In Szenario Nr. 8, hier „kommunale Initiative“ genannt, wird dieser Fall abgebildet. Dieses ist nah an den beiden als „Minimalhochlauf“ diskutierten Szenarien und unterscheidet sich hauptsächlich darin, dass die Verfügbarkeit der Abwärme volatil ist und nicht stabil, was zu einer perspektivischen Unsicherheit hinsichtlich Wirtschaftlichkeit führt. Zwar ist in diesem Szenario nicht zu erwarten, dass private Akteure investieren, kommunale Unternehmen könnten mit politischer Rückendeckung in diesem Szenario aber durchaus einen Netzausbau realisieren, wenn die Dekarbonisierung der Gebäudewärme anders nicht zu erreichen ist.

Grundsätzlich zeigt sich in diesen Mittelwegs-Szenarien, dass diverse Pfade zu einem möglichen Hochlauf industrieller Abwärmenutzung führen können, allerdings mit Einschränkungen. Essenziell ist die Kombination aus Infrastrukturausbau und (regulatorischen) Nutzungsanreizen, um ein dichtes Wärmenetz sowie Wärmequellen sicherzustellen. In den allermeisten Fällen wird diese Kombination nur mit einer guten Wirtschaftlichkeitsperspektive möglich sein. Dieses Interdependenzsystem ist umso stabiler, je mehr der übrigen Faktoren fördernd darauf einwirken. Wichtige Ansatzpunkte sind dabei vor allem die verlässliche Verfügbarkeit von Abwärme, Förderung und die gesellschaftliche Akzeptanz.

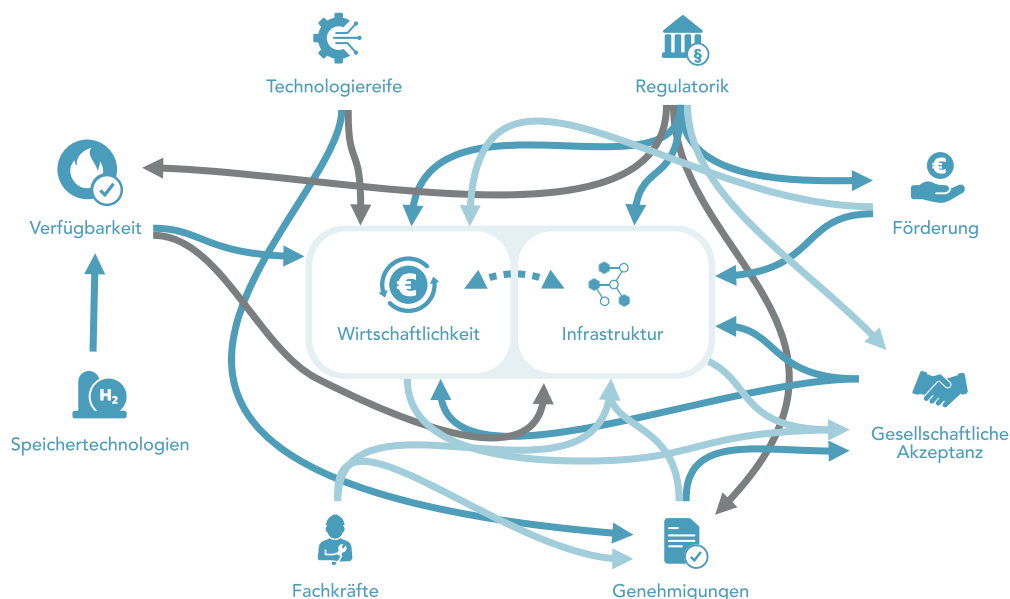


Abbildung 7: Wirkungsgeflecht gemäß der von den Lab-Teilnehmer:innen identifizierten Zusammenhänge der Einflussfaktoren für den Hochlauf

Fazit

Die vorliegende Studie ermittelte im Rahmen des Energiewende-Verbundprojekts Norddeutsches Reallabor (NRL) Treiber und Hemmnisse für den Hochlauf industrieller Abwärmenutzung. Grundlage hierfür war die Durchführung einer Inhaltsanalyse und einer Szenarioanalyse auf Basis von Stakeholder-Diskussionen, die im NRL Transformation Lab „Industrielle Abwärme und kommunale Netzplanung“ geführt wurden.

Unsere Analyse hat gezeigt, dass das soziotechnische System, auf dem der Hochlauf basiert, grundsätzlich stabil und funktionell ist. Die Szenarioanalyse hat mehrere Szenarien ergeben, die einen wünschenswerten Hochlauf abbilden. Gleichzeitig ist dieses System allerdings anfällig für externe „Schocks“ wie beispielsweise drastische Veränderungen der regulatorischen Rahmenbedingungen.

Um industrielle Abwärme großskalig zu nutzen, müssen Akteure, insbesondere Wärmenetzbetreiber und wärmeabgebende Unternehmen, bilaterale Wärmelieferverträge schließen. Diese sind aktuell noch stark durch die unterschiedlichen Planungshorizonte der beteiligten Akteure sowie einer unklaren Wirtschaftlichkeitsperspektive gehemmt. Um eine solche Perspektive zu bieten, müssen - sofern die Abwärme nicht lediglich eine fossile Wärmequelle ersetzt - Netze neu gebaut oder erweitert werden. Dazu müssen weitere Abnehmer für die Wärme gefunden und zusätzliche Gebäude an die Netze angeschlossen werden. Dafür ist ein weitreichender Infrastrukturausbau notwendig, der wiederum nur stattfinden kann, wenn Netzbetreiber eine Wirtschaftlichkeitsperspektive haben, um diesen zu refinanzieren. Als zentraler Schlüssel zur Absicherung dieser Gleichzeitigkeit hat sich in dieser Analyse Regulatorik erwiesen. Eine stabile Regulatorik, die Anreize für Auskopplung industrieller Abwärme schafft, kann den beteiligten Akteure die notwendige Planungssicherheit geben, um Netzausbau, Anschluss von Wärmeabgebern und -kunden aus dem sprichwörtlichen „Henne-Ei“-Problem zu lösen. Zielgerichtete Förderung kann hier zusätzlich unterstützen, diese Dynamik anzustoßen, beispielsweise damit der Netzbetreiber mit dem Netzausbau in Vorleistung gehen kann. Dieses „Kernsystem“ sollte immer im Fokus möglicher Maßnahmen stehen, um den Hochlauf industrieller Abwärmenutzung zu unterstützen.

Die gesellschaftliche Akzeptanz kann für den Hochlauf vor allem deshalb entscheidend werden, weil Bürger:innen als Endkund:innen letztendlich diejenigen sind, die möglicherweise höhere Wärmekosten bezahlen müssen. Gleichzeitig spielt Fernwärme vor allem in solchen Gegenden die größte Rolle, die von Mehrfamilienhäusern und daher überwiegend von Mietbewohnern gekennzeichnet sind, die letztendlichen Verbraucher:innen also zwar die Mieter:innen sind, der Kunde des Netzbetreibers aber die Gebäudeeigentümer:innen. Hier ist neben der bestehenden regulatorischen Hürde der Wärme-LV wichtig, dass Mieter:innen und Vermieter:innen eine klare Perspektive für die Entwicklung zukünftiger Wärmepreise aufgezeigt bekommen.

und Maßnahmen gefunden werden, die Mieter:innen nicht stärker belasten. So ist auf der Abnahmeseite aktuell zu häufig unklar, wie sich Wärmepreise bestehender fossiler Heizlösungen in Anbetracht eines steigenden CO₂-Preises entwickeln werden und dass diese voraussichtlich langfristig teurer sein werden als sukzessiv dekarbonisierte Fernwärme. Bleibt die Nachfrage nach Fernwärme aufgrund von Kostenbedenken aus, wird die wirtschaftliche Perspektive des Netzausbaus und der Einbindung industrieller Abwärme deutlich verschlechtert.

Des Weiteren hängt der notwendige Infrastrukturausbau in nicht unerheblichem Maße an der Vor-Ort-Akzeptanz der notwendigen Tiefbaumaßnahmen. Baustellen greifen erheblich Maße in den Alltag ein und lösen häufig lokale Widerstände von Anwohnenden, Gewerbetreibenden oder Pendler:innen aus. Wird der Netzausbau vor allem mit einem erschwerten Alltag verknüpft, kann dies die Akzeptanz von Fernwärme verringern und den Ausbau behindern, beispielsweise durch Rechtsstreitigkeiten oder niedrigere Vor-Ort-Anschlussquoten.

Ob ein Hochlauf gelingen wird, kann allerdings nicht aus einer reinen Makroperspektive beurteilt werden, sondern muss für jede Stadt oder Kommune mit ihren jeweiligen Bedingungen individuell bewertet werden. Kleinere Wärmenetze laufen bei der Einbindung industrieller Abwärme Gefahr, von industriellen Produktionsprozessen abhängig zu werden, da diese die Verfügbarkeit der Abwärme bestimmen. Die Wirtschaftlichkeitsperspektive der Netze ist in solchen Fällen stark davon gezeichnet, dass sie mit Redundanzen abgesichert werden müssen. Solche Netze würden grundsätzlich davon profitieren, mehrere mittelgroße Wärmeabgeber einzubinden, die als gegenseitige Ausfallabsicherung fungieren. Der erhebliche Aufwand und die Langfristigkeit von Wärmeauskopplungsprozessen schrecken derzeit aber noch viele KMU ab. Abhilfe schaffen könnten hier geförderte Großprojekte, deren Erkenntnisgewinn auch KMU Sicherheit geben kann, Abwärmeauskopplung umzusetzen.

Um den Hochlauf industrieller Abwärme zu sichern, zeigt unsere Analyse vielfältige Ansatzpunkte. Entscheidend ist dabei aber, die lokalen Verhältnisse genau in den Blick zu nehmen, da sich die Bedingungen aber auch die Konsequenzen industrieller Abwärmenutzung je nach räumlichem Kontext stark unterscheiden können. Damit die Abwärmenutzung auch außerhalb großer Netze gelingen kann, ist es notwendig, das lokale soziotechnische System so zu stabilisieren, dass die Akteure Planungssicherheit haben. Diese Ansatzpunkte werden im Kapitel „Handlungsempfehlungen“ konkretisiert.

Diskussion

Insbesondere wurden in dieser Analyse Stellschrauben in der politischen Dimension identifiziert. Um industrielle Abwärme in großem Stil in Fernwärmenetzen zu nutzen, bedarf es vielerorts einem großflächigen Netzausbau, der gleichzeitig neue Wärmequellen und neue Wärmekunden erschließt. Dieser großskalige Prozess unterliegt mannigfaltigen Einflüssen, insbesondere Än-

derungen der Regulatorik können erhebliche Einflüsse auf ihn haben. Aktuell muss vor diesem Hintergrund vor allem die Neufassung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) in seiner Fassung von 2024 als Gebäudemodernisierungsgesetz (GModG) analysiert werden, dieses regelt zwar nicht direkt die Modalitäten der Fernwärme, die im Wärmeplanungsgesetz (WPG) festgeschrieben sind, dürfte jedoch erhebliche indirekte Einflüsse haben. Es streicht die Vorschrift des GEG, neu eingebaute dezentrale Heizungen ab Juli 2026 mit maximal 35% fossilen Brennstoffen zu betreiben, und erlaubt den Einbau von Öl- und Gasheizungen wieder. Für Fernwärmenetze kann diese Novelle insofern relevant werden, als dass sie die Optionen von Gebäudeeigentümern im Vergleich zum GEG deutlich erweitert. In dicht bebauten innerstädtischen Gebieten kann sich der Einbau von Wärmepumpen komplizierter darstellen als in freistehenden Gebäuden, weshalb der Anschluss an ein bestehendes oder potenzielles Fernwärmenetz für Gebäudeeigentümer unter den Bedingungen des GEG naheliegend war. Unter den Regelungen des GModG jedoch könnten Gebäudeeigentümer wiederum Öl- und Gasheizungen einbauen. Passiert dies großflächig, dürfte die Anschlussquote von Fernwärmenetzen sinken, was den Netzausbau negativ beeinflusst und in manchen Szenarien sogar verunmöglicht. Zwar sieht das GModG auch vor, dass Vermieter:innen bei neu eingebauten fossilen Heizungen die Hälfte der CO₂-Kosten tragen müssen, ob dieser Anreiz stark genug ist, um sich stattdessen an Fernwärme anschließen zu lassen, ist zum jetzigen Zeitpunkt unklar. Hier kann selbstverständlich keine umfassende Voraussage über den tatsächlichen Einfluss der regulatorischen Änderungen getroffen werden. Dennoch kann anhand dieser aktuellen Dynamik nachvollzogen werden, wie sich Veränderungen der Faktoren möglicherweise auf das soziotechnische System des Hochlaufs von industrieller Abwärmenutzung auswirken.

Handlungsempfehlungen

Basierend auf den in der vorangehenden Studie dargestellten Ergebnissen lassen sich Handlungsempfehlungen ableiten, die darlegen, wie der Hochlauf von industrieller Abwärmenutzung sinnvoll unterstützt werden könnte.

Vor allem die von den Teilnehmenden formulierten Treiber im Kontext der diskutierten Einflussfaktoren stellen eine wichtige Quelle für eine solche Ableitung dar. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass seitens der Teilnehmenden überwiegend Konsens hinsichtlich der Problembereiche besteht, fördernde Aspekte – also Lösungsmöglichkeiten – dagegen eher in ganz unterschiedlichen Bereichen gesehen werden. Folglich sind einige der nachfolgenden Empfehlungen primär aus der Perspektive einzelner Akteurskreise abgeleitet und nicht repräsentativ für alle Stakeholder-Gruppen. Bei der Konzeption und Umsetzung entsprechender Maßnahmen müsste insofern zunächst analysiert werden, welche Auswirkungen sich für andere Bereiche ergeben, damit sich hieraus nicht neue Störfaktoren ergeben. Anders formuliert: Das Beziehungssystem der Faktoren muss immer als Ganzes betrachtet werden. Eingriffe müssen so gestaltet sein, dass sie die Interdependenzen im System berücksichtigen, um nicht-intendierte Nebenfolgen zu vermeiden. Im Fokus der hier dargelegten Handlungsempfehlungen steht die Stabilisierung des Kernsystems aus Infrastruktur und Wirtschaftlichkeit, um den Netzausbau mit Anschlüssen auf Seiten der Wärmeabgeber und -abnehmer zu synchronisieren.

Planungshorizonte absichern

Fernwärmenetze und industrielle Abwärmenutzung sind Projekte, die über einen Horizont von Jahrzehnten realisiert werden und Kooperation sehr unterschiedlich planender Akteure erfordern. Dazu muss durch regulatorische Anreize eine klare Wirtschaftlichkeitsperspektive aufgezeigt und abgesichert werden.

Regulatorik stabilisieren

Akteure brauchen Verlässlichkeit in den Rahmenbedingungen. Häufige Veränderungen in der Regulatorik hemmen die Bereitschaft, langfristige Investments zu tätigen.

Potenzialanalysen im Rahmen der Wärmeplanung weiter fördern

Die hohen Kosten für Leitungsausbau erfordern effizienten Einsatz industrieller Abwärme. Potenzialanalysen können Kommunen helfen, Kosten-Nutzen-Verhältnisse besser zu überblicken.

CO₂-Preis für Fernwärme dämpfen

Die Dekarbonisierung von Wärmenetzen ist eine langfristige Aufgabe. Damit der nötige Ausbau schon heute stattfinden und auch durch entsprechende Anschlussquoten gegenfinanziert werden kann, muss ein Mechanismus gefunden werden, mit dem der CO₂-Preis für Fernwärmenetze nicht zum Nachteil wird. Aktuell sind viele Wärmenetze noch von hohen CO₂-Emissionen gekennzeichnet, die einen erheblichen Kostennachteil gegenüber gebäudebezogenen Heizlösungen bedingen. Der Netzausbau und Anschluss von Endkund:innen kann jedoch nicht auf die Dekarbonisierung der Netze warten, sondern muss zeitgleich erfolgen.

Transparent kommunizieren

Gesellschaftliche Akzeptanz ist vor allem dort essenziell, wo noch großflächig Netze ausgebaut werden müssen. Dort sollte proaktiv über die prognostizierenden Kostenkurven von Fernwärme und bestehenden Heizlösungen informiert und damit über langfristige wirtschaftliche Perspektive aufgeklärt werden, damit die Nachfrage nach Fernwärme steigt. Darüber hinaus müssen die notwendigen Baustellen kommunikativ transparent begleitet werden und Lösungen für lokale Bedürfnisse gefunden werden, um Widerstände gegen den Netzausbau zu verringern.

Fernwärme mieter:innengerecht aufstellen

Mieter:innen können die Wahl der Heizlösung in der Regel nicht beeinflussen. Sie sind jedoch diejenigen, die Heizkosten final tragen müssen. Insbesondere weil für Fernwärme prädestinierte Gebiete typischerweise von Mietshäusern geprägt sind, darf Fernwärme für Mieter:innen nicht zur finanziellen Überlastung führen.

Herausforderungen kleinerer Netze adressieren

Abseits der großen Netze ist die Einbindung industrieller Abwärme oft mit einem Risiko der Verfügbarkeit durch Produktionsschwankungen verbunden. Hier können Förderungen für Redundanzen helfen, die Potentiale dennoch zu heben.

Perspektive für KMU schaffen

Um Abwärmenutzung zu skalieren und auch in kleineren Kommunen besser möglich zu machen, brauchen KMU Unterstützung durch realerprobte Best-Practice-Lösungen zur technischen Implementierung, aber auch zur Vertragsgestaltung.

Die hier dargelegten Handlungsempfehlungen unterstreichen nochmals das Kernergebnis der vorangehenden Analysen: In den Stakeholder-Diskussionen des NRL Transformation Labs wurde deutlich, dass der Hochlauf von industrieller Abwärmenutzung in der Regel nicht durch Einzelmaßnahmen erreichbar ist. Vielmehr ist ein ganzheitliches Verständnis des komplexen Wirkungsgeflechts unabdingbar, um die notwendige Transformation des Energiesystems sinnvoll zu unterstützen.

Literaturverzeichnis

Arndt, Pia (2022): Transformation und Gesellschaft: Ein Stimmungsbild – Studie zur Energiewende und der Akzeptanz von Wasserstoff; repräsentative Online-Erhebung 2022. Abrufbar unter: <https://norddeutsches-reallabor.de/presse/#studien>, (letzter Abruf 22.10.2025).

Arndt, Pia & Saidi, Astrid (2022): Auf dem Weg zur Klimaneutralität: Einflussgrößen für eine gelingende Transformation des Energiesystems; Einblicke in die Perspektiven von Akteur* innen. Abrufbar unter: <https://norddeutsches-reallabor.de/presse/#studien>, letzter Abruf 22.10.2025).

Geels, Frank W. (2019): Socio-technical transitions to sustainability: a review of criticisms and elaborations of the Multi-Level Perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 39, S. 187-201. DOI: 10.1016/j.cosust.2019.06.009 (letzter Abruf 22.10.2025).

Jaede, Robin, Meyer-Ghosh, Sandra & Saidi, Astrid (2025): Die „Transformation Labs“ – ein integrierter Nachhaltigkeitsforschungsprozess von Expert_innenbefragung bis Szenarioanalyse. *Methodenportfolio zur Aggregation komplexer Wissensbestände*, In: Leal Filho, Walter (Hg.): *Innovative Ansätze für die Nachhaltigkeitslehre und Forschung in der Hochschulbildung*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, S. 439-455.

Kelle, Udo (2017): Die Integration qualitativer und quantitativer Forschung – theoretische Grundlagen von „Mixed Methods“. *KZfSS Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 69 (Suppl. 2), S. 39-61.

Kosow, Hannah & Gaßner, Robert (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse: Überblick, Bewertung und Auswertungskriterien. *IZT Werkstattbericht*, 103, S. 1-89.

Kosow, Hannah & León, Christian D. (2024): Die Szenariotechnik als Methode der Experten- und Stakeholdereinbindung. In: Niederberger, Marlen, & Wassermann, Sandra (Hg.): *Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung*. Wiesbaden: Springer VS, S. 217-242. DOI: 10.1007/978-3-658-01687-6 (letzter Abruf 22.10.2025).

Rädiker, Stefan & Kuckartz, Udo (2019): *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Steier, Frederick, Gyllenpalm, Bo, Brown, Juanita & Bredemeier, Sabine (2008): World Café. Förderung der Teilhabekultur. In: Kersting, Norbert (Hg.): *Politische Beteiligung. Einführung in dialogorientierte Instrumente politischer und gesellschaftlicher Partizipation*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 167-180.

Umweltbundesamt (2018): Transformative Umweltpolitik: Nachhaltige Entwicklung konsequent fördern und gestalten. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Abrufbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/transformative_umweltpolitik_nachhaltige_entwicklung_konsequent_foerdern_und_gestalten_bf.pdf (letzter Abruf 24.11.2025).

Umweltbundesamt (Hg.) (2020): Transformative Umweltpolitik: Ansätze zur Förderung gesellschaftlichen Wandels. Texte, 07/2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.18022.78404 (letzter Abruf 24.11.2025).

Weimer-Jehle, Wolfgang, Prehofer, Sigrid & Hause, Wolfgang (2015): Kontextszenarien der deutschen Energiewende: Eine Datenerhebung zur Analyse gesellschaftlich-politischer Rahmenbedingungen einer sozio-technischen Transformation. Abrufbar unter: <https://elib.uni-stuttgart.de/items/32a1ba68-d602-48b0-94d1-88fcc28dc667> (letzter Abruf 22.10.2025)

Weimer-Jehle, Wolfgang (2023): Einführung in die Cross-Impact-Bilanzanalyse (CIB). Wege zur qualitativen System- und Szenarioanalyse. Wiesbaden: Springer Gabler. DOI: 10.1007/978-3-658-41497-9 (letzter Abruf 22.10.2025).

Szenariotableau

Legende: Die Szenarien werden in ihren jeweiligen Spalten von oben nach unten gelesen. In den einzelnen Zeilen findet sich die in diesem Szenario aktive *Ausprägung*, das heißt diejenige, die mit den übrigen neun in diesem Szenario am besten harmoniert.

Lesebeispiel Szenario 4: Regulatorische *Nutzungsanreize* und *transparente Genehmigungsverfahren* sind genauso Teil dieses Zukunftsszenarios wie *Netzanschlüsse* und eine *stabile Verfügbarkeit* von Wärme. Das Szenario geht von einer *hohen* Technologiereife und Großprojekten aus, die *Lerneffekte* generieren. Die Bevölkerung *fragt* Fernwärme *nach* und die wirtschaftliche Perspektive ist *gut*. Allerdings besteht in diesem Szenario ein *Fachkräftemangel* und durch einen *Förderdschungel* sind Förderungen mitunter schwierig zu erhalten.

Kriterium	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
OK 1 Regulatorik	Nutzungsanreize										reg Hürden				
OK 2 Genehmigungen	Transparenz und Kommunikation	Verzögerung	Transparenz und Kommunikation	Verzögerung									Transparenz und Kommunikation		
OK 3 Förderung	Weitere Förderung	Förderdschungel											Förderkonkurrenz		
OK 4 Infrastruktur	Netzausbau								bestehendes Wärmernetz		Flächenknappheit				
OK 5 Verfügbarkeit	Stabilität							Volatilität							
OK 7 Technologiereife	Hoch									Technologie-konkurrenz		Ausbaufähig		Technologie-konkurrenz	
OK 8 Wirtschaftlichkeit	Gute Perspektive							Perspektivische Unsicherheiten				Unwirtschaftlich			
OK 9 Großprojekte	Lernfläche	Scheitern	Lernfläche												
OK 10 Fachkräfte	Ausbildung		Mangel		Ausbildung		Mangel								
OK 11 Akzeptanz	Nachfrage								Eingriffe in den Alltag						

SZEN. 14	SZEN. 15	SZEN. 16	SZEN. 17	SZEN. 18	SZEN. 19	SZEN. 20	SZEN. 21	SZEN. 22	SZEN. 23	SZEN. 24	SZEN. 25	
Nutzungsanreize			reg Hürden					Nutzungsanreize			reg Hürden	
Verzögerung												
Förderdschungel						Förder- konkurrenz	Förderdschungel					Förder- konkurrenz
Netz- anschlüsse	bestehendes Wärmenez	Flächen- knappheit	bestehendes Wärmenez	Flächenknappheit				Netz- anschlüsse	bestehendes Wärmenez	Flächenknappheit		
Stabilität	Volatilität											
Hoch	Ausbaufähig	Technologiekonkurrenz					Hoch	Technologie- konkurrenz				
Gute Perspektive	Perspektivische Unsicherheiten						Unwirtschaftlich					Scheitern
Ausbildung												

SZEN. 26	SZEN. 27	SZEN. 28	SZEN. 29	SZEN. 30	SZEN. 31	SZEN. 32	SZEN. 33	SZEN. 34	SZEN. 35	SZEN. 36	SZEN. 37	SZEN. 38	SZEN. 39	SZEN. 40	SZEN. 41	SZEN. 42				
Nutzungsanreize								reg Hürden					Nutzungs- anreize	reg Hürden	Nutzungs- anreize	reg Hürden				
Förderdschungel								Förder- konkurrenz	Förderdschungel								Förderkonkurrenz			
								Netz- anschlüsse	bestehendes Wärmenetz	Netz- anschlüsse	bestehendes Wärmenetz	Flächenknappheit				bestehendes Wärmenetz	Flächenknappheit	bestehendes Wärmenetz	Flächenknappheit	
Stabilität								Volatilität												
Hoch				Ausbaufähig		Technologiekonkurrenz		Hoch									Ausbaufähig		Technologiekonkurrenz	
Gute Perspektive		Perspektivische Unsicherheiten						Unwirtschaftlich												
Mangel																				
Kostenbedenken																				

Norddeutsches Reallabor

Teilvorhaben 3.1 “Industrielle Transformation und gesellschaftliche Teilhabe”

Verantwortlich

Prof. Dr. Simon Güntner
*Professor für Sozialwissenschaften/
Sozialpolitik*

CC4E/HAW Hamburg
Raum 4.28
Alexanderstraße 1
20099 Hamburg

Layout

Marc Weidemüller
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Autor:innen

Robin Jaede
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Henry Krull
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Matthäus Blonski
Studentischer Mitarbeiter

Dr. Sandra Annika Meyer-Ghosh
Projektleitung

Norddeutsches Reallabor

CC4E/HAW Hamburg
Steindam 96
20099 Hamburg

Norddeutsches Reallabor

Das Norddeutsche Reallabor (NRL) ist ein innovatives Verbundprojekt, das neue Wege zur Klimaneutralität aufzeigt. Dazu werden Produktions- und Lebensbereiche mit besonders hohem Energieverbrauch schrittweise defossilisiert – insbesondere in der Industrie, aber auch in der Wärmeversorgung und dem Mobilitätssektor. Hinter dem im April 2021 gestarteten Projekt steht eine wachsende Energiewende-Allianz mit mehr als 50 Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik. Das Großprojekt hat eine Laufzeit von sechs Jahren (04/2021-03/2027). Dabei beträgt das Investitionsvolumen der beteiligten Partner rund 200 Mio. Euro. Als Teil der Förderinitiative „Reallabore der Energiewende“ wird das Projekt mit rund 30 Mio. Euro durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert. Weitere Fördermittel werden durch das Bundesministerium für Verkehr (BMV) bereitgestellt. Das NRL versteht sich als ausbaufähige Plattform für weitere Projekte.

www.norddeutsches-reallabor.de

E-Mail: transformation-labs@norddeutsches-reallabor.de

