

Arbeitspapier:

Energiewendeforschungs- Roadmap

für das Land Schleswig-Holstein

Gebäude & Wärme



Transformationspfade zur Klimaneutralität 2040

Stand 08/2026

Inhalt

1. Executive Summary	2
2. Hintergrund und Zielsetzung der Roadmap	3
3. Methodik „Visual Roadmapping“	4
3.1. Die vier Dimensionsebenen	5
3.2. Transformationspfade	6
4. Die vier Dimensionsebenen des Fokusbereiches Gebäude & Wärme	6
4.1. Input: Gesellschaftliche, politische und institutionelle Rahmenbedingungen	7
4.2. Output: Technologische Innovationen und wissenschaftliche Erkenntnisse	7
4.3. Outcome: Wirkungsebene in Sektoren und Anwendungen	8
4.4. Impact: Gesellschaftliche Ziele und langfristige Wirkungen	9
4.5. Zusammenfassung der IOOI-Ebenen	9
5. Transformationspfade	10
5.1. Gebäude als aktive Elemente des Energiesystems	10
5.2. Integrierte Steuerung der Wärmewende etablieren	11
5.3. Wärmewende durch funktionierende und attraktive Märkte ermöglichen	13
5.4. Offene Werkzeuge und Akteurspartizipation in Planungsprozessen	14
5.5. Zwischenfazit	15
6. Handlungsoptionen	15
7. Zusammenfassung und Ausblick	17
8. Anhang	18

1. Executive Summary

Die Energiewendeforschungs-Roadmap für das Fokusfeld Gebäude & Wärme beschreibt den wissenschaftlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität im Gebäude- und Wärmesektor in Schleswig-Holstein bis zum Jahr 2040. Sie entstand in einem partizipativen Prozess unter Beteiligung der Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen des Landes und dient als strategischer Orientierungsrahmen für Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft.

Die angewandten Methoden Visual Roadmapping und Backcasting ermöglichen die systematische Verknüpfung langfristiger Zielbilder mit den hierfür erforderlichen technologischen, gesellschaftlichen und institutionellen Entwicklungsschritten. Im Mittelpunkt steht die Erkenntnis, dass die Wärmewende und die Transformation des Gebäudebestandes nur durch das Zusammenspiel technologischer Innovationen, geeigneter politischer Rahmenbedingungen, funktionierender Märkte, einer integrierten Planung und der Einbindung aller relevanten Akteursgruppen gelingen kann. Wissenschaft übernimmt dabei eine Schlüsselrolle, indem sie neue Technologien und digitale Werkzeuge entwickelt, Entscheidungsgrundlagen erarbeitet und adressatengerecht aufbereitet sowie die Umsetzung von Maßnahmen wissenschaftlich begleitet.

Die Roadmap bündelt die identifizierten Forschungsbedarfe in vier beispielhafte Transformationspfade, die zentrale Entwicklungslinien, also die wesentlichen Veränderungsprozesse auf dem Weg zur Klimaneutralität, beschreiben: Gebäude als aktive Elemente des Energiesystems, eine integrierte Steuerung der Wärmewende, attraktive Markt- und Geschäftsmodelle sowie offene Planungswerkzeuge und eine breite Akteursbeteiligung. Gemeinsam zeigen sie auf, wie sich technologische, infrastrukturelle, regulatorische und gesellschaftliche Entwicklungen bis 2040 entfalten müssen, damit wissenschaftliche Erkenntnisse in wirksame und langfristig tragfähige Prozesse überführt werden können. Gleichzeitig machen sie deutlich, welchen Beitrag Forschung zur Transformation der Wärmeversorgung und des Gebäudebestandes, zur Resilienz der Energieinfrastruktur und zur regionalen Wertschöpfung leisten kann.

Aus den Transformationspfaden lassen sich zentrale Handlungsoptionen ableiten. Dazu gehören die Beschleunigung und Weiterentwicklung der kommunalen Wärmeplanung als strategische Grundlage für die Wärmewende, die Transformation und Digitalisierung von Wärmeversorgungssystemen sowie die Schaffung geeigneter Planungs- und Entscheidungsgrundlagen. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse die Bedeutung passender Rahmenbedingungen, neuer Umsetzungsansätze wie Reallabore sowie des Wissenstransfers und der frühzeitigen Einbindung relevanter Akteure auf, um Forschungsergebnisse erfolgreich in die Praxis zu überführen.

Die Roadmap dient zugleich als Grundlage für die strategische Ausrichtung der Energiewendeforschung und die Weiterentwicklung von Fördermaßnahmen auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene. Als dynamisches Instrument wird sie kontinuierlich fortgeschrieben und an neue wissenschaftliche, technologische und gesellschaftliche Entwicklungen angepasst.

2. Hintergrund und Zielsetzung der Roadmap

Schleswig-Holstein verfolgt das Ziel, bis 2040 Klimaneutralität zu erreichen. Mit dem Leitbild eines „klimaneutralen Industrielandes 2040“ definiert das Land eine langfristige Transformationsperspektive. Für das Fokusfeld Gebäude & Wärme ergibt sich das Zielbild einer klimaneutralen, wirtschaftlich tragfähigen und resilienten Wärmeversorgung in einem integrierten und partizipativen Gebäudesektor. Die rechtliche Grundlage bildet das [Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein](#), das die langfristigen Klimaschutzziele des Landes verankert und den Rahmen für den Transformationspfad zur Klimaneutralität setzt.

[Das Landeskompetenzzentrum Energiewendeforschung bei der EKSH](#) hat unter Einbezug aller Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Land eine Energiewendeforschungs-Roadmap im Fokusfeld Gebäude & Wärme für Schleswig-Holstein erarbeitet. Ziel der Roadmap ist es, die Forschungsaktivitäten im Land strategisch auszurichten und einen gemeinsamen Orientierungsrahmen für Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zu schaffen.

Die Erarbeitung der Roadmap im Fokusfeld Gebäude & Wärme erfolgte in einem mehrstufigen Prozess unter Einbindung der Forschenden aus Schleswig-Holstein. Der Auftakt erfolgte durch einen Kick-off-Workshop im Juli 2025, in dem erste Themen, Forschungsbedarfe und Transformationspfade für das Fokusfeld Gebäude & Wärme identifiziert wurden. Diese Erkenntnisse und Ergebnisse wurden in einem Präsenzworkshop an der Technischen Hochschule Lübeck im November 2025 weiterentwickelt, ergänzt und gemeinsam validiert. Im Februar 2026 fand ein vertiefender Workshop statt, der sich explizit mit den methodischen Grundlagen des „Visual Roadmapping“ und insbesondere der vom Institut für Innovation und Technik (iit) entwickelten „IOOI-Logik“ (siehe Kapitel Methodik) befasste. Gleichzeitig wurden im Rahmen des Workshops die zentralen Themen, Herausforderungen und Entwicklungsperspektiven der beteiligten Forschenden gesammelt und in die Roadmap eingebracht. Die dort erarbeiteten Ergebnisse bildeten die Grundlage für die Priorisierung der identifizierten Forschungsbedarfe im Fokusfeld und deren Zusammenführung zu Transformationspfaden in der Roadmap.

Die vorliegende Roadmap ist somit ein Produkt der eingebrachten Beiträge und Perspektiven der beteiligten Forschenden. Ihre Forschungsexpertise wurden in Transformationspfaden zusammengeführt, die einen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität leisten können. Die Roadmap wird in einem iterativen Prozess kontinuierlich aktualisiert und fortgeschrieben sowie bei aktuellen Entwicklungen angepasst.

Grundlage für den Prozess bildet die Methodik des „Visual Roadmapping“, mit der das Landeskompetenzzentrum Energiewendeforschung Schleswig-Holstein unterschiedliche Perspektiven, Bedarfe und Zukunftsvisionen aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zusammenführt.

Die Roadmap dient den Forschenden zur Ausrichtung ihrer Forschung, den Hochschulpräsidien zur strategischen Schwerpunktsetzung sowie Akteurinnen und Akteuren aus Energiepolitik, Wirtschaft und Gesellschaft als Orientierungsrahmen für die Weiterentwicklung der Energiewende in Schleswig-Holstein bis 2040. Gleichzeitig verfolgt sie das Ziel, Fördermittel nach Schleswig-Holstein zu leiten, indem die Förderkulisse auf Bundes- und EU-Ebene durch Aufzeigen der Forschungsbedarfe dahingehend gestaltet wird, dass diese weitgehend in Förderprogramme einfließen.

Darüber hinaus bildet sie eine strategische Grundlage für die thematische Ausrichtung des Landesförderfonds Energiewendeforschung (LEF), sodass zukünftige Fördermaßnahmen gezielt, auf die in der Roadmap identifizierten, technologischen Innovationen und wissenschaftlichen Erkenntnisse (Outputs, s. 4.2) ausgerichtet werden können.

3. Methodik „Visual Roadmapping“

Das Landeskompetenzzentrum Energiewendeforschung Schleswig-Holstein setzt die Methodik „[Visual Roadmapping](#)“ ein, um unterschiedliche Perspektiven, Bedarfe und Visionen aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zusammenzuführen. Damit dient die Roadmap den Forschenden selbst zur Ausrichtung ihrer Forschung, Hochschulpräsidien zur Schwerpunktsetzung sowie Energiepolitik, Wirtschaft und Gesellschaft zur Orientierung.

Visual Roadmapping ist ein **Orientierungsinstrument der strategischen Vorausschau**, mit dem komplexe Transformationsprozesse über längere Zeiträume hinweg strukturiert betrachtet werden können. Es wird eingesetzt, um **mögliche Transformationspfade** sichtbar zu machen, Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Themenfeldern zu verstehen und langfristige Zielbilder mit heutigen Entscheidungen in Beziehung zu setzen. Roadmapping zielt dabei nicht auf Prognosen, sondern auf **Orientierung und gemeinsame Verständigung**.

Roadmapping hilft dabei, **Komplexität handhabbar** zu machen, ohne sie zu reduzieren. Es zeigt auf, welche **Entwicklungen** zeitlich aufeinander aufbauen, wo **Abhängigkeiten** bestehen und an welchen Stellen gezielte Impulse besonders wirksam sein können. In der Energiewende, die durch Unsicherheiten, dynamische Rahmenbedingungen und vielfältige Akteurskonstellationen geprägt ist, unterstützt Roadmapping den Dialog über Prioritäten und mögliche Entwicklungspfade.

Gleichzeitig ist Roadmapping kein Umsetzungs- oder Maßnahmenplan. Die ausgearbeitete Roadmap ersetzt weder politische Entscheidungen noch detaillierte Fach- oder Investitionsplanungen. Sie abstrahiert bewusst von einzelnen Technologien und kurzfristigen Maßnahmen, um eine **konzeptionelle Gesamtsicht** zu ermöglichen. Ihr Mehrwert liegt darin, Lernprozesse zu strukturieren, unterschiedliche Sichtweisen zu integrieren und **strategische Orientierung** für die weitere Ausarbeitung zu geben. Dabei werden **notwendige Zwischenschritte** auf dem Weg zur Klimaneutralität 2040 sichtbar gemacht und der **Beitrag wissenschaftlicher Forschung** hervorgehoben, der erforderlich ist, um ambitionierte Zielsetzungen in **umsetzbare Transformationspfade** zu überführen.

Die Erstellung der Roadmap erfolgt durch die Kombination zweier methodischer Ansätze:

Backcasting

Von der Zielperspektive 2040 wird rückwärts analysiert:

- welche systemischen Veränderungen (Outcome) bis dahin erreicht sein müssen,
- welche technologischen und nicht-technologischen Ergebnisse (Output) benötigt werden,
- welche Rahmenbedingungen (Input) vorab zu schaffen sind.

Roadmapping

Von heute aus werden zeitliche Sequenzen, Meilensteine, kritische Entscheidungen und Abhängigkeiten vorwärts kartiert, wobei der Status quo bestehende und zeitlich übergreifende Themen umschreibt. Die Kombination beider Methoden ermöglicht ein konsistentes Verständnis der notwendigen Transformationspfade. Die Zeitachse wird nicht kontinuierlich, sondern in 5-Jahres-Zeiträumen von z.B. 2030 bis 2035 angegeben.

3.1. Die vier Dimensionsebenen

Die Roadmap wird entlang einer Zeitachse von heute bis 2040 (Zielperspektive) entwickelt. Vertikal gliedert sie den Transformationsprozess in vier kohärente Dimensionsebenen, die sowohl den Forschungsprozess als auch den gesellschaftlichen Wandel abbilden.

Input

Gesellschaftliche, politische und institutionelle Rahmenbedingungen

Die Input Parameter für die Forschungslandschaft sind immanent wichtig für eine erfolgreiche Durchführung und Begleitung der Energiewendeforschung. Dies betrifft sowohl regulatorische Grundlagen und spezifische Anforderungen des Fokusfeldes Gebäude & Wärme als auch förderpolitische Ausprägungen und Calls aus Land, Bund und EU. Diese Ebene wurde während der vorbereitenden Workshops zur Erstellung der Roadmap bisher nicht explizit bespielt und gefüllt, soll aber perspektivisch mit Inhalten gefüllt werden, wenn sich Ergebnisse und weitere Erkenntnisse der avisierten Output- und Outcome-Ebenen manifestieren. Dieser Prozess steht ganz im Licht des Backcasting-Ansatzes und paust die Anforderungen und Ausprägungen der Output, Outcome und Impact-Ebenen bis zur Input-Ebene durch. Diese Schritte werden in der iterativen Arbeit an den Dokumenten zur Roadmap erfolgen und innerhalb der Fokusfeldgruppe abgestimmt.

Output

Technologische Innovationen und wissenschaftliche Erkenntnisse

Die vorliegende Roadmap macht deutlich, dass Klimaneutralität 2040 nicht allein durch den Ausbau einzelner Technologien erreichbar ist, sondern auf einer kontinuierlichen wissenschaftlichen Begleitung, Weiterentwicklung und Integration komplexer Energiesysteme beruht. Die Output-Ebene beschreibt dabei jene technologischen Innovationen, methodischen Ansätze und wissenschaftlichen Erkenntnisse, die notwendig sind, um politische Zielsetzungen, gesellschaftliche Erwartungen und wirtschaftliche Anforderungen in tragfähige Transformationspfade zu überführen. Die Wissenschaft übernimmt in diesem Verständnis eine doppelte Rolle: Zum einen entwickelt sie neue technische, digitale und systemische Lösungen, zum anderen schafft sie die Wissensgrundlagen, um Wechselwirkungen, Zielkonflikte und Skalierungsfragen frühzeitig zu erkennen. Die Output-Ebene bildet damit das zentrale Bindeglied zwischen heutigen Forschungsaktivitäten und den späteren Wirkungen auf Energiesystem, Wirtschaft und Gesellschaft.

Outcome

Wirkungsebene in Sektoren und Anwendungen

Die Outcome-Ebene der Roadmap zeigt, wie sich wissenschaftliche Erkenntnisse, technologische Entwicklungen und politische Rahmenbedingungen in konkrete Wirkungen in Sektoren und Anwendungen übersetzen. Sie beschreibt den Übergang von ersten, vergleichbaren Effekten hin zu integrierten, flexiblen und resilienten Systemen. Entscheidend ist dabei das Zusammenspiel von Technologien, Marktmechanismen und Akteursentscheidungen. Die Outcome-Ebene macht sichtbar, wo Transformation

tatsächlich greift, im Betrieb von Energie- und Wärmeversorgungssystemen für Gebäude, in industriellen Wertschöpfungsketten und in der praktischen Umsetzung, und wie Forschung dazu beiträgt, diese Wirkungen systematisch zu ermöglichen und zu stabilisieren.

Impact

Impact und gesellschaftliche Missionen

Die Impact-Ebene der Roadmap beschreibt die langfristigen gesellschaftlichen Wirkungen der Transformation und ihren Beitrag zur Zukunftsfähigkeit des Standorts Schleswig-Holstein. Sie zeigt, wie sich aus technologischen, institutionellen und sozialen Veränderungen eine neue klimaneutrale Normalität in Schleswig-Holstein entwickelt. Forschung leistet dabei einen zentralen Beitrag, indem sie Wirkungen nachvollziehbar macht, Zielkonflikte sichtbar hält und belastbare Grundlagen für Entscheidungen schafft. Auf dieser Basis kann sich Schleswig-Holstein als wettbewerbsfähiger, klimaneutraler Industrie-, Energie- und Wirtschaftsstandort etablieren, der Bezahlbarkeit, Resilienz und ökologische Verantwortung dauerhaft miteinander verbindet.

3.2. Transformationspfade

Im Prozess des Roadmappings identifizierten die Forschenden und Koordinatorinnen und Koordinatoren der Fokusfelder zentrale Transformationspfade, die aufzeigen, wie wissenschaftliche Erkenntnisse und technologische Entwicklungen schrittweise zur Erreichung der Klimaneutralität in Schleswig-Holstein im Jahr 2040 beitragen können. Diese Transformationspfade strukturieren die komplexe Gesamtentwicklung in nachvollziehbare, zeitlich und kausal verknüpfte Entwicklungslinien und verdeutlichen das Zusammenspiel der verschiedenen Impulse. Das heißt wie sich technologische, infrastrukturelle, regulatorische und gesellschaftliche Entwicklungen innerhalb des Fokusfeldes bis 2040 entfalten müssen auf dem Weg zur Klimaneutralität.

Die entwickelten Transformationspfade sind bewusst nicht als abschließende oder vollständige Abbildung aller relevanten Forschungsbedarfe zu verstehen. Sie erheben keinen Anspruch darauf, sämtliche notwendigen Entwicklungen innerhalb eines Forschungsfeldes zu erfassen oder andere Handlungsbedarfe auszuschließen. Vielmehr identifizieren sie zentrale Entwicklungslinien, entlang derer wissenschaftliche Beiträge in Schleswig-Holstein wirksam zur Umsetzung der Energiewende beitragen können.

4. Die vier Dimensionsebenen des Fokusfeldes Gebäude & Wärme

Ausgehend vom heutigen Stand bis zur angestrebten Zukunftsperspektive 2040 wird die Roadmap entlang einer Zeitachse entwickelt. Der Transformationsprozess wird dabei in vier aufeinander abgestimmte Dimensionsebenen gegliedert, welche die Dynamik des Forschungsprozesses ebenso wie die gesellschaftliche Transformation erfassen und den Weg von regulatorischen Rahmenbedingungen über wissenschaftliche Erkenntnisse und technologische Anwendungen bis hin zu den langfristigen Wirkungen der Transformation nachvollziehbar darstellen.

4.1. Input: Gesellschaftliche, politische und institutionelle Rahmenbedingungen

Die Input Parameter für die Forschungslandschaft sind immanent wichtig für eine erfolgreiche Durchführung und Begleitung der Energiewendeforschung. Dies betrifft sowohl regulatorische Grundlagen und spezifische Anforderungen des Fokusfeldes Gebäude & Wärme, als auch förderpolitische Ausprägungen und Calls aus Land, Bund und EU. Diese Ebene wurde während der vorbereitenden Workshops zur Erstellung der Roadmap für das Fokusfeld Gebäude & Wärme nicht explizit bespielt und gefüllt, sollte aber im Nachgang und im weiteren Prozess mit Inhalten gefüllt werden. Im Zuge dessen wurden nach den Workshops Gespräche mit einzelnen Forschenden geführt, aus denen erste zentrale Rahmenbedingungen für die Input-Ebene abgeleitet werden konnten.

Heute bis 2030 (Fokus auf gesellschaftliche und ökonomische Rahmenbedingungen):

- Soziale Absicherung: Entwicklung von Unterstützungsmechanismen zur Sicherstellung einer sozial gerechten Transformation im Gebäude- und Wärmesektor.
- Preis-, Anreiz- und Marktmechanismen: Schaffung verlässlicher ökonomischer Rahmenbedingungen und Lenkungswirkungen für klimaneutrale Gebäude und Wärmeversorgung.

2030 bis 2040 (Fokus auf langfristige Rahmenbedingungen):

- Forschungs- und rechtsbasierte Rahmenbedingungen: Interdisziplinäre Entwicklung neuer Forschungsgrundlagen, rechtlicher Rahmenbedingungen und Governance-Ansätze für eine klimaneutrale Wärmeversorgung.

4.2. Output: Technologische Innovationen und wissenschaftliche Erkenntnisse

Die vorliegende Roadmap macht deutlich, dass Klimaneutralität 2040 nicht allein durch den Ausbau einzelner Technologien erreichbar ist, sondern auf einer kontinuierlichen wissenschaftlichen Begleitung, Weiterentwicklung und Integration komplexer Energiesysteme beruht. Die Output-Ebene beschreibt dabei jene technologischen Innovationen, methodischen Ansätze und wissenschaftlichen Erkenntnisse, die notwendig sind, um politische Zielsetzungen, gesellschaftliche Erwartungen und wirtschaftliche Anforderungen in tragfähige Transformationspfade zu überführen.

Wissenschaft übernimmt in diesem Verständnis eine doppelte Rolle: Zum einen entwickelt sie neue technische, digitale und systemische Lösungen, zum anderen schafft sie die Wissensgrundlagen, um Wechselwirkungen, Zielkonflikte und Skalierungsfragen frühzeitig zu erkennen. Die Output-Ebene bildet damit das zentrale Bindeglied zwischen heutigen Forschungsaktivitäten und den späteren Wirkungen auf Energiesystem, Wirtschaft und Gesellschaft.

Heute bis 2030 (Fokus auf Entwicklung & Planung):

- Systematisierung und Monitoring: Aufbau von Systemverständnis und Monitoring für die Wärmewende und Transformation im Gebäudebestand. Systemzusammenhänge schaffen eine Grundlage für fundierte Entscheidungen.

- Technologie: Weiterentwicklung und Erprobung hocheffizienter Wärmeerzeugungstechnologien (z.B. Wärmepumpen, Solarthermie) und Speicherlösungen und deren Zusammenwirken mit Gebäuden und Nutzerverhalten.
- Planungstools: Digitale Werkzeuge und Modelle unterstützen die kommunalen Wärmeplanungen sowie die Analyse, Optimierung und Entscheidungsfindung.
- Geschäftsmodelle: Erarbeitung neuer Betreibermodelle und Finanzierungskonzepte für energetische Sanierungen und Heizungstausch.
- Standardisierung: Praxistaugliche Lösungen schaffen eine Grundlage für eine schnellere Umsetzung.

2030 bis 2035 (Fokus auf Evaluation und Optimierung):

- Skalierung und sektorübergreifende Kopplung (Power-to-Heat – Systemintegrationsebene, Wärme wird stärker mit Strom- und anderen Energiesektoren gekoppelt, mehr Effizienz und Flexibilität.).
- Optimierung der Infrastrukturen (Wärmenetze 4.0) beschreibt die technische Umsetzungsebene, Wärmenetze werden intelligenter, flexibler und an zukünftige Anforderungen angepasst.

2035 bis 2040 (Fokus auf Finalisierung):

- Letzte technologische Feinjustierung zur Erreichung der vollständigen Dekarbonisierung.

4.3. Outcome: Wirkungsebene in Sektoren und Anwendungen

Die Outcome-Ebene der Roadmap zeigt, wie sich wissenschaftliche Erkenntnisse, technologische Entwicklungen und politische Rahmenbedingungen in konkrete Wirkungen in Sektoren und Anwendungen übersetzen. Sie beschreibt den Übergang von ersten, vergleichbaren Effekten hin zu integrierten, flexiblen und resilienten Systemen. Entscheidend ist dabei das Zusammenspiel von Technologien, Marktmechanismen und Akteursentscheidungen. Die Outcome-Ebene macht sichtbar, wo Transformation greift, im Betrieb von Energiesystemen, in industriellen Wertschöpfungsketten und in der praktischen Umsetzung, und wie Forschung dazu beiträgt, diese Veränderungen umzusetzen und langfristig zu sichern.

Heute bis 2030 (Implementierung & Markthochlauf):

- Sanierung, Standards und Rahmenbedingungen: Steigerung der Sanierungsrate, Flexibilisierung von Gebäudestandards, gezielte Förderung und verlässliche Rahmenbedingungen schaffen die Grundlage für die Wärmewende.
- Umsetzungskompetenz: Relevante Akteursrollen werden verstanden und notwendige Kompetenzen durch die Qualifizierung von Fachkräften im Handwerk und in der Planung aufgebaut.
- Quartiersansätze: Umsetzung von integrierten energetischen Quartierskonzepten.
- Wärmenetze: Ausbau und Dekarbonisierung von Fern- und Nahwärmenetzen.

2030 bis 2035 (Flächendeckende Anwendung):

- Standardisierung von Sanierungsprozessen (z.B. seriell Sanieren).

- Weitgehende Ablösung fossiler Heizsysteme in der Fläche.

2035 bis 2040 (Zielerreichung):

- Vollständig klimaneutraler Gebäudebestand und Wärmeversorgungssysteme im ganzen Land.

4.4. Impact: Gesellschaftliche Ziele und langfristige Wirkungen

Die Impact-Ebene der Roadmap beschreibt die langfristigen gesellschaftlichen Wirkungen der Transformation und ihren Beitrag zur Zukunftsfähigkeit des Standorts Schleswig-Holstein. Sie zeigt, wie sich aus technologischen, institutionellen und sozialen Veränderungen eine neue klimaneutrale Normalität in entwickelt. Forschung leistet dabei einen zentralen Beitrag, indem sie Wirkungen nachvollziehbar macht, Zielkonflikte sichtbar hält und belastbare Grundlagen für Entscheidungen schafft. Auf dieser Basis kann sich Schleswig-Holstein als wettbewerbsfähiger, klimaneutraler Industrie-, Energie- und Wirtschaftsstandort etablieren, der Bezahlbarkeit, Resilienz und ökologische Verantwortung dauerhaft miteinander verbindet.

Kurz- bis mittelfristig (Struktureller Wandel):

- Versorgungssicherheit: Aufbau eines resilienten und unabhängigen Energiesystems.
- Akzeptanz: Sicherstellung der sozialen Teilhabe und Akzeptanz der Wärmewende in der Bevölkerung.
- Wirtschaftlichkeit: Stärkung der regionalen Wertschöpfung in Schleswig-Holstein.

Langfristig bis 2040 (Klimaneutralität):

- Hauptziel: Erreichung eines klimaneutralen Gebäudesektors bis 2040.
- Nachhaltigkeit: Etablierung einer nachhaltigen, ressourceneffizienten und bezahlbaren Wärmeversorgung als Standortvorteil für das Bundesland.

4.5. Zusammenfassung der IOOI-Ebenen

Phase 1 (Bis ca. 2030):

Investitionen in Forschung für einen qualitativ hochwertigen Forschungs-Output und die Schaffung von Transferstrukturen für die Anwendung (Outcome), um die Dynamik für den Wandel zu erzeugen.

Phase 2 (2030–2035):

Fokus auf die Skalierung auch in der Breite. Die Innovationen werden zum Standard in der Bau- und Energiewirtschaft.

Phase 3 (Bis 2040):

Konsolidierung und finale Zielerreichung. Der Impact manifestiert sich in der vollständigen Klimaneutralität des Sektors.

5. Transformationspfade

Die im Roadmapping-Prozess entwickelten Transformationspfade zeigen auf, wie technologische, infrastrukturelle, regulatorische und gesellschaftliche Entwicklungen innerhalb des Fokusfeldes Gebäude & Wärme bis 2040 zusammenwirken müssen, um Klimaneutralität in Schleswig-Holstein zu erreichen. Sie strukturieren den Wandel in nachvollziehbare, zeitlich und kausal verknüpfte Entwicklungslinien und machen zentrale Wechselwirkungen sichtbar.

Die Transformationspfade verstehen sich dabei nicht als vollständige Abbildung aller Forschungs- und Handlungsbedarfe. Vielmehr benennen sie zentrale Entwicklungslinien, entlang derer wissenschaftliche Erkenntnisse und Innovationen einen wirksamen Beitrag zur Energiewende und zur Erreichung der Klimaneutralität in Schleswig-Holstein im Jahr 2040 leisten können.

5.1. Gebäude als aktive Elemente des Energiesystems



Eine klimaneutrale, effiziente und resiliente Wärmeversorgung entsteht, wenn Gebäude, Infrastrukturen und Wärmequellen systemisch integriert und technisch so weiterentwickelt werden, dass sie flexibel im Energiesystem agieren können. Dies schließt unterschiedliche erneuerbarer Energiequellen zur Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden ebenso mit ein, wie die Potenziale zu einem netzdienlichen Gebäude- und Anlagenbetrieb.

Die Transformation des Wärmesektors basiert auf der Entwicklung und Integration klimaneutraler Technologien sowie auf der systematischen Weiterentwicklung von Infrastrukturen, Planungs- und Entscheidungsgrundlagen sowie Unterstützungsangeboten für die Umsetzung. Möglichst frei verfügbare digitale Werkzeuge, Modelle und Simulationen bilden die Grundlage, um die Sektoren Gebäude und Wärme systemisch zu analysieren, Wechselwirkungen zu verstehen und Transformationspfade wissenschaftlich fundiert zu bewerten. Auf dieser Basis werden Technologien marktfähig, klimaneutrale Wärmequellen wie bspw. Umweltwärme, Abwärme und geothermische Energie erschlossen und leitungsgebundene Versorgungssysteme, auch in Verbindung mit Anlagentechnik in Gebäuden (bspw. Wärmepumpen und Speicher) optimiert.

Im Ergebnis entsteht eine flexible und integrierte Wärmeinfrastruktur, in der Gebäude nicht mehr nur Energie verbrauchen, sondern aktiv zur Stabilisierung und Effizienzsteigerung des Energiesystems beitragen, beispielsweise indem sie elektrische Energie flexibel speichern, selbst einspeisen und nutzen. Die Wärmeversorgung kann dabei zunehmend systemdienliche Funktionen im Energiesystem übernehmen, insbesondere im Zusammenspiel mit der Stromversorgung.

In der zweiten Hälfte der 2020er Jahre liegt der Fokus auf der Entwicklung und Erprobung technologischer Lösungen zur klimaneutralen Wärmeversorgung. Wärmequellen wie Geothermie oder neue Ansätze der Gebäudekühlung und smarter Gebäudeautomation werden entwickelt, in Forschungs- und Reallaboren erprobt und hinsichtlich ihrer Systemwirkungen bewertet. Parallel dazu entstehen digitale Werkzeuge und Modelllandschaften (möglichst open source), die eine integrierte Analyse und Optimierung des Wärmesektors

ermöglichen. Forschung ermöglicht es, Integrationsoptionen, Wechselwirkungen und Systemgrenzen frühzeitig zu analysieren und damit fundierte Entscheidungen für die Weiterentwicklung von Technologien und Infrastrukturen zu treffen.

Auf dieser Basis erreichen zentrale Technologien der Wärmewende in den späten 2020er Jahren Marktreife und werden zunehmend in das Energiesystem integriert. Digitale Modelle und wissenschaftliche Analysen unterstützen dabei, Wechselwirkungen zwischen Gebäuden, Netzen und Energiequellen zu berücksichtigen und technologische Lösungen effizient in bestehende Strukturen einzubetten.

Die kommunalen Wärmeplanungen können mit bestehenden und ausgewerteten Best-Practise-Beispielen erleichtert und weiterentwickelt werden und die Verfahren in den Kommunen dadurch zielgerichtet beschleunigt werden.

In den frühen 2030er Jahren verschiebt sich der Fokus auf die systematische Erschließung von Wärmequellen. Abwärmepotenziale werden identifiziert, priorisiert und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und infrastruktureller Rahmenbedingungen strategisch genutzt. Gleichzeitig werden Wärmenetze und dezentrale Versorgungssysteme gezielt weiterentwickelt und in Verbindung mit dem Gebäudebestand auf Niedertemperaturfähigkeit hin optimiert und dabei auch die Trinkwarmwasserbereitung einbezogen. Wärmenetze und dezentrale Versorgungssysteme werden kapazitiv ausgebaut, technisch flexibilisiert und auf zukünftige Anforderungen ausgerichtet. Die Wärmeinfrastruktur entwickelt sich damit zu einem integrierten und anpassungsfähigen System.

Aufbauend auf diesen Entwicklungen verändert sich in der zweiten Hälfte der 2030er Jahre die Rolle von Gebäuden grundlegend. Sie werden zu aktiven Bestandteilen des Energiesystems, indem sie vermehrt Energie erzeugen, speichern und flexibel nutzen oder auch bereitstellen. Gebäude tragen damit nicht nur zur eigenen Versorgung bei, sondern übernehmen systemdienliche Funktionen im Gesamtsystem.

Im Ergebnis entsteht ein integriertes Wärmesystem, in dem Technologien, Infrastrukturen und Gebäude eng miteinander verzahnt sind und gemeinsam zur Effizienz, Flexibilität und Klimaneutralität des Energiesystems beitragen.

5.2. Integrierte Steuerung der Wärmewende etablieren



Eine klimaneutrale und effiziente Wärmeversorgung entsteht, wenn Akteursstrukturen, Entscheidungsprozesse und Planungssysteme auf Basis fundierter Analysen so weiterentwickelt werden, dass der Wärmesektor integriert, koordiniert und vorausschauend gesteuert werden kann. Dies umfasst neben technischen auch sozioökonomische Erkenntnisse und Entwicklungen, die zunächst erprobt und ausgewertet und dann in Regelprozesse und Regulatorik überführt werden.

Die Transformation des Wärmesektors erfordert nicht nur technologische Innovationen und funktionierende Märkte, sondern vor allem eine leistungsfähige Governance. Durch die kontinuierliche Analyse regulatorischer Rahmenbedingungen sowie den systematischen Aufbau von Wissen über Akteure und den Wechselwirkungen deren Handelns entstehen belastbare Grundlagen für eine gezielte Steuerung. Partizipation und Akzeptanz von Wärmewende-Maßnahmen sind immanently wichtig auf dem Weg einer erfolgreichen Wärme- und Wohnwende.

Auf dieser Basis werden Planungsprozesse weiterentwickelt, Entscheidungsinstrumente etabliert und Koordinationsmechanismen gestärkt. Methoden und Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung sowie zur Abstimmung zwischen Akteursgruppen werden entwickelt und deren Einführung in die Praxis begleitet. Kommunen, Stadtwerke und weitere zentrale Akteure übernehmen zunehmend eine aktive Rolle in der Gestaltung der Wärmewende. Im Ergebnis entwickelt sich eine integrierte und kohärente Systemplanung, in der Infrastruktur, Gebäude und Energiesystem aufeinander abgestimmt sind und Transformation konsistent gesteuert werden kann.

Im Status quo steht die wissenschaftliche Analyse regulatorischer Rahmenbedingungen im Mittelpunkt. Bestehende rechtliche Strukturen werden systematisch untersucht und angepasst, um verlässliche Grundlagen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu schaffen. Parallel dazu werden das Handeln relevanter Akteursgruppen sowie deren Motive und Wechselwirkungen zunehmend differenziert erfasst. Dieses vertiefte Systemverständnis bildet die Grundlage für evidenzbasierte Steuerungsansätze.

In der zweiten Hälfte der 2020er Jahre führt dieses Wissen zu stabileren und transparenteren Rahmenbedingungen. Planungssicherheit nimmt zu und erleichtert Investitionsentscheidungen im Hinblick auf Kosten und Versorgungssicherheit. Gleichzeitig werden die kommunalen Wärmeplanungen weiterentwickelt: Sie werden systematisch evaluiert, stärker standardisiert und durch integrierte Ansätze zu einem zentralen Steuerungsinstrument ausgebaut. Analytische Methoden und Modelle unterstützen dabei, unterschiedliche Planungsoptionen zu bewerten und Entscheidungen unter Unsicherheit abzusichern.

Auf dieser Grundlage werden Methoden und Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung zunehmend institutionell verankert. Sie finden breite Anwendung in Regulierung, Förderpraxis und Beratung und tragen dazu bei, Entscheidungsprozesse zu strukturieren und die Abstimmung zwischen Akteursgruppen zu verbessern. Eine hohe Übertragbarkeit wird durch Typologisierungen auf Gebäude-, Quartiers- und Systemebene sichergestellt. Die Koordination im Wärmesystem und der Wechselwirkungen zum Gebäudebestand wird dadurch deutlich gestärkt.

In der Folge übernehmen zentrale Akteure wie Kommunen, Stadtwerke und Industrie eine aktiv gestaltende Rolle. Sie nutzen die verbesserten Informations- und Entscheidungsgrundlagen, um Transformationsprozesse zu koordinieren, Potenziale zu integrieren und Zielkonflikte zu adressieren.

In den frühen 2030er Jahren mündet diese Entwicklung in eine integrierte und kohärente Systemplanung. Energiesystem und Gebäudebestand werden technisch und sozioökonomisch aufeinander abgestimmt geplant und gesteuert. Infrastrukturentwicklung, Investitionen und Betrieb greifen ineinander, wodurch Inkonsistenzen reduziert und Transformationsprozesse effizienter gestaltet werden können.

Im Ergebnis entstehen steuerungsfähige und resiliente Wärmesysteme mit diversifizierten Wärmequellen, in denen Planung, Regulierung und Umsetzung auf einer fundierten Wissensbasis aufbauen und langfristig konsistent ineinandergreifen.

5.3. Wärmewende durch funktionierende und attraktive Märkte ermöglichen



Eine klimaneutrale Wärmeversorgung wird realisierbar, wenn Marktmechanismen, Geschäftsmodelle und regulatorische Rahmenbedingungen so ausgestaltet sind, dass Investitionen angereizt, Lösungen skaliert und Akteursverhalten systemdienlich ausgerichtet werden.

Die Wärmewende wird nicht allein durch technologische Verfügbarkeit entschieden, sondern durch ihre wirtschaftliche Tragfähigkeit und praktische Umsetzbarkeit. Durch die Erprobung neuer Marktmodelle und die Entwicklung umsetzungsorientierter Lösungen entstehen die Grundlagen für funktionierende Märkte im Wärmesektor.

Darauf aufbauend werden regulatorische Rahmenbedingungen und Marktdesigns weiterentwickelt, insbesondere im Bereich der Fernwärme und des netzdienlichen Gebäude- und Anlagenbetriebes. Standardisierung und Skalierung ermöglichen eine breite Umsetzung auch unter begrenzten Ressourcen. Im Ergebnis entsteht ein Marktumfeld, in dem Akteure auf Basis geeigneter Anreize im Sinne von Klimaschutz und Systemeffizienz handeln.

Im Status quo liegt der Fokus auf der Erprobung neuer Marktmodelle. In Pilotprojekten und Reallaboren werden innovative Mechanismen, insbesondere im Bereich der Fernwärme, getestet und regulatorisch bewertet. Parallel dazu entstehen umsetzungsorientierte Lösungen, die technische Optionen, Geschäftsmodelle und Produkte so weiterentwickeln, dass sie unter realen Bedingungen anwendbar werden. Forschung spielt hier eine zentrale Rolle, indem sie Wirkungsweisen von Marktmechanismen analysiert, Hemmnisse identifiziert und evidenzbasierte Grundlagen für deren Weiterentwicklung liefert.

In der zweiten Hälfte der 2020er Jahre werden diese Erkenntnisse in ein weiterentwickeltes Marktdesign überführt. Regulatorische Rahmenbedingungen, insbesondere für die Fernwärme, werden angepasst, um Effizienz, Transparenz und faire Preisbildung sicherzustellen. Analysen und Bewertungen tragen dazu bei, unterschiedliche Ausgestaltungsoptionen zu vergleichen und tragfähige Lösungen zu etablieren.

Auf dieser Grundlage setzt in den frühen 2030er Jahren eine Phase der Skalierung ein. Standardisierte Lösungen und angepasste Geschäftsmodelle ermöglichen eine breite Umsetzung über einzelne Pilotprojekte hinaus. Die Wärmewende wird zunehmend unter realen Bedingungen umgesetzt, auch unter Berücksichtigung begrenzter Fachkräfte, finanzieller Ressourcen und zeitlicher Restriktionen. Forschung und Evaluation unterstützen diesen Prozess, indem sie Umsetzungshemmnisse identifizieren und kontinuierlich Optimierungspotenziale aufzeigen.

In der Folge verbessert sich die praktische Umsetzbarkeit der Wärmewende deutlich. Lösungen sind nicht nur technisch verfügbar, sondern wirtschaftlich tragfähig und in der Breite anwendbar. Marktstrukturen und regulatorische Rahmenbedingungen greifen ineinander und schaffen stabile Investitionsbedingungen.

Im Ergebnis führen wirtschaftliche Anreize und regulatorische Rahmenbedingungen dazu, dass Akteure ihr Verhalten zunehmend an den Anforderungen von Klimaschutz und Systemeffizienz ausrichten. Investitionen, Geschäftsmodelle und operative Entscheidungen tragen damit systematisch zur Transformation des Wärmesektors bei.

5.4. Offene Werkzeuge und Akteurspartizipation in Planungsprozessen



Eine erfolgreiche Entwicklung des Gebäude- und Wärmesektors basiert auf einer integrierten Planung, die durch nutzerzentrierte, offene, Werkzeuge und fundierte Methoden zur Entscheidungsunterstützung getragen wird. Diese Instrumente optimieren nicht nur die fachliche Qualität, sondern koordinieren auch die Abstimmung zwischen allen Akteursgruppen, um so erfolgreich und sozialverträglich die Wärmewende voranzubringen. Zentral dabei ist die gesellschaftliche Verankerung: Durch aktive Partizipation und die systematische Berücksichtigung sozioökonomischer Dimensionen wird die Transformation breit getragen und gerecht gestaltet. Ein kontinuierlicher Kreislauf aus Evaluation und adaptiver Steuerung stellt sicher, dass Prozesse laufend optimiert und der Transformationsfortschritt gezielt beschleunigt wird.

Die Wärmewende erfordert fundierte Planungs- und Entscheidungsgrundlagen sowie eine enge Einbindung relevanter Akteure. Offene digitale Werkzeuge, Datenräume und wissenschaftlich entwickelte Methoden unterstützen Kommunen, Unternehmen und weitere Akteure dabei, Transformationsoptionen transparent zu bewerten und Planungsprozesse effizient zu gestalten.

Durch die Verknüpfung von Entscheidungsunterstützung, Partizipation und kontinuierlicher Evaluation entstehen adaptive Planungsstrukturen, die Akzeptanz fördern, Zielkonflikte frühzeitig sichtbar machen und die Umsetzung der Wärmewende beschleunigen.

Im Status quo werden offene digitale Werkzeuge, Datenplattformen und wissenschaftliche Methoden entwickelt, die Planungs- und Entscheidungsprozesse im Wärmesektor unterstützen. Gleichzeitig werden Beteiligungsformate erprobt und Ansätze entwickelt, um unterschiedliche Akteursgruppen frühzeitig in die Planung einzubinden.

In der zweiten Hälfte der 2020er Jahre stehen die Entscheidungsunterstützung und die Koordination zwischen Akteursgruppen im Mittelpunkt. Werkzeuge und Methoden verbessern die Qualität von Entscheidungen und fördern die Abstimmung zwischen Kommunen, Energieversorgern, Wohnungswirtschaft und weiteren Beteiligten. Gleichzeitig werden Planungsinstrumente konsequent an den Bedürfnissen unterschiedlicher Anwendergruppen ausgerichtet und nutzerzentriert weiterentwickelt, um ihre praktische Anwendbarkeit und Akzeptanz zu erhöhen.

In den frühen 2030er Jahren etabliert sich die systematische Evaluation von Maßnahmen und Prozessen als fester Bestandteil der Wärmewende. Durch kontinuierliche Bewertung von Wirkungen, Zielerreichung und Umsetzungshemmnissen können Planungen gezielt angepasst, Optimierungspotenziale identifiziert und Transformationsprozesse beschleunigt werden.

Auf dieser Grundlage werden in der Mitte der 2030er Jahre integrierte Planungs- und Koordinationsstrukturen zum Standard. Energieplanung, Infrastrukturentwicklung und Umsetzungsprozesse werden sektor- und akteursübergreifend aufeinander abgestimmt und kontinuierlich weiterentwickelt. Gleichzeitig werden gesellschaftliche Akteure zunehmend aktiv in die Wärmewende eingebunden, beispielsweise durch Beteiligungsmodelle bei Infrastrukturprojekten und lokalen Transformationsprozessen.

Bis 2040 sind sozioökonomische Dimensionen systematisch in Planung, Regulierung und Umsetzung integriert. Soziale, wirtschaftliche und gesellschaftliche Auswirkungen werden

bei Entscheidungen routinemäßig berücksichtigt und prägen die Ausgestaltung der Wärmewende. Dadurch entsteht eine gesellschaftlich verankerte, adaptive und langfristig tragfähige Transformation des Wärme- und Gebäudesektors.

5.5. Zwischenfazit

Die Wärmewende kann durch die systemische Integration von Gebäuden gelingen, die künftig als aktive, digital vernetzte und flexible Komponenten im Energiesystem fungieren können. Unterstützt wird dies durch eine starke Governance und integrierte Planung, die Akteure (wie Kommunen, Eigentümerinnen und Eigentümer, Wohnungsbaugesellschaften und Stadtwerke) vernetzt und die gesellschaftliche Akzeptanz sichert. Parallel dazu müssen attraktive Marktmechanismen und skalierbare Geschäftsmodelle Investitionen anreizen. Offene Planungswerkzeuge und Partizipation stellen dabei sicher, dass die Transformation fachlich fundiert, sozialgerecht und kontinuierlich optimiert umgesetzt wird.

Die dargestellten Transformationspfade verdeutlichen, dass die Wärmewende nicht durch einzelne Maßnahmen oder technologische Entwicklungen allein erreicht werden kann. Vielmehr entsteht der notwendige Wandel durch das Zusammenspiel verschiedener Entwicklungsrichtungen, die sich gegenseitig bedingen und verstärken. Technologische Innovationen benötigen geeignete infrastrukturelle, regulatorische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen, während gleichzeitig neue Planungs- und Steuerungsansätze erforderlich sind, um diese Entwicklungen zielgerichtet in das Gesamtsystem zu integrieren.

Die Rolle der Forschung besteht dabei insbesondere darin, Wissen für die Gestaltung dieser komplexen Transformationsprozesse bereitzustellen. Sie schafft Grundlagen, indem sie Technologien entwickelt und bewertet, Systemzusammenhänge analysiert, Auswirkungen verschiedener Handlungsoptionen untersucht und Methoden zur Entscheidungsunterstützung bereitstellt. Dadurch können Unsicherheiten reduziert, Zielkonflikte sichtbar gemacht und tragfähige Lösungen für die praktische Umsetzung entwickelt werden.

Bis 2040 entsteht somit ein integriertes Wärme- und Gebäudesystem, in dem Gebäude, Infrastrukturen, Märkte und Akteure miteinander verknüpft sind. Die Transformation wird durch kontinuierliches Lernen, Evaluation und Anpassung begleitet, sodass technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Anforderungen gemeinsam berücksichtigt werden können. Die vier Transformationspfade bilden dabei einen gemeinsamen Entwicklungsrahmen, der die unterschiedlichen Perspektiven zusammenführt und die Grundlage für eine resiliente, klimaneutrale und zukunftsfähige Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein schafft.

6. Handlungsoptionen

Die Roadmap für das Fokusfeld Gebäude & Wärme zeigt, dass die Wärmewende in Schleswig-Holstein eine integrierte Transformation von Wärmeversorgung und Gebäudebestand erfordert. Gebäude, Energieinfrastrukturen und die daran beteiligten Akteure müssen stärker zusammengedacht werden, um bestehende Hemmnisse abzubauen und Synergien zwischen unterschiedlichen technischen, räumlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu nutzen. Gebäude müssen schrittweise an eine erneuerbare Wärmeversorgung angepasst und stärker als aktive Komponenten des Energiesystems verstanden werden, während die Energieinfrastruktur bedarfsgerecht weiterentwickelt werden muss. Daraus

ergibt sich ein Forschungs- und Handlungsbedarf, der sowohl technische und planerische als auch wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte umfasst.

Schleswig-Holstein verfügt bereits über zahlreiche Instrumente und Programme, die die Umsetzung der Wärmewende unterstützen. Mit der kommunalen Wärmeplanung, der Energie- und Klimaschutzinitiative (EKI), dem Wärmekompetenzzentrum Schleswig-Holstein (WKZ.SH), dem Quartierswärmemanagement sowie Förderangeboten für Wärme- und Effizienzprojekte bestehen wichtige Strukturen, um Kommunen und weitere Akteure bei der Transformation zu unterstützen. Auch die Förderung nachhaltiger Wärmeversorgungssysteme und der Abwärmenutzung sowie die Strategie für treibhausgasneutrale Landesliegenschaften setzen an unterschiedlichen Stellen des Transformationsprozesses an. Die bestehenden Instrumente schaffen damit wichtige Rahmenbedingungen für die Umsetzung, zugleich zeigen sich weiterhin Fragen hinsichtlich ihrer konkreten Ausgestaltung, Wirksamkeit und Verzahnung.

Gleichzeitig zeigt sich, dass die bestehenden Instrumente vor Ort auf sehr unterschiedliche Ausgangsbedingungen treffen. Siedlungsstrukturen, Gebäudebestände, vorhandene Wärmeinfrastrukturen und regionale Energiepotenziale unterscheiden sich erheblich. Dabei kommt insbesondere der Identifikation und Priorisierung besonders energieintensiver und energetisch ineffizienter Gebäude und Quartiere („Worst Performing Buildings“) eine wichtige Rolle zu. Die Wärmewende erfordert daher keine einheitliche Lösung, sondern Entscheidungsgrundlagen, mit denen Kommunen und weitere Akteure geeignete Transformationspfade für ihre jeweilige Situation identifizieren und besonders dringliche Sanierungs- und Transformationsbedarfe priorisieren können. Ein zentraler Forschungsbedarf liegt entsprechend in der Entwicklung von Methoden, Modellen und offenen Softwarelösungen, die Gebäude, Quartiere und Wärmeversorgung integriert betrachten und technische, ökologische, wirtschaftliche und sozioökonomische Aspekte zusammenführen.

Darauf aufbauend sollte die Energiewendeforschung die Umsetzung bestehender Planungs- und Unterstützungsinstrumente stärker begleiten. Dies betrifft insbesondere die kommunale Wärmeplanung und die Frage, wie aus den dort entwickelten Zielbildern konkrete Investitions- und Umsetzungspfade entstehen können. Gebäude- und Quartierstypologien können dabei helfen, heterogene Ausgangssituationen zu systematisieren und übertragbare Lösungsansätze zu entwickeln. Die regionale Differenzierung sollte dabei nicht als starre Vorgabe verstanden werden, sondern als Grundlage für bessere Entscheidungen und eine bedarfsgerechte Unterstützung vor Ort.

Ein weiterer Handlungsbereich betrifft die Weiterentwicklung und bessere Verzahnung bestehender Unterstützungsstrukturen. Das WKZ.SH bildet hierfür bereits einen wichtigen Ansatzpunkt. Forschungsbedarf besteht unter anderem darin, zu untersuchen, welche Beratungs-, Planungs- und Entscheidungsunterstützungsangebote Kommunen und weitere Akteure tatsächlich benötigen und wie diese effizient miteinander verbunden werden können. Auch regionale One-Stop-Shop-Ansätze können dabei eine Rolle spielen. Für die im Zuge der Wärmeplanung entstehenden Datenstrukturen stellt sich zudem die Frage, wie Daten qualitätsgesichert, interoperabel und für integrierte Planungs- und Investitionsentscheidungen nutzbar gemacht werden können.

Neben Planung und Infrastruktur muss auch die Transformation des Gebäudebestands stärker systemisch betrachtet werden. Quartiersbezogene Ansätze können dazu beitragen, Sanierung, Wärmeversorgung, Energieerzeugung und Speicher sowie weitere Infrastrukturmaßnahmen miteinander zu verbinden und dadurch Synergien und Skaleneffekte zu nutzen. Forschungsbedarf besteht insbesondere bei der Frage, unter welchen technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Bedingungen solche integrierten Ansätze erfolgreich sind und wie sie auf unterschiedliche Quartierstypen übertragen werden können. Auch die Erprobung und Übertragung neuer Lösungsansätze stellt ein wichtiges Handlungsfeld dar. Reallabore und transdisziplinäre Forschungsformate ermöglichen es, neue Technologien, Planungsansätze und Geschäftsmodelle unter realen Bedingungen zu erproben und Wechselwirkungen zwischen Gebäuden, Wärmeinfrastruktur und unterschiedlichen Akteursgruppen sichtbar zu machen. Schleswig-Holstein kann dabei auf bestehende Forschungs- und Transferstrukturen aufbauen und seine besondere Rolle als Standort erneuerbarer Energien und als Reallabor der Energiewende nutzen.

Schließlich sind auch die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Voraussetzungen der Wärmewende zu berücksichtigen. Hohe Investitionsbedarfe, unterschiedliche Eigentümer- und Nutzungsstrukturen, Fragen der Kosten- und Nutzenverteilung sowie der Fachkräftebedarf beeinflussen maßgeblich die Umsetzung. Forschung kann dazu beitragen, wirtschaftlich tragfähige Geschäfts- und Finanzierungsmodelle zu untersuchen, Hemmnisse bei der Umsetzung zu identifizieren und Strategien für eine sozial ausgewogene und praktisch umsetzbare Wärmewende zu entwickeln.

Insgesamt verfügt Schleswig-Holstein bereits über eine Reihe von Instrumenten und Unterstützungsstrukturen für die Wärmewende. Der zentrale Handlungsbedarf liegt daher weniger in der Schaffung zusätzlicher Einzelinstrumente als in deren wissenschaftlicher Begleitung, Weiterentwicklung und besseren Verzahnung. Die Energiewendeforschung kann dazu beitragen, Wissen und Daten zusammenzuführen, Entscheidungsprozesse zu unterstützen, neue Lösungen zu erproben und erfolgreiche Ansätze übertragbar zu machen. Damit kann sie einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die Transformation von Gebäudebestand und Wärmeversorgung in Schleswig-Holstein wirksam zu unterstützen und die bestehenden Strukturen auf dem Weg zur Klimaneutralität 2040 weiterzuentwickeln.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Energiewendeforschungs-Roadmap Gebäude & Wärme zeichnet sich durch eine hohe Anwendungspraxis aus. In verschiedenen Punkten der Outcome-Ebene bieten sich Reallabore der Energiewende in Schleswig-Holstein an. Die reicht von der Ausgestaltung klimaneutraler Verfügbarkeit von Wärme- und Kältetechnologien bis hin zu Typologisierungen und Quartiersentwicklungen, die stets auch die ökonomischen und ökologischen Säulen im Sinne der Nachhaltigkeit mitbedenken müssen.

Die Roadmap des Fokusfeldes Gebäude und Wärme im Landeskompetenzzentrum Energiewendeforschung zeigt, dass die Wärmewende im Gebäudesektor nur mit einem klaren Zusammenspiel aus verlässlichen politischen Rahmenbedingungen, beschleunigtem Infrastrukturausbau, deutlich gesteigerter Sanierungsdynamik und einer Stärkung der kommunalen Umsetzungskapazitäten und Unterstützungsangebote erfolgreich umgesetzt

werden kann. Zentrale Hebel sind dabei die Vereinfachung von Prozessen, die (Re-)Strukturierung von Planungsprozessen, der gezielte Einsatz von Förderung und Regulierung sowie eine stärkere Integration offener Softwarelösungen in der Wärmeversorgung.

Diese Roadmap wurde mithilfe vieler Eingaben aus der Wissenschaftscommunity in Schleswig-Holstein ermöglicht. Parallel zu den durchgeführten Workshops zur Definition und Priorisierung der verschiedenen Inhalte und Ebenen der Roadmap wurde eine Analyse mit der Methode „Circular-Tree-Map“ (vgl. übergeordnete Roadmap) durchgeführt, um begleitend eine quantitative Einschätzung über die Publikationsschwerpunkte (und damit auch Lücken) der Forschungscommunity aus Schleswig-Holstein über die vergangenen fünf Jahre zu rekonstruieren. Diese Informationen wurden flankierend genutzt, um die ausgearbeiteten Inhalte der Workshops zu Verifizieren.

Ausblick

In den kommenden Jahren kommt es entscheidend darauf an, die Umsetzungsgeschwindigkeit deutlich zu erhöhen und bestehende Strukturhemmnisse konsequent abzubauen. Gelingt es, innovative Technologien zu skalieren, Fachkräfte zu mobilisieren und gesellschaftliche Akzeptanz zu sichern, kann die Wärmewende nicht nur ihre Klimaziele erreichen, sondern auch langfristig zu mehr Versorgungssicherheit und regionaler Wertschöpfung beitragen.

Die vorliegende Roadmap bildet hierfür einen strategischen Orientierungsrahmen, der die notwendigen Entwicklungslinien aus Sicht der Energiewendeforschung sichtbar macht. Sie zeigt auf, welche technologischen, gesellschaftlichen und institutionellen Entwicklungen ineinandergreifen müssen, damit wissenschaftliche Erkenntnisse erfolgreich in die praktische Umsetzung überführt werden können. Dabei ist die Roadmap nicht als statisches Dokument zu verstehen, sondern als dynamisches Instrument, das regelmäßig an neue wissenschaftliche Erkenntnisse, technologische Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen angepasst werden muss.

Eine zentrale Aufgabe der kommenden Jahre besteht darin, die in den Transformationspfaden beschriebenen Ansätze weiter zu konkretisieren und durch geeignete Forschungs-, Transfer- und Demonstrationsprojekte in die Anwendung zu bringen. Insbesondere Reallabore, Modellregionen und interdisziplinäre Forschungsansätze bieten die Möglichkeit, neue Lösungsansätze unter realen Bedingungen zu erproben, Erfahrungen zu sammeln und erfolgreiche Ansätze in die Breite zu übertragen.

Damit leistet die Energiewendeforschung in Schleswig-Holstein einen wesentlichen Beitrag dazu, die Wärmewende und die Transformation des Gebäudebestandes nicht nur technisch möglich, sondern auch wirtschaftlich tragfähig, sozial gerecht und langfristig resilient zu gestalten. Die kontinuierliche Zusammenarbeit von Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft bleibt dabei ein entscheidender Erfolgsfaktor auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gebäude- und Wärmesektor bis 2040.

8. Anhang



Energiewendeforschungs-Roadmap Gebäude & Wärme

Für das Land Schleswig-Holstein

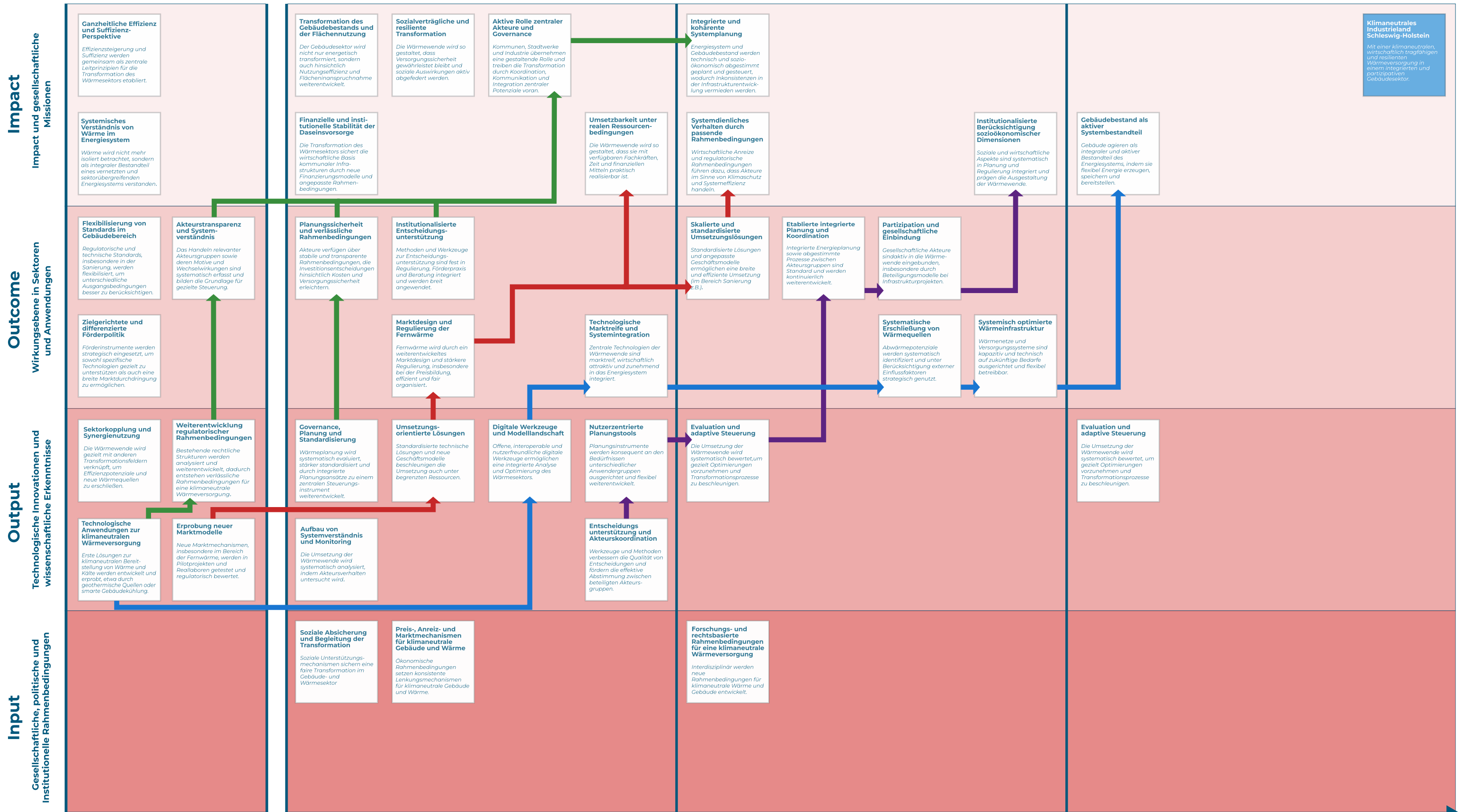
Stand: August 2026

Arbeitsdokument

Landeskompetenzzentrum
Energiewendeforschung

EK SH

Gesellschaft für
Energie und Klimaschutz
Schleswig-Holstein



Status quo

Hinweis: Innerhalb der Blöcke besteht keine zeitliche Reihenfolge.

heute

bis 2030

bis 2035

bis 2040

Wärmewende durch funktionierende und attraktive Märkte ermöglichen

Integrierte Steuerung der Wärmewende etablieren

Gebäude als aktive Elemente des Energiesystems

Offene Werkzeuge und Akteurspartizipation in Planungsprozessen

Erstellt in Zusammenarbeit mit:

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

Gefördert durch:

SCHLESWIG-HOLSTEIN
Ministerium für Allgemeine und Berufliche Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur