Energiewendeforschungs-Roadmap für das Land Schleswig-Holstein

Transformationspfade zur Klimaneutralität 2040

Stand: Oktober 2026

Arbeitsdokument

Landeskompetenzzentrum Energiewendeforschung

EK SH – Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein

Impact – Impact und gesellschaftliche Missionen

- **Akzeptanz technischer Optionen zur Emissionsminderung** – *Technologische Lösungen zur Minderung unvermeidbarer Emissionen werden zunehmend akzeptiert.*
- **Hohe Lebensqualität durch klimaneutrale Transformation** – *Klimaneutralität wird als Beitrag zu Lebensqualität, Gesundheit und Alltagstauglichkeit erlebt mit "all-electric" Anwendungen die effizient und verlässlich funktionieren.*
- **Bezahlbare, sichere und effiziente Energieversorgung** – *Energie ist zuverlässig, bezahlbar und zunehmend klimaneutral, auch durch die Installation von Speichern, verfügbar.*
- **Sozialverträgliche Transformation und gerechte Teilhabe** – *Der Ausstieg aus fossilen Energien gelingt fair, inklusiv und unabhängig von individueller wirtschaftlicher Stärke.*
- **Schutz von Natur, Umwelt und Ressourcen** – *Klimaneutralität geht mit messbarem Schutz von Natur, Umwelt und Ressourcen für die Errichtung von Infrastruktur für die Energiewende einher.*
- **Wettbewerbsfähiger Standort und industrielle Transformation** – *Klimaneutralität stärkt den Standort und zieht zukunftsfähige Industrie, wie beispielsweise energieintensive Unternehmen, an.*
- **Klimaneutraler Gebäudebestand und netzdienlicher Gebäudebetrieb** – *Gesamter Gebäudebestand ist auf klimaneutrale und bezahlbare Wärmeversorgung umgestellt. Der integrierte, netzdienliche, Gebäudebetrieb stabilisiert das System.*
- **Klimaneutrales Industrieland Schleswig-Holstein** – *Schleswig-Holstein ist ein wettbewerbsfähiger, klimaneutraler Industrie-, Energie- und Wirtschaftsstandort.*
- **Grundlegende Anerkennung von Versorgungssicherheit und Resilienz als zentrale Ziele** – *Ein sicheres und resilientes Energiesystem gilt als zentrale Voraussetzung der Transformation.*
- **Erste Verankerung von Klimaneutralität als industrie- und innovationspolitisches Leitbild** – *Klimaneutralität ist als strategisches Ziel in Industrie, Innovation und Wissenschaft anerkannt, aber noch nicht durchgängig handlungsleitend.*
- **Gesellschaftliche Akzeptanz, Teilhabe und Zusammenhalt** – *Die Energiewende wird verstanden, akzeptiert und gemeinschaftlich getragen mit aktiver Rolle von Kommunen & Wirtschaft und durch integrierte Planung.*
- **Innovationsgetriebene Wertschöpfung und klare Regeln & Standards** – *Innovation, Geschäftsmodelle und Standards machen Klimaneutralität wirtschaftlich attraktiv.*
- **Zukunftsfähige Arbeit, Qualifikation und Arbeitsmärkte** – *Arbeitsmärkte und Qualifikationen entwickeln sich aktiv mit der Transformation.*
- **Verständliches, funktionales und stabiles Energiesystem** – *Das Energiesystem ist klimaneutral, zuverlässig und für Bürger:innen wie Unternehmen nachvollziehbar und schafft Anreize für klimaverträgliches Verhalten.*
- **Klimaneutrale Mobilität als Grundversorgung** – *Klimaneutrale Mobilität ist flächendeckend verfügbar und gesellschaftlicher Standard.*
- **Bezahlbare, resiliente und souveräne Energieversorgung** – *Energie ist klimaneutral, bezahlbar, krisenfest und abgesichert. Internationale Energie- und Wasserstoffpartnerschaften tragen zur Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit bei.*
- **Netto-Null durch Umgang mit Restemissionen** – *Unvermeidbare Emissionen werden verantwortungsvoll und dauerhaft kompensiert.*

Outcome – Wirkungsebene in Sektoren und Anwendungen

- **Beginnende Bewertungs- und Entscheidungsfähigkeit** – *Technologien und Maßnahmen können zunehmend bewertet und vergleichbar gemacht werden.*
- **Gesellschaftliche Beteiligung, Akteursintegration und Umsetzungskapazität** – *Transformation wird durch qualifizierte Akteure getragen, akzeptiert und praktisch umgesetzt.*
- **Entscheidungsfähigkeit, Governance und Systemkoordination** – *Akteure treffen informierte, koordinierte und transparente Entscheidungen im Transformationsprozess.*
- **Funktionsfähige Markt- und Preissignale für die Energiewende** – *Markt- und Preisstrukturen setzen wirksame Anreize für Flexibilität, Effizienz und netzdienliches Verhalten.*
- **Wettbewerbsfähige Wertschöpfung, Fairness und Transformation** – *Klimaneutralität stärkt Wertschöpfung, Innovationsfähigkeit und soziale Fairness.*
- **Methoden zur integrierten Planung und Steuerung komplexer Entscheidungen** – *Methoden zur Entscheidungsfindung bei sektorübergreifenden Investitionen sind verfügbar und werden angewendet.*
- **Wasserstoff- und Speicherökonomie** – *Wasserstoff- und Speichertechnologien sind technisch ausgereift, wirtschaftlich und systemdienlich integriert. Schleswig-Holstein verfügt über etablierte Wasserstoff- und PtX-Wertschöpfungsketten für Industrie, Häfen und maritime Anwendungen.*
- **Vollständig erneuerbares und effizientes Energiesystem** – *Energieversorgung basiert vollständig auf erneuerbaren Quellen und ist systemisch effizient organisiert.*
- **Geschlossenes CO_2-Management und Kreislaufführung** – *Unvermeidbare Emissionen werden systematisch erfasst, genutzt oder dauerhaft gespeichert.*
- **Erste Effizienz- und Konsistenzwirkungen der Energiewende** – *In einzelnen Sektoren zeigen sich erste Wirkungen durch Effizienzsteigerung, Technologiewechsel und Nachfrageanpassung.*
- **Digital steuerbares, flexibles und effizientes Energiesystem** – *Das Strom- und Energiesystem ist datenbasiert transparent, flexibel steuerbar und systemeffizient betreibbar.*
- **Gestärkte nationale Wertschöpfung und technologische Wettbewerbsfähigkeit** – *Klimaneutrale Technologien werden industriell und sektorübergreifend skaliert und stärken nationale Wertschöpfungsketten.*
- **Klimaneutrale Mobilität und integrierte Verkehrssysteme** – *Mobilität ist flächendeckend klimaneutral, vernetzt und bedarfsgerecht organisiert.*
- **Digitaler, adaptiver und dezentraler Netzbetrieb** – *Digitale Steuerung, sichere Informationsinfrastrukturen und neue Netzlogiken für dezentrale Erzeuger stärken ein adaptives und resilientes Energiesystem.*
- **Integrierte, flexible und resiliente Energiesysteme** – *Sektorübergreifende Flexibilitäten, effiziente Leistungselektronik, Speicher und H_2-Technologien stärken die Netzstabilität und die Integration erneuerbarer Energien.*
- **Resiliente, robuste und ausfallsichere Energiesysteme** – *Energiesysteme sind robust gegenüber Störungen, Extremereignissen und systemischen Risiken.*
- **Klimaneutrale Mobilität und flächeneffiziente Raumplanung** – *Mobilität und Raumplanung sind klimaneutral, integriert und ressourcenschonend organisiert.*
- **Integriertes Wasserstoffsystem** – *Wasserstoff ist systemisch integriert und international wirtschaftlich eingebunden.*

Output – Technologische Innovationen und wissenschaftliche Erkenntnisse

- **Mobilität, Gebäude und weitere sektorale Transformation** – *Grundlagen für die klimaneutrale Integration von Verkehr, Gebäudebestand und weiteren sektoralen Anwendungen bestehen.*
- **Energiesysteme, Netze und Infrastruktur** – *Analyse und Weiterentwicklung technischer, räumlicher und systemischer Konzepte des Energiesystems.*
- **Gesellschaft, Akzeptanz und Wissenssysteme** – *Aufbau gesellschaftlicher, kommunikativer und wissensbezogener Grundlagen für eine tragfähige Energiewende.*
- **Governance, Entscheidungsprozesse und Systemsteuerung** – *Entwicklung und Erprobung von Governance-Modellen, Entscheidungsinstrumenten und Steuerungsansätzen für komplexe Transformationsprozesse.*
- **Digitale Energiesysteme und Systemmodellierung** – *Entwicklung digitaler Modelle, Datenräume, digitaler Zwillinge und Simulationsmethoden zur Analyse, Planung, Steuerung und Absicherung komplexer Energiesysteme.*
- **Raumplanungssysteme, Energieeffizienz und Flächennutzung** – *Systemische Planung und Steuerung von Energie, Wärme, Mobilität und Flächen auf lokaler Ebene.*
- **Energieinfrastruktur, hybride Netze und Systembetrieb** – *Weiterentwicklung und Betrieb komplexer Energieinfrastrukturen mit hohem Anteil erneuerbarer Energien als Gleichstrom. Hierzu zählen hybride Netze, Mikronetze und neue Konzepte für einen sicheren und flexiblen Systembetrieb.*
- **Autonome Mobilität** – *Intelligente und selbstständig agierende Fahrzeuge und Verkehrssysteme für eine sichere, effiziente und bedarfsgerechte Mobilität.*
- **Maritime Sicherheitssysteme** – *Digitale Systeme für eine sichere und resiliente Nutzung des maritimen Raumes und seiner Infrastrukturen.*
- **Wasserstoffsysteme und Power-to-X-Anwendungen** – *Skalierung von Wasserstoff- und PtX-Systemen für Industrie, maritime Anwendungen und Energiespeicherung.*
- **Governance, Geschäftsmodelle und Regulierung** – *Entwicklung und Analyse institutioneller, regulatorischer und ökonomischer Wirkzusammenhänge der Energiewende.*
- **Industrie, Digitalisierung und Ressourcen** – *Wissenschaftliche Grundlagen zur Transformation energieintensiver, digitaler und ressourcenrelevanter Anwendungen, inkl. hocheffizienter Leistungselektronik.*
- **Reallabore, Demonstratoren und industrielle Umsetzung** – *Reallabore etablieren sich als zentrale Innovations- und Transformationsinstrumente zur Erprobung komplexer Energiesysteme in realen Anwendungsumgebungen.*
- **Sektorkopplung und Flexibilitätsoptionen** – *Entwicklung von Flexibilitätsoptionen auf Erzeugungs-, Speicher- und Nachfrageseite durch Kopplung von Strom, Wärme, Wasserstoff und Industrie.*
- **Leistungselektronik, Komponenten und Hardware-Innovation** – *Technologische Schlüsselkomponenten für Effizienz, Stabilität und Resilienz und Enabler der Energiewende.*
- **Speichertechnologie** – *Entwicklung und Integration leistungsfähiger Speicherlösungen für ein flexibles und resilientes Energiesystem.*
- **Offshore-Energiesysteme und hybride Erzeugung** – *Integrierte Offshore-Energiesysteme zur kombinierten Erzeugung, Kopplung und Resilienzsteigerung.*
- **Kreislaufwirtschaft** – *Entwicklung ressourcenschonender Stoffkreisläufe für eine nachhaltige Energie- und Wirtschaftswende.*
- **Reallabore, Experimentierräume und Systemtransformation** – *Erprobung und Validierung neuer Energiesysteme und Transformationspfade unter realen Bedingungen.*

Input – Gesellschaftliche, politische und institutionelle Rahmenbedingungen

- **Umsetzungsfähige Geschäfts- und Akteursmodelle** – *Breitenwirksame Transformation erfordert Geschäftsmodelle, die auf handelnde Akteure ausgerichtet sind.*
- **Beschleunigte rechtliche und administrative Verfahren** – *Rechtliche Rahmenbedingungen beeinflussen das Umsetzungstempo der Energiewende.*
- **Soziale Absicherung und Transformationsbegleitung** – *Soziale Sicherungs- und Unterstützungsmechanismen verhindern strukturelle Verwerfungen.*
- **Preis-, Anreiz- und Marktregeln des Energiesystems** – *Ökonomische Rahmenbedingungen setzen konsistente Anreize für klimaneutrale Entscheidungen.*
- **Wissens-, Fachkräfte- und Innovationsinfrastruktur** – *Personelle, akademische und unternehmerische Kapazitäten für Transformation sind institutionell verankert.*
- **Staatliche Steuerungsfähigkeit und institutionelle Architektur** – *Institutionelle Zuständigkeiten, Entscheidungsstrukturen und Koordinationsmechanismen sind aufgebaut und handlungsfähig.*
- **Bewertungs- und Anreizsysteme für Kreislaufwirtschaft** – *Bewertungs- und Anreizsysteme erfassen Umweltwirkungen systematisch und vergleichbar, um Kreislaufwirtschaft zu fördern*
- **Regulatorische Basis zur Speicherung von Energie** – *Die regulatorische Basis für die Speicherung von Energie ist etabliert und auf die Gegebenheiten im Land angepasst.*
- **Standardisierung und Skalierungsfähigkeit** – *Standardisierte Prozesse und Regeln ermöglichen Skalierung, Interoperabilität und Kostensenkung. Einheitliche Zertifizierungs-, Bilanzierungs- und Nachhaltigkeitsstandards für klimaneutrale Energieträger sind etabliert.*
- **Verbindliche Regulierung und technische Betriebsstandards** – *Regulatorische Vorgaben und technische Standards ermöglichen einen sicheren, effizienten und flexiblen Systembetrieb.*
- **Industriepolitischer und geopolitischer Rahmen** – *Die Energiewende ist eingebettet in internationale Wettbewerbs- und Machtverhältnisse.*
- **Regulatorische Anerkennung und Bewertungslogiken** – *Regulatorische und bilanzielle Regeln definieren, was als klimaneutral, förderfähig und wirksam gilt.*
- **Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Energiewende** – *Interdisziplinär sind geeignete Rahmenbedingungen für das Gelingen der Energiewende entwickelt und etabliert.*

Status quo | **heute** | **bis 2030** | **bis 2035** | **bis 2040**

Hinweis: Innerhalb der Blöcke besteht keine zeitliche Reihenfolge.

- Erneuerbare und resiliente Infrastrukturen
- Governance und soziale Teilhabe
- Zukunftsfähige Wohn- und Verkehrskonzepte
- Innovation, Transfer, Wirtschaft

Erstellt in Zusammenarbeit mit: INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

Gefördert durch: Schleswig-Holstein, Ministerium für Allgemeine und Berufliche Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur

Link zum Download: