Energiewendeforschungs-Roadmap Netzintegration

für das Land Schleswig-Holstein

Stand: August 2026

Arbeitsdokument

Landeskompetenzzentrum Energiewendeforschung

EK SH
Gesellschaft für Energie und Klimaschutz Schleswig-Holstein

Impact
Impact und gesellschaftliche Missionen

Outcome
Wirkungsebene in Sektoren und Anwendungen

Output
Technologische Innovationen und wissenschaftliche Erkenntnisse

Input
Gesellschaftliche, politische und institutionelle Rahmenbedingungen

Grundlegende Anerkennung von Versorgungssicherheit und Resilienz als zentrale Ziele
Ein sicheres und resilientes Energiesystem gilt als zentrale Voraussetzung der Transformation.

Klimaneutrales Industrieland Schleswig-Holstein
Intelligente systemdienliche und flexible Netzintegration bildet die Grundlage eines klimaneutralen Energiesystems.

Bezahlbare, sichere und effiziente Energieversorgung
Energie ist zuverlässig, bezahlbar und zunehmend klimaneutral verfügbar.

Priorisierung von Netzausbau vor Abschaltung
Der Netzausbau wird fokussiert, sodass Abschaltungen möglichst vermieden werden. Der Netzausbau schließt neben der Stromnetzinfrastruktur auch Speicher, Flexibilitäten und den digitalen Netzausbau ein.

Stromversorgung vollständig durch erneuerbare Energie
Die Stromversorgung erfolgt vollständig durch Erneuerbare Eergie Erzeugung (Wind, PV und Biomasse)

Priorisierung von Intelligenter Netzauslastung gegenüber Netzausbau
Der weitere Netzausbau kann durch Priorisierung von intelligenter Netzauslastung reduziert werden.

Klare Impulse für langfristige Investments
Klare, stabile (Preis-) Impulse sorgen für Planungssicherheit und langfristige Investitionen.

Geschlossenes CO2-Management und Kreislaufführung
Unvermeidbare Emissionen werden systematisch erfasst, genutzt oder dauerhaft gespeichert.

Integriertes Wasserstoffsystem und internationale Einbindung
Wasserstoff ist systemisch integriert und international wirtschaftlich eingebunden.

Bezahlbare, resiliente und souveräne Energieversorgung
Energie ist klimaneutral, bezahlbar, krisenfest und strategisch abgesichert.

Zukunftsfähigkeit und Verlässlichkeit des (Strom-) Marktmodells
Die Zukunftsfähigkeit und Verlässlichkeit des Strommarktmodells ist erprobt.

Nachvollziehbare, transparente und effiziente Planungsverfahren
Planungsverfahren sind nachvollziehbar, transparent und effizient.

Power-to-X
Die Erzeugung von Wasserstoff und Derivaten dient der langfristigen Energiespeicherung und der stofflichen Nutzung.

Anpassung der Anforderung an zuverlässige Systeme
Für die Anforderungen an zuverlässige Systeme wird zwischen Redundanz und Resilienz unterschieden und je nach Einsatzart, -ort abgewogen.

Angepasstes Nutzungsverhalten
Das Nutzungsverhalten passt sich durch Anreize wie dynamische Stromtarife an, sodass Strom bei günstigen oder negativen Strompreisen vermehrt genutzt wird.

Sektorgekoppelte Netze verfügbar
Das Energiesystem besteht aus sektorgekoppelten Netzen bestehend aus Strom-, Wärme- und Wasserstoffnetzen, die durch Wärmepumpen, Elektrolyseure und Brennstoffzellen miteinander gekoppelt sind.

Funktionsfähige Markt- und Preissignale für die Energiewende
Markt- und Preisstrukturen setzen wirksame Anreize für Flexibilität, Effizienz und netzdienliches Verhalten.

Digital steuerbares und effizientes Energiesystem
Das Strom- und Energiesystem ist datenbasiert transparent,flexibel steuerbar und systemeffizient betreibbar.

Datenschutz und Cybersecurity Systeme
Die digitale Infrastruktur des Energiesystems ist resilient.

Betriebsführung modularer Systeme und Betriebsmittel
Die Betriebsführung modularer Systeme und Betriebsmittel ist erprobt und in das Energiesystem integriert.

Digitaler, adaptiver und dezentraler Netzbetrieb
Netze sind auf hohe Dezentralität, neue Betriebslogiken und digitale Steuerung ausgelegt.

Hochflexibel in Betrieb und Infrastruktur
Der Betrieb und die Infrastruktur des Stromnetzes ist hochflexibel.

Integrierte, flexible und resiliente Energiesysteme
Energiesysteme sind sektorübergreifend integriert, hochflexibel und robust gegenüber Volatilitäten.

Vollständig erneuerbares und effizientes Energiesystem
Energieversorgung basiert vollständig auf erneuerbaren Quellen und ist systemisch effizient organisiert.

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.

Integrierte, sektorgekoppelte und netzebenen-übergreifenden Stromnetzplanung
Entwicklung von Tools zur integrierten, sektorgekoppelten und netzebenen-übergreifenden Stromnetzplanung

Optimierung der Positionierung und Dimensionierung von Batteriespeichern
Entwicklung von Tools zur Optimierung der geografischen Positionierung und der Dimensionierung von Batteriespeichern im Netz

Offene Daten und transparente Ergebnisse zur Zukunft unseres Energiesystems und der dazugehörigen Infrastruktur
Transparenter Umgang mit und Bereitstelltung von Daten, ohne kritische Infrastruktur offenzulegen

Stabilität LE-dominante Netze
Untersuchung der Stabilität Leistungselektronik dominierter Netze

Leistungs-elektronische Systeme & betriebsinnovation im Netz
Erprobung innovativer leistungselektronischer Systeme, wie Solid State Transformer, im Netzbetrieb

MV/LV DC Systeme und Netzbetrieb
Praxistest von DC-Systemen wie MV-DC- oder LV-DC-Links im Netzbetrieb

Betrieb autonomer/ unabhängiger Teilnetze (Mikronetze / Teilnetze)
Erprobung autonomer Teil- bzw. Mikronetze in der Fläche

Rückfallebenen bei Kommunikations-ausfall
Erprobung von Rückfallebenen, um die digitale Kommunikationsinfrastruktur des Energiesystems abzusichern

Sektorintegrierte Energieübertragung
Erprobung neuer, sektorintegrierter Energieübertragungssysteme, wie beispielsweise Supraleitungen

Integration neuer Speichertechnologien (u.a. NA-Ionen) im MWh Bereich
Integration neuer Speichertechnologien, wie Na-Ionen Batteriespeicher, im MWh Bereich

Umsetzbarkeit alternativer, fairer Preisstrukturen
Untersuchung der tech. und regulatorischen Umsetzbarkeit von Strompreiszonensplit, nodaler Bepreisung und dynamischen Netzentgelten in Kombination mit dyn. Strompreisen

Netzbildende Stromrichter
Untersuchung netzbildender Stromrichter im Betrieb

Zunehmende Netzautomation (auch durch adaptive Schutz- und Leittechnik)
Untersuchung zu selbstkonfigurierenden Teilnetzen für einen effizienten Netzbetrieb und Weiterentwicklung der Adaptivität von Schutz- und Leittechnik

Definitition und Erprobung Systemdienlicher Nutzung von Flexibilitäten
Definition & Identifikation Systemdienlicher Fahrweisen und deren optimale finanzieller und sicherer Nutzung

Leistungs-elektronische Schutzeinrichtungen
Pilotierung leistungselektronischer Schutzeinrichtungen zur Sicherstellung der Spannungs- und Frequenzstabilisierung

Auslastungsmaximierung auf MS-Ebene
Erprobung der Auslastungsmaximierung auf Mittelspannungsebene

Überlastfähigkeit auf NS-Ebene
Überprüfung der Überlastfähigkeit auf Niederspannungsebene untersucht

Priorisierung von Netzanschlüssen für Industrie bei der Dekarbonisierung
Netzanschlüsse werden priorisiert, wenn sie der Dekarbonisierung der Industrie dienen.

Bildungsinfrastruktur
Die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften für den Bereich der elektrischen Netze, von Speichertechnologien und die Forschung ist gegeben.

Flexible Connection Agreement (FCA)
Flexible Anschlussverträge werden für (Groß-) Verbraucher umgesetzt.

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

Hinweis: Innerhalb der Blöcke besteht keine zeitliche Reihenfolge.

- Systemstabilität & Betriebsführung
- Digitalisierung & IT-Sicherheit
- Sektorenkopplung & Netzdienlichkeit
- Erneuerbare & Speicherintegration
- Netzarchitekturen & Technologien
- Marktdesign & regulatorische Rahmenbedingungen

Erstellt in Zusammenarbeit mit:
INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

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