

Betrag zur Gestaltung des

8. Energieforschungsrahmenprogramms

Fachgruppe „Intelligente, integrierte Netze“ der Norddeutschen
Forschungsverbände

Zusammenfassung der Ergebnisse der Fachgruppe aus der 5.
Norddeutsche Energieforschungsfachtagung vom 19. September 2022

In der Zeit von 1990 bis 2021 wurden durch Anstrengungen zur Senkung von CO₂-Emission durchschnittlich etwa 15 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr reduziert. Um das Emissionsziel für 2030 erreichen zu können, müsste diese jährliche Reduktion ab diesem Jahr im Mittel doppelt so hoch ausfallen. Klare politische Entscheidungen für eine breite und sehr schnelle Umsetzung einer sozialverträglichen Transformation hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung sind daher schon seit Jahren essenziell für eine zielgerichtete Planung und Umsetzung.

Die aktuellen Klima- und Energiekrisen offenbaren einen unverstellten Blick auf die dringende Notwendigkeit, den Ausbau von Technologien zur sicheren und umweltverträglichen Energieversorgung in Deutschland so schnell wie möglich voranzutreiben. So können energiepolitische Risiken, die sich aus einseitigen Importabhängigkeiten für fossile Energieträger, Rohstoffe und Energietechnologien ergeben, reduziert oder vermieden werden.

Norddeutschland spielt dabei eine besondere Rolle, da es bereits die größte Durchdringung von Windenergie sowie das höchste Potenzial für den weitergehenden Ausbau von Windenergiesystemen an Land und auf See aufweist. Daraus resultiert, dass in Norddeutschland auch ein hohes Potenzial für die Erprobung und praktische Realisierung einer systemdienlichen Integration erneuerbarer Energien besteht – und das sowohl im Stromversorgungssystem als auch im Wärme- und Mobilitätssektor. Außerdem kommt dem Norden für die (systemdienliche) Erzeugung von grünem Wasserstoff eine herausragende Verantwortung zu.

Norddeutschland bietet darüber hinaus eine vielfältige Landschaft mit sowohl dünnbesiedelten ländlichen Regionen als auch großen Metropolen und Metropolregionen. Daraus ergeben sich wiederum facettenreiche Anwendungsbereiche für eine zukunftsfähige Energieversorgung; die Häfen in Norddeutschland, die Industrie sowie unterschiedliche Mobilitätsanwendungen bieten ein großes Potenzial zur Erforschung und Erprobung neuer Ansätze der Sektorenkopplung sowie der Einbindung von grünem Wasserstoff zur Dekarbonisierung und der Abbildung ganzheitlicher Wertschöpfungsketten. Gemeinsam liefern die norddeutschen Länder aus der Wissenschaft und der Wirtschaft die erforderlichen (innovativen) Lösungen in den genannten Bereichen, um eine nachhaltige Wertschöpfung auf- und auszubauen und damit ein wirtschaftliches Wachstum für Deutschland zu schaffen.

Am 19. September 2022 haben hierzu rund 130 ausgewählte Vertreter:innen aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung in Hamburg bei der **5. norddeutschen Energieforschungsfachtagung** Positionen und Handlungsempfehlungen erarbeitet. Aufgeteilt in die fünf thematischen Fachgruppen – *Windenergiesysteme*, *Mobilität*, *Wärme*, *Wasserstoff* sowie *intelligente, integrierte Netze*– wurden sowohl Forschungsschwerpunkte und Kooperationsmöglichkeiten als auch Potenziale zur Energieforschung in Norddeutschland besprochen. Ziel der norddeutschen Wissenschaft ist es, gemeinsame Forschungsprojekte von bundesweiter und europäischer Bedeutung zu initiieren, die schlagkräftig zur Bewältigung der oben genannten Herausforderung beitragen. Das Ergebnis

der 5. Fachtagung im **Bereich intelligente, integrierte Netze** werden im Folgenden festgehalten. Die Ergebnisse der Fachgruppen Wind, Wärme und Mobilität werden ebenfalls in die zugehörigen Forschungsnetzwerke eingebracht, da nur mit einem gemeinsamen ganzheitlichen Forschungsansatz die Herausforderungen des Klimawandels zu lösen sind. **Wir freuen uns, wenn die Ergebnisse aller Fachgruppen der Norddeutschen Energieforschungsverbände in die Gestaltung des 8. Energieforschungsprogrammes einfließen werden.**

Intelligente, integrierte Netze

Das integrierte Stromsystem stellt das Rückgrat des Energiesystems dar, indem es Erzeugungsanlagen mit den unterschiedlichen Verbrauchssektoren über zunehmende Elektrifizierung und Sektorenkopplung verbindet. Dadurch nehmen die Elektrizitätsnetze in Norddeutschland eine wichtige und besondere Rolle ein. Diese liegt an den hohen Erzeugungskapazitäten aus On- und Offshore Windenergieanlagen, die einen wesentlichen Standortvorteil Norddeutschlands auf der einen Seite darstellen, zum anderen durch die unterschiedlichen Verbrauchssektoren, wie die Industrie, die Metropole und Metropolregionen in Norddeutschland, sowie die Sektorenkopplung von Wasserstoff, Wärme(-versorgung) und Mobilität. Zum größten Teil sind die Technologien für eine klimaneutrale Energieversorgung im Allgemeinen verfügbar. Allerdings müssen für ihre technologische Weiterentwicklung, ihrer Implementierung sowie hinsichtlich der erforderlichen Resilienz des Gesamtsystems noch viele Forschungsfragen gelöst werden.

Damit aber die Klimaziele erreicht werden, müssen hier vor allem die Erzeugungskapazitäten weiter deutlich ausgebaut werden. Neben den Windenergieanlagen müssen auch mehr Solaranlagen auf die Dächer, an die Fassaden und über Verkehrsflächen in den Städten installiert werden. Insbesondere in Norddeutschland, wo hohe Erzeugungskapazitäten liegen, sind stabile Netze mit ihrem Transport und der Verteilung des Stromes die größte Herausforderung, damit das Gut „grüner Strom“ nicht durch die Netzbetreiber abgeregelt wird, was zu hohen Kosten verursacht und zum anderen die Emissionen in die Höhe treibt. Insbesondere die Transparenz (Entwicklung von Methoden und Ausbau durch IKT) der Stromflüsse in den Verteilnetzen sind künftige Herausforderungen.

Zentraler Schlüssel, um lokal wechselnde Erzeugungs- und Lastsituationen auszugleichen, ist die Flexibilität. Damit Norddeutschland künftig ein flexibleres Stromsystem nutzen kann, stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen lässt es sich durch einen beschleunigten Ausbau der Erzeugungs- und Transportkapazitäten und zum anderen über die Veränderungen des Betriebs des Stromsystems realisieren. Letzteres nutzt Flexibilitäten, die sich z.B. durch die Steuerung von elektrischen Verbrauchern wie Ladeinfrastruktur, Wärmepumpen und Elektrolyseanlagen oder durch Nutzung intelligenter leistungselektronischer Transformatoren (Smart Transformer) und intelligenter Stromnetze (Smart Transmission und Smart Distribution) ergeben. Hierzu zählen beispielsweise auch die Integration von Energiespeichern in Kombination mit dezentralen Erzeugungsanlagen und Demand-Side-Management Anwendung in der Industrie, Gewerbe, in Häfen und Privathaushalten.

Das wichtigste „Key-Element“ für die Flexibilisierung ist die Digitalisierung. Mithilfe der Digitalisierung, die alle Bereiche des Energiesystems durchziehen muss, ergibt sich die Möglichkeit einer effizienteren Nutzung, die zum einen das Stromsystem mit seiner Systemdienstleistung besser stützen kann und zum anderen die Resilienz erhöht. Die Digitalisierung bietet mehr Transparenz und damit Möglichkeiten zur Steuerung der Stromflüsse im gesamten Stromsystem. Insbesondere die Verteilnetze mit Ihren Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetzen können davon profitieren, da hier mit der

Elektromobilität, der Elektrifizierung der Wärmeversorgung und dem Ausbau von lokalen EE-Erzeugungsanlagen die Komplexität zunimmt. Dies erfordert auch neue Planungsmethoden der Energieinfrastruktur, wie eine integrierte und sektorübergreifende Planung von Energienetzen, um das für die Energiewende notwendigerweise integrierte System optimal zu gestalten. Wichtig ist hierbei auch, dass der Um- und Ausbau der Energienetze Hand in Hand mit einem entsprechenden Ausbau der IKT-Netze geht, um eine zuverlässige und flächendeckende Nutzung der Digitalisierung zu ermöglichen. Gleichzeitig müssen Resilienzstrategien entwickelt werden, sodass das elektrische Netz auch bei einem Informationsverlust sicher in den Stabilitätsgrenzen betrieben werden kann. zum Beispiel durch Entwicklung von State-Estimation-, Vorhersage- und KI-Anwendungskonzepte. Der Verbund der norddeutschen Energieforschung ist international die größte Arbeitsgruppe im Bereich Energieinformatik/Digitalisierung der Energiewirtschaft und ist international hervorragend vernetzt und ausgewiesen.

Kurz- und mittelfristige Forschungsschwerpunkte sind der Ausbau und die Analyse der Sektorenkopplung auf das dynamische Verhalten des Stromsystems. Damit verbunden Methoden zur integrierten Planung der Energiewende, die die Sektoren Strom, Wärme und Gas berücksichtigen und somit den Fokus auf eine multimodale Gesamtsystembetrachtung legt. Im Mittelpunkt steht dabei das Zusammenspiel von Erzeugung, Transport, Speicheroptionen und Verbrauch und eine ideale Dimensionierung. Speziell das Berücksichtigen lokaler/regionaler Gegebenheiten (wie urbaner Raum, Stadt oder Küstenregion) und der Sektorenkopplung sind hierbei von hoher Bedeutung. Für die Digitalisierung auf der Verbraucherseite ist der Hochlauf von Smart Metern ein Schwerpunkt, da die Smart Meter das Verteilnetz bis auf die Haushaltsebene transparent und steuerbar machen können.

Die Entwicklung von digitalen Zwillingen und Regelkraftwerken sowie die Testung einzelner Komponenten mittels Power-Hardware-In-the-Loop Testumgebungen spielt eine weitere gewichtige Rolle bei der Analyse zukünftiger digitalisierter Energiesysteme. Die Nutzung von großen Datenmengen (Big Data) kombiniert mit KI für bessere Vorhersagen auf der Erzeugungs- und Verbraucherseite, um damit die Netzsteuerung zu verbessern, wird zunehmend an Bedeutung gewinnen. Dasselbe gilt auch für den Hochlauf der E-Mobilität inklusive des Ausbaus des Ladenetzes. Für derartig an Komplexität gewachsene Systeme sind neue und resiliente Betriebsführungskonzepte und -ansätze (z.B. verteilte Koordination und Zusammenarbeit) sowie technische Systeme zur Handhabung (Leitsysteme, Cockpits) erforderlich, mit digitalen Zwillingen auf allen Ebenen für bessere Aus- und Überlastungsvorhersagen sowie zur Identifikation von Handlungsoptionen. In diesem Bereich sind die Entwicklung von neuen Betriebskonzepten und Geschäftsmodellen interessant, die sich unter anderem mit dem Last- und Lademanagement beschäftigen. In der Industrie sind es veränderte Betriebskonzepte, die den Betrieb von dezentralen Erzeugungsanlagen flexibilisieren und Lastmanagement ermöglichen. Im Rahmen der Netzsteuerung sind neue Ansätze zur (zellularen) Schwarzstartfähigkeit bzw. gewollten Inselnetzfähigkeit unter Berücksichtigung der Sektorenkopplung bei einem Black Out weitere wichtige Forschungsfelder.

Besondere Herausforderungen liegen auf Seiten von gesellschaftlichen Fragestellungen aus den Bereichen Akzeptanzforschung, Sozialwissenschaften, Energiewirtschaft und Regulierung. Diese fachlichen Perspektiven gewinnen beispielsweise im Hinblick auf den Ausbau von Transportleitungen (z.B. HGÜ) und EE-Erzeugungskapazitäten an Relevanz und sind als integrale Bestandteile von Energieforschungs- und -entwicklungsprojekten konsequent mit zu beantworten. Zudem spielen Methoden zu Gewohnheitsveränderungen des Endnutzerverhaltens in der Stromnutzung („Strom wird nicht in der heimischen Steckdose erzeugt“) zukünftig eine gewichtige Rolle. Weitere Herausforderungen sind im Rahmen des Netzausbaus, den Entwicklungen in der Leistungselektronik, der Um- und

Ausbau von smarten Transformatoren, die einen flexiblen Netzbetrieb ermöglichen, zu sehen. Des Weiteren ist die Entwicklung zukunftsfähiger Automatisierungstechnik und Verbesserung der Cybersicherheit und -resilienz sowie der Aufbau einer offenen Digitalisierungsplattform für den Austausch von Modellen, Daten und Co-Simulationen unter Forschungs- und Industriepartnern zu beschleunigen. Innovative und resiliente Automatisierungsansätze erfordern neue Testverfahren und -standards, um rechtzeitig im Feld zum Einsatz zu kommen. In allen Bereichen der Energiewirtschaft ist mehr Agilität in der Software(weiter)entwicklung erforderlich, um mit der erforderlichen Innovationsgeschwindigkeit Schritt zu halten – in anderen Branchen etablierte Open Source-/Open Interface-Ansätze sind hierzu für den sicherheitskritischen Bereich der Energieversorgung weiterzuentwickeln. In diesem Kontext sind insbesondere die Nutzung von DC-Netzen und der Vermaschung von Netzen durch Smart Transformer von hohem Interesse, um unter anderem die Einbindung von dezentralen Erzeugungsanlagen zu optimieren.

Autorenliste:

Intelligente, integrierte Netze:

| Titel Name, Vorname | Hochschule / Institution |
|--------------------------------|--|
| Vuthi, Petrit | HAW Hamburg, EFH |
| Michael, Lars | Helmut-Schmidt-Universität Hamburg, EFH |
| Lehnhoff, Sebastian | Universität Oldenburg, OFFIS, EFZN |
| Töbermann, J.-Christian | Technische Hochschule Lübeck, WiE |
| Schütt, Reiner J. | Fachhochschule Westküste, ITE |
| Myrzik, Johanna | Universität Bremen, Bremer Forschungszentrum für Energiesysteme (BEST) |
| Lisserre, Marco | Christian-Albrechts-Universität zu Kiel |
| Schulz, Detlef | Helmut-Schmidt-Universität Hamburg, EFH |
| Poppinga, Thomas | Universität Oldenburg |
| Engel, Bernd | Universität Braunschweig, EFZN |
| Becker, Christian | Technische Universität Hamburg-Harburg, EFH |
| Hauer, Ines | Universität Clausthal, IEE, EFZN |