

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen

Jahresbericht 2016/2017

Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN)



Jahresbericht 2016/2017

Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN)

Das EFZN ist ein gemeinsames wissenschaftliches Zentrum der Universitäten:



Inhaltsverzeichnis

Grußwort des Niedersächsischen Ministers für Wissenschaft und Kultur	4
Grußwort des Vorsitzenden des Aufsichtsrates	6
Wechsel an der EFZN-Vorstandsspitze: Drei Fragen an Professor Hans-Peter Beck und Professor Carsten Agert	8
Die Jahre 2016/2017 im Überblick	10
Profilbildende Verbundprojekte 2016/2017 (Auswahl)	30
EFZN-Standorte	54
EFZN-Gremien und -Geschäftsstelle	66
Ziele und Ausblick	72

Grußwort des Niedersächsischen Ministers für Wissenschaft und Kultur

Sehr geehrte Damen und Herren,

in der Energiewende liegen für Niedersachsen große Potentiale, die erhebliche Wachstums- und Entwicklungschancen eröffnen. Bereits heute ist Niedersachsen ein maßgeblicher Motor der Energiewende. Mit einer Bruttostromerzeugung von fast 32 Milliarden kWh lag der Anteil der Erneuerbaren Energie 2015 in Niedersachsen bei über 40 Prozent. Das ist deutlich über dem Bundesdurchschnitt mit einem Anteil von 31,6 Prozent.

Diese führende Position Niedersachsens in der Energiewende ist nicht zuletzt auf die starke Energieforschung im Land zurückzuführen. Mit dem EFZN verfügt Niedersachsen über eine Einrichtung, die als zentrale Vernetzungs- und Kommunikationsplattform das Potential der niedersächsischen Energieforschung disziplinübergreifend zusammenbringt. Die daraus folgenden standortübergreifenden Verbundprojekte verleihen der energiebezogenen Spitzenforschung in Niedersachsen bundesweite wie internationale Sichtbarkeit und verbessern damit ihre Wettbewerbsfähigkeit.

Als wichtiger Drehpunkt für die Energiewende durchläuft das EFZN dabei gerade selbst eine Phase des Wandels. Seit dem Jahr 2016 ist das EFZN ein gemeinsames wissenschaftliches Zentrum seiner fünf Mitgliedsuniversitäten. Fußend auf dieser organisatorischen Neustrukturierung waren die zurückliegenden beiden Jahre von einem engagierten und konsequent vorangetriebenen inhaltlichen wie strukturellen Weiterentwicklungsprozess geprägt. Auf welchem gutem Weg das EFZN dabei ist, hat eine vom Land Niedersachsen initiierte Evaluation durch die Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen (WKN) herausgestellt.

Niedersachsen ist das Energieland – mit großem energiewissenschaftlichen Innovationspotential. Das EFZN leistet einen wesentlichen Beitrag, dieses Potential zu fördern und für eine lebenswerte Zukunft in unserem Land nutzbar zu machen.



Björn Thümler, Niedersächsischer Minister für Wissenschaft und Kultur



Björn Thümmler

Niedersächsischer Minister für Wissenschaft und Kultur

„Niedersachsen ist das Energieland – mit großem energiewissenschaftlichen Innovationspotential. Das EFZN leistet einen wesentlichen Beitrag, dieses Potential zu fördern und für eine lebenswerte Zukunft in unserem Land nutzbar zu machen.“

Grußwort des Vorsitzenden des Aufsichtsrates

Sehr geehrte Damen und Herren,

mit der organisatorischen Weiterentwicklung des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen (EFZN) zu einem gemeinsamen wissenschaftlichen Zentrum seiner Gründungsuniversitäten Braunschweig, Clausthal, Göttingen, Hannover und Oldenburg eröffneten die Partner ein neues Kapitel ihrer Zusammenarbeit.

Die Identifikation mit dem EFZN und die Bereitschaft zur standortübergreifenden Energieforschung haben durch die neue Organisation gewonnen. Verantwortlich dafür sind hauptsächlich die Forscherinnen und Forscher der Universitäten, der EFZN-Vorstand und die Geschäftsstelle.

Wie in den folgenden Seiten dieses Berichts nachgelesen werden kann, haben diese es als treibende Kräfte in den zurückliegenden Jahren 2016 und 2017 erfolgreich geschafft, einen gemeinsamen Strategieprozess zu starten, disziplinübergreifende Verbundprojekte einzuwerben und die Entwicklung des EFZN als Kommunikations- und Vernetzungsplattform der Energieforschung insgesamt voran zu bringen. Dafür möchte ich im Namen des Aufsichtsrates meinen Dank aussprechen!

Aus meiner Sicht fruchtbar war in dieser Hinsicht auch das Zusammenspiel im und mit dem EFZN-Aufsichtsrat, der sich aus Vertreterinnen und Vertretern des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur (MWK) und der Universitätsleitungen zusammensetzt. Dadurch bestand die Möglichkeit, in die organisatorische und wissenschaftliche Neuausrichtung des EFZN

auch direkt die Sichtweisen der Politik und der Präsidien mit einfließen zu lassen.

Auf diese Weise fand in den vergangenen zwei Jahren der Strategieprozess „Bottom-up“ und „Top-down“ und somit unter größtmöglicher Zusammenführung der Interessen aller Beteiligten statt.

Das dem EFZN in seiner neuen Organisation innewohnende Potential in struktureller wie in wissenschaftlicher Hinsicht hat die Gutachterkommission, die das Forschungszentrum im Jahr 2016 im Auftrag der Wissenschaftlichen Kommission Niedersachsen (WKN) evaluiert hat, deutlich hervorgehoben. Der Aufsichtsrat ist erfreut über diese Einschätzung und teilt sie. Die im EFZN gelebte multidisziplinäre und multiuniversitäre Kooperation hat Zukunft und sollte Zukunft mitgestalten – sei es als Basis für sichtbare Exzellenz in der Wissenschaft und als kompetenter Partner für Unternehmen, oder in Wahrnehmung seiner gesamtgesellschaftlichen Aufgabe, die Vielschichtigkeit, Zusammenhänge und Komplexität der Energiewende verständlicher zu machen.

Als Vorsitzender des EFZN-Aufsichtsrates bin ich sicher: Nach der Lektüre des Jahresberichts 2016/2017 werden auch Sie die Dynamik der Weiterentwicklung des EFZN und die damit verbunden Chancen erkannt haben. Mit dem EFZN haben wir in Niedersachsen eine herausragende Plattform, um national wie international sichtbar auf höchstem Niveau Energieforschung unter Einbeziehung von Gesellschaft und Wirtschaft zu vernetzen und zu betreiben.



Thomas Hanschke, Vorsitzender des Aufsichtsrates



Professor Dr. Thomas Hanschke

Vorsitzender des Aufsichtsrates

„Mit dem EFZN haben wir in Niedersachsen eine herausragende Plattform, um national wie international sichtbar auf höchstem Niveau Energieforschung unter Einbeziehung von Gesellschaft und Wirtschaft zu vernetzen und zu betreiben.“

Wechsel an der EFZN-Vorstandsspitze: Drei Fragen an...



Professor Hans-Peter Beck,
Vorstandssprecher von Januar 2008 bis Oktober 2017

Herr Professor Beck, was gab für Sie den Ausschlag, das EFZN seinerzeit mit aufzubauen?

Professor Beck: Den Impuls zum Aufbau des EFZN gab im Jahre 2006 die Frage, die ich im Rahmen eines Antrags zur Entsorgung hochradioaktiven Abfalls im Rahmen der Exzellenzinitiative der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) beantworten sollte. Die Frage lautete: „Wie organisieren Sie Transdisziplinarität?“.

Nachdem ich mir den Unterschied zu der bekannten Interdisziplinarität und der neuen transdisziplinären Forschungsmethode klar gemacht hatte, wurde mir schnell bewusst, dass transdisziplinäre Forschung zukünftig für alle gesellschaftlich hoch relevanten Fragestellungen wie Klimaschutz, Gesundheit usw., also auch zur Klärung der nachhaltigen Energieversorgung, relevant sein würde. Dies bestätigten dann auch die Gutachter des EFZN-Antrages zu einem universitären, niedersächsischen Energieforschungszentrum in Goslar, der, wie bekannt, genehmigt wurde.

Was waren aus Ihrer Sicht die Highlights während Ihrer Amtszeit?

Professor Beck: Das wichtigste Ereignis für mich war die im Jahre 2016, also 10 Jahre nach Ent-

stehen der Gründungsidee, vom Wissenschaftsministerium in Niedersachsen angeordnete Evaluation des EFZN durch die Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen und ihr Ergebnis. Die Gutachter bestätigten uns, dass wir zwar noch nicht transdisziplinär, sondern nur „integrativ/interdisziplinär“ unterwegs sind; wir sollten aber den eingeschlagenen Weg auf der sich im EFZN herausgebildeten Plattform fortsetzen und neben der exzellenten DFG-Grundlagenforschung die inzwischen von der Politik beschlossene Energiewende den betroffenen Menschen auf wissenschaftlicher Basis erklären helfen. Das gehe nach Auffassung der Gutachter nur transdisziplinär.

Welches Fazit ziehen Sie zum Abschluss Ihrer fast zehnjährigen Amtszeit und was wünschen Sie dem EFZN für die Zukunft?

Professor Beck: Ich wünsche mir, dass meine jüngeren Kollegen das EFZN in Zukunft auf der Basis des Evaluationsergebnisses weiter entwickeln und herausfinden, wieviel Kollaboration und Kooperation dazu zwischen den fünf Mitgliedsuniversitäten notwendig ist, um bei allem gewünschten Wettbewerb in der Gesellschaft eine nachhaltige Energieversorgung zu etablieren, die für den Klimaschutz unabdingbar ist.



Professor Carsten Agert,
Vorstandssprecher seit Oktober 2017

Herr Professor Agert, was ist Ihre Motivation als EFZN-Vorstandssprecher?

Professor Agert: Die Energiewende ist ein ungeheuer wichtiges gesellschaftliches Projekt, das mir auch persönlich sehr am Herzen liegt. Gleichzeitig ist sie ein außerordentlich komplexes Vorhaben, das nur mit Unterstützung aus Wissenschaft und Forschung gelingen kann. In diesem Zusammenhang sehe ich meine persönliche Aufgabe und Motivation: Als Forscher stehen wir in der Pflicht, die Ressourcen, die die Gesellschaft uns für unsere Arbeit zur Verfügung stellt, bestmöglich zum Wohle der Menschen einzusetzen. Ein Mosaikstein dieser Gestaltungsaufgabe ist es, den bestehenden Wettbewerb in unserem äußerst kompetitiven Wissenschaftssystem an den richtigen Stellen durch Kooperation zu ergänzen. Genau dies ist die Aufgabe und das Ziel des EFZN: eine intensiviertere Zusammenarbeit der fünf EFZN-Universitäten in der Energieforschung. Je effizienter wir die niedersächsische Energieforschung durch standortübergreifende Kooperationen gestalten, umso mehr werden wir unserer gesellschaftlichen Aufgabe an dieser Stelle gerecht.

Was wünschen Sie sich für die Zusammenarbeit zwischen den fünf EFZN-Mitgliedsuniversitäten und innerhalb der niedersächsischen Energieforschung insgesamt? Welche Ziele wollen Sie vorrangig angehen?

Professor Agert: Als wir das EFZN im Jahr 2015 in ein gemeinsames wissenschaftliches Zentrum der fünf beteiligten Universitäten umwandelten, nahmen wir zunächst eine landesweite

Bestandsaufnahme der Themen und Akteure in der Energieforschung vor. Auf dieser Basis gaben wir dem EFZN eine neue inhaltliche Struktur, die als sogenannte EFZN-Forschungslinien auch in diesen Jahresbericht wiederzufinden sind. Innerhalb dieser Struktur haben wir uns für die kommenden Jahre viel vorgenommen: Wir wollen die Vernetzung der fünf EFZN-Standorte erhöhen, gemeinsame Projekte initiieren und die niedersächsische Energieforschung als Ganzes sichtbarer machen – national genauso wie international. Darüber hinaus streben wir an, den Dialog zwischen Forschung, Gesellschaft und Wirtschaft durch attraktive Tagungsformate zu bereichern. Wer für eine bestimmte Fragestellung einen Ansprechpartner in der niedersächsischen Energieforschung sucht, soll das EFZN als die zentrale Plattform wahrnehmen, die kompetente und umfassende Antworten gibt, sowie den Kontakt zu den ausgewiesenen Experten an den Mitgliedshochschulen herstellen kann. Niedersachsen hat das Potenzial, das Energieland Nr. 1 zu sein. Es geht uns darum, unser Bundesland dabei zu unterstützen, national und international entsprechend erfolgreich zu sein.

Wo sehen Sie das EFZN in zehn Jahren?

Professor Agert: Ich werde mich dafür einsetzen, dass wir als niedersächsische Energieforscher eine starke und selbstbewusste gemeinsame Identität entwickeln. Wenn uns das gelingt, sollten wir in zehn Jahren national und international als leistungsfähiges Netzwerk bekannt und geschätzt sein. Ich bin optimistisch, dass wir das hinkommen.





Die Jahre 2016/2017 im Überblick

1

Organisatorische und wissenschaftliche Neuausrichtung des EFZN

2016 und 2017 waren die ersten beiden Jahre des EFZN in der neuen Organisationsform als gemeinsames wissenschaftliches Zentrum seiner fünf Mitgliedsuniversitäten. Nachdem mit einem Rahmenvertrag aus dem Juni 2015 formal eine neue Struktur geschaffen worden war, galt es in der Folgezeit, diese mit Leben zu füllen. Auf organisatorischer wie auf wissenschaftlicher Ebene wurde die Weiterentwicklung in den vergangenen zwei Jahren strategisch fortgeführt.

Evaluation des EFZN durch die WKN

Einen wichtigen Meilenstein für die Weiterentwicklung des EFZN stellte die 2016 durchgeführte Evaluation durch die Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen (WKN) dar.

Auf Basis eines umfassenden Selbstberichts und einer Begehung des EFZN am Standort Goslar durch die einberufene Gutachterkommission legte die WKN im November 2016 ihren Ergebnisbericht vor. Der Öffentlichkeit vorgestellt wurde das Gutachten von der damaligen niedersächsischen Wissenschaftsministerin Dr. Gabriele Heinen-Kljajić,



Die damalige nds. Wissenschaftsministerin Heinen-Kljajić mit den Professoren Umbach (links) und Hanschke (rechts) bei der Vorstellung des Gutachtens.

dem Vorsitzenden der Gutachterkommission, Professor Eberhard Umbach, sowie dem Präsidenten der TU Clausthal und EFZN-Aufsichtsratsvorsitzenden, Professor Thomas Hanschke.

In der neuen Organisationsform als gemeinsames wissenschaftliches Zentrum seiner Gründungsuniversitäten sieht die Kommission das EFZN auf einem guten Weg, wie der Vorsitzende Professor Umbach in seiner Einführung betonte: „Es war eine sehr gute und richtige Maßnahme, das EFZN mit einer gleichberechtigten Beteiligung aller fünf Partner neu aufzustellen. Durch diese Bündelung besteht die Chance, die Schlagfähigkeit der niedersächsischen Energieforschung zu erhöhen, um den starken Mitbewerbern in diesem Bereich erfolgreich entgegen treten zu können.“

In ihrem Evaluationsbericht vertreten die Gutachtenden die Auffassung, dass sich das EFZN im Laufe seines achtjährigen Bestehens zu einer tragfähigen Kooperationsplattform der beteiligten Universitäten entwickelt hat. Dabei betonten sie die Notwendigkeit und die Vorteile abgestimmter kooperativer Forschungsaktivitäten, insbesondere vor dem Hintergrund der Wichtigkeit des Themas „Energie“ für Niedersachsen. An die Universitätsleitungen und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erging daher die Empfehlung, den mit der Neustrukturierung einhergehenden Impuls als Chance für eine strategische Weiterentwicklung aufzugreifen, und unter Berücksichtigung der jeweiligen Strategien der fünf Mitgliedsuniversitäten eine gemeinsame, ausbalancierte EFZN-Agenda im niedersächsischen Kontext zu entwickeln. Diese sollte eine Balance zwischen einer an Grundlagenforschung orientierten Wissenschaftlichkeit und einer an der Industrie orientierten anwendungsnahen Forschung aufweisen. Besonders hervorgehoben wurde in dem Evaluationsgutachten die Bedeutung des EFZN für die „multidisziplinäre und interuniversitäre“ Aus-

bildung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Bereich der Energieforschung. Durch diese Arbeitsweise könne das EFZN, so die Gutachterkommission, eine wichtige Rolle dabei spielen, die Komplexität der Energiewende innerhalb der Gesellschaft begreifbarer zu machen.

Der EFZN-Vorstand, dem zum Zeitpunkt der Evaluation Frau Professor Jutta Geldermann (Universität Göttingen) sowie die Herren Professoren Agert (Universität Oldenburg), Beck (TU Clausthal), Mertens (Universität Hannover) und Kurrat (TU Braunschweig) angehörten, zeigte sich zufrieden mit dem Evaluationsergebnis: „Das Gutachten bestätigt, dass in den vergangenen Jahren innerhalb des EFZN erfolgreich zusammengearbeitet und entscheidende Weichen gestellt wurden. Durch die organisatorische Neuausrichtung in ein gemeinsames Zentrum unserer Universitäten wurde die wissenschaftliche Schlagkraft des EFZN auf standortübergreifend nunmehr insgesamt ca. 500 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Bereich der Energieforschung beträchtlich erhöht. Damit sind wir zukunftsfähig aufgestellt, um gemäß den Zielen der neuen Kooperationsvereinbarung erfolgreich Verbundprojekte in den gesetzten Schwerpunktbereichen einzuwerben und die nationale und internationale Sichtbarkeit der niedersächsischen Energieforschung insgesamt weiter zu erhöhen.“

Strategieworkshop Hildesheim

Um die wissenschaftliche Ausrichtung des EFZN ging es bei einem Workshop im Michaeliskloster in Hildesheim. Forscherinnen und Forscher aus den EFZN-Standorten Braunschweig, Clausthal, Göttingen, Hannover und Oldenburg trafen sich im August 2016, um Grundpfeiler für die zukünftige EFZN-Verbundforschung zu erarbeiten. Insbesondere sollten die bis dahin definierten Schwerpunktbereiche „Vernetzte Energiesysteme / Sektorenkopplung“ und „P2X-Technologien“ konkretisiert und standortübergreifende Forschungsthemen sowie gemeinsame AkquisAnsätze identifiziert werden.

Grundvoraussetzung dafür ist eine intensive Vernetzung der Forscherinnen und Forscher in persönlicher und fachlicher Hinsicht. Der Workshop startete daher mit einer ausgiebigen Vorstellungsrunde, in der die Teilnehmenden anhand einer Kurz-Präsentation ihren Werdegang, ihre aktuell wichtigsten Forschungsthemen und -fragestellungen vorstellten, die ihrer Meinung nach nur im Verbund disziplinübergreifend gelöst werden können.

Im weiteren Verlauf erfolgte im Rahmen eines ausführlichen fachlichen Dialogs zwischen allen Workshop-Teilnehmenden eine Themensammlung und anschließende Bewertung sowie die



Forscherinnen und Forscher aller EFZN-Standorte nahmen an dem Strategieworkshop in Hildesheim teil.



In konzentrierter Arbeitsatmosphäre wurden Grundpfeiler für die zukünftige EFZN-Verbundforschung erarbeitet.

Zuordnung der Themen unter die Schwerpunktbereiche „Vernetzte Energiesysteme / Sektorenkopplung“ und „P2X-Technologien“.

Bis zum Abschluss des ersten Tages wurden auf diese Weise insgesamt sieben disziplinübergreifende Themenbereiche mit Verbundforschungspotential und dort tätige EFZN-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler identifiziert.

Auf Grundlage dieser Vorarbeiten fanden am zweiten Tag Experten-Workshops innerhalb der definierten Themenbereiche statt, um diese anhand von Ideensteckbriefen zu konkretisieren. Dabei wurde das avisierte Ziel erreicht, EFZN-Experten innerhalb einer jeden Projektidee zusammen zu bringen und je nach thematischem Schwerpunkt auch Verantwortlichkeiten für die weitere Ausarbeitung dieser Idee nach Ende des Workshops zu übertragen.

EFZN-Forschungslinien und Querschnittsforschungsbereiche

Als weiteres Ergebnis des Strategieworkshops und der sich daran anschließenden Diskussion über die wissenschaftliche Neuausrichtung innerhalb des EFZN wurden die Themenbereiche „Solar- und Windenergie“, „Vernetzte Energiesysteme / Sektorenkopplung“ und „P2X-Technologien“ als zukünftige Forschungslinien definiert. Diese werden ergänzt um die Querschnittsforschungsberei-

che Materialwissenschaften und Gesellschaftswissenschaften.

Forschungslinie „Solar- und Windenergie“

Niedersachsen verfügt nicht nur über ein hohes Potenzial für die Windenergienutzung, sondern hat als großes Flächenland unter allen Bundesländern auch das zweitgrößte Potential zur Solarenergienutzung. Da sich Solar- und Windenergie saisonal ergänzen, kann Niedersachsen durch konsequenten Ausbau beider Technologien ganzjährig besonders viel Erneuerbare Energie nutzen.

Die Solarenergie lässt sich fast überall in kleinen und in großen Systemen einsetzen, ist schon heute für viele Anwendungen wirtschaftlich und hat eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung. Aus diesen Gründen ist die Solarenergienutzung weltweit auf einem schnellen Vormarsch. Die weltweiten Investitionen in solare Energieerzeugung überstiegen 2017 erstmals 100 Milliarden Dollar. Dieser wachsende Markt bietet auch Unternehmen aus Niedersachsen Chancen; sei es beim Planen, Errichten und Betreiben von solaren Energiesystemen, bei der Fertigung von Komponenten, die in Solarenergiesystemen genutzt werden, sowie im Maschinenbau für Produktions- und Inspektionsanlagen.

Der Bereich „Solar“ innerhalb der Forschungslinie wird durch das Institut für Solarenergieforschung GmbH (ISFH), einem An-Institut der Leibniz Universität Hannover, und durch Forschende der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg sowie der Leibniz Universität Hannover wahrgenommen. Die anwendungsnahe Solarforschung ist durch intensive Kooperationen mit der Industrie geprägt. Zentrale Fragestellungen der Solarenergieforschung betreffen nicht nur die Weiterentwicklung der Komponenten für eine kostengünstige erneuerbare Energieversorgung, sondern auch die Integration der Solarenergie in unser Energiesystem für eine hohe Versorgungssicherheit.

Windenergie ist eine der tragenden Säulen unseres zukünftigen Energiesystems. Das Potential der Strombereitstellung durch Windenergieanlagen an Land und auf See ist enorm. Das Zusammen-

spiel der immer größer und effizienter werden. Windenergiesysteme ist komplex und nur durch eine aktive Begleitung dieser Evolutionen durch eine gut aufgestellte Forschungs- und Entwicklungslandschaft können weitere große Fortschritte in Sachen Kostensenkung und Zuverlässigkeit erreicht werden.

Der Bereich „Wind“ innerhalb der Forschungslinie wird durch das gemeinsam von der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, der Leibniz Universität Hannover und der Universität Bremen betriebene Zentrum für Windenergieforschung – ForWind – wahrgenommen. ForWind vereint die wissenschaftliche und technische Expertise von rund 30 Instituten und Gruppen aus den Ingenieur- und Naturwissenschaften sowie der Informatik und Wirtschaftswissenschaft. Von den externen Bedingungen, wie turbulenten Winden, Wellen und Strömungen, über die Anlagentechnik, vom Rotor bis zum Fundament, bis hin zur Integration in das Energiesystem erforscht ForWind das komplexe Zusammenspiel all dieser Bereiche im Windenergiesystem. Die zahlreichen Kooperationen mit der Industrie in Verbundprojekten sowie die Organisation von Qualifizierungsprogrammen, Workshops und Fachtagungen erlauben dabei einen schnellen und effektiven Transfer neuer Erkenntnisse und Innovationen.

Forschungslinie „Vernetzte Energiesysteme / Sektorenkopplung“

Der Umstieg auf die Erneuerbaren Energien sowie die voranschreitende Digitalisierung führen zu einem fundamentalen Strukturwandel der vernetzten Energiesysteme. Die absehbaren Kern-Herausforderungen liegen in der wetterbedingten Schwankung und im daher nicht nachfrage-determinierten Verhalten der Stromerzeugung sowie in der Dezentralisierung der energietechnischen Strukturen. Die Forschungslinie „Vernetzte Energiesysteme / Sektorenkopplung“ adressiert verschiedene Ebenen dieser Herausforderungen:

- Ertüchtigung von kleinskaligen Energieanlagen für eine aktive Rolle in der Regelung der Stromnetze mit dezentralen Strukturen (PV-Systeme, Batteriespeicher, Kraft-Wärme-

Kopplung, Wärmepumpen, Transformatoren, Wechselrichter, etc.),

- Analyse und Optimierung der Veränderungen von Prozessen, Akteuren und Ereignissen, die sich aus einer Digitalisierung und intelligenten Vernetzung von Energiesystemen ergeben,
- Entwicklung von Regelungs- und Betriebsführungsstrategien sowohl für IKT-basierte als auch für autonome dezentrale Strukturen,
- Erweiterung von Flexibilitätspotenzialen in Erzeugung und Nachfrage durch Sektorenkopplung (Elektrizitätssektor, Verkehrs- und Wärme-Technologien),
- Anwendung der Energiesystemanalyse zur Planung von Energiesystemen und zur Gewinnung von Orientierungswissen (politische, wirtschaftliche und technische Aspekte).

Im EFZN vereinen wir hierfür Kompetenzen aus den Disziplinen der Elektrotechnik, der Informatik und der Naturwissenschaften.

Forschungslinie „P2X-Technologien“

Mit zunehmender regenerativer Erzeugung kann die elektrische Energie mehr und mehr als Primärenergieträger betrachtet werden. Auf diese Weise kann die gewünschte Substitution der fossilen Energierohstoffe durch regenerative Prozesse, die mittels Strom energetisch geführt werden, erreicht werden. Die Forschungslinie „P2X-Technologien“ setzt sich zum Ziel, die Bandbreite der unterschiedlichen Technologien der Konversion elektrischer Energie in andere Energieformen weiter zu entwickeln und somit wichtige Grundlagen für die Forschungslinie „Vernetzte Energiesysteme / Sektorenkopplung“ zu erarbeiten. Schwerpunkte der niedersächsischen Forschung im Bereich der P2X-Technologien sind neben der direkten Speicherung elektrischer Energie in Batterien die Wasserelektrolyse, die nachfolgende Umwandlung des Wasserstoffs zu gasförmigen und flüssigen Kraftstoffen oder Chemierohstoffen sowie die Speicherung und Rückverstromung von Wasserstoff. Auf diese Weise können sowohl Beiträge zur Versorgungssicherheit durch unterschiedliche Speichertechnologien geleistet als auch die Rohstoffversorgung der Chemie- und

Grundstoffindustrie (Stahl, Zement) schrittweise auf „grünen“ Wasserstoff aus regenerativer elektrischer Energie und nachhaltige Kohlenstoffquellen umgestellt werden. Wichtige Forschungsfragen betreffen die Entwicklung neuer Materialien sowie verbesserter Modelle und Simulationswerkzeuge, um schließlich möglichst hohe Wirkungsgrade der einzelnen Konversionstechnologien zu erzielen.

Querschnittsforschungsbereich Materialwissenschaften

Materialien und Werkstoffe nehmen eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung von Systemen zur Energiewandlung und -speicherung ein. Neben technologischen Weiterentwicklungen und Optimierungen werden grundlegende Innovationen insbesondere durch die Erforschung neuer Materialien sowie maßgeschneiderter Materialfunktionalisierungen erwartet. Dieses erfolgt auf unterschiedlichsten Größenskalen. Das Spektrum reicht dabei von makroskopischen Leichtbau- und Kompositwerkstoffen über mikro- und nanostrukturierte Oberflächen bis hin zu Transportphänomenen auf atomarer Ebene.

Aktuelle Fragestellungen adressieren die Entwicklung langzeitstabiler und hocheffizienter Elektrodenmaterialien für die Wasserstoff Elektrolyse sowie für wiederaufladbare Metall-Luft Batterien, die Bereitstellung katalytischer Oberflächen in Rohrreaktoren für die Methanisierung von Wasserstoff mit CO₂ sowie für die Speicherung von Wasserstoff mittels LOHC – Liquid Organic Hydrogen Carriers. Mit den an den Mitgliederuniversitäten des EFZN vorhandenen Kompetenzen werden dabei sowohl Grundsatzuntersuchungen zum detaillierten Verständnis der auftretenden Prozesse als auch die Optimierung der Prozessparameter zur großflächigen Prozessierung mittels unterschiedlicher Verfahren bearbeitet.

Querschnittsforschungsbereich Gesellschaftswissenschaften

Die Transformation des deutschen, europäischen und globalen Energiesystems ist nicht nur eine Herausforderung aus technologischer und natur-

wissenschaftlicher Sicht, sondern eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. Daher muss dieser Prozess auch gesellschaftswissenschaftlich erforscht werden. Energiesysteme sind komplexe, sozio-technische Systeme mit vielfältigen Wechselwirkungen, d.h. Ingenieure und Naturwissenschaftler müssen mit Wirtschafts-, Rechts- und Politikwissenschaftlern sowie Soziologen eng verzahnt forschen. Die inter- und transdisziplinäre Forschung innerhalb des EFZN ermöglicht eine ganzheitliche, systematische Entwicklung von validen Handlungsempfehlungen und Handlungsstrategien.

Typische Fragestellungen betreffen die Sicherheit und Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit, Finanzierbarkeit, Akzeptanz, Dezentralisierung, Demokratisierung und Umweltverträglichkeit von Energiesystemen sowie Technologievergleiche. Die staatliche Regulierung und rechtlichen Rahmenbedingungen in Deutschland und der EU werden sowohl hinsichtlich des status quo als auch hinsichtlich ihrer Weiterentwicklung betrachtet. Aspekte der Daseinsvorsorge und öffentlicher Güter im städtischen und ländlichen Raum, Akzeptanzfragen unter Berücksichtigung demokratischer Dialog- und Entscheidungsstrukturen, Fragen der demografischen Entwicklungen sowie die Beanspruchung der Umwelt und Ressourcenverfügbarkeiten stellen weitere Forschungsthemen aus diesem Bereich dar. Ferner wird die Wirkung staatlicher Subventionen und anderer monetärer und nichtmonetärer Anreize sowie staatlicher Belastungen durch Steuern und Gebühren auf die Transformation von Energiesystemen erforscht. Einen Schwerpunkt bilden dabei Akteursstrukturen und -verhalten. Denn mit der Transformation des Energiesystems werden sich auch die Rollen von Produzenten und Konsumenten, lokale, regionale und globale Einflussmöglichkeiten und Machtstrukturen sowie Lebensgewohnheiten und Lebensstile verändern.

Im methodischen Fokus der gesellschaftswissenschaftlichen Forschung stehen quantitative und qualitative Analysen von Daten, Beobachtungen, Umfragen und Experimenten sowie die Entwicklung von Entscheidungsunterstützungssystemen, die multikriteriell oft auf Szenarioanalysen mit Simulationen oder Optimierung basieren.

Das EFZN als Kommunikations- und Vernetzungsplattform: Veranstaltungsreihen 2016/2017

Das EFZN hat gemeinsam mit verschiedenen Partnern auch in den Jahren 2016 und 2017 zahlreiche Fachveranstaltungen durchgeführt und damit zur Bewältigung der Herausforderungen bei der Transformation des Energiesystems sowie zur weiteren Vernetzung innerhalb der Energieforschung in Niedersachsen und mit Akteuren aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft beigetragen.

8. Göttinger Energietagung: „Systemdienstleistungen für das Strom- netz bis 2030 – die Rolle von Kleinanlagen und Erneuerbare Energien-Anlagen“ (18.–19.05.2016)

*EFZN-Partner: Bundesnetzagentur (BNetzA)
Veranstaltungsort: Paulinerkirche, Göttingen*

Die 8. Göttinger Energietagung betrachtete die Rolle Erneuerbarer Energien-Anlagen bei der

Erbringung von Systemdienstleistungen. Vor allem wurden Windenergieanlagen, Photovoltaikanlagen sowie Speicheranlagen, insbesondere Batteriespeicher, in den Blick genommen. Als ein wesentliches Ergebnis der Plenarvorträge und Fachforen konnte festgehalten werden, dass aus technischer Sicht diese Anlagen über sehr gute Möglichkeiten zur Erbringung von Systemdienstleistungen verfügen. Um die technischen Möglichkeiten von Kleinanlagen nutzen zu können, lassen sich diese in sogenannte virtuelle Kraftwerke zusammenfassen. Da Kleinanlagen auf den unteren Netzebenen angeschlossen sind, verändert sich auch die Rolle der Verteilernetzbetreiber gegenüber der früheren Situation, in der konventionelle Großkraftwerke überwiegend an das Höchstspannungs-Übertragungsnetz angeschlossen waren. In die Betrachtung einbezogen wurde auch der rechtliche Rahmen, einschließlich der Vorgaben des europäischen Netzkodex „Requirements for Generators“.



Professor Carsten Agert, EFZN-Vorstandssprecher, eröffnete die 8. Göttinger Energietagung.

Die Veranstalter konnten zum Abschluss der Tagung ein positives Fazit ziehen. „Auch in diesem Jahr ist es gelungen, ein aktuelles Thema der Energieversorgung unter Mitwirkung hochqualifizierter Referenten einer fachübergreifenden Analyse zu unterziehen“, so Professor Hartmut Weyer, Direktor des Instituts für deutsches und internationales Berg- und Energierecht der TU Clausthal. Damit fügt sich die Tagung hervorragend in den Forschungsansatz des EFZN ein, der besonderes Gewicht auf eine fachübergreifende Problembetrachtung legt.

2. Dialogplattform Power-to-Heat: „Sektorenkopplung der Energiesysteme durch Power-to-Heat“ (14.–15.06.2016)

EFZN-Partner: Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN)

Veranstaltungsort: Batterie- und Sensoriktestzentrum, Energie-Campus Goslar

Fachleute aus Industrie und Wissenschaft diskutierten im Rahmen der 2. Dialogplattform Power-to-Heat den Themenkomplex „Sektorenkopplung der Energiesysteme durch Power-to-Heat“.

Power-to-Heat, die Nutzung von Strom für thermische Anwendungen, ist ein wichtiger Teil



Initiator der Dialogplattform Power-to-Heat Professor Heinz Wenzl, TU Clausthal, im Gespräch mit Professor Hans-Peter Beck, dem damaligen Vorstandssprecher des EFZN.

eines zukünftigen, die Energiesektoren übergreifenden Energiesystems. Wird das gelingen? Aus den Vorträgen und Diskussionen im Verlauf der Tagung wurde deutlich, dass diese Kopplung technisch auf einem guten Weg ist, regulatorisch Strom- und Wärmemarkt zunächst aber weiterhin getrennt bleiben, was eine wirtschaftliche Nutzung erschwert, wenn nicht gar unmöglich macht.

Den Höhepunkt der Veranstaltung stellte daher die Podiumsdiskussion zum Thema „Regulatorische Rahmenbedingungen“ dar, bei der nochmals betont wurde, dass der derzeitige Regulierungsrahmen den Primärenergieträger der Zukunft, Strom, finanziell stärker belastet, während die Primärenergieträger der Vergangenheit, Kohle und Erdgas, aus rein wirtschaftlichen Erwägungen heraus attraktiv bleiben.

Als ein besonderer Erfolg der Tagung wurde herausgestellt, dass eine weitere, bisher wenig beachtete Lösungsmöglichkeit zur Umsetzung der Energiewende über eine Sektorkopplung – Power-to-Heat – zur CO₂-freien Heizung und Kühlung von Fachleuten vorangetrieben wurde.

9. Niedersächsische Energietage (NET) (01.–02.11.2016)

EFZN-Partner: Akteure aus Politik, Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft

Veranstaltungsort: Kaiserpfalz, Goslar; Hotel „Der Achtermann“, Goslar

Zentrale Themen der 9. Niedersächsischen Energietage waren die Auswirkungen der fluktuierenden Einspeisung regenerativer Energie auf den Industriestandort Deutschland und die Gesellschaft. Dazu hatten sich über 200 Experten zur gemeinsamen Diskussion in der Kaiserpfalz Goslar zusammengefunden. Schirmherr der Veranstaltung war im Jahr 2016 der damalige niedersächsische Wirtschaftsminister Olaf Lies.

In seiner Eröffnungsrede sprach EFZN-Vorstandsmitglied Professor Michael H. Breitner, Leibniz



NET 2016: EFZN-Vorstand Professor Michael H. Breitner (vierter von rechts) mit Teilnehmern des Plenums.

Universität Hannover, über die Chancen und Herausforderungen der Energiewende in Niedersachsen. Dabei betonte er die Bedeutung der Niedersächsischen Energietage für den transdisziplinären Dialog zwischen Gesellschaft, Wirtschaft, Politik und Wissenschaft.

Nach der Plenarveranstaltung mit Vorträgen und sich daran anschließenden lebhaften Diskussionen u.a. zu den Themen „Industrierversorgung bei fluktuierender Einspeisung“ und „Transformationsprozess Energiewende – Auswirkungen auf Industrie und Arbeitswelt“ waren sich die Referenten einig, dass die Energiewende den Industriestandort Deutschland insgesamt voranbringe. Man dürfe dabei aber nicht einseitig auf einzelne Technologien setzen, da sich das Energiesystem von einer statischen zu einer dynamischen Struktur entwickle. Flexibilität und Schnelligkeit mit Blick auf das Gesamtsystem seien daher das Gebot der Stunde. Dies gelte in gleichem Maße für die Gestaltung und Umsetzung von verlässlichen politischen Rahmenbedingungen. Ein zu zögerliches Handeln, zum Beispiel beim Ausbau der Elektromobilität,

könnte fatale Auswirkungen auf den gesamten Industriestandort Deutschland haben, so die einhellige Auffassung der Referenten.

In seinem Abendvortrag gab Schirmherr Olaf Lies einen Überblick über die politischen Herausforderungen des Umbaus des Energiesystems. Die Energiewende sei in Deutschland zwar gesellschaftlicher Konsens. Gerade in letzter Zeit sei es aber nicht immer gelungen, dieses hoch komplexe Thema verständlich in die Gesellschaft hineinzutragen. Die Niedersächsischen Energietage sah der Minister als hervorragende Plattform, um die verschiedenen Akteure zusammen zu bringen.

Standen zum Auftakt der Niedersächsischen Energietage Vorträge und Diskussionsrunden im Plenum im Mittelpunkt, war der zweite Veranstaltungstag von vertiefenden Fachforen geprägt. Fünf Themen wurden beleuchtet: „Stromspeicher im intelligenten Energiesystem“, „Eigenversorgung – Entsolidarisierung oder notwendiges Element der Energiewende?“, „Produktionstechnische Herausforderungen bei der Förderung und

Speicherung von Stoffen im tiefen geologischen Untergrund“, „Energiewende: (er)neuerbare Arbeitswelt“ sowie „Elektromobilität – Fluch oder Segen für die Stromnetze?“.

2. Energierechtlicher Workshop: „Neuerungen im EEG 2017“ (05.12.2016)

Veranstaltungsort: Leibnizhaus, Hannover

Die am 01. Januar 2017 in Kraft getretene Neufassung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2017) war Gegenstand des 2. Energierechtlichen Workshops. Im Mittelpunkt stand die Umstellung des Fördersystems für größere Erneuerbare-Energien-Anlagen auf ein Ausschreibungsmodell. In fünf Themenkomplexen wurden die beihilfenrechtlichen Vorgaben der Europäischen Union sowie die Fördersysteme für Photovoltaikanlagen, Biomasseanlagen sowie Windenergieanlagen an Land und auf See im Einzelnen behandelt. Einbezogen wurden die Erfahrungen der Bundesnetzagentur aus den bisher durchgeführten Pilotausschreibungen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen in den Jahren 2015 und 2016, einschließlich einer ersten grenzüberschreitenden Ausschreibung mit Dänemark.



Rechtsanwalt Harald Wedemeyer, Landvolk Niedersachsen, referierte über die Ausschreibung bei Biomasseanlagen.

Tag der Energieforschung an der Leibniz Universität Hannover (04.05.2017)

EFZN-Partner: Leibniz Forschungszentrum Energie 2050 (LiFE 2050)

Veranstaltungsort: Lichthof des Hauptgebäudes der Leibniz Universität Hannover

In Vorträgen und mittels einer großen Poster-Ausstellung, an der sich alle im EFZN zusammengeschlossenen Universitäten beteiligten, fand im Rahmen des Tags der Energieforschung des Leibniz Forschungszentrums Energie 2050 (LiFE 2050) ein Austausch über neuste Forschungsthemen und -ergebnisse aus den Bereichen Elektrische Energiesysteme, Windenergie, Flexible Kraftwerke und Elektromobilität statt.

Professor Wriggers, Vizepräsident für Forschung der Leibniz Universität Hannover (LUH) und Mitglied im Aufsichtsrat des EFZN, zeigte sich in seinem Grußwort erfreut über die erstmalige gemeinsame Durchführung des Tags der Energieforschung durch das LiFE 2050 in Kooperation mit dem Energie-Forschungszentrum Niedersachsen und die rege Beteiligung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der EFZN-Partneruniversitäten. Dies zeige den durch die Neuorganisation



Blick in den Lichthof der LUH auf das Tagungsplenum.

des EFZN als gemeinsames wissenschaftliches Zentrum der beteiligten Universitäten gesteigerten Kooperationswillen. „Damit besteht die Chance, die ‚kritische Masse‘ der niedersächsischen Energieforschung zu erhöhen, um gemeinsam erfolgreich nationale wie internationale Verbundforschungsprojekte einzuwerben.“

Ziel der Veranstaltung war es insbesondere auch, die Vernetzung von Nachwuchswissenschaftlern und -wissenschaftlerinnen innerhalb des EFZN-Verbundes zu fördern. Die lebhaften Diskussionen im Rahmen der Poster-Ausstellung zeigten, dass der Tag der Energieforschung dieses Ziel in angeregter Atmosphäre umzusetzen vermochte.

9. Göttinger Energietagung: „Digitalisierung der Energiewirtschaft – Welche Substanz hat eine Wolke?“ (09.–10.05.2017)

*EFZN-Partner: Bundesnetzagentur (BNetzA)
Veranstaltungsort: Paulinerkirche, Göttingen*

Die fortschreitende Digitalisierung berührt alle Akteure in der Energiewirtschaft, von den Übertragungs- und Verteilernetzbetreibern über die Händler, Lieferanten und Energiedienstleister bis zu den Industrie- und Haushaltskunden. Neue technische Möglichkeiten begründen Chancen und Herausforderungen für die Marktteilnehmer und die Funktion des Energieversorgungssystems insgesamt. Zugleich muss überprüft werden, inwieweit der regulatorische Rahmen einer Anpassung bedarf. Hierzu diente die 9. Göttinger Energietagung, die konkrete Entwicklungstendenzen zum Thema „Digitalisierung der Energiewirtschaft – Welche Substanz hat eine Wolke?“ herausarbeitete.

Die Veranstaltung untersuchte in einem ersten Themenblock die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Gestaltung und Funktionsweise von Märkten. Im Fokus standen hier die Veränderungen der Marktmachtverhältnisse durch Datenzugang und Digitalisierung sowie die Zuordnung neuer Aufgaben und Geschäftsmodelle zu den

verschiedenen Marktrollen. Ein zweiter Themenblock beschäftigte sich mit der Informationssicherheit und Resilienz des digital vernetzten Energieversorgungssystems als zentralen Anforderungen an die Digitalisierung. Neben dem technischen und rechtlichen Rahmen wurden auch Strategien möglicher Angreifer und daraus abzuleitende Anforderungen aufgezeigt. Der dritte Themenblock untersuchte die Auswirkungen der Digitalisierung auf den regulatorischen Rahmen. Im Mittelpunkt standen hier die regulatorischen Vorgaben zur Entflechtung und zur Netzentgeltregulierung.

Neben den Plenarvorträgen gaben drei vertiefende Fachforen Einblicke in Funktionsweise und Potenziale der Blockchain-Technologie, in die Chancen einer Digitalisierung der Geschäftsprozesse der Netzbetreiber sowie in die Möglichkeiten zur Ausgestaltung neuer Produkte für Wohnungswirtschaft und Quartierslösungen. Eine Diskussionsrunde vertiefte am zweiten Veranstaltungstag schließlich einige von den Teilnehmern ausgewählte Thesen der Referenten, Fachforen und weiteren Teilnehmer zu den Herausforderungen der Digitalisierung.



EFZN-Forscher Professor Sebastian Lehnhoff, Sprecher Bereichsvorstand Energie des OFFIS – Institut für Informatik e.V., Oldenburg, während seines Schlusswortes.

3. Dialogplattform Power-to-Heat: „Sektorkopplung Strom, Wärme und Kälte“ (15.–16.05.2017)

*EFZN-Partner: Energietechnische Gesellschaft (ETG)
im Verband der Elektrotechnik, Elektronik und
Informationstechnik (VDE); Klimaschutz- und
Energieagentur Niedersachsen (KEAN)
Veranstaltungsort: Niedersächsische
Landesvertretung beim Bund, Berlin*

Angeregt durch fast 20 Vorträge und eine breit angelegte Posterausstellung fand im Rahmen der 3. Dialogplattform Power-to-Heat ein intensiver Austausch über wissenschaftliche Fragestellungen, technische Neuerungen und reale Erfahrungen mit bestehenden Power-to-Heat-Anlagen statt. Hierzu stellen sich aktuell zahlreiche regulatorische bzw. wirtschaftliche Fragen, da der geltende Regulierungsrahmen geschaffen wurde, als die Sektoren noch streng voneinander getrennt betrachtet wurden. Daraus resultierende Nachteile für Power-to-Heat-Anwendungen und erforderliche Reformen waren u.a. Themen, die in vielen Vorträgen aufgegriffen wurden. Auf Seiten der Technik setzten sich die Tagungsteilnehmerinnen und -teilnehmer insbesondere mit der bestehenden Herausforderung auseinander, wie Strom für thermische Anwendungen netzdienlich oder zumindest, ohne einen zusätzlichen Netzausbau im Verteilnetz zu verursachen, eingesetzt werden kann.

„Welchen Beitrag leistet die Kopplung des Stromsektors mit dem Wärme- bzw. Kältesektor zum Erfolg der Energiewende?“ Am Abend des ersten Veranstaltungstages nahmen zahlreiche Tagungsgäste die Gelegenheit wahr, an einer vom Land Niedersachsen unter dem Motto „Politik trifft Wirtschaft und Wissenschaft“ veranstalteten Podiumsdiskussion zum Thema teilzunehmen. Zu den Diskutanten zählten u.a. der damalige niedersächsische Minister für Umwelt, Energie und Klimaschutz Stefan Wenzel sowie Rainer Baake, für die Abteilungen Energie- und Europapolitik zuständiger Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Aus Sicht von Minister Wenzel kann die sektorübergreifende Interaktion von Strom- und Wärmenetzen in ihrer

Bedeutung für die Abkehr von fossilen und die Hinwendung zu erneuerbaren Energieträgern nicht hoch genug bewertet werden. „Power-to-Heat hat sich von einem ‚No-Go‘-Thema zu der zentralen Voraussetzung gewandelt, um die Energiewende schaffen zu können.“, stellte der Minister fest.

Am Ende der Tagung bestand unter den Anwesenden Einigkeit, dass Power-to-Heat als Primärnutzen im Wärmesektor verstanden werden sollte. „Power-to-Heat ist keine Resterampe.“, konstatierte der Abschlussredner Dr. Patrick Graichen, Direktor der Agora Energiewende.



Der damalige nds. Umwelt- und Energieminister Stefan Wenzel und Staatssekretär Rainer Baake während der Podiumsdiskussion am Abend des ersten Veranstaltungstages.

10. Niedersächsische Energietage (NET): „Think Big! Sektorkopplung visionär“ (07.–08.11.2017)

*EFZN-Partner: Akteure aus Politik, Wirtschaft,
Verwaltung und Wissenschaft
Veranstaltungsort: Altes Rathaus, Hannover*

Unter dem Titel „Think Big! Sektorkopplung visionär“ diskutierten im Rahmen der 10. Niedersächsischen Energietage rund 200 Teilnehmer aus



NET2017 (von links): Franz-Wilhelm Löbe (Siemens AG), Stefan Wenzel (damaliger nds. Umweltminister), Professor Carsten Agert (Vorstandssprecher EFZN), Dr. Wolfgang Dietze (Geschäftsführer EFZN-Geschäftsstelle).

Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft dieses für die Energiewende und für Niedersachsen hochaktuelle Thema. Ergebnis der Veranstaltung ist ein Forderungskatalog an die künftige Niedersächsische Landesregierung.

„Mit den Niedersächsischen Energietagen pflegen wir im Land eine sehr lebendige Diskussionskultur, von der seit Jahren entscheidende Impulse für die Energiewende ausgehen“, stimmte der Schirmherr, der damalige niedersächsische Minister für Umwelt, Energie und Klimaschutz Stefan Wenzel, die Teilnehmenden auf die Veranstaltung ein. Die Energiewende benötige mehr Drive, mehr Kraft und mehr Geschwindigkeit, um die im Pariser Klimaabkommen formulierten Ziele für das

Jahr 2050 erreichen zu können. Nur durch eine stärkere Dekarbonisierung der Sektoren Wärme und Verkehr könne die CO₂-Bilanz Deutschlands entscheidend verbessert werden. Das Thema Sektorkopplung gewinnt daher für die Energiewende zunehmend an Bedeutung. Es in den Mittelpunkt der diesjährigen Niedersächsischen Energietage zu stellen, sei daher eine treffende Wahl des Programmkomitees gewesen, so der Minister.

„Durch den steigenden Anteil Erneuerbarer Energien haben wir es auf der systemischen Ebene mit Herausforderungen einer ganz neuen Qualität zu tun. Hier ist die Energieforschung gefragt, weit-sichtige Lösungsansätze zu entwickeln“, sagt Professor Carsten Agert, Vorstandssprecher des EFZN

und Leiter des Oldenburger DLR-Instituts für Netzwerke Energiesysteme. Vorrangige Aufgabe sei es, trotz schwankender Stromerzeugung aus Wind und Sonne eine stabile, sichere und wirtschaftliche Versorgung sicherzustellen. „Unser Ziel muss eine durchdachte und von der Bevölkerung unterstützte Fortführung der Energiewende sein. Deshalb sollte die kommende Landesregierung einen ‚Masterplan Power-to-X und Sektorkopplung‘ unter Beteiligung von Wissenschaft und Gesellschaft entwickeln.“

Über die Bedeutung der Sektorkopplung als entscheidendes Instrument für das Gelingen der Energiewende waren sich in der Folge alle Teilnehmenden einig. Notwendig sei ein integriertes Gesamtkonzept, was auch beinhalte, die Zusammenarbeit im internationalen Kontext voranzutreiben. Auf dem deutschen Markt müsse ein sogenanntes „Level Playing Field“ geschaffen werden: Die vorhandenen Technologien müssten auf einen Rahmen treffen, der es ermöglicht, dass sich ihre wirtschaftliche Effizienz durchsetzt. Heute sind effiziente strombasierte Anwendungen wie Wärmepumpen im Vergleich zu konventionellen Energieträgern wesentlich stärker mit staatlichen Preisbestandteilen belastet, was als Hemmschuh empfunden wird.

Ein im Rahmen der Veranstaltung transdisziplinär erarbeiteter Forderungskatalog zum Thema Sektorkopplung wurde im Nachgang zur Tagung zeitnah als NET-Ergebnisbroschüre veröffentlicht und an die neue Niedersächsische Landesregierung kommuniziert.

3. Energierechtlicher Workshop: „Nachhaltige Stromversorgung“ (24.11.2017)

Veranstaltungsort: Leibnizhaus, Hannover

Unter dem Oberthema „Nachhaltige Stromversorgung“ fand der 3. Energierechtliche Workshop statt. Die Teilnehmer befassten sich mit vier Themenkreisen, die im Zuge der fortschreitenden Energiewende von aktueller Bedeutung sind. Wie in den vergangenen Jahren wurde der Workshop

von den EFZN-Forschern Professor Claas Friedrich Germelmann (Leibniz Universität Hannover), Professor Thomas Mann (Georg-August-Universität Göttingen) sowie Professor Hartmut Weyer (Technische Universität Clausthal) veranstaltet.

So ging es um rechtliche Aspekte der Elektromobilität (z.B. Fragen der Ladeinfrastruktur und des Netzzugangs), die Netz- und Systemsicherheit im Übertragungs- und Verteilernetz bei steigendem Anteil Erneuerbarer Energien (z.B. Fragen des Einspeisemanagements und der Abschaltreihenfolge), den Rechtsrahmen für die Elektrifizierung des Wärme- und des Verkehrssektors (z.B. zukünftige Umgestaltungen der EEG-Umlage und der Energie- und Stromsteuer) sowie die dezentralere Ausgestaltung des Energieversorgungssystems durch Eigenversorgung, Mieterstrommodelle und Quartiersversorgungen. Die Vorträge führten jeweils zu einer lebhaften fachgebietsübergreifenden Diskussion unter Verknüpfung rechtlicher, ingenieurwissenschaftlicher und ökonomischer Aspekte. Deutlich wurde, dass alle Themenkreise erheblichen weiteren interdisziplinären Forschungsbedarf aufwerfen.



Professor Hartmut Weyer, TU Clausthal/EFZN, referierte über den Rechtsrahmen für die Elektrifizierung der Sektoren Wärme/Kälte und Verkehr.

EFZN-Impressionen 2016/2017

Forschungsprojekt zu Redox-Flow-Batterien erhält 3,9 Millionen Euro Förderung
(EFZN-Homepage-Meldung vom 15.01.2016)



Mitglieder des Projektkonsortiums mit großer extrudierter Bipolarplatte für Redox-Flow-Batterien.

Runder Tisch Energiewende – Gutachten bestätigt: Niedersachsen kann bis 2050 komplett auf Erneuerbare Energien umstellen
(EFZN-Homepage-Meldung vom 25.04.2016)



Gutachten „Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050“.

Chinas Minister für Wissenschaft und Technologie besucht das Batterie- und Sensoriktestzentrum
(EFZN-Homepage-Meldung vom 25.04.2016)



Professor Wolfgang Schade (TU Clausthal und Fraunhofer HHI), der damalige EFZN-Chef Professor Hans-Peter Beck und der Präsident der TU Clausthal, Professor Thomas Hanschke (von links), erläutern Forschungsminister Wan Gang aktuelle Forschung zur Batteriesicherheitstechnik.

Geothermie-Forschung: Bund fördert Projekt am Drilling Simulator Celle (DSC) mit knapp 4 Millionen Euro
(EFZN-Homepage-Meldung vom 29.08.2016)



Außenansicht des Drilling Simulators in Celle.

Grüne Lösung für Ladeinfrastruktur – Erste Ladesäule in Helmstedt ab sofort nutzbar
(EFZN-Homepage-Meldung vom 06.09.2016)



„Energiebox“ zur Speicherung regenerativer Energie in Helmstedt zur Speisung von Elektrofahrzeugen mit Hilfe einer Schnellladesäule.

Batterie-Sicherheitscampus Deutschland in Goslar nimmt Arbeit auf
(EFZN-Homepage-Meldung vom 06.09.2016)



Die Treiber vom Batterie-Sicherheitscampus Deutschland im Brandofen für Hochleistungs-Batteriesysteme (von links): Thomas Krause (Allianz für die Region GmbH), Dirk Becker (Stadt Goslar), Dr. Martin Angelmahr (Fraunhofer), Landrat Thomas Brych (Landkreis Goslar), Dr. Jörg Aßmann (WiReGo), Professor Hans-Peter Beck (EFZN), Professor Alfons Esderts (TU Clausthal) und Dr. Werner Siemers (CUTEC).

Neue Forschungs-Photovoltaikanlage an der TU Braunschweig am Netz
(EFZN-Homepage-Meldung vom 06.10.2016)



Abteilungsleiter Jörg Jaspers, Präsident Professor Jürgen Hesselbach, Professor Bernd Engel, BS|Netz-Geschäftsführer Kai-Uwe Rothe und Hauptberuflicher Vizepräsident Dietmar Smyrek (von links) bei der Einweihung der Photovoltaik-Anlage (SPK/TU Braunschweig).

„Ars legendi-Preis 2016“ geht für Masterstudiengang «Postgraduate Programme Renewable Energy» (PPRE) nach Oldenburg
(EFZN-Homepage-Meldung vom 13.10.2016)



Ausgezeichnet: Das PPRE-Team mit (von links) Herena Torio, Hans Holtorf, Marianne Hamm, Edu Knagge, Professor Carsten Agert, Dr. Tanja Behrendt, Dr. Robin Knecht, Andreas Günther, Michael Golba. Nicht auf dem Foto: Professor Jürgen Parisi.

**EFZN-Forschungseinrichtung
Drilling Simulator Celle (DSC) eingeweiht**
(EFZN-Homepage-Meldung vom 19.10.2016)



Schlüsselübergabe (von links): Professor Hans-Peter Beck (TUC/EFZN), TUC-Präsident Professor Thomas Hanschke, Professor Joachim Oppelt (Direktor des DSC), Celles Bürgermeister Ulrich Mende und Thomas Großmann (Architekt).

**Bund fördert Entwicklung sicherer Schnell-
ladetechnik für Hochleistungsbatterien mit
2,5 Millionen Euro, hinzukommen rund
1 Million Euro Industriemittel**
(EFZN-Homepage-Meldung vom 07.12.2016)



Im Projekt „MoBat“ arbeiten Forscherinnen und Forscher an einer Schnellladetechnik für Hochleistungsanwendung.

Zukunftstag 2017 in Goslar
(EFZN-Homepage-Meldung vom 09.05.2017)



Forscherinnen von morgen: Schülerinnen und Schüler bauen beim Zukunftstag auf dem Energie-Campus Goslar Aufwindkraftwerke im Kleinformat.

**ReserveBatt: Forschungsprojekt für eine
sichere und stabile Energieversorgung durch
intelligente Hochleistungs-Batteriesysteme
gestartet**
(EFZN-Homepage-Meldung vom 28.06.2017)



Die Teilnehmer der „ReserveBatt“-Auftaktveranstaltung.

Härteprüfung für Elektrorennwagen der Ostfalia Hochschule am Energie-Forschungszentrum Niedersachsen

(EFZN-Homepage-Meldung vom 05.07.2017)



Studenten des wob-racing Teams der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften im Goslarer Batterietestzentrum.

Fakultätspreis der Juristischen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen für die beste Dissertation geht an EFZN-Forscherin

(Datum: 15.07.2017)



Ausgezeichnet: Dr. Franziska Lietz, LL.M., gemeinsam mit dem Betreuer ihrer Dissertation Professor Hartmut Weyer, Direktor des Instituts für deutsches und internationales Berg- und Energierecht an der TU Clausthal.

Professor Carsten Agert neuer Vorstandssprecher des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen

(EFZN-Homepage-Meldung vom 27.09.2017)



Die neue Vorstandsspitze bedankt sich bei Professor Beck für seine Verdienste um das EFZN und überreicht ihm als Geschenk eine Zeichnung des Gebäudes auf dem Energie-Campus in Goslar, in dem die EFZN-Geschäftsstelle ihren Sitz hat (von links): die Professoren Carsten Agert, Hans-Peter Beck und Michael H. Breitner.

Clausthaler und Braunschweiger Forscher gewinnen Deutschen Nachhaltigkeitspreis 2017
(EFZN-Homepage-Meldung vom 11.12.2017)



TUC-Präsident und EFZN-Aufsichtsratsvorsitzender Professor Thomas Hanschke und das Forscher-Team (von links): Professor Robert Kreuzig, Professor Uwe Schröder (beide TU Braunschweig), Professor Michael Sievers (CUTEC), Professor Ulrich Kunz (TUC), Dr. Thorsten Hickmann (Eisenhuth), Professor Harald Horn (KIT).





Profilbildende Verbundprojekte 2016/2017 (Auswahl)

2

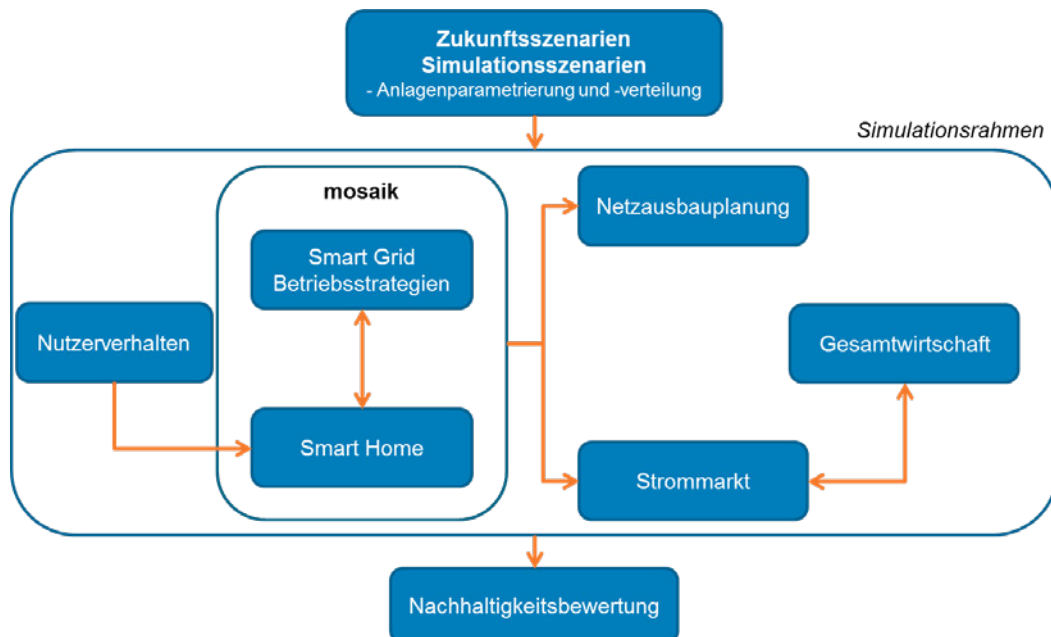
NEDS – Nachhaltige Energieversorgung Niedersachsen

Die Bundesregierung verfolgt ehrgeizige Ziele in Bezug auf Senkung der Treibhausgasemissionen und Erhöhung des Anteils von Erneuerbaren Energien im Strommix bis zum Jahr 2050. Das niedersächsische Verbundprojekt NEDS (Nachhaltige Energieversorgung Niedersachsen) untersucht anhand von interdisziplinärer Simulation die Erstellung eines verlässlichen, sicheren sowie technisch realisierbaren Stromversorgungssystems.

Das Ziel des Vorhabens ist es, Szenarien einer für das Jahr 2050 nachhaltigen und auf Erneuerbaren Energien basierenden Stromversorgung für Niedersachsen zu entwickeln und zu überprüfen,

sowie technisch umsetzbare und unter Nachhaltigkeitskriterien optimale Transitionspfade zur Erreichung dieser Zielvorgaben zu bestimmen.

Im Projekt wurden zunächst qualitative Zukunftsszenarien für das Jahr 2050 unter Anwendung der Szenario-Technik nach Gausemeier erstellt. Diese Zukunftsszenarien beschreiben textuell mögliche zukünftige Zustände des Energiesystems und wurden anschließend auf Literatur basierend quantifiziert, um als Grundlage für eine interdisziplinäre Simulation zu dienen. Anschließend wurden verschiedene Einzelmodelle, z.B. zur Netzplanung oder zur Verhaltensanpassung



von Konsumenten entwickelt. Für diese Modelle wurden Schnittstellen zu anderen Modellen mit definierten Übergabeparametern definiert.

Aktuell wird die Kopplung dieser verschiedenen Simulationsmodelle (siehe Abbildung) durchgeführt, um ein erstes Zukunftsszenario mit Daten zu versehen. Im öffentlichen Symposium am 20. Februar 2018 wird die Herleitung und die Auswahl dieser Szenarien detailliert erläutert und diskutiert werden. Aufbauend auf dem gewählten Szenario starten im Anschluss die Modellsimulationen für die verschiedenen Zeitschritte.

Die Zukunftsszenarien und die Ergebnisse der Simulation werden abschließend anhand von transdisziplinär entwickelten Nachhaltigkeitskriterien bewertet und können so konkrete Handlungsempfehlungen für die Erreichung des definierten Zielzustands liefern. Die vollständig interpretierten Ergebnisse werden voraussichtlich Ende 2018 vorliegen.

Projektpartner

Projektkoordination

- TU Braunschweig

Forschungsstellen:

- TU Braunschweig
Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen
Institut für Psychologie – Psychologische Methodenlehre und Biopsychologie
- Universität Göttingen
Institut für Produktion und Logistik
- Universität Hannover
Institut für Umweltökonomik und Welthandel
Institut für Elektrische Energiesysteme
- Universität Oldenburg
Institut für Nachhaltige Produktionswirtschaft
- OFFIS – Institut für Informatik, Oldenburg

Daten zum Projekt

Vorhabenbezeichnung:

NEDS – Nachhaltige Energieversorgung
Niedersachsen

Fördernde Stelle:

Niedersächsisches Ministerium für
Wissenschaft und Kultur

Förderkennzeichen:

ZN3043

Berichtszeitraum:

01.01.2016 – 31.12.2017

Verantwortliche Projektleitung:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Engel

Projektkoordination:

Hauke Loges

E-Mail: hauke.loges@tu-braunschweig.de

Internet: www.neds-niedersachsen.de



Bernd Engel



Hauke Loges

Energieszenarien Niedersachsen 2050

Vor dem Hintergrund der Reduktion von Treibhausgasemissionen und des weiteren Ausbaus der Erneuerbaren Energien hat ein Konsortium bestehend aus dem Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, dem Institut für Solarenergieforschung Hameln, dem Energieforschungsknoten LiFE 2050 der Leibniz Universität Hannover und der Ostfalia Hochschule unter Leitung des CUTEC Instituts die „Energieszenarien Niedersachsen 2050“ im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz erstellt. Diese Gutachten dienen als Basis der Arbeit des „Runden Tisches Energiewende Niedersachsen“.

Projektpartner

Projektkoordination

- Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH (CUTEC) / Energie-Forschungszentrum Niedersachsen

Forschungsstellen:

- Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH (CUTEC)
- Energie-Forschungszentrum Niedersachsen
- Institut für Elektrische Energiesysteme, Leibniz Universität Hannover
- Institut für Solarenergieforschung Hameln
- Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover
- Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften

Gegenstand der Gutachten [1], [2] ist einerseits die Entwicklung eines Szenarios mit einer zu 100 Prozent auf erneuerbaren Energiequellen basierenden Energieversorgung mit dem Ziel einer bedarfsgerechten Energiebereitstellung für die Verbraucher unter Berücksichtigung der Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit. Aufbauend auf diesem Szenario wird andererseits ein zweites Szenario unter der Randbedingung einer im Vergleich zum Bezugsjahr 1990 um 80 Prozent verminderten Treibhausgasemission entwickelt.

Dabei wird zunächst jeweils ein konsistentes Ziel beschrieben, das einen technisch machbaren Zustand des Energieverbrauchs und der Energiebereitstellung im Jahr 2050 darstellt. Durch Stützstellen in 10-Jahresintervallen ergeben sich Zwischenziele für die kommenden Jahre (2020, 2030, 2040) auf dem Weg zum Zielzustand 2050. Diese Methode (Backcasting) steht damit im Gegensatz zu anderen Szenario-Methoden, die eine Fortschreibung des gegenwärtigen Trends in Richtung zunehmender Anteile regenerativer Energien in Form von Prognosen verfolgen.

Die den vorgestellten Szenarien zugrunde liegenden Ansätze erreichen eine Deckung des zukünftigen Energieverbrauchs mit verschiedenen Erneuerbaren Energien. Es werden neben dem klassischen Stromsektor auch die Bereiche Wärme, Kraft- und Grundstoffe in den Verbrauchssektoren Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, Industrie und Verkehr berücksichtigt und auf regenerative Energien umgestellt. Weiter gilt das Solidaritätsprinzip, welches die bundesdeutsche Bevölkerungsdichte für Niedersachsen unterstellt. Unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Entwicklung, der Bevölkerungsentwicklung, der nutzbaren Effizienzpotenziale und einer Umstel-

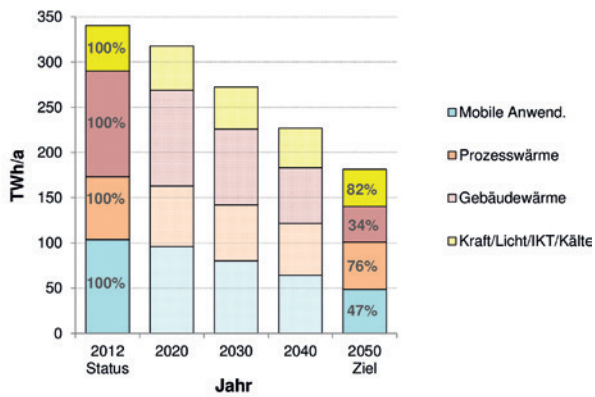


Abbildung 1: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen. Stützjahre linear interpoliert.

lung des treibstoffbasierten Verkehrs auf Elektromobilität, um einige wesentliche Eingangsgrößen zu nennen, wird im Szenario für das Zieljahr 2050 ein gegenüber heute um 47 Prozent geringerer Endenergieverbrauch zugrunde gelegt (Abbildung 1).

Mit 36 Prozent liefert der Solarstrom den größten Anteil auf Basis einer installierten Leistung von 92 GW für die Selbstversorgung Niedersachsens (zuzüglich 36 GW gemäß Solidaransatz) im 100 Prozent Erneuerbare Energien-Szenario. Den zweitgrößten Beitrag liefert die Windenergie mit 30 Prozent des zu deckenden Endenergieverbrauchs. Dabei wird eine onshore installierte Leistung von 20 GW für die Selbstversorgung Niedersachsens (zuzüglich 7 GW gemäß Solidaransatz) an Land im Jahr 2050 vorausgesetzt. Darüber hinaus werden gemäß des Solidaransatzes rund 13 Prozent der in Deutschland offshore aus Wind erzeugten Energie für die Solidarregion Niedersachsens genutzt. Für ganz Deutschland wird dabei eine installierte Leistung von 54 GW offshore berücksichtigt. Den drittgrößten Beitrag mit rund 19 Prozent Deckungsanteil am Endenergieverbrauch liefert die Biomasse. Als speicherbarer Energieträger mit hoher Energiedichte kommt ihr zur Substitution fossiler Brennstoffe und als Koh-

Daten zum Projekt

Vorhabenbezeichnung:
Energieszenarien Niedersachsen 2050

Fördernde Stelle:
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Berichtszeitraum:
09.12.2014 – 19.10.2016

Verantwortliche Projektleitung:
Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich

Projektkoordination:
Dr. Jens zum Hingst

E-Mail: zum.hingst@cutec.de



Martin Faulstich



Jens zum Hingst

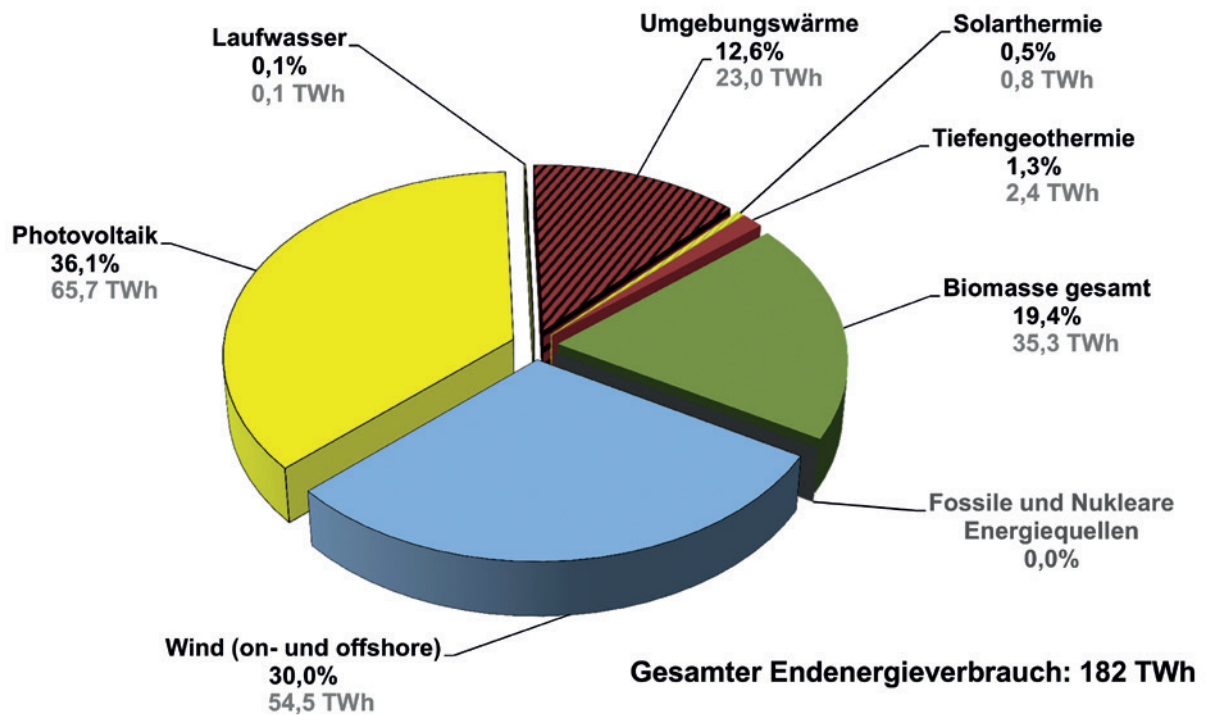


Abbildung 2: Endenergieverbrauch in 2050 nach Energiequellen.

lenstoffquelle zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff eine hohe Bedeutung zu. Weitere Anteile zur Deckung des Energieverbrauchs liefern die mit Wärmepumpen gewonnene Umgebungswärme sowie Tiefengeothermie und Wasserkraft. Wesentlich ist die Speicherung von Solar- und Windstrom in Form von Wasserstoff, der einerseits durch Rückverstromung zur Bedarfsdeckung in Phasen mit niedrigem Stromangebot und andererseits für die stoffliche Weiterverarbeitung genutzt werden kann.

Zur Erzeugung der erforderlichen Energie auf der Fläche Niedersachsens werden beispielsweise 1,5 Prozent der Bodenfläche (zuzüglich 0,6 Prozent der Bodenfläche gemäß Solidaransatz) für

Onshore-Windparks benötigt. Für Solarfreiflächen sind 3,2 Prozent der Landwirtschaftsflächen (zuzüglich 1,3 Prozent der Landwirtschaftsflächen gemäß Solidaransatz) und für Solardachflächen 5 Prozent der Siedlungsflächen (zuzüglich 2 Prozent der Siedlungsflächen gemäß Solidaransatz) in Niedersachsen notwendig.

Als Ausgangspunkt für die Erstellung eines zweiten Szenarios vor dem Hintergrund einer Reduktion der Treibhausgasemissionen (THG) um 80 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 erfolgt eine Berechnung der energetischen und nichtenergetischen Treibhausgasemissionen für das Bezugsjahr 1990 und das Zieljahr 2050. Das im Zieljahr noch zulässige Kontingent an energetischen Emissionen von 16,139 Millionen t CO₂-Äq/a bildet die

Grundlage für die Erstellung des „Niedersachsen -80 Prozent THG“ Szenarios. Die damit noch mögliche Nutzung fossiler Energieträger erfolgt primär in den Bereichen Grundstoffe für stoffliche Nutzung, Kraftstoffe und Prozesswärme.

Die Energieszenarien berücksichtigen die Diskussionen am Runden Tisch und die daraufhin formulierten Stellungnahmen der Mitglieder. Einerseits sind die Eingangsparameter auf Basis dieser Rückmeldungen modifiziert worden, andererseits wurden die vorgeschlagenen Änderungen in Form von Sensitivitätsanalysen untersucht, die ebenfalls Bestandteil des Gutachtens sind.

Die zeitlich höher aufgelösten Simulationen [2] verdeutlichen, dass für eine annähernd genaue Abschätzung des Speicherbedarfes in einem zu 100 Prozent auf Erneuerbaren Energien beruhenden Energiesystem, die Betrachtung mehrjähriger Zeiträume unbedingt erforderlich ist. Ein Betrachtungszeitraum über mehrere Jahre kann zu einem stark erhöhten Speicherbedarf führen, weil das Energiedargebot durch Wind und Sonne jährlichen Schwankungen unterliegt. Auch eine detailliertere Abschätzung der notwendigen Kurz- und Langzeitspeicherkapazitäten wird durch die zeitlich höher aufgelösten Simulationen möglich.

Literatur / Veröffentlichungen

- [1] Faulstich, M.; Beck H.-P.; Haaren, C. v.; Kuck, J.; Rode, M.; Ahmels, J.; Dossola, F.; Hingst, J. z.; Kaiser, F.; Kruse, A.; Palmas, C.; Römer, G.; Ryspaeva, I.; Schmidt-Kanefendt H.-H.; Siemers, W.; Simons, R.; Springmann, J.-P.; Yilmaz, C.: "Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050" – Gutachten im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz. Gutachten veröffentlicht am 20.04.2016. ISBN 978-3-00-052763-0, <https://www.umwelt.niedersachsen.de/themen/energie/rundertisch/rundertisch-142928.html>
- [2] Faulstich, M.; Beck H.-P.; Brendel, R.; Hanke-Rauschenbach, R.; Ahmels, J.; Bensmann, A. L.; Gollenstede, J.; Hingst, J. z.; Kaiser, F.; Krüger, J.; Niepelt, R.; Römer, G.; Ryspaeva, I.; Schmidt-Kanefendt, H.-H.; Yilmaz, C. „Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050 – Zusatzgutachten zeitlich höher aufgelöste Szenarien“, Gutachten im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 6. Oktober 2016, <https://www.umwelt.niedersachsen.de/themen/energie/rundertisch/rundertisch-142928.html>

Gutachten „Netzauslastung und Aufnahmekapazität für Erneuerbaren Strom“

Das Ziel der niedersächsischen Landesregierung ist es, im Zuge der Energiewende die Energieversorgung bis 2050 auf nahezu 100 Prozent Erneuerbare Energien (EE) umzustellen [MU 2016]. Da dieses mit der Umstellung aller Sektoren wie Verkehr, Wärmeversorgung oder Industrie auf den Energieträger Strom verbunden sein wird, spielen die Übertragungsnetze für elektrische Energie im zukünftigen Energiesystem eine wichtige Rolle.

Gegenstand des Gutachtens „Netzauslastung und Aufnahmekapazität für Erneuerbaren Strom“ ist die Analyse der Auslastung des Übertragungs-

netzes in Niedersachsen vor dem Hintergrund der Energiewende. Aufgrund der von der Bundesnetzagentur (BNetzA) als unzureichend eingeschätzten Übertragungskapazität des Höchstspannungsnetzes [ÜNB 2016; BNetzA 2017a] wurde im Februar 2017 eine Beschränkung des Zubaus von Onshore-Windenergie in Norddeutschland beschlossen [BGBL 2017]. Das beschränkte Gebiet wird als Netzausbauggebiet bezeichnet (vgl. Abbildung 1). Schon zuvor wurden die Ausbauziele für die Offshore-Windenergie auf 15 GW bis zum Jahr 2030 reduziert. In Anbetracht dessen wird in dem Gutachten die ohne Engpassmanagement (EPM)-Maßnahmen¹ zusätzlich zum prognostizierten EE-Zubau integrierbare Leistung von Onshore-Windenergieanlagen (WEA) in Niedersachsen ermittelt. Die wesentliche Randbedingung ist dabei, dass ein zulässiger n-1 sicherer Netzbetrieb unter maximaler Ausnutzung der verfügbaren Übertragungskapazitäten möglich ist.

Der Analyse in dem Gutachten liegen Netzberechnungen (Lastfluss- und (n-1)-Ausfallrechnungen) auf Basis eines Netzmodells zugrunde, das von der Bundesnetzagentur nach § 12f Energiewirtschaftsgesetz zur Verfügung gestellt worden ist. Dieses beinhaltet für insgesamt vier Netznutzungsfälle (NNF) netzknotenscharfe Residuallasten aus u. a. Einspeise- und Lastdaten und ermöglicht damit Berechnungen ausgewählter stationärer Zustände des deutschen Übertragungsnetzes. Das Deutschland umgebende europäische Verbundsystem sowie unterlagerte Netzebenen werden durch ein Randnetz angenähert nachgebildet.

Die Netzberechnungen erfolgen im Rahmen des Gutachtens für verschiedene Planzeitpunkte in der Zukunft (Szenarien), denen unterschiedliche Erzeugungs- und Lastsituationen sowie Fortschritte beim Netzausbau zugrunde liegen. Für jeden Plan-

Projektpartner

Projektkoordination

- Energie-Forschungszentrum Niedersachsen

Beteiligte Institute:

- Energie-Forschungszentrum Niedersachsen
- Institut für Elektrische Energiesysteme, Leibniz Universität Hannover
- Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen, TU Braunschweig
- Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH (CUTEC)

Assoziierte (externe) Partner

- Arbeitsgemeinschaft Offshore-Windenergie e. V., Berlin
- EWE NETZ GmbH, Oldenburg
- Avacon AG, Helmstedt

¹ Alle Maßnahmen, die ein Netzbetreiber einsetzen kann, um Überlastungen durch Netzengpässe zu vermeiden oder zu beheben, werden als Engpassmanagement bezeichnet [BNetzA 2016]. Die Umsetzung des Engpassmanagements basiert auf der Nutzung verschiedener sogenannter Flexibilitätsoptionen. Derzeit werden bspw. die Flexibilitätsoptionen Redispatch, Einspeisemanagement und Spitzenkappung genutzt.

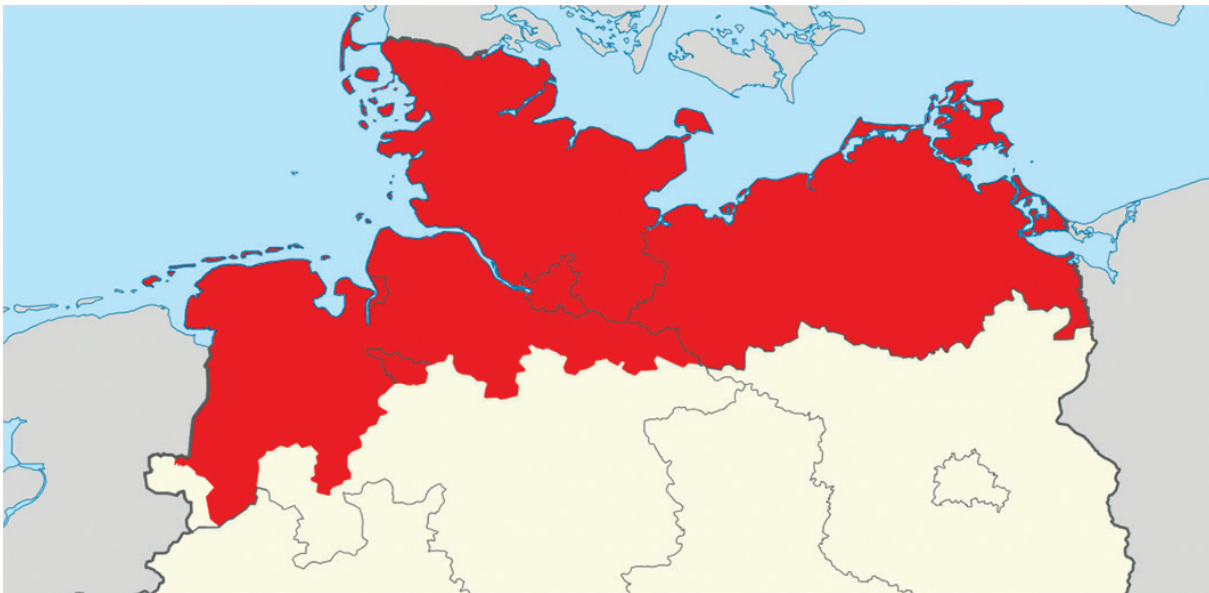


Abbildung 1: Netzausbauggebiet nach Netzausbaugebietsverordnung [BNetzA 2017b].

zeitpunkt werden dabei zwei repräsentative Belastungsfälle anhand von zwei NNF betrachtet: Starke Erzeugung aus EE bei schwacher Last sowie starke Erzeugung aus EE bei gleichzeitig starker Last. Die analysierten Planzeitpunkte sind jeweils die Enden der Planjahre 2019, 2021 und 2025 mit dem bis dahin jeweils erwarteten Netzausbaustand. Für die Planjahre 2019 und 2021 werden weiterhin Szenarien unter der Annahme einer veränderten Erzeugungssituation untersucht (fiktive Abregelung konventioneller thermischer Kraftwerke und Ausbau von Offshore-Windenergie über den laut NEP 2025 prognostizierten Zubau hinaus).

Ergänzend zu diesen Szenarien werden neben den herkömmlichen EPM-Maßnahmen (Redispatch, Einspeisemanagement, Spitzenkappung) weitere Maßnahmen zur Entlastung des Übertragungsnetzes beim Auftritt von (n-0)- und (n-1)-Verletzungen betrachtet. Dazu wird das in Niedersachsen zu erwartende Potenzial der verfügbaren EPM-Maßnahmen abgeschätzt. Diese Betrachtung erfolgt zusätzlich zu den Netzberechnungen. Eine Integration der EPM-Maßnahmen in die Szenarien für das verwendete Netzmodell findet

nicht statt. Es zeigt sich, dass nach dem derzeitigen Stand der Technik zusätzlich zu den bestehenden EPM-Maßnahmen bisher ungenutzte Technologien kurz- bis mittelfristig hohe Potenziale aufweisen (> 1 GW). Insbesondere sind hier die Flexibilisierung bestehender konventioneller thermischer Kraftwerke sowie das Einspeisemanagement in Kombination mit der automatisierten Systemführung zu nennen.

Unter Berücksichtigung der [laut ÜNB 2016] prognostizierten Entwicklung der Energieerzeugung auf Basis von EE und der erwarteten Umsetzung des Netzausbaus in Niedersachsen lässt sich feststellen, dass zumindest in den untersuchten NNF ein zusätzlicher, über diese Entwicklungsprognose hinausgehender Zubau von Onshore-WEA in den Planjahren 2019 und 2021 den ohnehin bereits vorhandenen Bedarf an EPM-Maßnahmen wie Redispatch und Einspeisemanagement weiter erhöhen würde. Die Netzberechnungen zeigen insbesondere im Planjahr 2019 zahlreiche Überlastungen des Übertragungsnetzes für den Starklastfall. Um einen sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten, kann hier zu den bewährten oder den kurzfristig

Daten zum Projekt

Vorhabenbezeichnung:

Gutachten „Netzauslastung und Aufnahme-
kapazität für Erneuerbaren Strom“

Fördernde Stelle:

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt,
Energie und Klimaschutz

Laufzeit des Vorhabens:

16.10.2016 – 31.08.2017

Verantwortliche Projektleitung:

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck

Projektkoordination:

Jan Ahmels
Dr. Jens zum Hingst
Can Yilmaz

E-Mail:

hans-peter.beck@efzn.de

Internet:

www.efzn.de



Hans-Peter Beck



Jan Ahmels



Jens zum Hingst



Can Yilmaz

verfügbaren EPM-Maßnahmen gegriffen werden. Da aufgrund der zur Verfügung gestellten Daten-
grundlage nur zwei relevante NNF betrachtet wer-
den konnten, ist das Ausmaß dieser EPM-Maßnah-
men nicht belastbar abschätzbar.

Im Planjahr 2021 ist in den untersuchten reprä-
sentativen NNF ein (n-1)-sicherer Netzbetrieb ohne
den Einsatz von EPM-Maßnahmen ebenfalls nicht
möglich. Allerdings wurden im Vergleich zum
Planjahr 2019 weniger Überlastungen festgestellt,
sodass davon auszugehen ist, dass EPM-Maßnah-
men in einem geringeren Umfang erforderlich
wären. Ein zusätzlicher, über die Entwicklungspro-
gnose hinausgehender Zubau von Onshore-WEA
ist allerdings ebenfalls nicht ohne den zusätzlichen
Einsatz von EPM-Maßnahmen möglich.

Die Ergebnisse zweier weiterer Szenarien zeigen
außerdem, dass ein landesweit gleichmäßig ver-
teilter zusätzlicher Zubau von Onshore-WEA ge-
ringere Überlastungen im Übertragungsnetz her-
vorrufen als eine örtlich konzentrierte Einspeisung
von Offshore-WEA an wenigen Netzverknüp-
fungspunkten im Küstenraum. Entsprechend
kommt den bis 2025 erwarteten HGÜ-Nord-Süd-
Verbindungen eine wichtige Rolle im zukünftigen
Übertragungsnetz zu, da diese einen Großteil des
in Niedersachsen anlandenden Offshore-Wind-
stroms direkt in die Lastzentren im Süden ableiten
und damit das Übertragungsnetz in Niedersach-
sen entlastet wird.

Für das Planjahr 2025 kann festgestellt werden,
dass – ein entsprechender Netzausbau vorausge-
setzt – in den untersuchten NNF ein (n-1)-sicherer
Netzbetrieb ohne EPM-Maßnahmen für die unter-
suchten Szenarien vorliegt, der einen über den
prognostizierten EE-Zubau hinaus gehenden Zu-
bau von ca. 10 GW Onshore-Windenergieleistung
unter den hier angenommenen Randbedingun-
gen und ohne den Einsatz von EPM-Maßnahmen
ermöglicht.

Referenzen

BGBl (2017): Verordnung zur Änderung der Er-
neuerbaren-Energien-Ausführungsverordnung.

Hg. v. Bundesgesetzblatt (BGBl). Online verfügbar unter <https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start>, zuletzt geprüft am 18.10.2017.

BNetzA (2016): Engpassmanagement. Hg. v. Bundesnetzagentur (BNetzA). Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Engpassmanagement/engpassmanagement-node.html, zuletzt geprüft am 18.10.2017.

BNetzA (2017a): Entwurf einer Verordnung zur Änderung der Erneuerbare-Energien-Ausführungsverordnung und zur Einrichtung und Entwurf einer Verordnung zur Änderung der Erneuerbare-Energien-Ausführungsverordnung und zur Einrichtung und Ausgestaltung eines Netzausbaubiets. Verordnungsentwurf. Hg. v. Bundesnetzagentur (BNetzA). Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/ExterneLinks/DE/Sachgebiete/Energie/Gesetze_und_Verordnungen/NAGV/Entwurf2_NAGV.pdf;jsessionid=D798902D12767189AC40B72CC6710772?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 18.10.2017.

BNetzA (2017b): Netzausbaubietsverordnung. NAGV. Hg. v. Bundesnetzagentur (BNetzA). Online verfügbar unter <https://www.bundesnetzagen->

[tur.de/SharedDocs/ExterneLinks/DE/Sachgebiete/Energie/Gesetze_und_Verordnungen/NAGV/Entwurf_NAGV.pdf?__blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/ExterneLinks/DE/Sachgebiete/Energie/Gesetze_und_Verordnungen/NAGV/Entwurf_NAGV.pdf?__blob=publicationFile&v=1), zuletzt geprüft am 18.10.2017.

MU (2016): Leitbild einer nachhaltigen Energie- und Klimaschutzpolitik für Niedersachsen. Hg. v. Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU). Online verfügbar unter www.umwelt.niedersachsen.de/download/109821, zuletzt geprüft am 18.10.2017.

ÜNB (2016): Zweiter Entwurf Netzentwicklungsplan Strom 2025, Version 2015. Hg. v. 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH und TransnetBW GmbH (Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB)). Online verfügbar unter https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/NEP_2025_2_Entwurf_Teil1.pdf, zuletzt geprüft am 18.10.2017.

Veröffentlichungen

Beck, H.-P., Engel, B., Hofmann, L., Ahmels, J., Loges, H., Pawellek, A., Römer, G., Tkalcec, K., Unger, D., Yilmaz, C., zum Hingst, J.: Gutachten Netzauslastung und Aufnahmekapazität für Erneuerbaren Strom. In: Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen, Band 49, Cuvillier Verlag, Göttingen.

Gutachten „Technische Mindestenerzeugung in Niedersachsen und Deutschland“

In der Literatur existiert keine einheitliche Definition des Begriffes „Must-Run“. In der Kurzstudie „Technische Mindestenerzeugung in Niedersachsen und Deutschland“ wird Must-Run wie folgt definiert: Must-Run, oder konventionelle Mindestenerzeugung, bezeichnet die notwendige Kapazität an im Betrieb befindlichen konventionellen Kraftwerken, welche zu einem bestimmten Zeitpunkt für einen sicheren und stabilen Netzbetrieb erforderlich ist. Diese Mindestenerzeugung ist aus netztechnischer Sicht notwendig, um die Systemicherheit zu gewährleisten.

Um eine Aussage zur konventionellen Mindestenerzeugung und dessen Entwicklung zu treffen, wurden Publikationen der ÜNB als Grundlage herangezogen. Mit Hilfe der EE-Erzeugung aus den Jahren 2012–2015, den Ergebnissen der Simula-

tion ReLoS [Faulstich 2016-1] und den extrapolierten auf Niedersachsen bezogenen EE-Anteilen der BRD konnten stundenaufgelöste Zeitverläufe der Stützjahre 2020, 2025 und 2030 erzeugt und analysiert werden. Bei diesem Modellansatz wird in erster Näherung angenommen, dass Niedersachsen einen Anteil von 10 Prozent an der Gesamtleistung Deutschlands besitzt.

Die Ergebnisse zeigen, dass aus energetischer Sicht durch den Zubau der EE-Anlagen ab 2020 alle konventionellen Kraftwerke wenige Stunden im Jahr vollständig vom Netz genommen werden könnten, da zu diesen Zeitpunkten die EE-Anlagen ausreichend elektrische Energie anbieten. 2030 könnten sinngemäß alle konventionellen Kraftwerke für ca. 1150 h abgeschaltet werden.

Da EE-Anlagen derzeit noch keinen Beitrag zur Momentanreserve erbringen, müssen konventionelle Kraftwerke bis auf weiteres diese Systemdienstleistung mittelfristig übernehmen. Der Beitrag zur Momentanreserve ist dabei stets proportional zur eingespeisten Kraftwerksleistung.

Es ergeben sich daraus die in der Tabelle gezeigten Min/Max-Werte. Diese sind aufbauend auf den Modellansätzen dieser Kurzstudie jeweils für Niedersachsen und Deutschland, basierend auf deren spezifischen Kraftwerkspark, berechnet worden.

Eine Analyse des Szenarios für 2030 ergibt, dass mit den zu Grunde gelegten Erzeugungsstrukturen keine Erhöhung der konventionellen Mindestenerzeugung gegenüber 2015 notwendig ist. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass das Potential der EE-Anlagen zur Erbringung weiterer Momentanreserve genutzt werden kann. Die benötigten Verfahren zur Erbringung der Systemstabilisie-

Projektpartner

Projektkoordination

- Energie-Forschungszentrum Niedersachsen

Beteiligte Institute:

- Energie-Forschungszentrum Niedersachsen
- Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen, TU Braunschweig
- Institut für Elektrische Energietechnik und Energiesysteme, TU Clausthal

Tabelle 1: Technische Mindestzeugung SMR zur Aufrechterhaltung des Frequenzgradienten von 2 Hz/s bis 2030 bei Ausbau von EE-Anlagen.

	2015		2020		2025		2030	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
S_{MRN}/GVA^1	0,51	1,13	0,60	1,06	0,42	0,96	0,39	1,40
S_{MRD}/GVA^2	4,9	10,8	5,5	9,7	4,2	9,6	3,9	14,0

¹Niedersachsen; ²Deutschland; Netzanlaufzeiten entnommen aus: [50Hertz 2014], [ENTSO-E 2016]

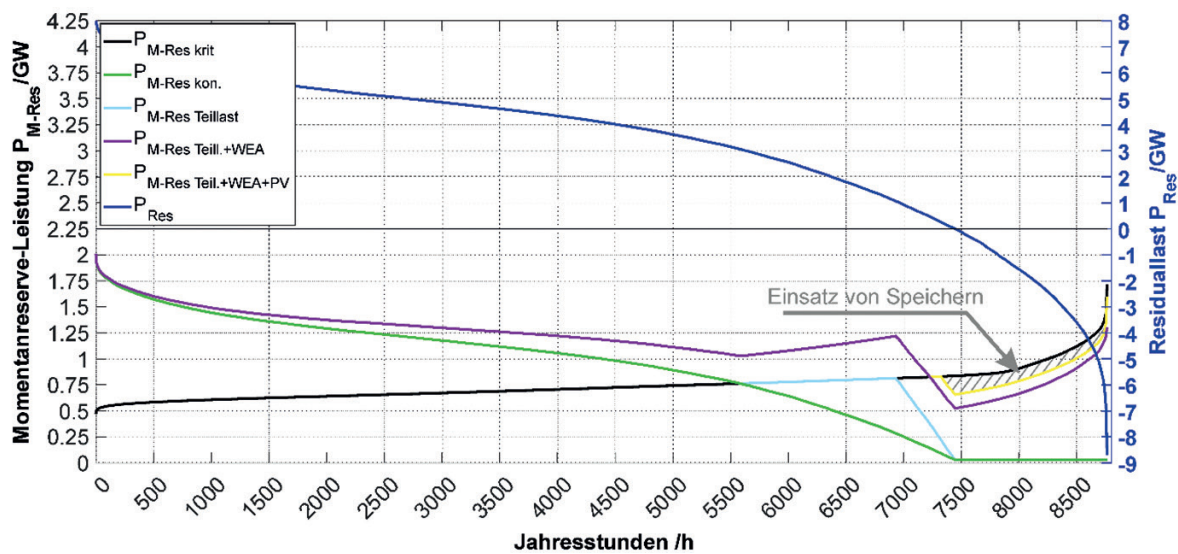


Abbildung 1: Exemplarische Berechnung 2030: Möglichkeit zur Integration aller dargebotsabhängiger Leistungsquellen zur Momentanreservebereitstellung mit der Unterstützung von Li-Ion Speichern zur Aufrechterhaltung der Systemstabilität. Die hier dargestellten Fähigkeiten der Kraftwerke werden durch WEA $P_{(M-Res Wind)}$, PVA $P_{(M-res PV)}$ ergänzt. Aus der Darstellung lässt sich entnehmen, dass mit diesem Momentanreserve-Leistungsmix noch nicht zu jeder Stunde im Jahr Stabilitätsgrenzen eingehalten werden können. Der erforderliche technische Einsatz von Speichern ist Gegenstand weiterer Forschung.

Daten zum Projekt

Vorhabenbezeichnung:

Gutachten „Technische Mindestenerzeugung in Niedersachsen und Deutschland“

Fördernde Stelle:

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Laufzeit des Vorhabens:

01.01.2017– 30.06.2017

Verantwortliche Projektleitung:

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck

Projektkoordination:

Julian Gollenstede

E-Mail:

gollenstede@iee.tu-clausthal.de

Internet:

www.umwelt.niedersachsen.de/download/120212

rungspotenziale von EE-Anlagen werden anhand von Forschungsergebnissen, die aus der einschlägigen Literatur entnommen worden sind, und exemplarischen Lösungen aufgezeigt.

Die Abbildung zeigt eine mögliche Vollversorgung eines Energiesystems 2030 mit der von der Bundesregierung geforderten Anteile an EE und den Wetterdaten aus 4 Jahren von Momentanreserve. Das Ergebnis zeigt eine theoretische Möglichkeit, eine Vollversorgung auch ohne den Einsatz von Kraftwerksgeneratoren zu erlangen.

Referenz

[Faulstich 2016-1]: M. Faulstich, H.-P. Beck et al., Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050 – Gutachten, (Auftraggeber und Herausgeber: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Hannover, 2016).



Hans-Peter Beck



Julian Gollenstede

Das Kopernikus-Projekt ENSURE

Mit dem Start der Kopernikus-Projekte geht die größte Forschungsinitiative des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) zur Energiewende in die Umsetzung: In den geförderten Projekten werden über einen Zeitraum von zehn Jahren gemeinsam von Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft technologische und wirtschaftliche Lösungen für den Umbau des Energiesystems entwickelt. Das Projekt ENSURE – neue Energienetzstrukturen für die Energiewende – ist in drei Phasen geplant. Nach der ersten Phase für

die Erforschung der Grundlagen (2016 bis 2019) und der darauf folgenden zweiten Phase für die Umsetzung im Pilotmaßstab (2019 bis 2022), soll in der finalen dritten Phase (2022 bis 2025) ein multimodaler Netzdemonstrator aufgebaut werden.

Ziel des Kopernikus Projekts ENSURE ist es, neue Energienetzstrukturen für die Energiewende zu erforschen und bereitzustellen. In einem ganzheitlichen Ansatz wird eine Energiesystemopti-

Projektpartner

Projektkoordination

- KIT Karlsruher Institut für Technologie

Beteiligte Institute:

- OFFIS – Institut für Informatik, Oldenburg
- KIT Karlsruher Institut für Technologie
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Lehrstuhl für Elektrische Energieversorgungstechnik, Bergische Universität Wuppertal
- Chair of Power Electronics (PE), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES
- Lehrstuhl für Elektrische Energiesysteme, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Institut für Elektrische Energiesysteme, Leibniz Universität Hannover
- FG Elektrische Energieversorgung unter Einsatz Erneuerbarer Energien (E5), Technische Universität Darmstadt

- Institut für Energiesysteme, Energiewirtschaft und Energieeffizienz (ie3), TU Dortmund

Externe Partner:

- E.ON Energie Deutschland GmbH
- TenneT TSO GmbH
- Siemens AG
- ABB AG
- Deutsche Umwelthilfe e.V.
- Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
- ewi Energy Research & Scenarios gGmbH (ewi ER&S)
- Forschungsgemeinschaft für Elektrische Anlagen und Stromwirtschaft e.V. Mannheim (FGH)
- Germanwatch e.V.
- Maschinenfabrik Reinhausen GmbH
- Nexans Deutschland GmbH
- Öko-Institut e.V.
- Stadtwerke Kiel AG

Daten zum Projekt

Vorhabenbezeichnung:
Verbundvorhaben ENSURE:
Neue EnergieNetzStruktURen
für die Energiewende

Fördernde Stelle:
Bundesministerium für Bildung und
Forschung

Förderkennzeichen:
03SFK150

Laufzeit des Vorhabens:
01.09.2016 – 31.08.2019

Verantwortliche Projektleitung:
Dr. Marita Blank-Babazadeh (OFFIS)

Wissenschaftliche Leitung:
Prof. Dr. Sebastian Lehnhoff

E-Mail:
marita.blank-babazadeh@offis.de

Internet:
www.offis.de/offis/projekt/ensure.html



Marita Blank-
Babazadeh



Sebastian Lehnhoff



mierung unter Berücksichtigung der relevanten Energieträger und der dazugehörigen Infrastruktur vorgenommen.

OFFIS befasst sich mit der Ausgestaltung dezentraler IKT-Systeme zur Unterstützung von Steuerungs- und Regelungsmechanismen sowie der Integration dieser in zukünftige Leitwarten. Von besonderem Forschungsinteresse ist die Entwicklung von Bewertungsmethoden bezüglich der Abhängigkeit der Versorgungszuverlässigkeit von der Qualität und Verfügbarkeit des IKT-Systems.

e-home Energieprojekt 2020

Im e-home Energieprojekt 2020 hat das EFZN gemeinsam mit der Avacon AG die durch die Energiewende bedingten Veränderungen im Niederspannungsnetz erforscht. Dabei wurden sowohl die Erzeugungsseite als auch die Verbrauchsseite betrachtet.

Gestartet wurde das Projekt im Jahr 2011 vor dem Hintergrund des starken Zubaus an regenerativen Erzeugungsanlagen, speziell der Photovoltaik (PV). Diese Anlagen speisen überwiegend in das Niederspannungsnetz ein und stellen daher für die Netzführung eine neue Herausforderung dar. Neben den PV-Anlagen wurden im Projekt auch weitere Technologien untersucht, die zukünftig in vielen Haushalten genutzt werden. Dazu zählen das Elektrofahrzeug, der Batteriespeicher, die elektrische Wärmepumpe und der Smart Meter. Um die tatsächlichen Energieflüsse im Haushalt näher untersuchen zu können, wurden von Avacon in den beiden Gemeinden Syke und Weyhe bei Bremen insgesamt 32 Haushalte mit den neuen Technologien ausgestattet. Die Messdaten standen dem Forscherteam des EFZN zur Verfügung. Das Projekt gliederte sich in zwei Phasen, die mit den entsprechenden Forschungsschwerpunkten in der Abbildung 1 dargestellt sind.

In der ersten Projektphase wurde an primär technischen Fragestellungen gearbeitet. Der Ortsnetztransformator (rONT) stand aber auch aus juristischer und wirtschaftlicher Sicht im Fokus. Anschließend wurden in der zweiten Phase die Querschnittsthemen aus den Forschungsfeldern Kunde und Batteriespeicher analysiert. Die folgenden Absätze fassen die Ergebnisse des gesamten Projektes aus beiden Phasen und allen drei Forschungsfeldern kurz zusammen. Einzelne Teile dieses Berichts wurden bereits in Ahmels et al. (2016) sowie in Ahmels et al. (2017) veröffentlicht.

Der rONT wurde zur Spannungsregelung als neues Netzbetriebsmittel im Niederspannungsnetz untersucht, mit dessen Hilfe das Zubaupotential von neuen Energieerzeugungsanlagen ohne konventionelle Netzausbaumaßnahmen erhöht werden kann. Hierbei wurden u.a. unterschiedliche Regelungskonzepte, deren Wirkung

Projektpartner

Projektkoordination

- Energie-Forschungszentrum Niedersachsen

Beteiligte Institute:

- Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen, TU Braunschweig
- Institut für Elektrische Energietechnik, TU Clausthal
- Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik, Fachgebiet Elektrische Energieversorgung, Leibniz Universität Hannover
- Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Professur für Produktion und Logistik, Georg-August-Universität Göttingen
- Institut für deutsches und internationales Berg- und Energierecht, TU Clausthal
- Institut für Psychologie, Abteilung für Psychologische, Methodenlehre und Biopsychologie, TU Braunschweig

Externe Partner:

- Avacon AG

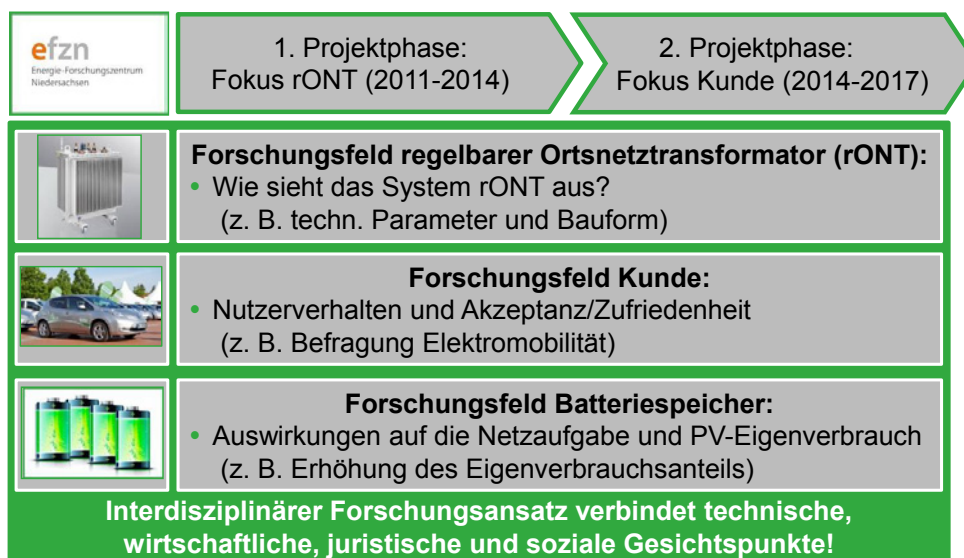


Abbildung 1: Darstellung der Forschungsschwerpunkte im e-home Projekt 2020.

im Niederspannungsnetz bei unterschiedlicher Parametrierung, Interaktionen mit weiteren Regelkreisen sowie das Einsatzpotential beleuchtet. Anschließend wurden die Erkenntnisse unter technischen, ökonomischen und juristischen Gesichtspunkten konkret im Netzgebiet der Avacon AG analysiert. Der rONT stellt sich sowohl in den Praxisuntersuchungen als auch in den begleitenden theoretischen Untersuchungen des EFZN als robustes Netzbetriebsmittel zur Spannungsregelung im Niederspannungsnetz heraus, um die Herausforderungen durch die Energiewende in dieser Netzebene meistern zu können. Dies bestätigt sich auch durch die mögliche positive Auswirkung auf die Erlösobergrenze des Netzbetreibers bei Berücksichtigung der Investitionen für den rONT in der Anreizregulierungsverordnung.

Auf den Erkenntnissen aufbauend wurde ein Optimierungsverfahren entwickelt, welches anhand GIS-basierter Daten eine Zielnetzplanung durchführt. Hierbei zeigt sich, dass in einigen Fällen durch einen rONT-Einsatz bestehende Ortsnetzstationen eingespart werden können und folg-

lich eine zukünftige Reduktion der Stationsanzahl trotz Netzausbau möglich ist.

Im vierten und fünften Projektjahr verschob sich der Forschungsschwerpunkt hin zu den Batteriespeichersystemen im Haushaltsbereich in Verbindung mit einer PV-Anlage. Es ist zu erwarten, dass sich Batteriespeicher langfristig in Privathaushalten mit PV-Anlagen aufgrund verschiedener Aspekte durchsetzen werden. Durch sinkende Anschaffungspreise und steigende Wirkungsgrade werden sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Speichersysteme im Haushaltsbereich verbessern. Für Privathaushalte wirkt sich zudem die Befreiung von gesetzlichen Umlagen (u.a. Befreiung von Netzentgelten) zusätzlich positiv aus. In Kombination mit einer sinkenden EEG-Vergütung bietet sich mit dem Batteriespeicher eine Möglichkeit, die Eigenverbrauchsquote zu erhöhen. Die entgeltliche Belastung von Batteriespeichern hängt von verschiedenen Faktoren ab und ist daher fallspezifisch zu klären. Die Treibhausgasemissionen der Haushalte lassen sich durch die Kombination aus PV-Anlage und Elektroauto deutlich reduzieren.

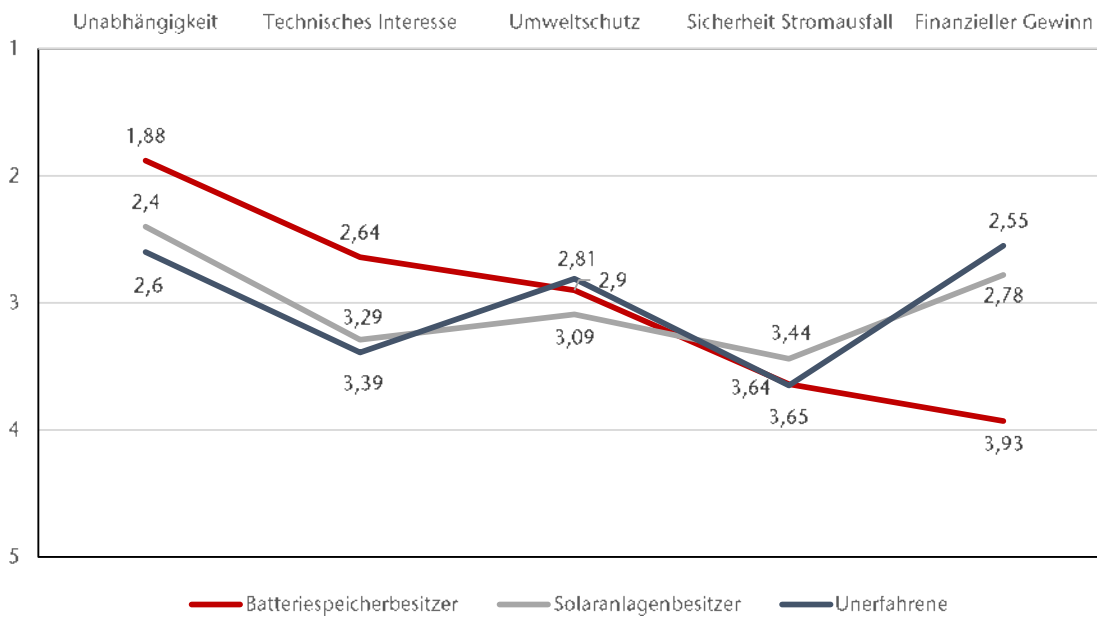


Abbildung 2: Mittlere Ränge der Kaufanreize im Gruppenvergleich.

Für die detaillierte energetische Bewertung von Batteriespeichern in Haushalten wurden die Eigenverbrauchsquote und Autarkiequote bei verschiedenen Anlagenkonfigurationen betrachtet. Für die Analyse wurde sowohl auf die Messdaten aus den e-home Haushalten bei Bremen zurückgegriffen als auch auf synthetische Lastprofile, die mit einem selbstentwickelten Profilgenerator erzeugt wurden. Die Simulationen zeigen, dass bei privaten Haushalten die Höhe und der Verlauf der Lastkurve einen signifikanten Einfluss auf die Eigenverbrauchsquote haben. Zusätzlich kann ein Batteriespeicher die Eigenverbrauchsquote in diesen Fällen weiter steigern. Die Autarkiequote hingegen sinkt mit steigendem Stromverbrauch. Für die ökonomische Analyse wurde der interne Zinssatz der Investition in PV-Anlagen ohne und mit Speichersystem bei verschiedenen Rahmenbedingungen berechnet. Hierbei wurden der Anschaffungspreis des Batteriespeichersystems, die jährliche Strompreissteigerung sowie die Höhe der Einspeisevergütung variiert. Es zeigte sich,

dass PV-Anlagen ohne Speicher höhere Renditen erzielen als PV-Speichersysteme. Durch die kontinuierliche Strompreissteigerung und die sinkenden Anschaffungspreise für PV-Speichersysteme wird sich die Rentabilität zukünftig weiter verbessern.

Die Untersuchungen zu den Kaufanreizen bei Batteriespeichern zeigen differenzierte Ergebnisse. In der Befragung wurde zwischen Batteriespeicherbesitzern, PV-Anlagenbesitzern und Unerfahrenen, die noch keinen Speicher haben, unterschieden. Für die Personen, die bereits eine PV-Anlage mit Speicher besitzen, ist die Unabhängigkeit vom Versorger der wichtigste Kaufanreiz. Der durch den Speicher realisierte finanzielle Gewinn ist nachrangig (siehe Abbildung 2).

Im Gegensatz dazu erhoffen sich PV-Anlagenbesitzer und Unerfahrene vorrangig einen finanziellen Gewinn durch die Installation eines Speichers. Aktuell stellen jedoch die hohen Anschaffungspreise

Daten zum Projekt

Vorhabenbezeichnung:
e-home Energieprojekt 2020

Fördernde Stelle:
Avacon AG

Laufzeit des Vorhabens:
01.05.2013 – 30.06.2016 (Phase 2)

Verantwortliche Projektleitung:
Prof. Dr. Jutta Geldermann

Projektkoordination:
Jan Ahmels

E-Mail:
jan.ahmels@efzn.de

Internet:
www.ehomeprojekt.de

für Batteriespeicher noch die größte Barriere für die weitere Verbreitung der Technologie dar. Vor dem Hintergrund der stetig sinkenden Anschaffungspreise ist in Zukunft mit einer erhöhten Kaufbereitschaft bei PV-Betreibern zu rechnen.

Referenzen / Veröffentlichungen:

Ahmels, J., Horn, M., Lietz, F., Loges, H., Lühn, T., Schlömer, G., Schnieder, R., Beck, H.-P., Engel, B., Eggert, F., Weyer, H., Hofmann, L., Geldermann, J. (2016): e-home Energieprojekt 2020. In: Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen, Band 43, Cuvillier Verlag, Göttingen.

Ahmels, J., Beck, H.-P., Eggert, F., Engel, B., Geldermann, J., Horn, M., Loges, H., Lühn, T. (2017): Batteriespeicher in Einfamilienhäusern in Verbindung mit der Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen. In: Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen, Band 47, Cuvillier Verlag, Göttingen.



Jutta Geldermann



Jan Ahmels

Hybride und multimodale Energiesysteme: Systemtheoretische Methoden für die Transformation und den Betrieb komplexer Netze

Teilprojekt: Zuverlässiger Betrieb umrichterdominierter und IKT-durchdrungener Energiesysteme – von zentralen Strukturen zu agentenbasierter dezentraler Steuerung

Das System der Energieversorgung besteht aus vernetzten, geografisch verteilten Strukturen, die hohen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsstandards genügen müssen. Strom- und Gasnetze versorgen ganze Kontinente. Wärmenetze in Metropolen treten mit den Strom- oder Gasnetzen in Wechselwirkung. Informations- und Kommunikationssysteme zur Einsatzplanung und Netzsteuerung folgen diesen ausgedehnten Strukturen und gehen sogar über sie hinaus. Die Umstellung auf ein nachhaltiges und durch Erneuerbare Energien geprägtes System verändert dessen Struktur und Verhalten. Zum Ausgleich der Volatilität erneuerbarer Energiequellen ist eine Vernetzung des Stromnetzes mit Pufferkapazitäten sowie mit den anderen Energieträgernetzen notwendig. Hierdurch entstehen multimodale Netze.

Die elektrischen Netze werden ihre Struktur von reinen Drehstromsystemen hin zu gekoppelten Drehstrom-/Gleichstromnetzen ändern, so dass hybride Netze entstehen. Aus diesem doppelten Transformationsprozess ergeben sich völlig neue Anforderungen an die Regelung und Prozessführung des Gesamtsystems, weil sich dabei die Dynamik sowohl der vermehrt dezentralen und informationstechnisch koordinierten Energieerzeuger als auch der Verbraucher verändert und folglich das System als Ganzes neue Eigenschaften erhält. Gleichzeitig wird die Komplexität des Systembetriebs signifikant erhöht, weil zukünftig nicht nur eine Anpassung der Energieerzeugung an den aktuellen Verbrauch, sondern auch eine

Steuerung der Verbraucher entsprechend dem aktuellen Energiedargebot notwendig ist.

Ziel des interdisziplinären Schwerpunktprogramms ist es, neue systemtheoretisch begründete Konzepte für die Transformation des gegenwärtigen elektrischen Energiesystems hin zu informationstechnisch durchdrungenen, hybriden und multimodalen Netzen zu schaffen und

Projektpartner

Projektkoordination

- Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Department für Informatik, Abteilung Energieinformatik

Beteiligte Institute:

- Institut für Elektrische Energiesysteme, Fachgebiet Elektrische Energieversorgung, Leibniz Universität Hannover
- Department für Informatik, Abteilung Energieinformatik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Institut für Antriebssysteme und Leistungselektronik, Leibniz Universität Hannover

Daten zum Projekt

Vorhabenbezeichnung:

Hybride und multimodale Energiesysteme:
Systemtheoretische Methoden für die Transformation und den Betrieb komplexer Netze
Teilprojekt: Zuverlässiger Betrieb umrichterdominierter und IKT-durchdrungener Energiesysteme – von zentralen Strukturen zu agentenbasierter dezentraler Steuerung
Kurzform: SPP 1984

Fördernde Stelle:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

Förderkennzeichen:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) –
Projektnummer 313504828

Laufzeit des Vorhabens:

2017 – 2021

Verantwortliche Projektleitung:

Prof. Dr. Sebastian Lehnhoff

E-Mail:

sebastian.lehnhoff@uni-oldenburg.de

Internet:

[http://gepris.dfg.de/gepris/
projekt/313504828](http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/313504828)



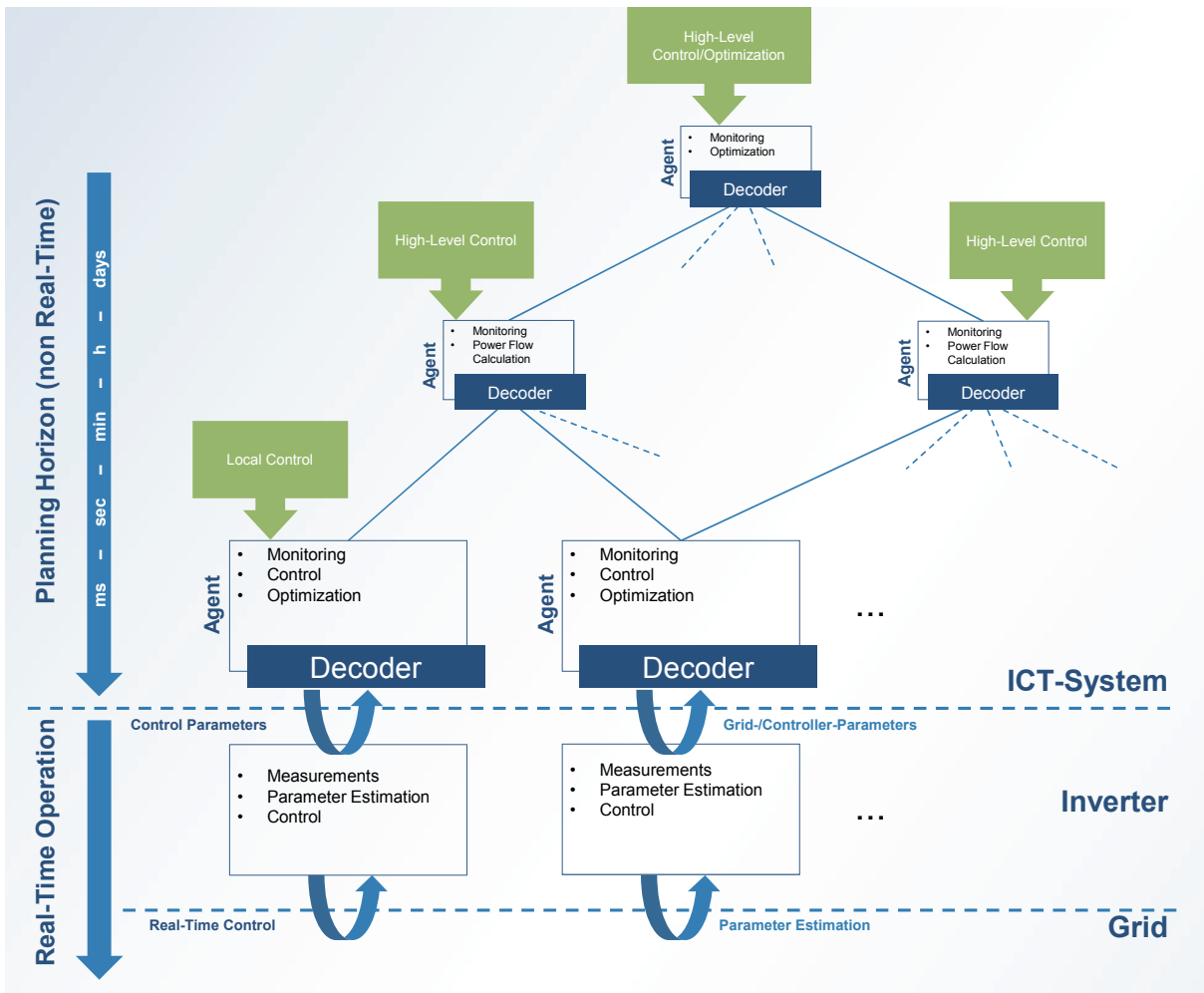
Sebastian Lehnhoff

damit einen Beitrag zur sicheren und resilienten Energieversorgung bei sich wandelnden Energiequellen und Versorgungsprinzipien zu leisten.

Im Mittelpunkt steht die übergeordnete Frage, wie die Gesamtstruktur aus Netzarten, Netz- und Betriebstechnologien über alle Ebenen hinweg modelliert, berechnet und optimiert werden kann. Neue methodische Ansätze wie z. B. die Theorie komplexer Netze, die Nutzung autonomer, agentenbasierter und sich selbst organisierender Systeme sowie verteilte Regelungs- und Optimierungsstrategien für prognoseunsichere Systeme sowie unter maßgeblichem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik müssen für die Transformation und den stabilen Betrieb komplexer Energienetze erschlossen werden. Da großräumige hybride und multimodale Netze wesentlich mehr planerische und betriebliche Freiheitsgrade als die heutigen Energieträgernetze bieten, sind neue Methoden erforderlich, die probabilistische Risiko- und Unsicherheitsbetrachtungen mit neuen Fehlertoleranz und -korrekturmaßnahmen kombinieren. Die Erforschung der grundlegenden Eigenschaften und Systemdienstleistungen im Zeitbereich von Millisekunden bis zu Stunden sind ebenfalls Teil der Forschung.

Teilprojekt: Zuverlässiger Betrieb umrichterdominierter und IKT-durchdrungener Energiesysteme – von zentralen Strukturen zu agentenbasierter dezentraler Steuerung

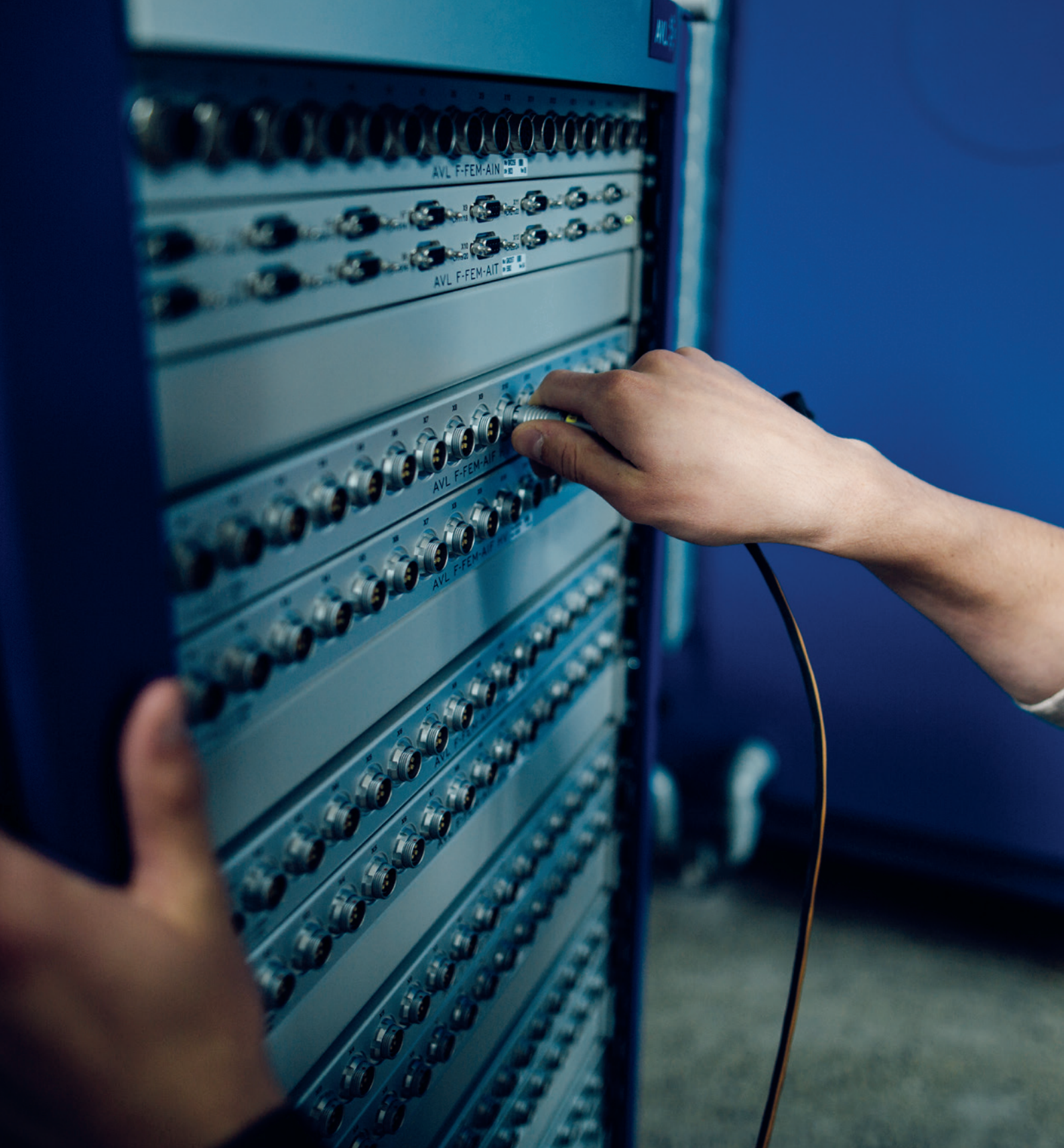
Das Ziel des Teilvorhabens ist es, eine integrierte, mehrschichtige Architektur für die Netzregelung von umrichterdominierten Energiesystemen zu entwickeln, die übergeordnete Regelungs- und Optimierungsziele für verschiedene Ebenen des Energienetzes aufgreift, mittels eines agentenbasierten Kommunikations- und Steuerungssystems verarbeitet und an unterlagerte, umrichterbasierte Erzeuger und Verbraucher sowie Netzregelstationen verteilt, die jeweils einzelne Regelaufgaben übernehmen. Gleichzeitig erfassen bzw. identifizieren die verteilten Einheiten (Umrichter) Informationen über den Systemzustand des Net-



Multi-level Control Architecture

zes und reichen sie an das Agentensystem weiter, das diese Informationen aggregiert und daraus ein aktuelles und konsistentes Bild vom Zustand der verschiedenen Netzebenen und -abschnitte zusammenstellt. Die Regelung und Optimierung des Netzbetriebs, darunter Lastfluss- sowie Spannungs- und Frequenzregelung, soll dabei dezentral vom Agentensystem durchgeführt werden. Auf diesem Weg werden inhärente Redundanzen des verteilten Systems automatisch genutzt, so dass eine höhere Robustheit/Resilienz gegenüber Kommunikationsfehlern oder Ausfällen von Systemkomponenten erwartet werden kann.

Forschungsfragen, die auf Basis dieser mehrschichtigen Systemarchitektur mit ihrer hybriden Netzregelungsstruktur adressiert werden, betreffen die Qualität der verteilten Optimierung, die Auflösung von Reglerkonflikten, das Echtzeitverhalten und die Dynamik der resultierenden Netzregelung (die zum großen Teil auf Umrichtern basiert), die Identifikation von Netzparametern und -zuständen, das überlagerte System-Management zur Sicherstellung der Netzstabilität unter Berücksichtigung des Unbundling, sowie die hierarchische Struktur der Regelung unter Beachtung der Kommunikation zwischen den Ebenen.





EFZN-Standorte

3

Energieforschungsknoten der Technischen Universität Braunschweig

Organisation

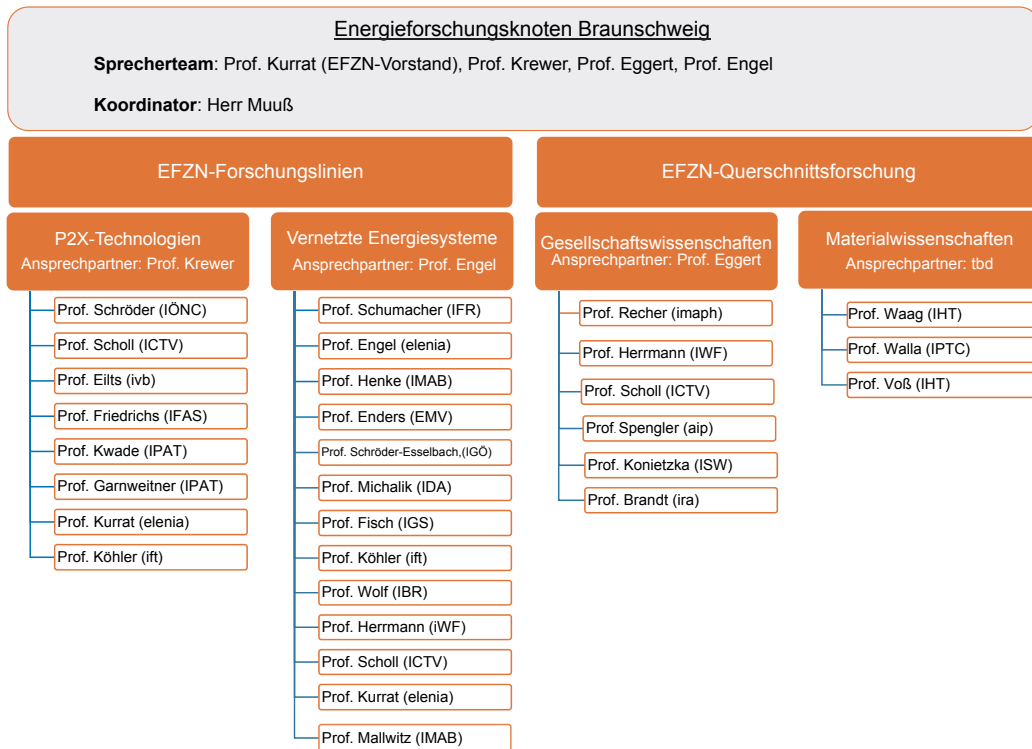
Der Energieforschungsknoten Braunschweig (EFK BS) ordnet sich inhaltlich im Wesentlichen den beiden EFZN Forschungslinien „P2X-Technologien“ und „Vernetzte Energiesysteme/ Sektorenkopplung“ zu. Zudem werden in der sogenannten Querschnittsforschung sowohl materialwissenschaftliche als auch gesellschaftswissenschaftliche Themenstellungen untersucht. Für jede Forschungslinie gibt es einen Ansprechpartner (vgl. Abbildung), die zusammen mit dem Braunschweiger EFZN-Vorstandsmitglied Professor Kurrat das Sprecherteam des EFK BS bilden. Das Sprecherteam wird von dem Koordinator des Forschungsknotens unterstützt, der für Terminkoordination, Protokollierung, Kommunikation zu Partnern sowie Koordination bei Anträgen zuständig ist und die Schnittstelle zu den ande-

ren Forschungsknoten bildet. Aktuell sind rund 20 Institute verschiedener Disziplinen aus fünf Fakultäten der TU Braunschweig in Kooperation mit dem Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF), der Battery LabFactory Braunschweig (BLB), dem Laboratory of Emerging Nanometrology (LENA) sowie der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) im EFK BS miteinander verbunden.

Forschungsthemen

Die Forschungsthemen des EFK Braunschweig sind in der dargestellten Grafik abgebildet. Diese werden jeweils durch mehrere Mitgliedsinstitute und Mitarbeiter/innen in verschiedenen Forschungsprojekten bearbeitet. Die Forschungsschwerpunkte innerhalb des EFK BS sind dabei so aufgestellt, dass Beiträge zur Energiewertschöpfungs- und





Energienutzungskette der Zukunft geleistet werden können. Ziel des EFK BS ist es, sich innerhalb der Themengebiete „Intelligente dezentrale Energiesysteme und Speicher“ stärker aufzustellen. Das Motto „klein, skalierbar, intelligent“ wird dabei als Leitbild für zukünftige Projekte verwendet. Der EFK BS ist aktuell mit zwei Instituten am Forschungsprojekt „NEDS“ beteiligt. Zukünftig strebt der EFK Braunschweig weitere standortübergreifende Verbundprojekte mit Partnern anderer EFZN-Energieforschungsknoten an. An weiteren Anträgen mit den anderen EFZN-Mitgliedsuniversitäten wird aktuell bereits intensiv gearbeitet.

Beim mit fast einer Million Euro vom BMWi geförderten Forschungsprojektes elenia energy lab konnte der frisch renovierte Versuchsraum im Erdgeschoss des Südturms des Mühlenfordthauses bezogen und erste Versuche zur Energieeffizienz von PV-Speichersystemen durchgeführt werden. Das elenia energy lab kann auch dem EFK BS des EFZN als gemeinsame Forschungsinfrastruktur für intelligente, dezentrale Energiesysteme dienen.

Daten zum Forschungsknoten

Bezeichnung: Energieforschungsknoten Braunschweig (EFK BS)

Sprecher/in:

Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat
 Prof. Dr. Frank Eggert
 Prof. Dr.-Ing. Ulrike Krewer

Ansprechpartner/Koordination:

Dipl.-Ing. Hauke Loges,
hauke.loges@tu-braunschweig.de
 Dipl.-Ing. Fridolin Muuß,
f.muuss@tu-braunschweig.de



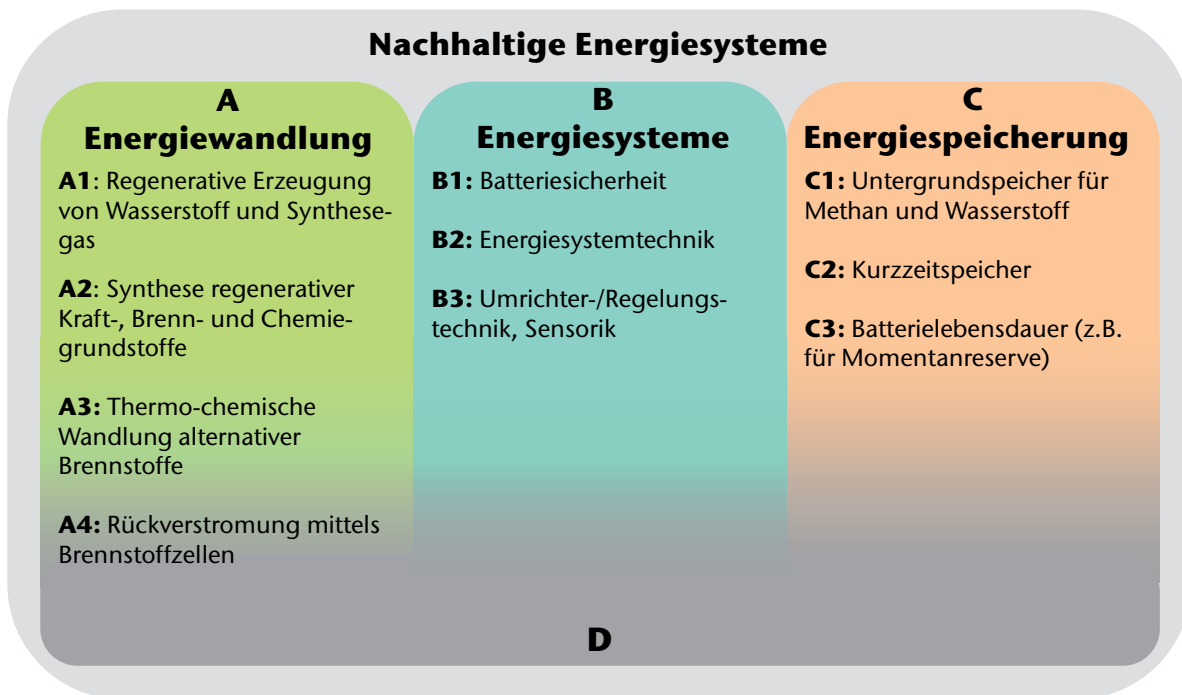
Energieforschungsknoten der Technischen Universität Clausthal

Organisation

Das Energie-Forschungszentrum der TU Clausthal wurde im Oktober 2005 als wissenschaftlicher Forschungsverbund gegründet mit dem Ziel, die anwendungsorientierte Grundlagenforschung im Bereich Energie und Rohstoffe zu bündeln und auszubauen, um zukünftig eine neue Disziplin „Energiewissenschaft“ in Forschung und Lehre zu etablieren. Gemeinsam mit den außeruniversitären Partnern Fraunhofer HHI-FS und LIAG sowie den Kompetenzen des CUTEC Forschungszentrums der TU Clausthal können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der TU Clausthal mit den vorhandenen Kompe-

tenzen in Forschung und Lehre auf den Gebieten Energie, Rohstoffe und Material, insbesondere in den Fachgebieten „Geotechnik“, „Bergbau, Erdöl- und Erdgastechnik“, „Energieverfahrenstechnik“, „Chemische Technologien und Batterien“, „Energiesysteme“, „Energiewirtschaft“ und „Energerecht“, „Geoinformatik“ und „Energie- und Materialphysik“, substantielle Beiträge für die Energieforschung liefern, da in diesen Bereichen das Wissen und die Wissensgenerierung für die aus heutiger Sicht relevanten Bereiche des bestehenden Energiesystems in Forschung und Lehre mit derzeit circa aktiven 20 Professorinnen/Professoren und 200 Mitarbeiterinnen/Mitarbeitern abgebildet werden.





Teilbereiche und Themen des Forschungsschwerpunktes Nachhaltige Energiesysteme.

Forschungsthemen

Im Zuge des Masterplan-Prozesses bildet das etablierte Energie-Forschungszentrum den Forschungsschwerpunkt „Nachhaltige Energiesysteme“ der TU Clausthal ab. Mit dieser strategischen Zusammenarbeit soll die bereits ausgeprägte Kompetenz im Bereich nachhaltiger Energiesysteme (Energiespeicher und -systeme) ausgebaut werden. Dem Energie-Forschungszentrum der TU Clausthal kommt dabei die Rolle zu, die durch die fachliche Breite der beteiligten Lehrstühle angeregten Denk- und Arbeitsprozesse zu konsolidieren und gemäß der strategischen Ausrichtung mit dem Forschungsthema „Regenerative Speicherkraftwerke“ strategiebildende Einzel- und Verbundprojekte durchzuführen. Mittelfristige Forschungsschwerpunkte werden dabei die Themenfelder Sicherheit geologischer und geotechnischer Systeme, Power-to-X und Wasserstoff-Speicherkraftwerke mit der dazugehörigen Systemtechnik sein.

Daten zum Forschungsknoten

Bezeichnung:

Energie-Forschungszentrum der TU Clausthal

Sprecher:

Prof. Dr. Wolfgang Schade
 Prof. Dr. Leonhard Ganzer
 Prof. Dr.-Ing. Thomas Turek

Ansprechpartner/Koordination:

Dr. Jens-Peter Springmann,
jpspringmann@tu-clausthal.de



TU Clausthal

Energieforschungsknoten der Georg-August-Universität Göttingen

Organisation

Energieforschung wird in Göttingen als Grundlagenforschung in den Bereichen Energietransformation an Oberflächen und Geowissenschaften sowie als angewandte Forschung zu nachwachsenden Rohstoffen sowie gesellschaftswissenschaftlichen Fragestellungen betrieben. Die Energieforschung in den jeweiligen Disziplinen ist eingebettet in die Instituts-, Departments- und Fakultätsstrukturen sowie die Verbundprojekte eines Graduiertenkollegs und Sonderforschungsbereichs. Die Göttinger Energieforschung soll durch eine Vernetzung im EFZN gebündelt werden und komplementär die Energiefragestellungen des EFZN auf der Seite der Grundlagenwissenschaften sowie der angewandten Forschung mit gesellschaftswissenschaftlichem Schwerpunkt ergänzen.

Forschungsthemen

Die Forschungsthemen der Göttinger Energieforschung ergeben sich aus den langjährigen Aktivitäten in den unterschiedlichen Einrichtungen am Standort. Sie leisten individuelle Beiträge zur Energieforschung und sollen die angewandten Fragestellungen im EFZN von Seiten der Grundlagenforschung mit einem breiten Themen- und Methodenspektrum individuell anknüpfen und ergänzen. Es ist keine thematische Bündelung der individuellen Göttinger Vorhaben zur Energieforschung geplant.

Energietransformation an Oberflächen

Im Bereich der Molekül- und Materialwissenschaften werden Energiekonversionsprozesse und dynamische Prozesse an Oberflächen auf molekularer Ebene untersucht. Federführend für diesen Bereich vertritt Professor Alec Wodtke (Humboldt Professor an der Fakultät für Chemie und dem

MPI für biophysikalische Chemie) die Chemie der Oberflächenprozesse in Hinblick unter anderem auf die Gebiete der heterogenen Katalyse und Photokatalyse, Photovoltaik sowie Brennstoffzellen. Im Zentrum seiner Forschung steht die Untersuchung der Energiekonversion an Oberflächen mit Methoden modernster Laser-, Molekularstrahl- und Ultrahochvakuum-Technologien. Diese Forschung ist eingebettet in das International Center for Advanced Studies of Energy Conversion (ICASEC) sowie den DFG-Sonderforschungsbereich (SFB 1073) „Atomic scale control of energy conversion“, der unter Sprecherschaft von Professor Christian Joos Arbeitsgruppen aus den Fakultäten Chemie und Physik zur Frage der Energiekonversion vereint.

Nachwachsende Rohstoffe

Die energetische Nutzung nachwachsender landwirtschaftlicher und forstlicher Rohstoffe erfordert die Berücksichtigung und Einhaltung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Standards. Am Beispiel der landwirtschaftlichen Nutzpflanze Zuckerrübe wird im Institut für Zuckerrübenforschung an der Universität Göttingen unter Leitung von Professor Bernward Märländer deren Potential zur Energiegewinnung untersucht, um die starke Fokussierung auf Mais, dessen regional hohe Anbaukonzentration ökologische Nachteile birgt und eine oft nur geringe gesellschaftliche Akzeptanz hat, zu überwinden. Aus der Bewertung des Leistungspotenzials von Zuckerrüben für die energetische Nutzung sollen spezifische Zuchtziele abgeleitet werden. Anforderungen an das Produktionssystem, einschließlich betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte werden ermittelt sowie eine Technikfolgenabschätzung unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung durchgeführt. Weitere Beteiligte an diesem Forschungsschwerpunkt sind Professor Ludwig Theuvsen (Fakultät für Ag-

rarwissenschaften), Professor Johannes Isselstein (Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung) sowie Professor Hans Ruppert vom Interdisziplinären Zentrum für Nachhaltige Entwicklung und Professor Norbert Lamersdorf (Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie). Die ganzheitliche Herangehensweise hat zum Ziel, Handlungsempfehlungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung des Biomasseanbaus zu formulieren. Bei diesem Vorhaben ergeben sich sehr gute Vernetzungsmöglichkeiten für die beteiligten Arbeitsgruppen mit produktionstechnischem, ökonomischem und ökologischem Bezug.

Geowissenschaften

Die Energieforschung im Bereich der Hydrogeologie von Georeservoirien wird von Professor Martin Sauter (Fakultät für Geowissenschaften und Geographie) koordiniert. In der angewandten Geologie werden Strömungs-, Wärme-, Stofftransport- sowie geomechanische Prozesse in tiefen Georeservoirien untersucht mit dem Ziel, deren Speichervermögen für Fluide (Kohlenwasserstoffe, CO₂ etc.) sowie deren Energieinhalt (Wärme) zu quantifizieren und zukünftige Systemzustände unter operativen Nutzungsbedingungen zu prognostizieren. In diesem Zusammenhang wurde ein Großgeräteantrag zur Förderung einer großskaligen Triaxialpresse zur Untersuchung des Verhaltens von großskaligen geklüfteten Gesteinsproben unter Reservoirbedingungen (bis 200 Grad Celsius, 120 MPa) positiv beschieden (Investitionsvolumen circa zwei Millionen Euro).

Gesellschaftswissenschaftliche Energieforschung

Unter dem Begriff „gesellschaftswissenschaftliche Energieforschung“ kann die Querschnittsforschung aus den Bereichen Wirtschafts-, Sozial- und Rechtswissenschaften zusammengefasst werden. Ein thematischer Schwerpunkt der Göttinger Wissenschaftler ist die interdisziplinäre Erforschung dezentraler Energieerzeugung aus regenerativen Quellen, wie es im DFG-Graduiertenkolleg 1703: „Ressourceneffizienz in Unternehmensnetzwerken“ unter Sprecherschaft von Professor Jutta Geldermann (Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät) deutlich wird. Potenziale für



Verbundprojekte im EFZN werden aufgrund der Komplementarität der Expertise gesehen, indem ergänzend zu agrar-, ingenieur- und naturwissenschaftlichen Aspekten primär sozialwissenschaftliche, psychologische, ökonomische und juristische Fragestellungen bearbeitet werden. Als beteiligte Wissenschaftler für diese Bereiche sind Professor Lutz Kolbe (Wirtschaftsinformatik), Professor Kilian Bizer (Institutionenökonomik, Umwelt- und Regionalökonomik), Dr. Rüdiger Mautz (Sozialforschung, Industriosociologie) sowie Professor Thomas Mann und Professor Peter-Tobias Stoll zu nennen, die das Verwaltungsrecht beziehungsweise Internationales Wirtschaftsrecht und Umweltrecht vertreten.

Daten zum Forschungsknoten

Bezeichnung:

Energieforschungsknoten Göttingen

Sprecher:

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen

Ansprechpartner/Koordination:

Friedrich Rübcke von Veltheim, M. Sc.
veltheim@uni-goettingen.de



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Energieforschungsknoten der Leibniz Universität Hannover

Organisation

26 Professoren als Mitglieder und damit mehr als 300 Doktoranden/innen und Wissenschaftlern/innen der Leibniz Universität Hannover (LUH) sind im interdisziplinären „Leibniz Forschungszentrum Energie 2050“ (LiFE 2050) zusammengeschlossen, wobei das Institut für Solarenergieforschung (ISFH) als An-Institut der LUH eingebunden ist. Ein sechsköpfiger Vorstand mit einem gewählten Sprecher koordiniert die Aufgaben. LiFE 2050 betreibt eine Geschäftsstelle, die die Prozesse zur Akquise von Verbundprojekten, zur interdisziplinären Vernetzung und zur Durchführung von Projekten durch Dienste und Werkzeuge unterstützt. Außerdem obliegt ihr die Außendarstellung des Forschungszentrums.

Forschungsthemen

LiFE 2050 verfolgt das Ziel, Forschungsbeiträge für ein nachhaltiges, finanzierbares und zuverlässiges Energiesystem zu leisten. Dieses Energiesystem muss ferner umweltfreundlich sein und insbesondere die Emissionen von Treibhausgasen reduzieren. Dabei steht der Transformationsprozess von einem System mit großen konventionellen Ener-

gieerzeugungsanlagen hin zu einem System mit vielen kleinen dezentralen Erzeugungsanlagen auf Basis von Erneuerbaren Energien im Fokus. Die Basis im LiFE 2050 bilden dazu leistungsfähige Forschungslinien im ingenieur- und naturwissenschaftlichen Bereich (siehe Abbildung 1). Sie werden ergänzt durch die Querschnittsthemen Wirtschaft, Recht und Umweltplanung.

Windenergie

Die Forschung in der Windenergie adressiert die gesamte Windenergieanlage und reicht von der Gründung, den Wellenlasten (Offshore), den Tragstrukturen und ihren Baustoffen über die Aeroelastik, Rotorblätter, Getriebe, Lager und Generatoren bis zur Leistungselektronischen Energiewandlung und Netzeinbindung sowie deren Wirtschaftlichkeit und Finanzierung, wobei die Forschergruppe den Kreis von ForWind Hannover enthält. Das Testzentrum für Tragstrukturen, das Generator-Umrichter-Labor, der Große Wellenkanal und andere Großgeräte stellen dafür eine herausragende Infrastruktur zur Verfügung.

Solarenergie

Schwerpunkte der Solarenergieforschung sind die kristalliner Siliziumphotovoltaik, Niedertemperatur-Solarthermie und die Entwicklung von dezentralen solaren Energieversorgungssystemen für Strom und Wärme. Dabei kommt den Wechselwirkungen von solaren mit nicht solaren Komponenten wie Speichern und Wärmepumpen besondere Bedeutung zu. Diese Themen werden vom ISFH gemeinsam mit Instituten der Elektrotechnik, des Maschinenbaus und der Physik erforscht. Die Experimentieranlagen des ISFH sowie des LNQE (Labor für Nano- und Quanten-Engineering) liefern für dieses Forschungsfeld umfangreiche experimentelle Möglichkeiten.



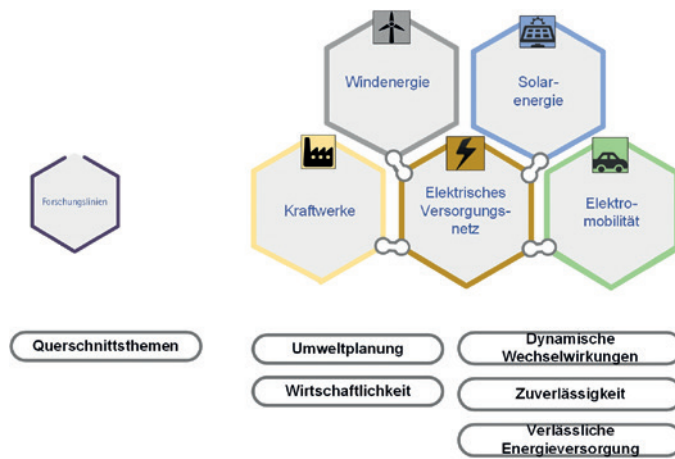


Abbildung 1: Forschungslinien und Querschnittsthemen des LiFE 2050.

Kraftwerke

Forschung zu thermischen Kraftwerken mit den Hauptzielen der Flexibilisierung und Effizienzsteigerung wird gemeinsam von den Instituten für Thermodynamik, technische Verbrennung, Turbomaschinen, Kraftwerkssysteme, Werkstoffkunde, Dynamik und Schwingungen, elektrische Maschinen und Wirtschaftsinformatik durchgeführt. Ein neuer Forschungsbau „Dynamik der Energiewandlung“ und zugehörige Großgeräte konnten erfolgreich eingeworben werden und werden voraussichtlich 2019 in Betrieb gehen.

Elektrisches Versorgungsnetz

Das elektrische Versorgungsnetz wird von fünf Fachgebieten der elektrischen Energietechnik untersucht, ergänzt um Wirtschaftswissenschaften und Umweltplanung. Vorrangiges Forschungsziel ist es, die Stabilität des Stromnetzes auch bei stetig wachsendem Anteil von Erneuerbaren Energien und Dezentralisierung zu beherrschen. Dazu tragen die Lehrstühle für elektrische Netze, Leistungselektronik, Elektrische Energiespeicher usw. bei.

Elektromobilität

In der Elektromobilität konzentrieren sich die Forschungsarbeiten vor allem auf den Antriebsstrang (elektrisch und hybrid) inklusive Getriebe, auf die Netzeinbindung und auf Car-Sharing und urbane

Logistik. Diese Forschungsaktivitäten sind zum großen Teil im NFF integriert.

Nahezu alle Mitglieder des LiFE 2050 arbeiten bereits in Verbundprojekten zu den genannten Themen zusammen. Darüber hinaus gibt es verschiedene Projekte mit Verbundpartnern des EFZN-Verbunds, beispielweise das von der LUH koordinierte NEDS-Projekt.

Daten zum Forschungsknoten

Bezeichnung: Leibniz Forschungszentrum Energie 2050 (LiFE 2050)

Sprecher:

Prof. Dr. Michael H. Breitner
Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Hofmann
(stellvertretender Sprecher)

Ansprechpartner/Koordination:

Dr.-Ing. Volker Schöber,
volker.schoeber@energie.uni-hannover.de



Energieforschungsknoten der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Organisation

Die Oldenburger Energieforschung zählt nach über 30jähriger erfolgreicher Geschichte mittlerweile einen Kern von rund 30 Professorinnen und Professoren sowie über etwa 300 Forscherinnen und Forscher. Seit dem Jahr 2008 dient der Zusammenschluss „ENERIO“ (Energy Research in Oldenburg, www.enerio.de) als wesentliche Plattform interdisziplinärer Zusammenarbeit in der Oldenburger Energieforschung, die gleichzeitig die Organisation des EFZN-Knotens darstellt.

Forschungsthemen

Die Oldenburger Energieforschung umfasst gleichermaßen universitäre wie außeruniversitäre (aus An-Instituten der Universität oder der Fraunhofer-Gesellschaft stammende) Akteure. Die inhaltliche Struktur sowie das Themenspektrum sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Alle neun genannten Felder in den drei Säule „Materialien“, „Systeme“ und „Organisation“ zeichnen sich durch eine relevante Forschungs- und Personalstärke aus, so dass eine überregionale Kooperationsfähigkeit auch in entsprechenden EFZN-Verbundprojekten flächendeckend sichergestellt ist.

Daten zum Forschungsknoten

Bezeichnung:

Energy Research in Oldenburg (ENERiO)

Sprecher:

Prof. Dr. Carsten Agert
Prof. Dr. Sebastian Lehnhoff

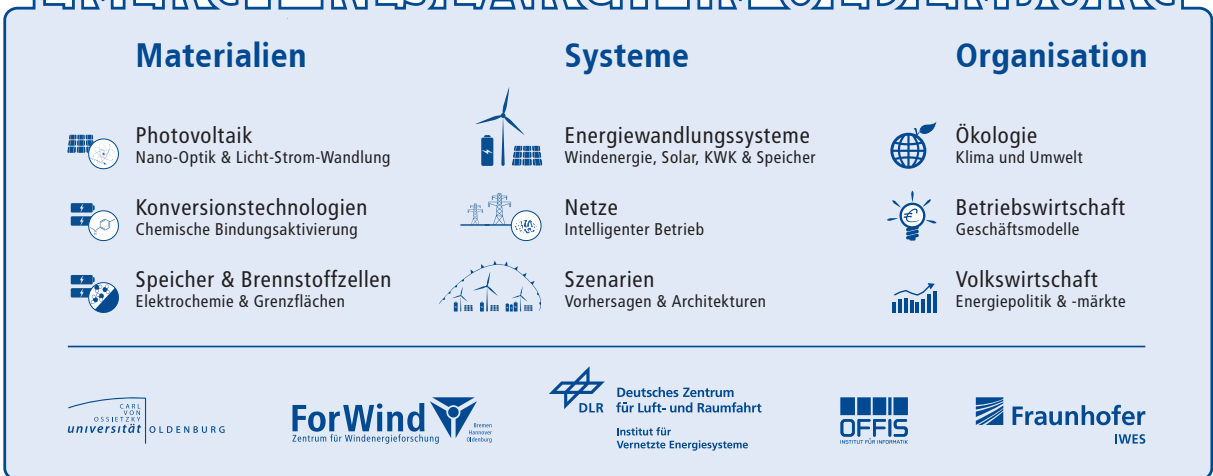
Ansprechpartner/Koordination:

Dr. Wedigo von Wedel,
Wedigo.Wedel@dlr.de
Dr. Jörg Bremer,
joerg.bremer@informatik.uni-oldenburg.de





ENERGY RESEARCH IN OLDENBURG



Struktur der Oldenburger Energieforschung. Die Oldenburger Energieforschung besteht aus drei inhaltlichen Säulen, die von der Universität und den außeruniversitären An-Instituten bzw. FhG-Projektgruppen gemeinsam adressiert werden.



Die Geschäftsstelle des EFZN hat ihren Sitz auf dem Energie-Campus der Technischen Universität Clausthal in Goslar.



EFZN-Gremien und -Geschäftsstelle

4

EFZN-Aufsichtsrat 2016/2017

Aufsichtsrat und Vorstand stimmen sich insbesondere zu Angelegenheiten von grundsätzlicher und strategischer Bedeutung für das EFZN ab, beispielsweise eine standortübergreifende Gesamtkoordination der Energieforschungsknoten oder die grundsätzliche Ausrichtung einer standortübergreifenden, niedersächsischen Forschungsstrategie.

Prof. Dr. Thomas Hanschke
*(Präsident der Technischen Universität Clausthal,
Vorsitzender des Aufsichtsrates)*

Prof. Dr. Peter Wriggers
*(Vizepräsident für Forschung Leibniz Universität
Hannover, stellvertretender Vorsitzender des
Aufsichtsrates)*

Prof. Dr. Ulf Diederichsen
*(Vizepräsident für Forschung
Georg-August-Universität Göttingen)*

Rüdiger Eichel
*(Niedersächsisches Ministerium für
Wissenschaft und Kultur)*

Prof. Dr. Dr. Hans Michael Piper
*(Präsident der Carl von Ossietzky
Universität Oldenburg)*

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Reimers
*(Vizepräsident für Strategische Entwicklung
und Technologietransfer Technische
Universität Braunschweig)*



Der amtierende EFZN-Aufsichtsrat (von links): Professor Ulrich Reimers, Professor Thomas Hanschke, Professor Ulf Diederichsen, Dr. Sebastian Huster (Vertreter für Rüdiger Eichel), Professor Martin Holthaus (Vertreter für Professor Hans Michael Piper). Es fehlt: Professor Peter Wriggers.

EFZN-Vorstand 2016/2017

Der Vorstand trägt die Verantwortung für die Wahrnehmung der in der Rahmenvereinbarung genannten Aufgaben des EFZN und entwickelt Konzepte für eine gemeinsame Forschungsstrategie der Mitglieder. Er ist für alle Angelegenheiten zuständig, soweit sie nicht durch die Rahmenvereinbarung oder einer darauf beruhenden Ordnung einem anderen Organ zugeordnet werden.

Prof. Dr. Carsten Agert
(*Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Vorstandssprecher seit Oktober 2017*)

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck
(*Technische Universität Clausthal, Vorstandssprecher bis Oktober 2017*)

Prof. Dr. Michael H. Breitner
(*Leibniz Universität Hannover, stellvertretender Vorstandssprecher, seit Juli 2016*)

Prof. Dr. Jutta Geldermann
(*Georg-August-Universität Göttingen, bis März 2017*)

Prof. Dr.-Ing. Axel Mertens
(*Leibniz Universität Hannover, bis Juli 2016*)

Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat
(*Technische Universität Braunschweig*)

Prof. Dr. Wolfgang Schade
(*Technische Universität Clausthal, seit Oktober 2017*)

Prof. Dr. Ludwig Theuvsen
(*Georg-August-Universität Göttingen, seit März 2017*)



Der amtierende EFZN-Vorstand (von links): Professor Wolfgang Schade, Professor Michael H. Breitner, Professor Carsten Agert, Professor Ludwig Theuvsen, Professor Michael Kurrat.

Die Geschäftsstelle des EFZN hat ihren Sitz auf dem Energie-Campus der Technischen Universität Clausthal in Goslar. Sie ist zentraler Ansprechpartner für interne und externe Anfragen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft und betreibt die gemeinsame Öffentlichkeitsarbeit des EFZN.

Im Einzelnen zählen dazu insbesondere folgende Tätigkeiten:

- Akquisition und Durchführung gemeinsamer Verbundprojekte auf nationaler und internationaler Ebene durch die Bündelung der Energieforschungskompetenzen der fünf Universitätsstandorte;
- Durchführung regelmäßig stattfindender, standortübergreifender Arbeitstreffen zur Koordination der Vernetzung der EFZN-Standorte untereinander und des wissenschaftlichen Austausches unter den EFZN-Forschungslinien beziehungsweise -Querschnittsforschungsbereichen;
- Ansprechpartner („Think Tank“) für die Niedersächsische Landesregierung im Bereich der Energieforschung (ad hoc-Anfragen der Ministerien, des Landtags, Expertenanhörungen etc. zu Energiefragen);
- Vorbereitung von Forschungsstrategien und Kooperationsstrukturen in der niedersächsischen Energieforschung (zum Beispiel durch Erstellung entsprechender landesweiter Übersichten und Akteurs-Landkarten/Datenbanken);
- Organisation von Aus- und Weiterbildungsangeboten für den wissenschaftlichen Nachwuchs zum Beispiel Summer- und Winterschools;
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken (zum Beispiel Forschungsnetzwerk Energie des BMWi, europäische Forschungsplattformen wie European Energy Research Alliance, EERA) und Lobbyarbeit für die niedersächsische Energieforschung;
- Organisation und Durchführung von jährlich stattfindenden Tagungsreihen zum wissenschaftlichen Austausch und der Vernetzung der für die Transformation des Energiesystems relevanten Akteure (zum Beispiel Niedersächsische Energietage, Göttinger Tagung zu aktuellen Entwicklungen des Energieversorgungssystems, Dialogplattform Power-to-Heat);
- Presse- und Öffentlichkeitsarbeit für die Niedersächsische Energieforschung, zum Beispiel: Internetauftritt, Pressemeldungen, Jahresberichte, Broschüren, Newsletter.

EFZN-Geschäftsstelle 2016/2017



Dr. Wolfgang Dietze
Geschäftsführung



Dr. Knut Kappenberg
Internationale Forschungs Kooperationen



Frank Mattioli
Nationale Forschungs Kooperationen



Anna Heinichen
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
(in Elternzeit)



Diana Schneider
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
(Elternzeitvertretung)



Jessica Heinicke
Verwaltung



Fee Strahler
Verwaltung





Ziele und Ausblick

5

Nach der Rahmenvereinbarung 2015 zur Neuausrichtung und Weiterentwicklung des EFZN in ein gemeinsames wissenschaftliches Zentrum der fünf Mitgliedsuniversitäten standen die Jahre 2016/2017 zunächst im Zeichen der Evaluation durch die Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen (WKN). In ihrem Bericht bescheinigen die Gutachter dem EFZN in seiner neuen Organisationsform eine vielversprechende Zukunft, wenn der mit der Neuausrichtung einhergehende Impuls als Chance für eine strategische Weiterentwicklung aufgegriffen wird. Erste Weichen wurden hier in den letzten beiden Jahren u.a. mit einer Neuausrichtung der strategischen Themensetzung und einer Analyse der damit korrespondierenden Akteure der Energieforschung in Niedersachsen gestellt. Darauf basierten die Aufstellung der neuen EFZN-Forschungslinien und ein im Hinblick auf die strategiebildende Verbundforschung unterstützender Workshop unter Teilnahme einer Vielzahl von EFZN-Forschern Ende August 2016 in Hildesheim.

An diesem Prozess der Intensivierung der standortübergreifenden, niedersächsischen Zusammenarbeit und der weiteren **Ausgestaltung des EFZN-Aktivitätsportfolios** werden wir auch in den kommenden Jahren zielgerichtet arbeiten. Dazu haben sich EFZN-Aufsichtsrat, -Vorstand und -Geschäftsstelle konkrete kurz-, mittel- und langfristige Ziele gesetzt.

Kurzfristig wird u.a. durch eine völlig neustrukturierte Homepage die Außendarstellung verbessert. Die Homepage soll zukünftig im Wesentlichen zwei Funktionen erfüllen: zum einen soll sie im Sinne der neu definierten Aufgabenstellungen des EFZN in Rahmenvereinbarung und Evaluationsgutachten der WKN als **gesamt-niedersächsische Bündelungs- und Kooperationsplattform** über die fünf Gründungsuniversitäten hinaus die Stärken der niedersächsischen Energieforschung als Ganzes national und international noch sichtbarer machen. Zum anderen soll Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die komfortable Möglichkeit gegeben werden, sich noch zielgerichteter vernetzen zu können, um gemeinsame, disziplinübergreifende Energieforschungsverbün-

de zu beantragen, die an den einzelnen EFZN-Standorten nicht möglich sind. Diesbezüglich soll eine Diskussion mit der Landesregierung über **strategische Leitprojekte** in der niedersächsischen Energieforschung angeschoben werden.

Neben dem zentralen Personal der EFZN-Geschäftsstelle in Goslar bekommen die EFZN-Forscherinnen und -Forscher als weitere kurzfristige Maßnahme zukünftig zusätzliche Unterstützung durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zum Aufbau der Forschungslinien an den EFZN-Standorten, die aus dem EFZN-Landesbudget kofinanziert werden.

Mittel- und langfristig soll die Sichtbarkeit und Reputation standortübergreifender Kooperationen und Verbundforschungsanträge bei nationalen und internationalen Fördermittelgebern deutlich erhöht werden, um auf dieser Grundlage in strategischen Bereichen auch die Herstellung von standortübergreifender DFG-Fähigkeit systematisch anzustreben.

Auch in den kommenden Jahren wird das EFZN über seine **Veranstaltungsreihen** einen Beitrag zur Vernetzung der niedersächsischen Energieforscherinnen und -forscher untereinander und mit Akteuren aus Wirtschaft, Gesellschaft und Politik leisten. Die 2017 bereits im zehnten Jahr veranstalteten Niedersächsischen Energietage (NET) sollen in dieser Hinsicht auch in Zukunft eine Plattform bieten, mittels derer alle an der Transformation des Energiesystems beteiligten Akteure in fachübergreifenden Diskussionen Thesen, Lösungsansätze und Handlungsempfehlungen erarbeiten können. Genauso eine fest etablierte Größe ist die in Kooperation mit der Bundesnetzagentur seit 2009 veranstaltete „Göttinger Energietagung“, die auch künftig den Austausch zu aktuellen Fragen zur Entwicklung des Energieversorgungssystems zwischen Unternehmen, Verbänden, Beratern, Behörden und Wissenschaft fördern soll. Auch die mit der Sektorenkopplung eines der EFZN-Schwerpunktthemen aufgreifende „Dialogplattform Power-to-Heat“ wird 2018 in Kooperation mit der Energietechnischen Gesellschaft (ETG) im Verband der Elektrotechnik, Elek-

Impressum

Herausgeber: Vorstand des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen
Am Stollen 19 A
38640 Goslar
Telefon: (0 53 21) 38 16-80 00
Telefax: (0 53 21) 38 16-80 09
E-Mail: geschaeftsstelle@efzn.de
Internet: www.efzn.de

Bilder: Christian Ballé: S. 23
Friederike Bolte: S. 28
Uwe Epping, GZ: S. 19
Christian Ernst: S. 12, 27, 29
Christian Kreuzmann: S. 10, 25, 27, 30, 54, 58, 66
Olaf Möldner: S. 7
Regine Rabanus/CDU-Landtagsfraktion: S. 5
stock.adobe.com: Titelbild, S. 72 (©Patrick Daxenbichler)
TU Braunschweig / Presse und Kommunikation: S. 26, 56, 57
Georg-August-Universität Göttingen: S. 61
Leibniz Universität Hannover, Referat für
Kommunikation und Marketing: S. 62
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg: S. 26, 64, 65

Hier nicht erwähnte Fotos und Grafiken entstammen dem
Privatarchiv der jeweils abgebildeten und neben dem Bild
namentlich genannten Personen oder dem Archiv des EFZN.

Druck: März 2018

Redaktionsteam



Melanie Bruchmann
Mediengestalterin für
Printmedien, TU Clausthal



Dr. Wolfgang Dietze
EFZN-Geschäftsführer



Jessica Heinicke
EFZN-Verwaltungsangestellte



Diana Schneider
EFZN-Referentin
für Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit