

Wissen und Innovationen
aus niedersächsischen Hochschulen

2 | 2023

wissenhochn.de

Technologie-Informationen



Energiesysteme im Wandel

Energiewende

„Wir müssen die
Gesellschaft mitnehmen“
→ Seite 4

Wasserstoff

Produktion von
grünem H₂ optimieren
→ Seite 12

Windenergie

Forschung im
Turbulenten Windkanal
→ Seite 26



Mehr Ideen
aus Hochschulen in
Niedersachsen:
wissenhochn.de



Niedersachsen

Inhalt

Technologie-Informationen 2 | 2023
Energiesysteme im Wandel

- 3 Aktuelles
- 4 Interview: „Wir müssen die Gesellschaft bei der Transformation des Energiesystems mitnehmen“
- 6 Energieversorgung regional und strategisch planen
- 8 Ostfriesland – mit Windkraft zu mehr Wasserstoff
- 10 Grüner Wasserstoff als Innovationsmotor in Südniedersachsen
- 11 Grüner Wasserstoff für eine klimafreundlichere Luftfahrt
- 12 Produktion von grünem Wasserstoff optimieren
- 14 Grüner Wasserstoff für thermische Kraftwerke
- 15 Gasturbinenkraftwerke – Strom aus grünem Wasserstoff
- 16 Nachhaltige Konzepte für Wasserstoffmotoren
- 17 Neuartiges Gebläse mit integriertem Wasserabscheider
- 18 Erdwärme umweltgerecht und wirtschaftlich nutzen
- 19 Erkundungsbohrung für die Wärmewende
- 20 Auf der Suche nach der idealen Batterie
- 21 Sicherer Betrieb von Lithium-Ionen-Batterien
- 22 LaneCharge – ein berührungsloses Ladesystem für E-Autos
- 24 Kohlenstoffdioxid in chemischer Kreislaufwirtschaft nutzen
- 25 Mit künstlicher Intelligenz zu mehr Windenergie
- 26 Windenergie – Forschung im Turbulenten Windkanal
- 27 PLATOON – digitale Plattformen für Energie
- 28 Datenaustausch im Zuge der Energiewende vereinfachen
- 29 Neues Forschungslabor fürs nachhaltige Fliegen
- 30 Entwässerung – klimafreundlich und energieeffizient

Die Technologietransferstellen der niedersächsischen Hochschulen erleichtern insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen sowie öffentlichen Einrichtungen den Zugang zu Forschung und Entwicklung. Bei Fragen oder Kontaktwünschen wenden Sie sich bitte an die Transferstelle in Ihrer Region. Ihre Ansprechpersonen finden Sie auf der vorletzten Seite der Technologie-Informationen.



Liebe Leserinnen und Leser,

der Erfolg der Energietransformation entscheidet darüber, wie sich unsere Gesellschaft entwickelt und wie Gerechtigkeit, Wohlstand und die natürlichen Ressourcen gesichert werden können. Niedersachsen bietet in besonderem Maße einander ergänzende meteorologische, geologische und wirtschaftsgeografische Erfolgsfaktoren für die Energiewende.

Niedersachsen ...

→ stellt im nationalen Vergleich den prozentual höchsten Anteil erneuerbarer Energieerzeugung und besitzt gleichzeitig das größte Ausbaupotenzial.

→ verfügt über Europas größte Speicherkapazitäten in Salzstöcken und Salzkavernen, die bereits heute die nationale Versorgung als strategische Langzeitspeicher für Erdöl und Erdgas sicherstellen.

→ ist für den Import und die Verteilung von grüner Energie, mit Anlandepunkten für Gas und Strom, ausgebauten Hafeninfrastrukturen und angeschlossener Netzinfrastruktur optimal für die Rolle als europäische Drehscheibe aufgestellt.

Nicht zuletzt repräsentiert der Aufbau des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen (EFZN) eine stark ausgeprägte und gut vernetzte Wissenschaftslandschaft mit Energieforschungskompetenzen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie Rechts-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften. Das EFZN ermöglicht damit einen spezifischen Zugang zu einer Energieforschung, die über eine rein technische Perspektive hinaus einen disziplinübergreifenden, ganzheitlichen Ansatz für die Transformation verfolgt. Das Ziel ist ein nachhaltiges, gesamtgesellschaftlich getragenes Energiesystem.

Die aktuelle Ausgabe des ti-Magazins zur Energiewende zeigt die Vielzahl der in Niedersachsen bereits vorangetriebenen Konzepte und Anwendungen auf.



Prof. Dr. Sebastian Lehnhoff
Vorstand des Energie-Forschungszentrums
Niedersachsen (EFZN)

Wasserstoff – Optimismus für die Energiewende

H₂-Kompetenzpapier gibt Überblick

Grüner Wasserstoff gilt als Kernbaustein der Energiewende und wird zukünftig in Industrie, Verkehr sowie bei Energietransport und -speicherung eine zentrale Rolle spielen. Umso wichtiger ist es, dass Innovationen rund um Wasserstoff effektiv und nachhaltig ihren Weg aus der Wissenschaft in die Praxis finden. Unter dem Dach des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen (EFZN) erarbeiten 20 Forschungsteams im EFZN-Forschungsverbund Wasserstoff Niedersachsen praxisrelevante Lösungen rund um den Einsatz von Wasserstoff.

Standort- und disziplinübergreifend entwickeln fünf spezialisierte Innovationslabore, die vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur mit insgesamt 10,5 Millionen Euro gefördert werden, neue Wasserstofftechnologien. Dadurch werden die Grundlagen für einen schnellen Transfer der Forschungsergebnisse in Wirtschaft und Gesellschaft gelegt. Einen detaillierten Überblick über die Ziele und Inhalte der Innovationslabore und weitere Forschungsprojekte des Forschungsverbundes gibt das H₂-Kompetenzpapier des EFZN. Es kann kostenfrei heruntergeladen werden unter www.efzn.de/h2.

Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN)

→ Dr. Diana Schneider
→ www.efzn.de

Digitales Planen, Bauen und Vermessen

Oldenburger 3D-Tage und BIM-Tage

Die Oldenburger 3D-Tage und BIM-Tage finden am 31. Januar und 1. Februar 2024 erstmalig parallel am Campus Oldenburg der Jade Hochschule statt. Fachübergreifend, praxisnah und lösungsorientiert tauschen sich Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Herstellung mit Anwenderinnen und Anwendern über aktuelle Entwicklungen, Forschungsergebnisse sowie das breite Anwendungsspektrum der optischen drei-dimensionalen Messtechnik und digitalen Bauplanung aus. Unter anderem geht es um Building Information Modeling (BIM), 3D-Laser-scannings und der Photogrammetrie. Weitere Informationen und Anmeldung finden Sie auf:

➔ www.bimtag.de

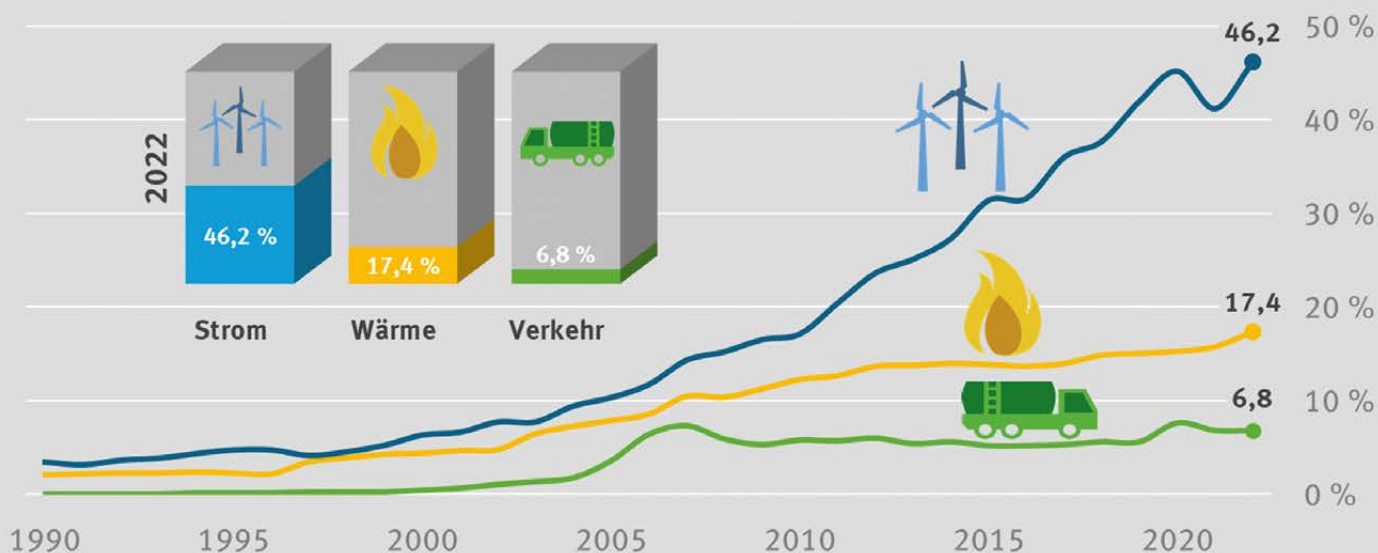


Jetzt herunterladen:
DAS H₂-KOMPETENZPAPIER
zur Beschleunigung der Markteinführung vielversprechender Ergebnisse aus den Laboren der Wasserstoffforschung („faster lab to fab“)



www.efzn.de/h2

Erneuerbare Energien: Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr bis 2022



Quelle: Umweltbundesamt auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)
Datenstand: 02/2023

„Wir müssen die Gesellschaft bei der Transformation des Energiesystems mitnehmen“

2016 haben wir beim Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN) nach den Herausforderungen der künftigen Energieversorgung gefragt. Seitdem ist viel passiert – sowohl in der technischen Entwicklung als auch angesichts der globalen Krisen. Dr. Knut Kappenberg leitet seit 2020 den Forschungsservice des EFZN. Der Naturwissenschaftler war in Europa sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie als Forschungs- und Projektmanager tätig. Die Energiewende betrachtet er als gesamtgesellschaftliche Transformation. Die größten Konfliktpotenziale dabei sieht er aktuell in der sozialen Nachhaltigkeit.



Dr. Knut Kappenberg,
Leiter des Forschungs-
service des EFZN
seit 2020

Herr Dr. Kappenberg, die aktuellen Krisen und Herausforderungen, wie Krieg in Europa, Gasversorgung, Wärmewende und Klimawandel, verunsichern viele Menschen. Wie empfinden Sie die Situation – als Privatmensch und als Forschungsmanager?

Knut Kappenberg: Ich glaube, ich kann bei dieser Frage schwierig trennen zwischen Energieforschungsmanager und Privatmensch, denn die Transformation des Energiesystems ist eine ganz besonders große gesellschaftliche Herausforderung. Für mich ist die Energiewende eine Art „Jahrhundert-Projekt“, sie ist so unglaublich komplex und bringt sehr viele Veränderungen für unsere etablierte Lebens- und Wirtschaftsweise mit sich. Manche Veränderungen sind durchaus umstritten und führen zunehmend zu sozialen Konflikten. Es geht oftmals um technische Herausforderungen, aber es sind auch die grundlegenden Beziehungen zwischen den Energietechnologien und der Gesellschaft, die sich verändert haben.

Ein Beispiel: Das soziale Nachhaltigkeits-Barometer hat kürzlich eine negative Bilanz bei der Umsetzung der Energie- und Verkehrswende aufgezeigt. Einige Aussagen waren: Die Energiewende ist zu teuer, zu bürgerfern, wenig verständlich, ungeplant und ungerecht. Ähnlich ist das aktuelle Ergebnis aus einer repräsentativen Studie des Umweltbundesamtes: Über 90 Prozent der Befragten befürworten die Klima- und

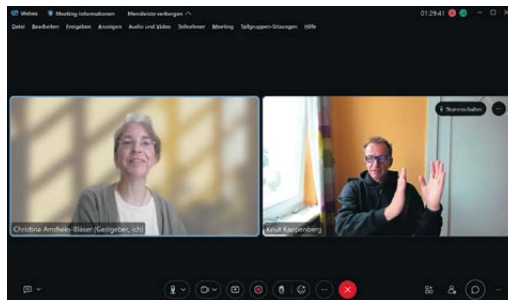
Umweltpolitik, ein großer Teil fürchtet zugleich, dass sie bei der Umsetzung der klimapolitischen Ziele sozial und wirtschaftlich absteigen. Meine Befürchtung ist, dass es wirklich zu starken sozialen Spannungen, zu gesellschaftlichen Fliehkräften kommen kann, wenn sich dieser Trend in den kommenden Jahren fortsetzt. Und da kommen wir im EFZN wieder ins Spiel.

Inwieweit beeinflussen denn diese Faktoren die Arbeit des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen?

Die starke Dynamik bei der Transformation des Energiesystems beeinflusst die Ausrichtung unserer Arbeit ganz stark. Wir bündeln natürlich weiterhin die Expertise in der technischen Energieforschung in Niedersachsen, haben unsere Programmatik aber um die gesellschaftlichen Auswirkungen erweitert. Die Forschungsziele berühren mittlerweile die Ebenen der Energie- und Klimapolitik, aber auch die Wirtschafts- und Sozialpolitik, die Umsetzung muss regional, national und global erfolgen. Es geht darum, dass wir zu einem nachhaltigen, gesamtgesellschaftlich getragenen Energiesystem kommen. Unserem Leitbild entsprechend versuchen wir, eine klimaneutrale und klimagerechte Gesellschaft mitzugestalten.

Können Sie meinen Eindruck bestätigen, dass die interdisziplinäre Zusammenarbeit und die hochschulübergreifende Forschung zunimmt?

Ja, absolut. Aus meiner Sicht ist es unabdingbar, dass die Akteure mit dem jeweiligen Inseldenken aufhören. Die Energietransformation betrifft so viele verschiedene Ebenen, und wenn die unterschiedlichsten Disziplinen nicht zusammenarbeiten, dann schaffen wir das nicht. Das ist natürlich eine sehr große Herausforderung. Wir haben in mehreren Workshops Teilnehmende aus den Gesellschafts- und Ingenieurwissenschaften zusammengebracht. Wenn diese miteinander reden, können sie sich nicht gleich verständigen, weil sie unter



Das Interview mit Dr. Knut Kappenberg führte Christina Amrhein-Bläser online Anfang August 2023.

bestimmten Begrifflichkeiten etwas komplett Anderes verstehen. Ich stelle mir vor, dass die Verständigungsprobleme auf der politischen Ebene, in unterschiedlichen Ressorts, oder in verschiedenen Industrien ganz genauso sind. Deswegen sind die Interdisziplinarität und die Kommunikation ganz, ganz wichtig.

Welche Maßnahmen müssen Ihrer Meinung nach ergriffen werden, um die Ergebnisse der Zusammenarbeit in die Praxis zu übertragen?

Die wichtigste Maßnahme ist meines Erachtens der Abbau von Bürokratie, also die Beschleunigung und Vereinfachung von Genehmigungsprozessen. Es geht darum, dass wir möglichst schnell möglichst viel erneuerbare Energien ins System bekommen, und das dauert zurzeit einfach zu lange. Der zweite wichtige Punkt ist, die Gesellschaft bei der Transformation des Energiesystems mitzunehmen. Das hört sich ganz einfach an, aber es ist eine Herausforderung, Kommunikation und Partizipation zu gestalten.

Einen weiteren Schwerpunkt sehen Sie darin, die erneuerbaren Energien voranzubringen. Vor sieben Jahren hatte der frühere Vorstandssprecher des EFZN, Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, eingeschätzt, 2016 dabei bereits ein Drittel des Weges erreicht zu haben. Wie weit sind wir Ihrer Einschätzung nach heute gekommen?

Wir sind in jedem Fall sehr viel weitergekommen. 2016 befanden wir uns am Ausgang der ersten Phase der Energiewende, in der Stromwende. Da ging es hauptsächlich darum, klimaneutralen Strom zu erzeugen. Mittlerweile sind wir in der zweiten Phase, in der es um das Energiesystem als Ganzes geht – mit all den politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen. Traditionell wurden früher die Sektoren Elektrizität, Wärme, Verkehr und Industrie völlig unabhängig voneinander betrachtet. Doch wir müssen raus aus dem Inseld Denken, miteinander sprechen und die einzelnen Sektoren koppeln, um ein optimiertes Gesamtsystem zu erhalten.

Es gibt noch so viel zu tun: Wir brauchen einen stark beschleunigten Ausbau von Wind- und Solarenergie. Die Wärmesanie rung der Gebäude muss deutlich gesteigert werden, da lassen sich so viele CO₂-Emissionen vermeiden. Die Industrie braucht einen klaren Rahmen für klimaneutrale Produktionstechniken. Es geht um riesige Investitionen in neue Anlagentechnik, zum Beispiel Stahlherstellung auf wasserstoffbasierten Verfahren oder elektrifizierte Prozesswärme. Bei der Verkehrswende haben wir gesehen, dass CO₂-armer Verkehr möglich ist, aber wir benötigen auch hier schnelles, klares Handeln, die Umstellung auf emissionsfreie Fahrzeuge und den Ausbau der Infrastruktur. Wir brauchen alle diese Optionen, es gibt kein alleiniges Allheilmittel.

Was kann die Forschung dazu beitragen, um diesen Prozess zu beschleunigen?

Ich glaube, die Planungs- und Genehmigungsverfahren sind zurzeit die größten Hemmnisse der zeitlichen Umsetzung. In Niedersachsen gibt es hier wichtige Schritte durch die sogenannte Taskforce Energiewende, die sich aus den unterschiedlichsten Akteuren zusammensetzt und den Ausbau von erneuerbaren Energien sowie Übertragungsnetzen in Niedersachsen beschleunigen will. Die Forschung ihrerseits sollte noch stärker interdisziplinär arbeiten. Wir am EFZN bieten Vernetzungs-Plattformen an, die Stakeholder aus Forschung und Wirtschaft zusammenbringen. Mit unserem Forschungsservice etablieren wir Kompetenz- und Themennetzwerke in Niedersachsen. Daraus sind Forschungsverbünde und konkrete Projekte entstanden, die in die Umsetzung gehen. Der EFZN-Forschungsverbund Wasserstoff Niedersachsen gilt für mich als Vorbild, um das Tal der Grundlagen- und Laborforschung schnell zu überwinden und in den Transfer zu kommen (siehe Seite 3). Nach dieser Blaupause bauen wir gerade weitere Plattformen auf, zum Beispiel zu Geoenergie und soziotechnischen Energiesystemen.

Wann halten Sie die Energiewende für geglückt?

Mhm, das ist eine super schwierige Frage. ... Ich glaube in dem Moment, in dem die Energiewende aus Deutschland ein Exportprodukt würde. Soll heißen: Wenn Deutschland sich als Wirtschafts- und Innovations-Standort gut darstellt und eine Energiewende inklusive hoher gesellschaftlicher Akzeptanz schafft. Im besten Falle könnte das andere Länder überzeugen, es genauso zu machen.

Interview: Christina Amrhein-Bläser

Energie-Forschungszentrum Niedersachsen

Das EFZN bündelt die in Niedersachsen verteilten Kompetenzen in der Energieforschung, inspiriert und koordiniert Forschung und Wissenstransfer. Den Schwerpunkt bilden disziplin- und institutionenübergreifende Forschungsprojekte, die komplexe Fragen der Transformation des Energiesystems bearbeiten.

Das EFZN verfolgt seine Forschungsziele nicht allein unter technologischer und naturwissenschaftlicher Perspektive, sondern betrachtet ebenso die ökonomischen, sozialen, rechtlichen und ethischen Kontexte. Dadurch entstehen ganzheitliche Lösungen für ein nachhaltiges Energiesystem der Zukunft.

➔ www.efzn.de



Forschung

Energieversorgung regional und strategisch planen

Die Energieplanung einer Region muss das Energiesystem gesamt betrachten. Ein neues Modell hilft dabei, geeignete Standorte für erneuerbare Energien zu finden, Wechselwirkungen zu erkennen und Strategien zu erstellen.

Eine zukünftige klimaneutrale Energieversorgung benötigt Standorte und Flächen in der Region für erneuerbare Energien. Zur konkreten Planung, zum Beispiel von Photovoltaik, Wasserstoff-Elektrolyseuren, Biogasanlagen und Speichern, müssen lokale und überregionale Bedarfe und Potenziale ermittelt und Szenarien erstellt werden, die das Gesamtsystem aus Mobilität, Strom- und Wärmeversorgung abbilden. Damit die beteiligten Akteure Entscheidungen leichter treffen können, entwickeln die Jade Hochschule und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt ein Modell zur strategischen Energieplanung einer Region.

Praktisch alle Regionen in Deutschland sind heute Erzeuger von regenerativem Strom. Die klimaneutrale Deckung des Energiebedarfs in Industrie, Mobilität und Haushalten wird in Zukunft erleichtert durch die Sektorenkopplung. Dabei wird nicht nur die Strom- und Gasversorgung, sondern auch die Wärme- und Treibstoffversorgung mitberücksichtigt. Zur Umsetzung der Energiewende benötigen Regionen geeignete Standorte, beispielsweise für Photovoltaik, Energiespeicher, Wasserstoff-Elektrolyseure, Biogasanlagen oder geothermische Bohrungen. Mit Blick auf eine hohe lokale Nutzung regenerativer Energien müssen Kommunen das Gesamtenergiesystem berücksichtigen und die Sektoren gekoppelt betrachten, um die Energieflüsse zu optimieren.

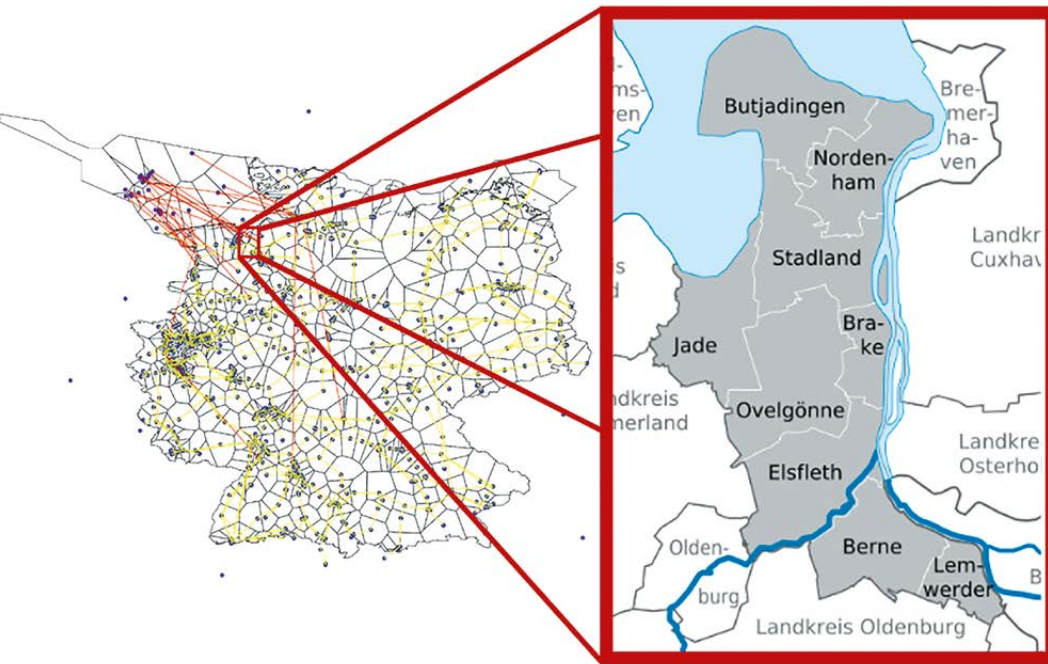
Potenziale ermitteln, Auswirkungen veranschaulichen

Um Akteure der Energieversorgung bei der strategischen Planung und Entscheidungsfindung zu unterstützen, entwickelt ein Forschungsteam der Jade Hochschule und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt regional angepasste Energiesystemmodelle. Gefördert vom niedersächsischen

Wissenschaftsministerium, stellt es die lokalen und überregionalen Auswirkungen unterschiedlicher Energieszenarien dar. Mit dem Modell wollen die Projektpartner Potenziale der regionalen klimaneutralen Energieerzeugung ermitteln und mit den vorhandenen Bedarfen abgleichen, beispielsweise den Wärmebedarf von Gebäuden oder den resultierenden Bedarf an Energiespeichern. Hierzu kombinieren sie die Szenarien für das deutsche Energiesystem aus dem angepassten REMix-Modell mit Geodaten zu Gebäuden, Leitungstrassen und Flächen.

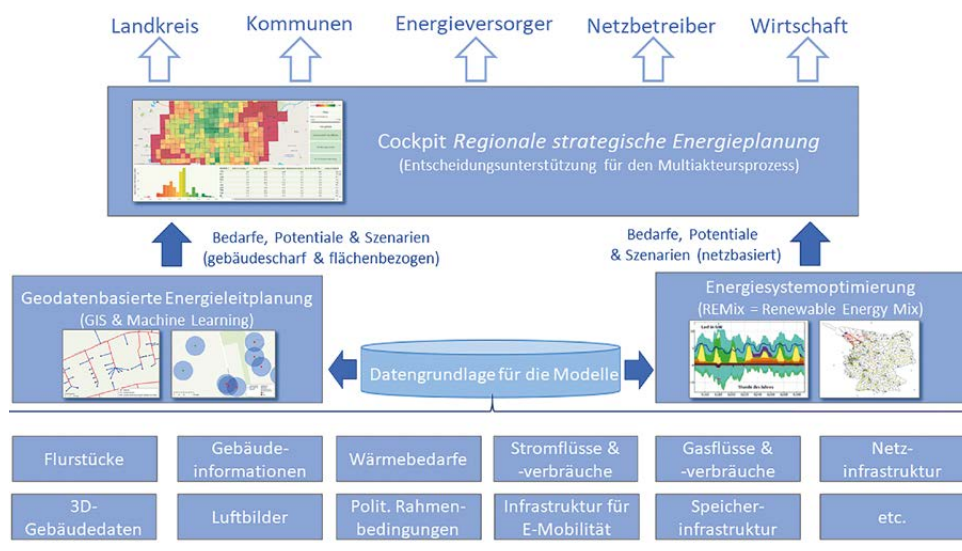
Geeignete Standorte für regenerative Energien finden

Das neu entwickelte Modell betrachtet das regionale Energiesystem und ist daher um die Ebene der Mittelspannungsnetze erweitert. Zum Beispiel ermöglicht es Aussagen über technisch und ökonomisch geeignete regionale Standorte für Wasserstoff-Elektrolyseure oder Speicher, welche dann mit Hilfe der geodatenbasierten Energieleitplanung an die Bedarfssituation angepasst werden. Darüber hinaus ermitteln die Forscherinnen und Forscher Potenziale zur Deckung des Wärmebedarfs der Region, etwa aus Abwärme, oder den



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Municipalities_in_BRA.svg

Das Forschungsteam hat das Energiesystemmodell für den Landkreis Wesermarsch eingesetzt. Hier gibt es hohe Potenziale zur regenerativen Stromerzeugung.



Das Cockpit fasst die lokalen und überregionalen Daten zur Energieplanung übersichtlich zusammen. In die Modelle fließen Daten zur Energieversorgung und Geodaten von zum Beispiel Netzen und Gebäuden.

Treibstoffbedarf in Industrie und Transportsektor aus lokal erzeugtem Wasserstoff. Sie bereiten ihre Ergebnisse in Form eines interaktiven Cockpits leicht nachvollziehbar zur strategischen Energieplanung auf. Dadurch erhalten Akteure die Möglichkeit, die Szenarien selbstständig anzupassen, um neue Erkenntnisse für die betrachtete Region zu generieren.

Entwickelte Lösung unterstützt Entscheidungen

Das Forschungsteam entwickelt dieses Modell beispielhaft für den Landkreis Wesermarsch. Aufgrund seiner hohen Potenziale zur regenerativen Stromerzeugung und der lokalen beziehungsweise in der Nähe befindlichen Energieinfrastrukturen (Offshore-Windparks, Druckluftspeicherkraftwerk) ist er ein geeignetes Anwendungsfeld. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler möchten die Forschungsergebnisse so möglichst anwendungsnah entwickeln und bereitstellen. Ihnen ist es wichtig, die Akteure vor Ort einzubinden und deren Daten und Bedürfnisse bei der Entwicklung von Szenarien zu berücksichtigen. So können Maßnahmen zur Klimaneutralität regional geplant und lokal umgesetzt werden und zum Gelingen der Energiewende beitragen.

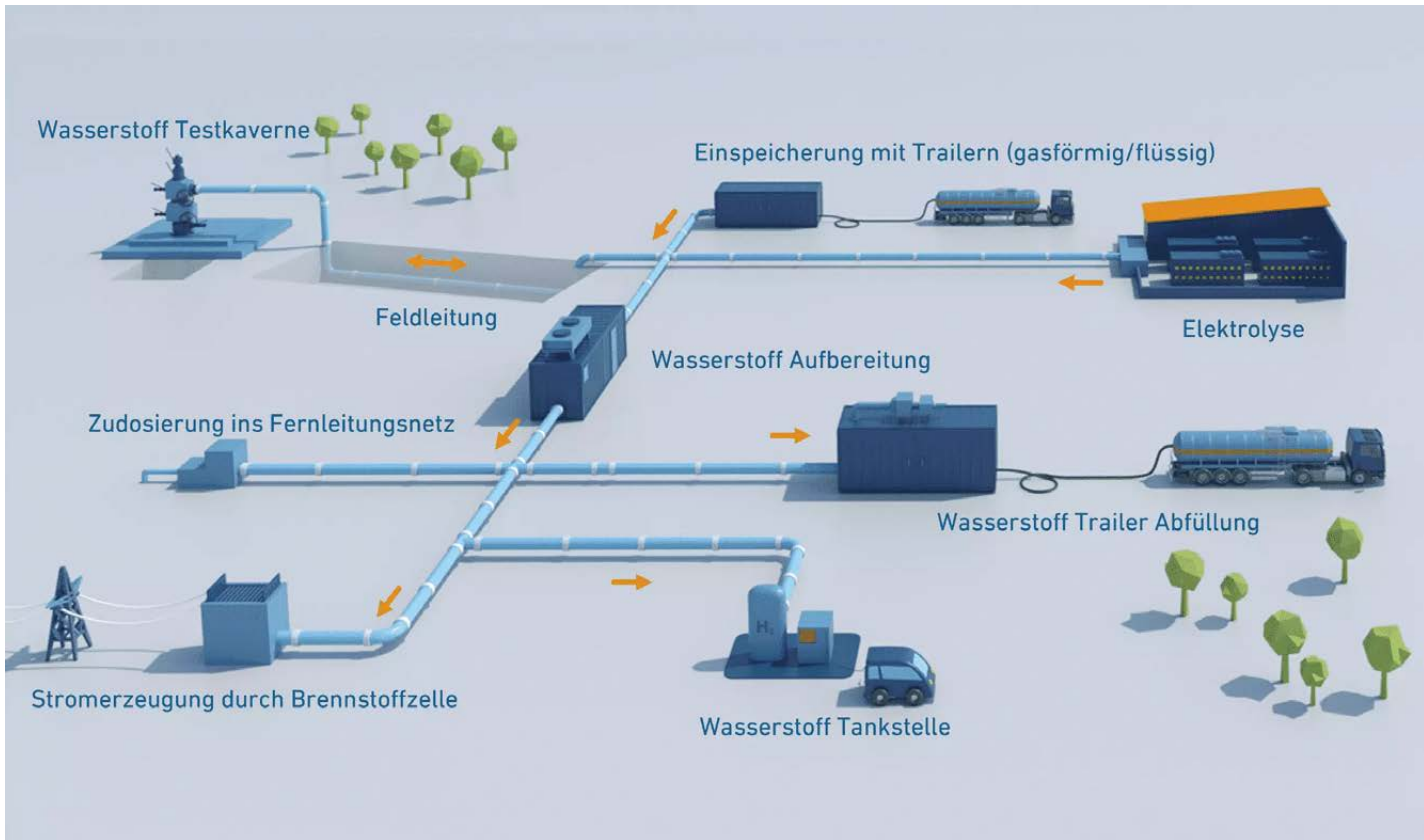
Wenn Sie als Kommune oder Unternehmen Interesse an einer Zusammenarbeit haben, nehmen Sie gerne Kontakt auf.

**Jade Hochschule
Institut für Angewandte Photogrammetrie
und Geoinformatik**

- Prof. Dr. Sascha Koch
- Moritz Elbeshausen M. Sc.
- moritz.elbeshausen@jade-hs.de
- <https://iapg.jade-hs.de/personen/elbeshausen>

**Deutsches Zentrum für
Luft- und Raumfahrt (DLR)**

- Prof. Dr. Robert Steinberger-Wilckens
- Jan Buschmann, M. Sc.
- Dr. Karl-Kiên Cao
- karl-kien.cao@dlr.de
- https://www.dlr.de/ve/desktopdefault.aspx/tabid-15973/25912_read-28724/start-c/sortby-lastname/



In Etzel und der Krummhörn sind Speicherkapazitäten für Wasserstoff geplant. Für die Produktion sollen vor allem erneuerbare Energien verwendet werden. Die Grafik zeigt die benötigte Infrastruktur.

Forschung

Ostfriesland – mit Windkraft zu mehr Wasserstoff

Ostfriesland gewinnt viel erneuerbare Energie aus Windkraft, doch die fließt nicht automatisch in die Sektoren Stromversorgung, Wärme und Mobilität. Wie kann das gelingen? Grüner Wasserstoff als Energiespeicher und Brennstoff hat diesbezüglich großes Potenzial. Die Hochschule Emden/Leer unterstützt den Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft und hat dazu die Infrastrukturen der Vorreiter-Region Groningen und Ostfrieslands vergleichend analysiert.

Aufgrund aktueller geopolitischer Ereignisse und des Klimawandels wird dem Potenzial von Wasserstoff wachsende Bedeutung beigemessen: Er kann einen großen Beitrag dazu leisten, Wirtschaft und Gesellschaft aus regenerativen Energien zu versorgen, unabhängig von russischem Erdgas sowie fossilen Energiequellen im Allgemeinen zu werden und die Sektoren Energie, Wärme und Mobilität zu koppeln. Durch die gestiegenen Gaspreise ist die Produktion grünen Wasserstoffs aus erneuerbaren Energien bereits heute günstiger als grauer Wasserstoff aus fossilen Quellen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Hochschule Emden/Leer haben eine Nutzwertanalyse der Wasserstoffinfrastruktur für Ostfriesland erstellt und dazu die niederländische Nachbarprovinz Groningen zum Vergleich herangezogen.

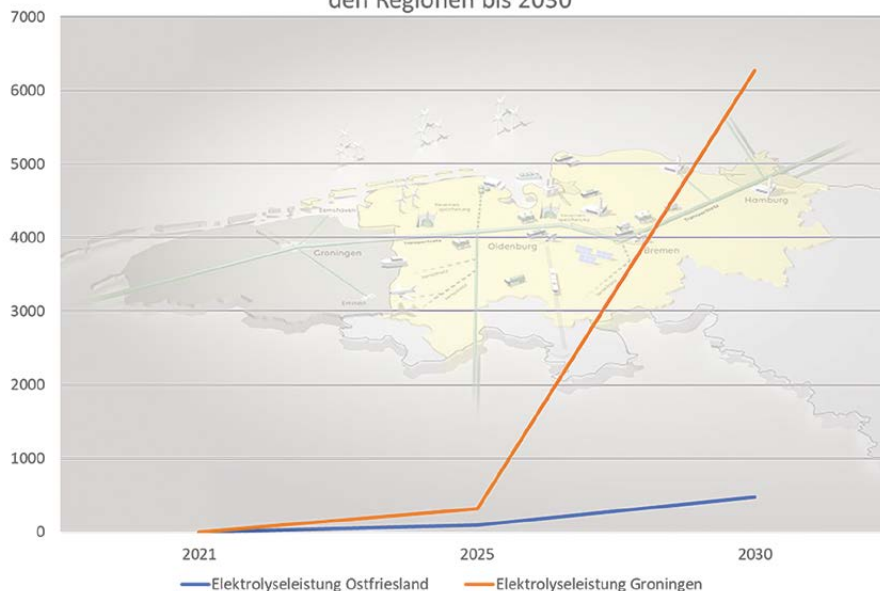
Vorsprung bei Windkraft aus Ostfriesland

Die Analyse vergleicht Kriterien wie Stromproduktion, Elektrolyseleistung, Pipelines und Speicherkapazitäten für die Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energien. Die verwendeten Daten stammen aus dem „Wasserstoffinvestitionsplan Nordniederlande 2030“ sowie aus Einzelrecherchen für Ostfriesland. „Groningen schneidet in vielen Bereichen besser ab, was vor allem mit den konkreten, veröffentlichten und zu Regionalmarketingzwecken genutzten Planungen begründet ist“, berichtet Flemming Stötzer aus dem Forschungsteam. Ostfriesland punktet vor allem in der Offshore-Windkraft. Hier landet nahezu das Achtfache der von Groningen installierten Windkraftleistung an. „Auch

Kategorie	Kriterium	Ostfriesland	Groningen
Stromproduktion 	Verbaute Leistung Windkraft Onshore [MW]	2020	1185
	Verbaute Leistung Windkraft Offshore [MW]	4703	600
	Geplante Leistung Windkraft Offshore [MW]	1142	3700-4700
Elektrolyseleistung 	Verbaute Elektrolyseleistung [MW]	0,18 - 0,3	2,015 - 3,015
	Geplante Elektrolyseleistung bis 2025 [MW]	90	312
	Geplante gesamte Elektrolyseleistung bis 2030 [MW]	470	6262
Wasserstoffdistribution Pipelines 	Vorhandene Pipeline-Kilometer	0	4
	Geplanter Zugang zu Pipeline-Kilometern bis 2025	12	169
	Geplanter Zugang zu Pipeline-Kilometern bis 2030	1200	1150
	Mögliche Beimischung von Wasserstoff ins Erdgasnetz	max. <10 %	max. 0,02 - 0,5 %
Wasserstoffspeicherung 	Vorhandene Speicher [MWh]	0	0
	Geplante Speicher bis 2030 [MWh]	768-771	>31,25

Der Datenvergleich der Regionen zeigt, dass Ostfriesland bei der Windkraft vorne liegt und Groningen bei den Planungen zur Wasserstoffinfrastruktur weiter vorangeschritten ist.

Voraussichtliche Entwicklung der Elektrolyseleistung in MWh in den Regionen bis 2030



Die Provinz Groningen plant einen starken Ausbau der Wasserstoff-Elektrolyseleistung bis 2030. Obwohl Ostfriesland infrastruktureitig starke Voraussetzungen bietet, haben weitergehende Planungen mit der Wasserstoffinitiative H₂-Ostfriesland gerade erst begonnen. Daran arbeiten die Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Kommunen gemeinsam.

in Deutschland hat Ostfriesland damit eine einmalige Stellung“, betont der Betriebswirt, „denn nirgends wird so viel Strom aus erneuerbaren Energien in das Stromnetz eingespeist wie hier.“

Wasserstoffwirtschaft fördern und ausbauen

Allerdings verfügt Ostfriesland bisher nicht über ein kommuniziertes, langfristiges Konzept, wann und in welchem Ausmaß zum Beispiel Elektrolyseanlagen gebaut werden. Dabei ist der Standort mit seiner Nähe zu Nordrhein-Westfalen durchaus günstig. „Wird das vorgesehene H₂-Startnetz umgesetzt, können Industrieanlagen auch mit dem in Ostfriesland produzierten Wasserstoff versorgt werden. Die geplanten Speicherkapazitäten, etwa in Etzel und der Krummhörn, würden den Standortvorteil Ostfrieslands bestätigen“, begründet Flemming Stötzer. In der 2022 eingerichteten Geschäftsstelle „H₂-Ostfriesland“ im Landkreis Aurich engagieren sich Gebietskörperschaften der Region, die IHK, die Hochschule Emden/Leer sowie Spezialisten der

regionalen Wirtschaft. Die Geschäftsstelle koordiniert derzeit im Förderprogramm HyStarter die Erarbeitung einer Wasserstoff-Roadmap für die Region und dient als zentraler Ansprechpartner.

Anhand der Datenlage ist Zuversicht angebracht, dass die Region Ostfriesland einen erheblichen Beitrag zu den von der Bundesregierung ausgegebenen Wasserstoffzielen im Jahr 2030 leisten kann. Sie könnte zu einer Vorreiterregion bei der Herstellung von grünem Wasserstoff werden.

Hochschule Emden/Leer Fachbereich Wirtschaft

- Flemming Stötzer, B. A.
- Dipl.-Reg.-Wiss. Ursel Thomßen
- Prof. Dr. Marc Hanfeld
- strukturwandel@hs-emden-leer.de
- www.strukturwandel-ostfriesland.de



Praxis

Grüner Wasserstoff als Innovationsmotor in Südniedersachsen

Grüner Wasserstoff, der mit Wind- oder Solarenergie erzeugt wird, ist klimaneutral. Die Wasserstoff-Allianz Südniedersachsen vernetzt regionale Aktivitäten hierzu.

Grüner Wasserstoff nimmt eine Schlüsselfunktion bei der Energiewende ein. Südniedersachsen sieht in diesem Technologiefeld ein großes Potenzial für die regionale Wirtschaftsentwicklung. Die Wasserstoff-Allianz Südniedersachsen vernetzt Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und Kommunen, um Wasserstoffprojekte gezielt zu unterstützen und Synergien auszuschöpfen.

Wirtschaft und Gesellschaft stehen vor einer dringend notwendigen Energiewende. Bis 2030 wird für Niedersachsen zum Beispiel ein Eigenbedarf von 27 Terawattstunden Wasserstoff prognostiziert – das entspricht der Leistung einer Photovoltaik-Anlage mit 12.300 Hektar (123 km²). Um diese Bedarfe auch lokal bedienen zu können, muss Südniedersachsen funktionierende regionale Wertschöpfungsketten für grünen Wasserstoff etablieren. Neben dem Umwelt- und Klimaschutz bietet die Entwicklung Südniedersachsens zur Wasserstoff-Region auch Perspektiven, um die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft zu sichern, zukunftsfähige Arbeitsplätze zu schaffen und die Attraktivität für Fachkräfte zu steigern.

Wirtschaft, Forschung und Kommunen vernetzen

Daher hat sich im Juli 2021 die Wasserstoff-Allianz Südniedersachsen (H2AS) unter Koordination der Südniedersachsen Stiftung gegründet. Der Allianz gehören rund 30 Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Kommunen der Region an. Der H2AS kommt die Aufgabe zu, eine Brücke zwischen regionalen Wasserstoff-Aktivitäten zu bauen. Sie koordiniert den Wissenstransfer zwischen den Allianzpartnern, erstellt Bedarfsanalysen, initiiert Projekte und unterstützt weitere Initiativen. Um das Know-how der Forschungseinrichtungen in Südniedersachsen für die regionale

Wirtschaft nutzbar zu machen, nutzt die Wasserstoff-Allianz die im SüdniedersachsenInnovationsCampus (SNIC) etablierten Strukturen des Wissens- und Technologietransfers.

Wasserstoffbedarf analysieren, Projekte initiieren

Aktuell hat die H2AS fünf Projektvorhaben in den Landkreisen Göttingen, Goslar, Holzminden und Northeim mit Bedarfen von zirka 6.000 Tonnen H₂ und 350 Gigawattstunden Energie identifiziert. Ein weiterer Projektantrag sieht vor, durch flexible Verbraucher die Integration regenerativer Energie in regionale, dezentrale Energienetze zu automatisieren – hierfür werden Kurz- (Akkumulatoren) und Langzeitspeicher (Wasserstoff) genutzt. Als Grundlage für die Entwicklung weiterer Projekte dienen Bedarfsanalysen in den Landkreisen Goslar und Northeim sowie im Raum Gieboldehausen/Herzberg. Bedarfsanalysen für die Stadt und den Landkreis Göttingen sind ebenfalls in Vorbereitung.

Wasserstoff-Allianz Südniedersachsen

- Dr. Peter Oswald
- peter.oswald@suedniedersachsenstiftung.de
- www.h2-allianz.de
- www.suedniedersachsenstiftung.de/projekte/wasserstoff-allianz/



Übersicht zur Struktur und zu Aufgaben der Wasserstoff-Allianz Südniedersachsen

Grüner Wasserstoff für eine klimafreundlichere Luftfahrt

Wird Wasserstoff die Klimaproblematik der Luftfahrt lösen? So vielversprechend der Ansatz ist, so groß sind auch die Herausforderungen, vor denen die Luftfahrtbranche bei der Umsetzung steht. Vier norddeutsche Hochschulen forschen in den kommenden drei Jahren im Verbundprojekt „HyNEAT“ an Bereitstellungsnetzwerken für eine wasserstoffgetriebene Luftfahrt. Im Fokus steht dabei grüner Wasserstoff sowie dessen kostengünstige Erzeugung und Transport.

Antriebssysteme auf der Basis grünen Wasserstoffs für größere, kommerziell genutzte Flugzeuge sind eine aussichtsreiche Alternative für eine klimafreundlichere Luftfahrt. Dafür ist es notwendig, neue Antriebe und Flugzeugkonzepte zu entwickeln sowie ausreichend Wasserstoff aus regenerativen Energien herzustellen. Eine der größten Herausforderungen ist es, eine entsprechende Wasserstoff-Infrastruktur aufzubauen, die wettbewerbsfähige Kosten für den Betrieb der neuartigen Flugzeuge ermöglicht. Hier setzt das Verbundprojekt „HyNEAT – Hydrogen Supply Networks‘ Evolution for Air Transport“ an. Die Forschungspartner untersuchen, ob und in welchen Ländern erneuerbare Energien zukünftig ausreichend verfügbar sein werden und wo internationale Lieferbeziehungen aufgebaut werden sollten.

Globale Potenziale für die Wasserstoffherzeugung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Dabei arbeiten die Leibniz Universität Hannover und die Technischen Universitäten in Braunschweig, Clausthal, Hamburg und München eng zusammen. Ihr gemeinsames Ziel ist es, globale und lokale Potenziale für die kostengünstige Erzeugung von grünem Wasserstoff für die Luftfahrt zu identifizieren. Dabei achten sie vor allem auch darauf, dass dies im Einklang mit der gesamten Energiewende und der Gestaltung von Flugnetzwerken stattfindet.

Lokale Energieversorgung profitiert von Infrastruktur

Wegen der großen Potenzialflächen für erneuerbare Energien und der daher kostengünstigen Erzeugung von grünem Wasserstoff sind mehrere Länder, etwa in Nordafrika oder im Nahen Osten, für den Wasserstoff-Export für die Luftfahrt prädestiniert. So könnte auch die dortige lokale erneuerbare Energieversorgung vom Aufbau der Wasserstoff-Infrastruktur profitieren. Im HyNEAT-Projekt prüfen die Forschungspartner intensiv die Rolle ausgewählter Regionen, auch außerhalb Europas, für die Wasserstoff-Versorgung der Luftfahrt. Das Wissenschaftskonsortium wird durch einen Industriebeirat begleitet. Zu diesem gehören Unternehmen der Luftfahrtbranche, des Energiesektors und der Unternehmensberatung sowie der Afrika-Verein der deutschen Wirtschaft. Weitere interessierte Unternehmen und Forschungseinrichtungen sind herzlich eingeladen, Kontakt aufzunehmen.

Leibniz Universität Hannover Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES), Fachgebiet Elektrische Energiespeichersysteme

- Finn Schenke, M.Sc.
- schenke@ifes.uni-hannover.de
- www.ifes.uni-hannover.de/ees
- www.hyneat.de



Aus regenerativen Energien hergestellter Wasserstoff kann einen Beitrag zum Klimaschutz leisten – sogar in der Luftfahrt. Das Verbundprojekt HyNEAT untersucht potenzielle Standorte.



Forschung

Produktion von grünem Wasserstoff optimieren

Für die Wasserstoff-Produktion werden Elektrolyseure in Industriegröße benötigt. Felix Gäde und Stina Bauer prüfen deren Leistungsfähigkeit und Stabilität im Testfeld am Forschungszentrum Energiespeichertechnologien in Goslar.

Für den steigenden Bedarf an grünem Wasserstoff müssen auch die Kapazitäten an effizienten, langlebigen, robusten und günstigen Elektrolyseuren ausgebaut werden. Allerdings erfolgt ihre Herstellung bisher noch immer größtenteils in Handarbeit. Forschungsteams der Technischen Universität Clausthal arbeiten gemeinsam mit der Industrie daran, leistungsfähige Elektrolyseure automatisiert und kostengünstig herzustellen. Die Herausforderungen reichen dabei von den Materialien über die Hochskalierung bis zu den Fertigungstechnologien und -kosten.

Wasserstoff wird im Industrie- und Energiesystem der Zukunft eine Schlüsselrolle einnehmen. Neben den etablierten Prozessen der chemischen Industrie, etwa zur Ammoniak- und Methanol-Herstellung, benötigt auch eine zukünftig kohlenstoffdioxidarme Stahlindustrie enorme Mengen an Wasserstoff als Rohstoff. Darüber hinaus ist Wasserstoff hervorragend als Speichermedium geeignet, da er kostengünstig in großen Mengen gespeichert und effizient in andere Energieformen umgewandelt werden kann. Die Herstellungsverfahren von Wasserstoff sind vielfältig und basieren derzeit hauptsächlich auf fossilen Quellen. Zukünftig wird der überwiegende Anteil durch Elektrolyse von Wasser unter Verwendung erneuerbarer Energien gewonnen werden.

Vorteile der alkalischen Wasserelektrolyse

Zur Herstellung dieses grünen Wasserstoffs durch Elektrolyse gibt es unterschiedliche Technologien. Bei Temperaturen

von 60 bis 90 °C nutzen die alkalische Elektrolyse (AEL) und die Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse flüssiges Wasser, während die Hochtemperatur-Elektrolyse Wasserdampf oberhalb von 600 °C spaltet. Angesichts der prognostizierten Wachstumsraten werden sich alle Elektrolysetechnologien ihren Marktanteil erobern, allerdings zeichnet sich die AEL durch die am weitesten fortgeschrittene technische Entwicklung und die Verwendung kostengünstiger, edelmetall- und fluorfreier Materialien aus.

Testfeld für Elektrolyse-Zellstapel

Am Forschungszentrum Energiespeichertechnologien (EST) der TU Clausthal wurde 2022 im Rahmen der Forschungsplattform H₂Giga des Bundesforschungsministeriums (BMBF) ein Testfeld für Zellstapel (Stacks) in industrieller Baugröße in Betrieb genommen. Das ermöglicht den Einsatz von Stacks bis zu einer elektrischen Leistung von 150 Kilowatt bei Strömen von bis zu 4.000 Ampere. Dadurch können die



Stina Bauer nimmt Daten im Testfeld für die alkalische Wasserelektrolyse auf.

Forschungsteams zentrale Fragen zur Leistungsfähigkeit und Stabilität der Zell-Komponenten (Elektroden, Separatoren) unter dynamischen Lastprofilen, wie sie durch fluktuierende erneuerbare Energien zu erwarten sind, sowie die Auswirkungen des dynamischen Betriebs auf die Gasreinheit des Wasserstoffs beantworten. Zusätzlich erlaubt ihnen das Testfeld mit seinen elektrotechnischen Komponenten, die Netzurückwirkungen zukünftiger Elektrolysesysteme zu bewerten.

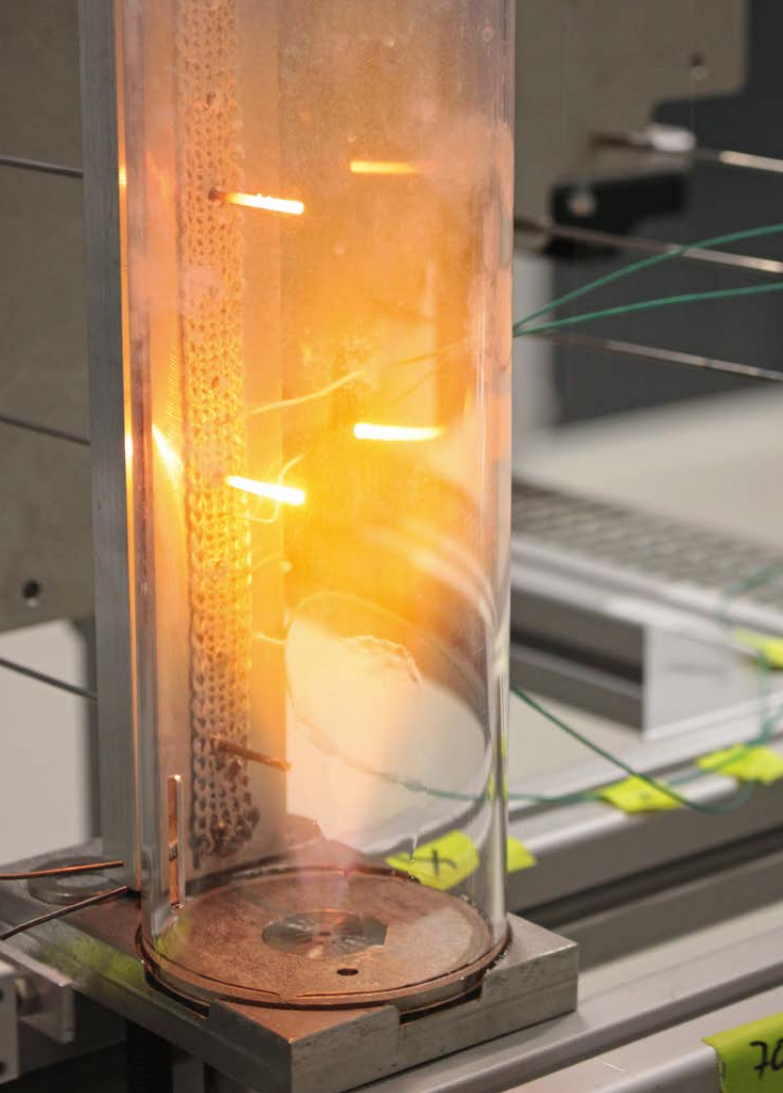
Material einsparen, Produktion automatisieren

Die in dem Testfeld zu untersuchenden Stacks werden von der WEW GmbH bereitgestellt, die zeitgleich das zugehörige und vom BMBF geförderte Verbundprojekt „StaR – Stack Revolution“ koordiniert. Ziel des Projektes ist es, die Herstellungskosten von alkalischen Elektrolyseuren auf Werte deutlich unterhalb der Marktprognosen von 2030 zu reduzieren. Die Forschenden realisieren dies durch ein

produktionsoptimiertes Stackdesign sowie die Entwicklung und Validierung von darauf abgestimmten Produktionskonzepten im Gigawatt-Maßstab. Dabei sind ein material- und kostensparendes Design sowie ein optimales Maß an Automatisierung in der Fertigung wichtige Voraussetzungen zur Erreichung der Kostensenkungspotenziale. Das neue Testfeld am EST der TU Clausthal kann dabei gleichzeitig die Leistungsfähigkeit und Stabilität der produzierten Stacks gewährleisten.

Technische Universität Clausthal Forschungszentrum Energiespeichertechnologien (EST)

- Dr.-Ing. Maik Becker
- maik.becker@tu-clausthal.de
- Prof. Dr.-Ing. Thomas Turek
- turek@icvt.tu-clausthal.de
- www.est.tu-clausthal.de
- www.wasserstoff-leitprojekte.de



Im Versuchsbetrieb des Wasserstoff-Sauerstoff-Brenners messen Thermoelemente die Temperatur. Bei dem innovativen Injektor-Konzept kühlt flüssiges Wasser die Flamme.

Technologieangebot

Grüner Wasserstoff für thermische Kraftwerke

Thermische Kraftwerke können grünen Wasserstoff für die Rückverstromung einsetzen, wie ein Verbundprojekt der Leibniz Universität Hannover und der Jade Hochschule zeigt. Der innovative Injektor für die Wasserstoff-Sauerstoff-Verbrennung ist zum Patent angemeldet. Das Konzept sorgt dafür, die Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme mittels flüssigem Wasser zu kühlen und zu stabilisieren. Es eignet sich für unterschiedliche industrielle Anwendungen.

Zuverlässige Stromversorgung und konstante Netzfrequenz sind für die Versorgungssicherheit notwendig. Um Frequenzschwankungen kurzfristig abzufedern, halten thermische Kraftwerke Regelleistung vor. Ein niedersächsisches Forschungsteam zeigt in einem Verbundprojekt, dass ein Wasserstoff-Sauerstoff-Brenner diese Primärregelung innerhalb des Dampfkreislaufes thermischer Kraftwerke bereitstellen kann. Für den zukünftigen Einsatz von grünem Wasserstoff ist es essentiell, dass die dafür erforderlichen Brenner sicher ausgelegt und für die unterschiedlichen industriellen Anwendungen geeignet sind.

Stabiler Injektor für betriebssichere Verbrennung

Wasserstoff mit reinem Sauerstoff anstelle von Luft zu verbrennen hat den Vorteil, dass dabei keine Stickoxide entstehen können, sondern als Verbrennungsprodukt reiner Wasserdampf mit einer hohen thermischen Energie zur Verfügung steht. Besonders anspruchsvoll ist hierbei der Umgang mit der sehr heißen Wasserstoff-Sauerstoff-Flamme, welche bei atmosphärischem Druck mit Temperaturen über 3.000 °C verbrennt. Dazu müssen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Injektoren entwickeln, die der thermischen Belastung standhalten und für eine optimale Vermischung der Gase sowie eine betriebssichere Stabilisierung der Flamme sorgen.

Dieses Projekt ist Teil des Verbundprojekts „Nachhaltige Wasserstoff-Verbrennungskonzepte“, das vom niedersächsischen Wissenschaftsministerium im „Innovationslabor für

Wasserstofftechnologien“ gefördert wird. In der hochschulübergreifenden Kooperation arbeiten die Arbeitsgruppe für Fluidenergiemaschinen der Jade Hochschule sowie das Institut für Technische Verbrennung und das Institut für Kraftwerkstechnik und Wärmeübertragung der Leibniz Universität Hannover zusammen.

Flüssiges Wasser kühlt Sauerstoff-Flamme

Das Injektor-Konzept für die Brennkammer, das die Hochschulpartner zusammen entwickelten, wurde inzwischen zum Patent angemeldet. Der gegenüber anderen Verbrennungskonzepten innovative Ansatz besteht darin, die Flamme mit flüssigem Wasser zu kühlen, welches durch den Sauerstoff zerstäubt wird und als Wasser-Sauerstoff-Spray in die Brennkammer eintritt. Innerhalb der Brennkammer wird Wasserstoff beigemischt und zu Wasser oxidiert. In ersten Versuchen mit dem neuen Injektor konnte das Forschungsteam zeigen, dass die Flammentemperatur durch das innovative Konzept auf unter 2.000 °C gekühlt wird.

Leibniz Universität Hannover Institut für Kraftwerkstechnik und Wärmeübertragung

- Prof. Dr.-Ing. Roland Scharf
- scharf@ikw.uni-hannover.de
- Niklas Siwczak, M. Sc.
- siwczak@ikw.uni-hannover.de
- www.ikw.uni-hannover.de

Gasturbinenkraftwerke – Strom aus grünem Wasserstoff



Wie wirken sich das Mischverhältnis des Brennstoffs und andere Parameter auf die Flamme aus? Ein Forscher misst Emissionen an der Versuchsbrennkammer.

Eine Möglichkeit zur Energiespeicherung ist die Herstellung von grünem Wasserstoff. Dieser kann in Gasturbinenkraftwerken CO₂-neutral wieder in Strom verwandelt werden, wobei jedoch schädliche Stickoxide entstehen. Ein Forschungsteam der Technischen Universität Clausthal untersucht und simuliert Mischflammen aus Wasserstoff und Erdgas, um Stickoxid-Emissionen zu verringern und so den umweltfreundlichen Umstieg von Erdgas- auf Wasserstoffverbrennung zu ermöglichen.

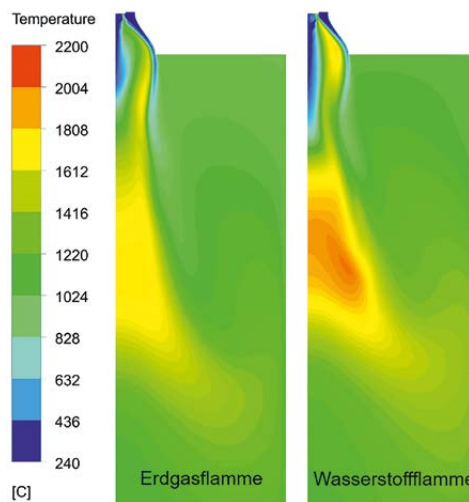
Aufgrund der Wetterverhältnisse schwankt die Verfügbarkeit von erneuerbarer Energie stark. Deshalb müssen Speicher ins Energiesystem integriert werden, um Schwankungen im Netz auszugleichen und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Wasserstoff als Speichermedium kann in Zeiten mit wenig verfügbarem grünem Strom rückverstromt werden, zum Beispiel durch die CO₂-neutrale Verbrennung in Gasturbinenkraftwerken. Diese haben gegenüber anderen Technologien wie Brennstoffzellen den Vorteil, dass sie brennstoff-flexibel betrieben werden können, also mit unterschiedlichen Mischungen von Erdgas, Wasserstoff und auch Biogas. Bei der Verbrennung von Wasserstoff anstelle von Erdgas treten allerdings andere Herausforderungen auf.

Mischverhältnis der Brenngase anpassen

Unter anderem sind Wasserstoffflammen deutlich heißer als Erdgasflammen, weshalb durch Oxidation des Stickstoffs in der Brennluft mehr Stickoxide (NO_x) entstehen. Diese sind gesundheits- und umweltschädlich und müssen möglichst geringgehalten werden. Deshalb untersucht das Team am Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik der TU Clausthal die Verbrennungsvorgänge experimentell und numerisch. An einer Brennkammer im Institut werden Flammen mit verschiedenen Mischverhältnissen von Erdgas und Wasserstoff vermessen. Ziel ist es herauszufinden, wie sich das Mischverhältnis und andere Parameter (Drall in der Brennluft, Luftverhältnis) auf die Flamme auswirken. Besonderer Fokus liegt darauf, Stickoxid-Emissionen zu vermindern.

Numerische Simulation von Flamme und Brennkammer

Basierend auf den Experimenten führen die Forschenden numerische Simulationen der Flammen durch und



Wasserstoff erzeugt bei der Verbrennung deutlich höhere Temperaturen als Erdgas, dabei entstehen mehr Stickoxide. Numerische Simulationen sollen dabei helfen, den Brennprozess zu optimieren und die Emissionen zu senken.

überprüfen, welche Simulationen am besten zu den Messergebnissen passen. Ziel ist es, die numerischen Methoden zu finden, mit denen sie die Eigenschaften der Flammen sicher voraussagen können. Diese Simulationen lassen sich dann auch für Brennkammern in Gasturbinenkraftwerken nutzen und helfen dabei, den Umstieg von Erdgas- auf Wasserstoffverbrennung zu ermöglichen.

Technische Universität Clausthal Institut für Energieverfahrenstechnik und Brennstofftechnik (IEVB)

→ Agnes Eberhard, M. Eng.

→ agnes.eberhard@tu-clausthal.de

→ www.ievb.tu-clausthal.de

Forschung

Nachhaltige Konzepte für Wasserstoffmotoren

Verbrennungsmotoren mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff können gerade für Nutzfahrzeuge ein umweltfreundlicher Antrieb sein. Technische Innovationen senken zusätzlich noch verbleibende Stickoxid-Emissionen.

Eine Alternative zur Elektromobilität sind Motoren, die regenerativ erzeugten Wasserstoff verbrennen. Sie sind vollständig klimaneutral und nahezu frei von Schadstoffen. Um die verbleibenden Stickoxid-Emissionen fast gänzlich zu vermeiden, entwickeln Forschende der Leibniz Universität Hannover im Verbundprojekt „WaVe“ ein hocheffizientes Aufladesystem. Dieses erzeugt einen großen Luftüberschuss im Motor, der die Verbrennungstemperaturen und dadurch Stickoxide reduziert.

Klimaneutralität im Mobilitätssektor kann nur mit neuen Lösungsansätzen erreicht werden. Insbesondere im Nutzfahrzeug für den Fernverkehr stellt der Wasserstoffverbrennungsmotor eine denkbare Alternative dar, da

- er eine ähnlich hohe Leistungsdichte bietet wie konventionelle Verbrennungsmotoren,
- er in kurzer Zeit aufgetankt werden kann und
- bei der Verbrennung kein klimaschädliches CO₂ entsteht.

Darüber hinaus ist der Wasserstoff-Verbrennungsmotor unempfindlich gegenüber dem Reinheitsgrad des Wasserstoffs, während bei der Brennstoffzelle schon geringste Verunreinigungen zur Beschädigung führen können. Bei der Verbrennung von Wasserstoff fallen nur Wasser und als letzte Schadstoffe Stickoxide an. Da die Stickoxid-Bildung jedoch stark temperaturabhängig ist, lässt sich diese durch ein Absenken der Verbrennungstemperatur nahezu vollständig vermeiden.

Luft senkt Verbrennungstemperatur

Die Magerverbrennung erfolgt bei niedriger Temperatur, indem der Motor mit deutlich mehr Luft als für die Verbrennung erforderlich betrieben wird. Diese hohe Luftmenge stellt das Aufladesystem zur Verfügung. Da sich hierbei jedoch auch die im Abgas verbleibende Energie verringert, muss der zur Aufladung eingesetzte Turbolader sehr effizient arbeiten. Dieses Ziel verfolgt das Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik der Leibniz Universität Hannover. Es ist Partner im vom niedersächsischen Wissenschaftsministerium geförderten Forschungskonsortium „WaVe – Nachhaltige Wasserstoff-Verbrennungskonzepte“.

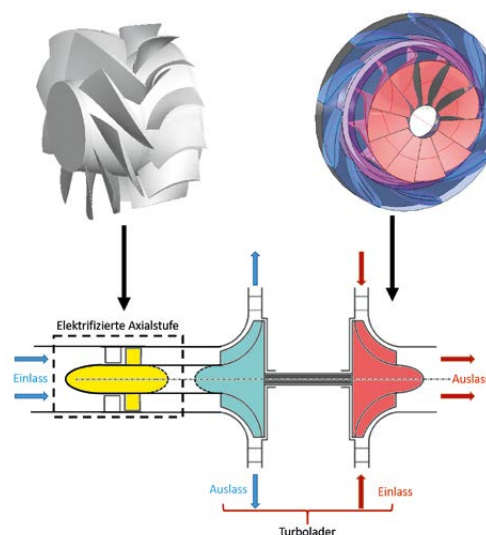
Stickoxid-Emissionen werden stark verringert

Das Forschungsteam entwickelt ein Aufladesystem für einen Wasserstoff-Verbrennungsmotor, das Stickoxid-Emissionen von weniger als 0,027 Gramm pro Kilowattstunde erzielt (Hubraum 12 Liter, Luftverhältnis von $\lambda=3,2$ im

gesamten Kennfeld). Das entspricht den härtesten zukünftigen Emissionsvorschriften, vorgeschrieben von der kalifornischen Umweltbehörde CARB ab 2027. Das Hochaufldesystem kombiniert dabei einen konventionellen Turbolader mit einem elektrisch angetriebenen, axialen Verdichter. Beide Turbomaschinen sind mechanisch voneinander entkoppelt und decken einen großen Kennfeldbereich sehr effektiv ab. Aufgrund seiner axialen Bauform erreicht der elektrifizierte Verdichter einen sehr hohen thermodynamischen Wirkungsgrad von mehr als 80 Prozent. Zudem ergeben sich durch das kompakte Design einige Vorteile bei der Anordnung im Motorraum.

Leibniz Universität Hannover Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik

→ Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume
→ Yannik Schulz, M. Sc.
→ y.schulz@tfd.uni-hannover.de
→ www.tfd.uni-hannover.de/de



Ein konventioneller Turbolader und ein elektrisch angetriebener, axialer Verdichter bilden das hocheffiziente Aufladesystem. Es stellt dem Wasserstoffmotor konditionierte Luft zur Verfügung, um die Verbrennungstemperatur zu reduzieren.

Neuartiges Gebläse mit integriertem Wasserabscheider



Das neu entwickelte kompakte Anoden-Rezirkulationsgebläse erhöht die Effizienz und Lebensdauer von Niedrigtemperatur-Brennstoffzellen. Durch die Rezirkulation wird ungenutzter Wasserstoff nicht verschwendet, sondern erneut zugeführt. Im Zentrum liegen der Medienspaltmotor von G+L innotec GmbH und der Tropfenabscheider.

Technische Innovationen steigern die Effizienz von Brennstoffzellen und senken die Betriebskosten. Ein Konsortium aus der Leibniz Universität Hannover, dem Zentrum für Brennstoffzellen-Technik (ZBT) aus Duisburg und der Industrie hat ein neuartiges Gebläse mit integriertem Tropfenabscheider entwickelt und patentiert. Es ist ein vielversprechendes Konzept für den Einsatz in Nutzfahrzeugen bis hin zu Mittelstrecken-Flugzeugen.

Wasserstoff reagiert mit Sauerstoff aus der Umgebung und wird zu Strom, Wasser und Wärme umgewandelt – diese Reaktion findet in Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM)-Brennstoffzellen bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen statt. Dabei entstehen weder Stickoxide noch CO₂-Emissionen. Um sowohl die Lebensdauer als auch die Effizienz von PEM-Brennstoffzellen zu erhöhen, wird der ungenutzte Wasserstoff am Austritt der Brennstoffzelle zurück zum Eintritt befördert und weiterverwendet. Das erfolgt über passive Strahlpumpen oder aktive Rezirkulationsgebläse, die insbesondere bei hoher Leistung entsprechend groß, schwer und energieintensiv ausfallen. Abhilfe soll ein neuartiges Anoden-Rezirkulationsgebläse schaffen, das die Leibniz Universität Hannover gemeinsam mit dem Zentrum für Brennstoffzellen-Technik ZBT in Duisburg und der G+L innotec GmbH aus Laupheim entwickelt und erprobt hat.

Patentierter Motor mit besonders großem Spalt

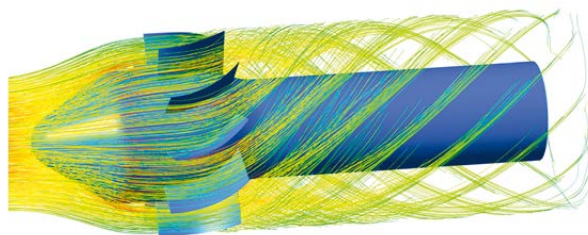
Das Gebläse besteht im Wesentlichen aus einem radialen Turboverdichter, der von einem innovativen Elektromotor angetrieben wird. Dieser von G+L innotec entwickelte und patentierte Medienspaltmotor zeichnet sich durch einen besonders großen Spalt zwischen Rotor und Stator aus, durch welchen der gesamte Medienstrom, hermetisch abgetrennt von den stromführenden Teilen und der Umgebung, geleitet wird. Entgegen der allgemeinen Motorenlehre lässt sich dieser Antrieb – trotz des außergewöhnlich großen Spalts – hoch effizient auslegen. Durch die Kombination aus schnelldrehender Turbomaschine und effizientem Antrieb ist das Gebläse sehr leicht (ca. 2.2 kg) und kompakt (190 mm x 170 mm x 120 mm). Es ist für Brennstoffzellenstacks mit einer elektrischen Leistung bis zu 200 kW geeignet, eine Skalierung ist problemlos möglich. Dank des hohen Wirkungsgrades des Aggregats kann auf eine zusätzliche Kühlung verzichtet werden.

Effiziente Wasserabscheidung, geringe Druckverluste

Eine weitere Besonderheit ist der direkt in das Gebläse integrierte Tropfenabscheider. Da bei der Reaktion in der Brennstoffzelle eine große Menge Wasser entsteht, müssen die Tropfen aus der gasförmigen Hauptströmung abgeschieden werden. Dazu wird der Strömung am Eintritt des Gebläses ein Drall aufgeprägt, der die Wassertropfen aufgrund ihrer Trägheit an die Wände lenkt. Stromauf des Laufrades wird der so entstehende Wasserfilm dann aus dem Gebläse abgeleitet. Da der Dralltropfenabscheider direkt in Kombination mit dem Turboverdichter in kompakter, integraler Bauweise ausgelegt wurde, verspricht dieses zum Patent angemeldete Design eine hohe Abscheideeffizienz bei geringen Druckverlusten.

Leibniz Universität Hannover Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik

- Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume
- Dipl.-Ing. Philipp Nachtigal
- nachtigal@tfd.uni-hannover.de
- www.tfd.uni-hannover.de
- www.gl-innotec.com



Die Grafik zeigt die Stromlinien der Wassertropfen im Bereich des Medienspaltmotors. Aufgrund der Fliehkraft werden die Wassertropfen in Richtung der Wand gelenkt.



Praxis

Erdwärme umweltgerecht und wirtschaftlich nutzen

Im Drilling Simulator Celle werden die Risiken bei Tiefbohrprojekten erforscht, um Erdwärme wirtschaftlich und sicher nutzbar machen zu können.

Erdwärme wird zukünftig in einem nachhaltigen, von erneuerbaren Energien geprägten Energiesystem eine große Bedeutung haben. Sie hat das Potenzial, einen nennenswerten Beitrag zur Sicherung der Wärmeversorgung ganzer Städte zu leisten. Zum Gelingen der Wärmewende wird insbesondere eine sichere und wirtschaftliche Tiefbohrtechnik zur Nutzung der Geothermie beitragen. Der Drilling Simulator Celle der Technischen Universität Clausthal hilft dabei, die technisch-ökonomischen Risiken geplanter Tiefbohrprojekte deutlich zu reduzieren.

Geothermie steht sowohl für die geowissenschaftliche Untersuchung der vorhandenen Erdwärme als auch für deren technische Nutzung. Hierzu sind innovative, kostengünstige und spezifisch an die tiefengeothermale Wärmegewinnung angepasste Technologien erforderlich, um die vorhandenen Potenziale in Tiefen ab 1.500 Metern umweltgerecht und wirtschaftlich ausschöpfen zu können. Am Drilling Simulator Celle (DSC) der Technischen Universität Clausthal arbeiten interdisziplinäre Arbeitsgruppen an den heutigen und zukünftigen Herausforderungen der hierfür erforderlichen Tiefbohrtechnik. Im Fokus steht die Entwicklung und Anwendung von Methoden und Technologien, die eine maximale Sicherheit von komplexen Tiefbohrprojekten gewährleisten.

Praxisnaher Teststand und Software-Simulator

Der Drilling Simulator Celle ist eines der interdisziplinär aufgestellten Forschungszentren der TU Clausthal, in dem seit 2014 Fachleute aus Wissenschaft und Technik gemeinsam an Forschungs- und Entwicklungsprojekten arbeiten. Das Zentrum verfügt über einen hochentwickelten Teststand, um komplexe Tiefbohrprozesse unter realistischen Betriebsbedingungen zu untersuchen. In einem Software-Simulator werden Modelle zur Berechnung und Optimierung dieser Prozesse kontinuierlich weiterentwickelt. Die Forschungsteams identifizieren mögliche Probleme bei der energetischen Erschließung des geologischen Untergrunds, wie

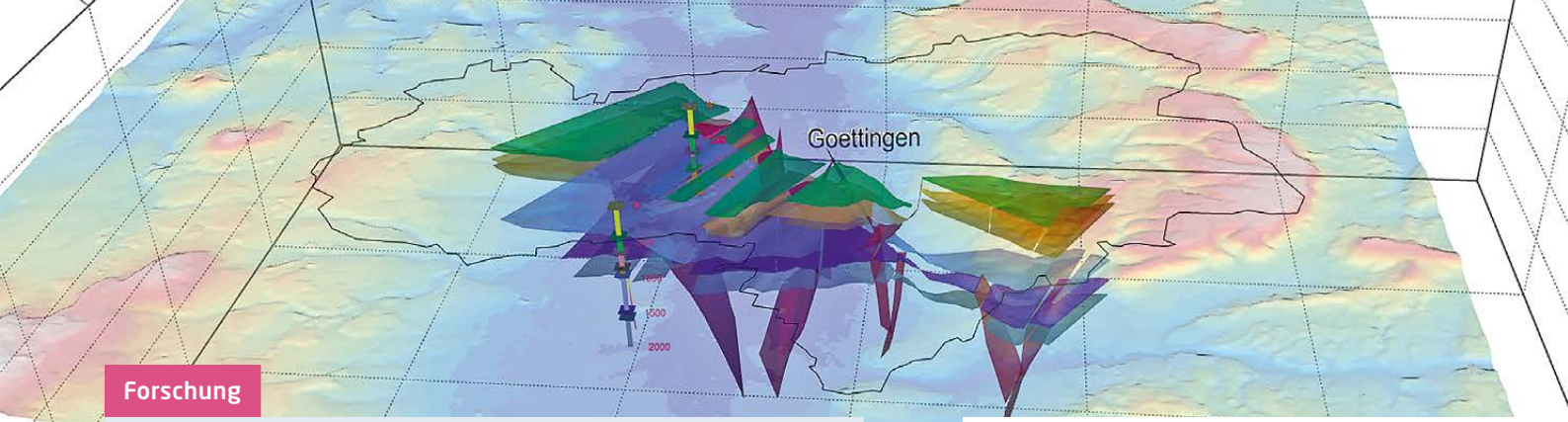
etwa Fündigkeitsrisiken, mangelnde Bohrlochstabilität oder erhöhter Verschleiß an der Bohrgarnitur, indem sie die Ergebnisse aus Modellierung und Simulation mit experimentellen Daten und Felddaten kombinieren.

Nationale und internationale Zusammenarbeit

Mit verlässlichen Aussagen zu erfolgversprechenden Bohrstellen sowie der optimalen Planung der Parameter einer Tiefbohrung liefern sie damit substantielle Beiträge, diese Risiken beim Bohrprozess besser zu beherrschen und damit letztlich auch Kosten einzusparen. Dies spiegelt sich in der Struktur der Projekte am Drilling Simulator Celle wider, die mit der Industrie und anderen Forschungseinrichtungen im In- und Ausland durchgeführt werden. Hierfür stellt das Zentrum eine hochwertige Infrastruktur sowohl für grundlagenorientierte als auch stark anwendungs- und transferorientierte Aspekte zur Verfügung.

Technische Universität Clausthal Forschungszentrum Energiespeichertechnologien Drilling Simulator Celle

→ Prof. Dr.-Ing. Gunther Brenner
→ gunther.brenner@tu-clausthal.de
→ Dr. Jens-Peter Springmann
→ jpspringmann@tu-clausthal.de
→ www.dsc.tu-clausthal.de



Forschung

Erkundungsbohrung für die Wärmewende

Das geologische Untergrundmodell von Göttingen dient als Grundlage für die Planung mitteltiefer Geothermiebohrungen bis 1.500 Meter Tiefe im Leinetal (Blick von Süden nach Norden). Im Modell ist die Stadtgrenze mit einer schwarzen Linie eingetragen.

Geothermische Energie kann sich zum wichtigsten Baustein der Wärmewende entwickeln. Dies wird aber nur gelingen, wenn die geothermische Nutzung auch außerhalb der klassischen, geologisch prädestinierten Regionen möglichst flächendeckend erfolgt. In welcher Tiefe und mit welcher Technik lässt sich die Erdwärme in Südniedersachsen effizient erschließen? Das untersucht aktuell ein Forschungsteam der Universität Göttingen. Eine wichtige Erkundungsbohrung ist in konkreter Planung.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Geowissenschaftlichen Zentrums der Universität Göttingen untersuchen seit mehr als zehn Jahren den oberflächennahen und tiefen Untergrund der Region Göttingen beziehungsweise Südniedersachsens. Vor allem über den tieferen Untergrund bis 5.000 Meter liegen nur sehr eingeschränkte Kenntnisse vor. Es fehlen wichtige Informationen zu den Gesteinseigenschaften und Strukturen aus Bohrungen, da die Region für die Gewinnung von Öl und Gas nicht infrage kam. Auf der Basis seismischer Messungen der Universität im Jahre 2015 wurden geologische 3D-Modelle entwickelt, die jetzt zusammen mit der erarbeiteten Datensammlung die Grundlage für eine solche wichtige Erkundungsbohrung darstellen.

Komplexer Untergrund bietet reichlich Wärmepotenzial

Geologisch sind die mesozoischen Sedimentgesteine der Region durch die Leinetalgrabenstruktur überprägt. Das bedeutet, dass sie für Wasser besonders durchlässig sein können und damit gute Voraussetzung bieten, Erdwärme zu gewinnen. Unterhalb von zirka 1.500 Metern kommen verfaltete und metamorphe Gesteinseinheiten vor, wie sie im Harz an der Oberfläche auftreten und dort für Analogstudien dienen. Vorteil dieser relativ komplexen regionalen Geologie ist das Potenzial, unterschiedliche geothermische, auch innovative Systeme zu entwickeln, um Geothermie aus unterschiedlichen Tiefen zu erschließen. Je nach geologischer Struktur und Tiefe sind die Temperaturangebote verschieden, das ermöglicht etwa auch die saisonale Speicherung von Abwärme oder Kühlung.

Energiebedarf und Wirtschaftlichkeit prüfen

Das Energieangebot des Untergrundes wiederum bedingt eine systemische Entwicklung der Infrastruktur auf der Oberfläche. Die Nachfrage muss bei der Erschließung der Geothermie von Anfang an mitgeplant werden. Zum Beispiel



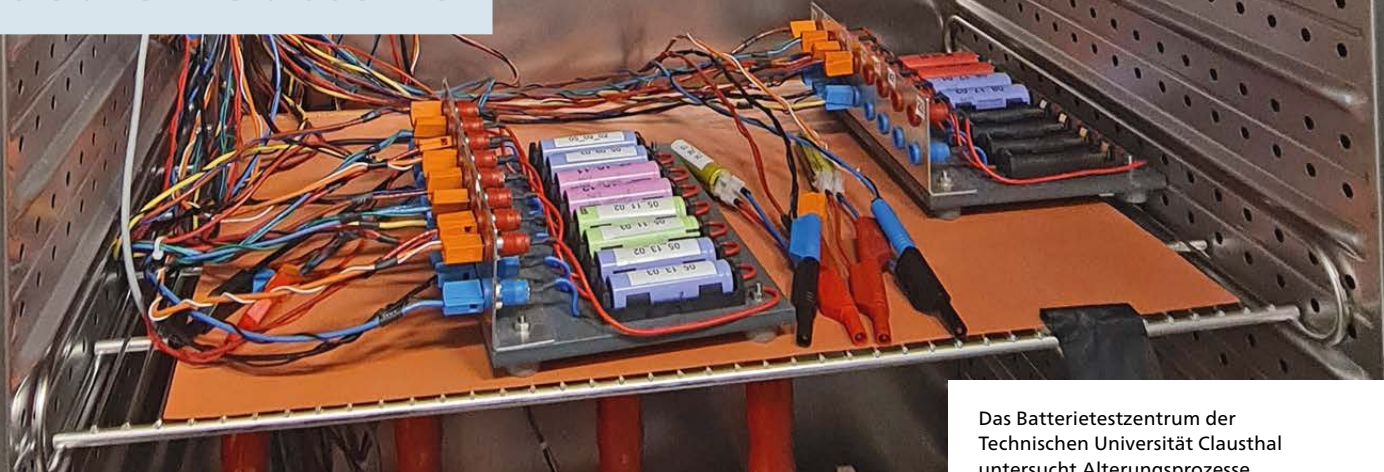
Dr. Bernd Leiss untersucht die geologische Struktur im Westharz. Daraus lassen sich geothermische Analogien für den tieferen Untergrund Göttingens (mehr als 1.500 Meter Tiefe) ableiten.

wird für Neubauten mit Niedrig-Heizsystemen weniger Energie benötigt, dann muss auch weniger tief gebohrt werden. Auch die Integration anderer regenerativer Energien (Energietransformationsplan) ist sinnvoll. Die Forscherinnen und Forscher kombinierten die geologischen Daten mit modellierten Wirtschaftlichkeitsszenarien und haben den Kommunen die Basis für Verhandlungen mit Investoren geschaffen. Sie sehen gute Chancen für die zeitnahe Realisierung einer mehrere Millionen Euro teuren lokalen Erkundungsbohrung.

Universität Göttingen Geowissenschaftliches Zentrum

- Dr. Bernd Leiss
- bleiss1@gwdg.de
- www.uni-goettingen.de/de/506983.html

Auf der Suche nach der idealen Batterie



Das Batterietestzentrum der Technischen Universität Clausthal untersucht Alterungsprozesse verschiedener Batteriesysteme, um das Verhältnis von Energieinhalt und Leistung für bestimmte Anwendungen zu optimieren.

Da erneuerbare Energien aus Sonnen- und Windkraft nicht gleichmäßig ins Stromnetz eingespeist werden können, benötigen Netzbetreiber Energiespeicher, um die Netzstabilität sicherzustellen. Doch wie muss ein idealer Speicher beschaffen sein? Das ergründet das Forschungszentrum Energiespeichertechnologien der Technischen Universität Clausthal. Die Forschenden entwickeln verschiedene Batteriesysteme, testen Anwendungen und Alterungsprozesse.

Angesichts regenerativer Energieeinspeisung standen bisher Atom-, Kohle- oder Gaskraftwerke mit großen rotierenden Schwungmassen als Reserve zur Verfügung, um Fluktuationen auszugleichen und Stromnetze zu stabilisieren. Diese Funktion müssen zunehmend Batteriespeicher an Netzknoten übernehmen. Dabei bestehen oftmals Unklarheiten bei der Auswahl eines Speichers. Zielkonflikte gibt es insbesondere, wenn im Vergleich zum Energieinhalt hohe oder sehr hohe Leistung (Energie pro Zeit) benötigt wird. So zeigen die Projekte ReserveBatt und GridBatt des Clausthaler Forschungszentrums Energiespeichertechnologien, dass ein Speicher als Ersatz der großen rotierenden Schwungmassen (sogenannte Momentanreserve) ein Leistungs- zu Energieverhältnis von 100 Watt pro Wattstunde haben sollte, wenn das System ideal ausgelegt wird. Diesen idealen Speicher suchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den Projekten GridBatt und INNOBATT.

Batterien charakterisieren und optimieren

Vielversprechende Ansätze zeigen Aluminium-Ionen-Batterien: Sie sind bei akzeptablen Energiedichten und 500.000 Zyklen mit sehr hohen Lade- und Entladeraten von 100 Ampere pro Amperestunde (Ladezeiten unter einer Minute) sehr stabil. Das Forschungszentrum arbeitet gemeinsam mit Partnern an der Charakterisierung und Optimierung der Batterien und erschließt Anwendungsoptionen. Die Teams bestimmen zum Beispiel Speicheranforderungen für dynamische Netzanforderungen und ermitteln

Benchmarks für unterschiedliche Technologien wie Superkondensatoren, Lithium- und Aluminium-Ionen-Batterien. Dazu entwickeln sie Testverfahren für Laborzellen bis hin zu kommerziellen Hochleistungszellen-, -modulen und -systemen.

Testzentrum untersucht Alterungsprozesse

Das Batterietestzentrum stellt eine leistungsstarke, innovative Infrastruktur zur Verfügung, die für Performance- und Alterungsuntersuchungen moderner Batteriesysteme in elektrischen und thermischen Grenzbereichen notwendig ist (etwa Modulprüfstände für Ströme bis 2.400 A oder impedanzbasierte Zellcharakterisierung). Bei der Batterieentwicklung und -charakterisierung wird im Projekt HoLiSens gemeinsam mit dem Fraunhofer HHI faseroptische Messtechnik eingesetzt, um beispielsweise eine verstärkte Alterung oder Batteriefehler frühzeitig zu erkennen. Damit können Schnelllade-Verfahren entwickelt werden, die gezielt auf die Temperaturerhöhung und Ausdehnung der Batterien beim Ladevorgang reagieren.

Technische Universität Clausthal Forschungszentrum Energiespeichertechnologien EST

→ Dr.-Ing. Ralf Benger
→ ralf.benger@tu-clausthal.de
→ www.est.tu-clausthal.de

Sicherer Betrieb von Lithium-Ionen-Batterien

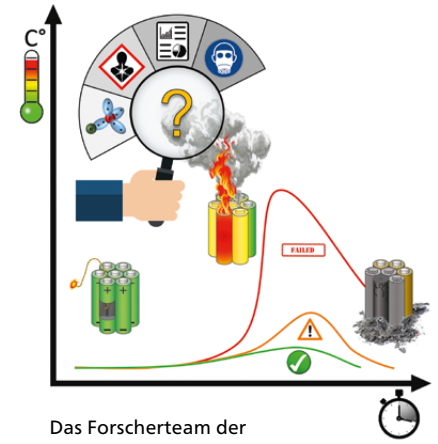
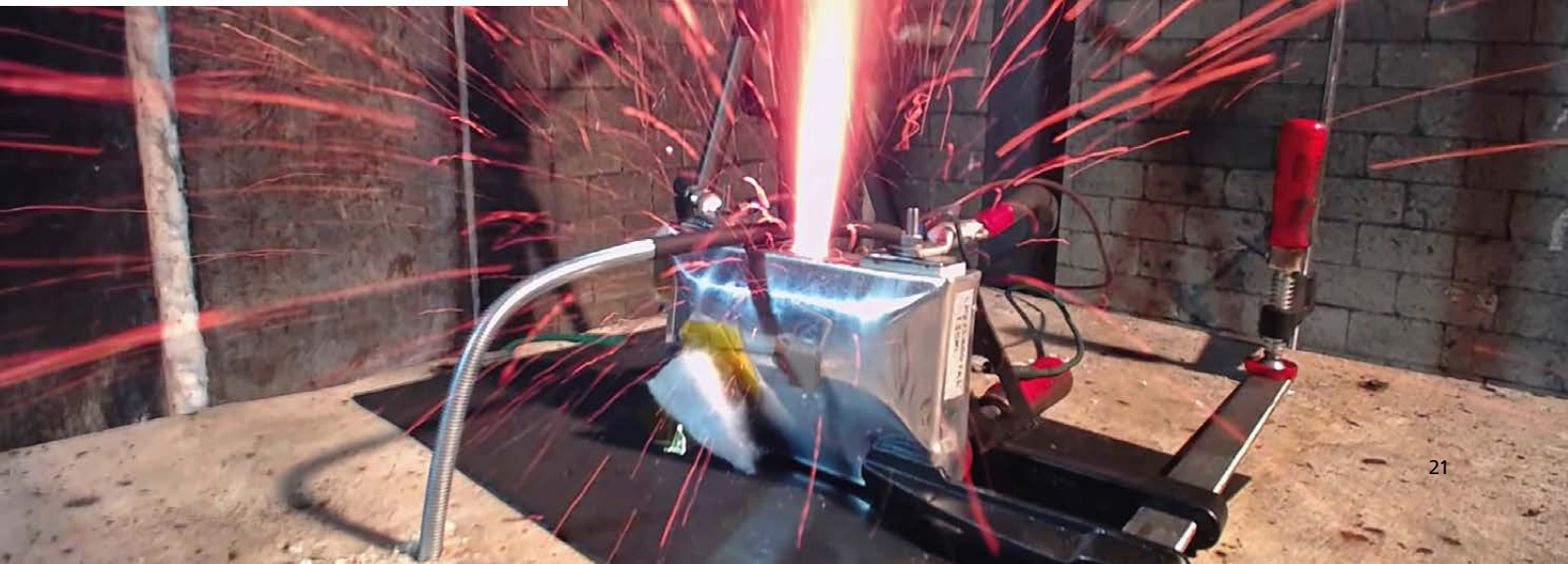
Als Energiespeicher sind Lithium-Ionen-Batterien derzeit für viele Anwendungen konkurrenzlos. Jedoch bieten Fehlanwendungen, mechanische Überbeanspruchung, Alterung oder Produktionsfehler immer ein Restrisiko für Rauchbildung, Brand oder Explosion. Das Forschungszentrum Energiespeichertechnologien der Technischen Universität Clausthal untersucht die Risiken und Auswirkungen und entwickelt technische Maßnahmen, die die Sicherheit dieser Batterien erhöhen.

Lithium-Ionen-Batterien bieten selbst mit konstruktiven Anpassungen oder neuen Materialkombinationen keine hundertprozentige Sicherheit, sie lassen sich nur in einem bestimmten Betriebsfenster sicher nutzen. Wie eine Batteriezelle im Fehlerfall reagiert, mit Erwärmung, Gas-, Rauch- und Flammenbildung oder Explosion, ist von verschiedenen Faktoren abhängig: etwa von den eingesetzten Materialien, der Bauform, dem Ladezustand, den Umgebungsbedingungen sowie von Fehlerart, -dauer und -schweregrad. Deshalb führt das Forschungszentrum Energiespeichertechnologien der TU Clausthal im Projekt RiskBatt aufwendige Versuche mit zeitlich aufgelöster Gasmessung durch, um Risiken und Auswirkungen besser einschätzen zu können.

Temperatur und Gaskonzentration verringern

Die Forschenden bringen die Lithium-Ionen-Batterien in eine gezielte Überhitzung (Thermal Runaway), was zu hoher Druck- und Temperaturentwicklung und der Freisetzung toxischer, explosionsfähiger und brennbarer Gase führt. Durch Funken oder bei Überschreiten von Temperatur- und Konzentrationsgrenzen kann eine Entzündung oder auch eine spontane Explosion erfolgen. Hier setzt das Projekt VentBatt

Bei unsachgemäßer Nutzung oder bei Produktionsfehlern können Lithium-Ionen-Batterien in Brand geraten. Das ist zwar selten, aber nicht ausgeschlossen.



Das Forscherteam der TU Clausthal nimmt Lithium-Ionen-Batterien genau unter die Lupe, um das Verhalten im Fehlerfall zu verstehen und Risiken abzuschätzen.

an: Die Forschenden minimieren beziehungsweise vermeiden einen Thermal Runaway, indem sie die Temperatur und Konzentration der ausströmenden Gase unter die Grenzwerte reduzieren, bei denen eine Selbstentzündung oder spontane Gasexplosion erfolgen kann.

Das Forschungsteam entwickelt Maßnahmen, die durch ein kontrolliertes Gas- und Thermomanagement die Sicherheit dieser Batterien erhöhen, zum Beispiel:

- gezielte Druckentlastung durch Ventile
- Nutzung von Partikelschäumen, die Temperatur und Konzentration der brennbaren Gase unterhalb der Brand- und Explosionsgrenzen verringern
- optimiertes Design eines Batteriesystems einschließlich Gehäuse und Strömungsführung.

Technische Universität Clausthal Forschungszentrum Energiespeichertechnologien EST

- Dr.-Ing. Ralf Bengler
- ralf.bengler@tu-clausthal.de
- www.est.tu-clausthal.de



Forschung

LaneCharge – ein berührungsloses Ladesystem für E-Autos

Wo kann ich mein E-Auto aufladen? In Städten ist das oft eine schwierige Frage. Eine Alternative zu Ladesäulen könnten induktive Ladestationen im Boden sein. Zur Energieübertragung muss das Auto präzise auf den entsprechenden Ladeflächen stehen.

Wie können Städte die Energieversorgung von Elektromobilen sicherstellen? Das ist eine der größten Herausforderungen der Verkehrswende. Die Hochschule Hannover erforscht eine Alternative zu Schnellladesäulen: das berührungslose, induktive Laden über Luftspulen, die im Boden versenkt sind. Das System eignet sich für Taxis und Sharing-Autos und kann weitere Vorteile bieten, zum Beispiel Stromnetze entlasten oder Speicherkapazität und Batteriegröße in E-Autos verringern.

Ausbau von Schnellladelösungen – das ist vielfach das Mittel der Wahl, um eine ausreichende Energieversorgung von Elektrofahrzeugen sicherstellen zu können. Mit den kontinuierlich ansteigenden Neuzulassungen von E-Autos werden Kommunen, Mobilitätsanbieter und Energieversorger aber nicht darum herumkommen, die Ladeinfrastruktur auch in der Breite mit geringer Ladeleistung aufzubauen. „Denn gerade im urbanen Raum mit seiner hohen Fahrzeugdichte lassen sich Schnellladesäulen nicht überall realisieren“, sagt Elektro-Ingenieur Stephen Hölzel, „oder immer mehr Ladestationen werden das Stromnetz ansonsten zunehmend überfordern.“ In einem Forschungsteam der Hochschule Hannover arbeitet er an alternativen Lösungen.

Energie kontakt- und barrierefrei übertragen

Eine andere Möglichkeit ist das Laden mittels elektromagnetischer Induktion. „Durch die kontaktlose Energieübertragung eröffnen sich völlig neue Lösungsräume, welche kabelgebunden undenkbar wären“, erläutert Stephen Hölzel.

Beispielsweise übertragen im Boden versenkte Sendespulen die Energie ans Auto, wo Empfängerspulen den Strom für die Batterie aufnehmen. So lassen sich induktive Ladelösungen unsichtbar in das vorherrschende Stadtbild integrieren, da keine dezidierten Ladesäulen notwendig sind. „Vom Wegfall der Barrieren durch Ladesäulen oder der Stolperfalle Ladekabel ganz zu schweigen“, ergänzt der Forscher.

Im Projekt LaneCharge entwickelt und erprobt das Forschungsteam ein kabelloses Ladesystem. „Ein solches Ladesystem erlaubt im Vergleich zu den konventionellen Lademöglichkeiten, Elektrofahrzeuge kontakt- und barrierefrei zu laden“, erklärt Stephen Hölzel. „Es fügt sich unauffällig durch asphaltintegrierte Ladespulen in die Umgebung ein und realisiert häufiges Nachladen kleinerer Energiemengen.“ Das schafft darüber hinaus die Voraussetzungen für „Stopp & Go“-Situationen, um Fahrzeuge mit kleineren Batterien bei unveränderter Reichweite auszustatten. Das macht das Ladesystem insbesondere für Taxiwirtschaft oder Car-Sharing-Systeme attraktiv.

In der Schnittdarstellung ist die Ausrichtung des Fahrzeugs zwischen Sendespule (im Boden) und der Empfängerspule (im Fahrzeug) dargestellt. Für eine optimale Positionierung liegen die beide Spulenmittelpunkte übereinander.



Auf dem Teststand überprüft das Forschungsteam die Leistungselektronik, die das induktive Laden der E-Auto-Batterie über eine elektromagnetische Spule regelt.

Robustes Ladesystem mit geringer Komplexität

Die technischen Herausforderungen in diesem Projekt sind groß. Das Forschungsteam hat unter anderem ein Konzept für die Regelung am Fahrzeug erarbeitet, bei dem sich die Kommunikation darauf reduziert, die Ein- und Ausschaltbefehle zu identifizieren und zu übermitteln. Die fahrzeugseitige Regelung erlaubt darüber hinaus, mehrere Sendespulen mit nur einer Leistungselektronik zu betreiben. Die dadurch geringere technische Komplexität auf der Infrastrukturseite verspricht deutlich niedrigere Investitionskosten und erhöht die Robustheit gegenüber gängigen Systemen mit einer Regelung auf der Ladestationsseite. Vor einer breiten Markteinführung müssten die Systeme noch standardisiert werden.

Das Projekt LaneCharge, das die Hochschule Hannover leitet, befindet sich aktuell in der finalen Phase mit der Inbetriebnahme der Teststrecke auf dem hannoverschen Hochschul-Campus. Die Projektpartner sind EDAG Group, SUMIDA Components and Modules sowie die Technische Universität

Braunschweig. Gefördert wird das Projekt in der Förderrichtlinie Elektromobilität vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV). Die Förderrichtlinie wird von der NOW GmbH koordiniert und durch den Projektträger Jülich (PTJ) umgesetzt.

Hochschule Hannover Fakultät I, Fachgebiet Regelungstechnik und Mechatronik

→ Prof. Dr.-Ing. Heiko Hepp
→ heiko.hepp@hs-hannover.de
→ Stephen Hölzel, M. Sc.
→ stephen.hoelzel@hs-hannover.de
→ <https://f1.hs-hannover.de/ueber-uns/fachgebiete/regelungstechnik-und-mechatronik>



Lydia Weseler untersucht im Laborteststand Elektroden für die CO₂-Elektrolyse.

Forschung

Kohlenstoffdioxid in chemischer Kreislaufwirtschaft nutzen

Die Energiewende forciert die Nutzung regenerativer Energien sowie eine ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft. Forscherinnen und Forscher der Technischen Universität Clausthal verwenden grünen Strom für die CO₂-Elektrolyse, um Ausgangsstoffe für chemische Prozesse herzustellen. Sie untersuchen die komplexen Vorgänge, optimieren Elektroden und integrieren die verschiedenen Verfahren in einen CO₂-Kreislauf.

Fossile Energieträger setzen bei der Verbrennung viel Kohlenstoffdioxid (CO₂) frei und tragen erheblich zur globalen Erwärmung bei. Daher werden sie zunehmend durch erneuerbare Alternativen wie Wind- und Solarenergie ersetzt. In der Regel fallen diese jedoch abhängig von den Wetterbedingungen stark fluktuierend an, sodass effiziente Speichertechnologien benötigt werden. Gleichzeitig werden in der chemischen Industrie weiterhin zahlreiche kohlenstoffbasierte Verbindungen benötigt, beispielsweise für die Kunststoffherstellung, während CO₂ in großen Mengen als Abfallstoff anfällt. Die CO₂-Elektrolyse kombiniert die Aspekte der Energiespeicherung und der Herstellung von kohlenstoffbasierten Verbindungen, wodurch ein CO₂-Kreislauf entsteht.

Hohe Ausbeute, geringer Energiebedarf

Mit der Elektrolyse können aus Kohlenstoffdioxid unter Einsatz von grünem Strom wichtige Basis-Chemikalien für die chemische Industrie, beispielsweise Kohlenstoffmonoxid oder Ethylen, synthetisiert werden. Nach der Nutzung der Endprodukte, die als Energiespeicher in chemischer Form fungieren, werden diese in der Regel thermisch verwertet. Dabei entsteht wieder CO₂, welches mit Hinblick auf eine Kreislaufwirtschaft erneut für die CO₂-Elektrolyse eingesetzt werden kann. Die zentrale Komponente der Elektrolyse ist die Elektrode, an der das CO₂ elektrochemisch umgesetzt wird. Das Institut für Chemische und Elektrochemische Verfahrenstechnik der TU Clausthal arbeitet in verschiedenen Projekten daran, die Struktur der eingesetzten Elektroden zu optimieren, um eine möglichst hohe Ausbeute des Zielproduktes bei geringem Energiebedarf zu erreichen.

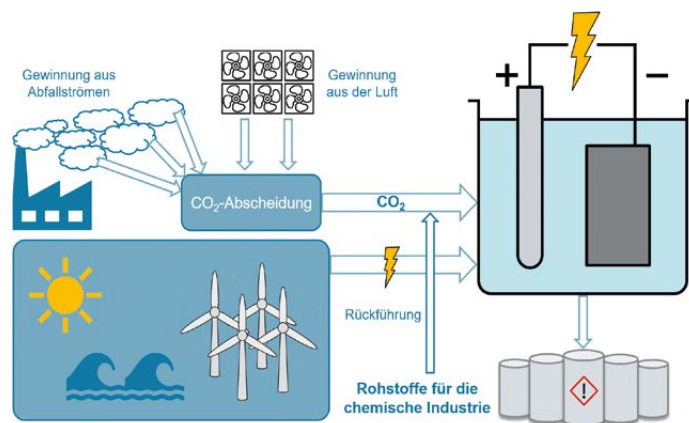
Neu entwickeltes Sprühverfahren für Elektroden

Zum Beispiel stellen die Forschenden Elektroden auf Basis eines Silberkatalysators mit einem selbst entwickelten

Sprühverfahren her und bewerten sie hinsichtlich ihrer Performance für die CO₂-Elektrolyse. Die Vorgänge innerhalb dieser Elektroden sind äußerst komplex, weil es sich um ein Zusammenspiel von gasförmigem Edukt, flüssigem Elektrolyt und festem Katalysator handelt. Diese drei Phasen müssen dabei in einer möglichst idealen Verteilung vorliegen. Da die innerhalb der Elektrode ablaufenden Vorgänge experimentell nur mit hohem Aufwand zugänglich sind, nutzen die Forschenden ergänzende mathematische Modelle, um die Prozesse besser zu verstehen sowie den Elektrodenaufbau zu optimieren.

Technische Universität Clausthal Institut für Chemische und Elektrochemische Verfahrenstechnik

- Prof. Dr.-Ing. Thomas Turek
- tured@icvt.tu-clausthal.de
- www.icvt.tu-clausthal.de



Die CO₂-Elektrolyse kombiniert die Aspekte der Energiespeicherung und der Herstellung von kohlenstoffbasierten Verbindungen, wodurch ein CO₂-Kreislauf entsteht.

Mit künstlicher Intelligenz zu mehr Windenergie

Die Bundesregierung will den Ausbau der Windenergie beschleunigen. Ein neues Geodateninformationssystem soll die Erfolgswahrscheinlichkeit von Ausbauprojekten vorhersagen.

Energiewende ja, aber ein Windrad in der Nähe? Nein! Der Ausbau der Windenergie ist dringend notwendig, doch Widerstand in der Nachbarschaft und von Naturschutzvereinen verzögert oder stoppt viele Bauprojekte. Mit Künstlicher Intelligenz (KI) will das interdisziplinäre Verbundprojekt WindGISKI den Ausbau der Windenergie beschleunigen. Acht Unternehmen, Verbände und Forschungseinrichtungen entwickeln ein Geoinformationssystem, das die Erfolgsaussichten von Windenergie-Bauprojekten vorhersagen soll.

Derzeit gibt es rund 30.000 Windenergieanlagen in Deutschland, etwa die Hälfte könnte in den kommenden zehn Jahren vom Netz gehen. Viele sollen ersetzt werden, nicht immer ist dies jedoch möglich und wirtschaftlich sinnvoll. Um die Klimaziele zu erreichen, ist es daher notwendig, zusätzliche Flächen für Windenergie zu identifizieren. Doch demografische und soziologische Faktoren können die Erfolgsaussichten von Windenergie-Projekten stark beeinflussen. Das größte Hindernis beim Ausbau sind Klagen gegen Flächenausweisungen oder konkrete Bauprojekte. Mit Prognosen eines Geoinformationssystems sollen in Zukunft weniger Projekte scheitern. Am Verbundprojekt WindGISKI, gefördert vom Bundesumweltministerium, sind das Institut für Integrierte Produktion Hannover – IPH sowie das Institut für Statik und Dynamik der Leibniz Universität Hannover beteiligt.

Bevölkerung zwischen Zuspruch und Widerstand

In einer Machbarkeitsstudie haben das IPH und die Nefino GmbH umfangreiche Daten aus vergangenen Windenergieprojekten analysiert und hochkomplexe Zusammenhänge festgestellt. In Regionen, in denen bereits einige Windenergieanlagen vorhanden sind, ist die Bevölkerung grundsätzlich aufgeschlossener für weitere Bauprojekte – werden es allerdings zu viele, steigt die Wahrscheinlichkeit für Widerstand. Ähnlich verhält es sich in Regionen mit einem hohen Anteil von umweltbewussten Bürgerinnen und Bürgern, wo beispielsweise Bedenken wegen des Artenschutzes wachsen. Viele verschiedene Faktoren, wie Projektdauer, Anzahl regionaler Windenergieanlagen, Durchschnittsalter und Bildungsgrad der Bevölkerung, spielen eine Rolle und beeinflussen sich noch dazu gegenseitig.

Flächen identifizieren, Erfolgsprognosen erstellen

Um die komplexen Zusammenhänge abzubilden, setzen die Forschungspartner künstliche Intelligenz sowie Methoden des Data Mining ein. Nachdem die KI mit Daten aus vergangenen



Welche Flächen eignen sich für neue oder weitere Windenergieanlagen? Das hängt nicht nur vom Abstand zu Siedlungen und von der Windstärke ab, sondern auch vom Wohlwollen der Anwohnenden.

Windenergie-Bauprojekten angelernet worden ist, kann sie Zukunftsprognosen abgeben und für jeden Winkel Deutschlands die Erfolgchancen von Windenergie-Ausbauprojekten berechnen. Vielversprechende Standorte für zukünftige Windenergieanlagen lassen sich durch eine Flächenbewertung einfacher identifizieren. Zusätzlich ist es mit dem Geoinformationssystem leichter herauszufinden, welche Hindernisse andernorts den Ausbau bremsen und wie sich diese Hürden beseitigen lassen. Beides trägt dazu bei, den Ausbau der Windenergie in Deutschland zu beschleunigen und die Energiewende voranzutreiben.

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

→ Paolo Pappe, M. Sc.
→ pappe@iph-hannover.de
→ www.iph-hannover.de



Forschung

Windenergie – Forschung im Turbulenten Windkanal

Die Windverhältnisse in Windparks beeinflussen die Lebensdauer und die Energieausbeute der Anlagen. Freifeldmessungen validieren die Datenbasis für Prognose-Modelle.

Für den Ausbau der Windenergie werden nicht nur neue Flächen und Anlagen benötigt. Um Windenergie für die Energienetze der Zukunft verlässlich bereitstellen zu können, arbeiten Forschende in Niedersachsen und Bremen daran, das Verhalten des Windes in leistungsfähigen Windparks zu analysieren und vorherzusagen. Dafür untersuchen sie die Vorgänge in der Atmosphäre und entwickeln Modelle und Rechengrundlagen für neue, immer größer werdende Generationen von Windturbinen. Herzstück dieser Forschung ist der Turbulente Windkanal.

ForWind, das Zentrum für Windenergieforschung, bündelt die Projekte von rund 30 Instituten und Arbeitsgruppen der Universitäten Oldenburg, Hannover und Bremen. Seit 2016 ist eines der Herzstücke der Forschung das „Labor für Turbulenz und Windenergiesysteme“ (WindLab) auf dem Oldenburger Campus. Einzigartig ist der Turbulenz-Windkanal, der realistische turbulente Windfelder und Windgeschwindigkeiten von bis zu 150 Kilometern pro Stunde erzeugt. Mit dem so genannten aktiven Gitter können die Forschenden mehr als 1.000 Klappen ansteuern und ausrichten und dadurch gezielt Turbulenzen und Windböen erzeugen. Im Turbulenten Windkanal untersuchen sie das Zusammenspiel von atmosphärischen Strömungen mit ganzen Windparks, einzelnen Windenergieanlagen und

ihren Komponenten. Ziel ist es, exakte Daten und Modelle für den effizienten und nachhaltigen Betrieb von Windparks, insbesondere offshore, zu generieren.

Windlast auf Bauteile simulieren

Damit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die zugrundeliegenden physikalischen Phänomene über mehrere Größenordnungen und Zeitskalen hinweg betrachten können, verfügt ForWind zudem über ein Hochleistungs-Rechencluster. Mit dem werden auch Methoden des maschinellen Lernens in die Forschung eingebunden. Sowohl Wettersysteme mit mehreren Hunderten Kilometern Durchmesser als auch kleinräumige Verwirbelungen, die direkt

auf die Bauteile der Windenergieanlage einwirken, lassen sich auf diese Weise simulieren und modellieren. Industriepartner erhalten eine verlässliche Datenbasis für die Weiterentwicklung und den Betrieb ihrer Anlagen.

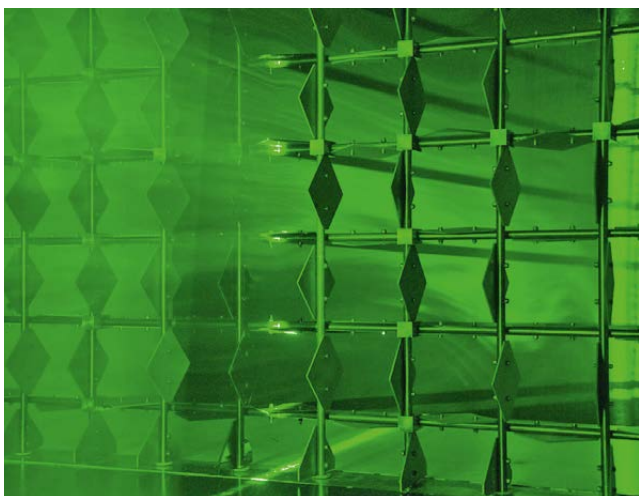
Modelle und Szenarien in Praxis übertragen

Zum Beispiel lässt sich, stark vereinfacht, die Modellierung von Turbulenzen in Windfeldern dazu nutzen, Leistungsvorhersagen von Windenergieanlagen oder ganzen Windparks zu optimieren. So kann der Betreiber die Auslastung der Stromnetze besser planen. In einem anderen Verbundprojekt mit einem Industriepartner kommt ein speziell entwickeltes selbstlernendes Regelungskonzept zum Einsatz, das die Erträge maximieren soll. Die Methodik und die Grundlagen des Systems werden bei ForWind im Windkanal erforscht und erprobt. Das neue Regelungssystem kommt dann in einem Testwindpark direkt zum Einsatz und wird dort für den größeren Einsatz in der Praxis validiert.

Umfangreiche Lidarmessgeräte, die in hoher Auflösung und Genauigkeit die Windverhältnisse im Bereich von Metern bis Kilometern um reale Windenergieanlagen durch Laserstrahlen messen, runden diese Forschung ab. Zu den entscheidenden Zukunftsfragen der Windenergieforschung arbeiten im WindLab drei Arbeitsgruppen unter der Leitung von Prof. Dr. Kerstin Avila (Grundlagen der Turbulenz und komplexer Systeme), Prof. Dr. Martin Kühn (Windenergiesysteme) und Prof. Dr. Joachim Peinke (Turbulenz, Windenergie und Stochastik) gemeinsam mit weiteren nationalen und internationalen Forschungspartnern.

ForWind – Zentrum für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg, Hannover und Bremen

- Dr. Stephan Barth, Geschäftsführer
- stephan.barth@forwind.de
- www.forwind.de



Im Turbulenten Windkanal können die Forschenden mit einem aktiven Gitter mehr als 1.000 Klappen ansteuern und ausrichten. So erzeugen sie gezielt Turbulenzen und Windböen und messen die Auswirkungen auf Windkraftanlagen.



PLATOON
Digital platform and analytic tools for energy

Technologieangebot

PLATOON – digitale Plattformen für Energie

Energiewende ist in aller Munde – der Energieverbrauch nimmt seit Jahren zu, der Bedarf an umweltfreundlichen Energiequellen zum Klimaschutz ist höher denn je. Ein Baustein dabei ist ein intelligentes Netzmanagement. Mit der innovativen digitalen Plattform PLATOON können „intelligente“ Stromnetze verwaltet, Technologien zur Analyse von Big Data eingesetzt und die Nutzung erneuerbarer Energien gesteigert werden.

Das EU-Projekt PLATOON entwickelte technische Lösungen zur Digitalisierung des Energiesektors. Denn die Energienetze von morgen bestehen aus heterogenen, miteinander verbundenen Systemen aus kleinen, verteilten Energieerzeugungsgeräten, die riesige Datenmengen erzeugen. Insbesondere der Elektrizitätssektor benötigt unter diesen Bedingungen Big-Data-Werkzeuge für ein optimiertes Management. Die PLATOON-Referenzarchitektur bietet skalierbare und reproduzierbare Managementlösungen, um die Daten der Energiesysteme in Echtzeit zu analysieren und zu verarbeiten.

Die sieben Pilotprojekte von PLATOON umfassten unter anderem die vorausschauende Wartung von Windparks, die effiziente Endnutzung von Energie sowie die Nachfragesteuerung in einem intelligenten Gebäude. Entstanden sind in den Projekten innovative digitale Technologien in der Prototypenphase, die Datenzugriff und -speicherung ermöglichen – und das einfach, sicher und modular. Außerdem wurden benutzerfreundliche Big-Data-Analyse-Tools für den Energiesektor entwickelt, die auf einem Marktplatz verfügbar sind, auf dem die Datenhoheit gewährleistet ist.

TIB – Leibniz-Informationszentrum Technik und Naturwissenschaften Leitung Wissens- und Technologietransfer

- Alexandra Garatzogianni
- alexandra.garatzogianni@tib.eu
- <https://platoon-project.eu>



Technologieangebot

Datenaustausch im Zuge der Energiewende vereinfachen

Im Energiesektor entstehen zahlreiche Forschungsdaten. Über die nationale Dateninfrastruktur NFDI4Energy und neue Services können Akteure diese Daten besser und effizienter nutzen.

Forschungsdaten entstehen im Energiesektor in verschiedenster Form und in großen Mengen – von Wetterdaten über prognostizierte Parameter technischer Anlagen und Infrastrukturen bis hin zu Softwaresystemen. Um diese Daten besser zugänglich zu machen, Standards zu setzen und die Akteure weiter zu vernetzen, hat ein interdisziplinäres Team aus ganz Deutschland eine nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) aufgebaut.

Energiewende und die zunehmende Kopplung der Energie-, Wärme- und Mobilitätssektoren stellen sowohl Forschung als auch Praxis vor große Herausforderungen: Digitalisierungsprozesse hin zu cyber-physischen Energiesystemen (CPES) erleichtern den Wandel in vielerlei Hinsicht. Sie wirken sich gleichermaßen auf technische, betriebswirtschaftliche, soziale und gesellschaftliche Prozesse aus. Die Erforschung und die Umsetzung verschiedener Energiesysteme stützen sich in hohem Maße auf modell- und datengetriebene Ansätze. Aber wie kann man all diese Daten nutzbar machen, effizient einsetzen und die Ergebnisse transparent und allgemein verständlich veröffentlichen?

Daten transparent und sicher weiter nutzen

Unter Federführung der Universität Oldenburg arbeitet ein interdisziplinäres Team im Forschungsprojekt NFDI4Energy daran, den Akteuren im Energiesektor mit dem Aufbau von Services zur Nutzung einer Dateninfrastruktur den Zugang und Umgang mit Daten zu erleichtern. An diesem Projekt ist unter anderem auch die TIB – Leibniz-Informationzentrum Technik und Naturwissenschaften beteiligt. Die Forschenden stellen verschiedene Services bereit: Zum einen dient eine gemeinsame Infrastruktur dem Austausch und der Auffindung von Daten, Modellen und Prozessen. Zum anderen werden unterstützende Dienste geschaffen, zum Beispiel zur Anonymisierung von Daten, so dass Unternehmen und Wissenschaft diese sicher nutzen können.

Ergebnisse transferieren, Vernetzung fördern

Im Zentrum steht außerdem die Integration weiterer Partner, zum Beispiel mittelständische Unternehmen.

Zusätzlich wird der Transfer der Ergebnisse in die Industrie und Politik sowie der Diskurs mit der Gesellschaft als Ganzes gefördert. Mit seinen Services möchte NFDI4Energy einen großen Teil relevanter Arbeitsabläufe unterstützen – vom Austausch von Daten zwischen Forschung und Wirtschaft bis zur Einbindung in Forschungssoftware. Die Dateninfrastruktur lebt von der Partizipation ihrer Teilnehmer: NFDI4Energy ist daher an einer engen Zusammenarbeit mit Unternehmen zur Nutzung der Infrastruktur sowie an einem kontinuierlichen Austausch interessiert.

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

- Prof. Dr.-Ing. Astrid Nieße
- Stephan Frenz, M. Sc.
- Oliver Werth, M. Sc.
- <https://nfdi4energy.uol.de>



Auf Einladung von Projektleiterin Prof. Dr. Astrid Nieße (vorn, Dritte von rechts) fand mit allen Partnern das Kick-off-Event des Forschungsprojekts NFDI4Energy im Februar 2023 statt.

Neues Forschungslabor fürs nachhaltige Fliegen



Um das Fliegen umweltfreundlicher zu gestalten, spielen elektrische Bordnetze eine Schlüsselrolle. Damit Effizienz und Zuverlässigkeit im Luftverkehr direkt bei der Entwicklung berücksichtigt werden können, erhält der Exzellenzcluster „Sustainable and Energy-Efficient Aviation“ SE²A ein neues Labor, das Electric Aircraft Ground Lab Environment (E2AGLE). Das Forschungsgrößgerät wird in zwei Teilsystemen an der Technischen Universität Braunschweig und an der Leibniz Universität Hannover aufgebaut.

Elektrifizierte Antriebsstränge haben unmittelbare Auswirkungen auf die Bordnetzstrukturen und das Flugzeugdesign und somit auch auf das nachhaltige und energieeffizientere Fliegen. Mit verteilten Propulsorantrieben statt der bisherigen zwei Triebwerke ergeben sich in Kombination mit modernen Elektroantrieben eine Vielzahl neuer Möglichkeiten, Antriebssysteme, Leistungselektronik und Bordnetze hinsichtlich der Energie- und Informationsflüsse zu gestalten. Der Exzellenzcluster „Sustainable and Energy Efficient Aviation“ (SE²A) entwickelt neue elektrische Bordnetze. Mit Hilfe des jetzt genehmigten Forschungsgrößgerätes E2AGLE können die topologischen Möglichkeiten der Bordnetze und der Flugzeugantriebe grundlegend untersucht werden.

Zentrale und dezentrale Bordnetze untersuchen

Am Exzellenzcluster, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Land Niedersachsen, beteiligen sich fünf Forschungsinstitutionen. An der Technischen Universität Braunschweig und der Leibniz Universität Hannover werden zwei Teilsysteme modular aus einzeln skalierbaren Komponenten errichtet, zum Beispiel Nachbildungen von Brennstoffzellen oder Batteriespeichern in Kombination mit Flugantrieben. Das Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen der TU Braunschweig untersucht eine zentrale Bordnetztopologie, bei der alle Energiequellen mit einem gemeinsamen Bordnetz verbunden sind. Dies ermöglicht es – trotz hohem Verkabelungsaufwand –, die flexible Gestaltung der Energieflüsse, die Zuverlässigkeit der Systemkomponenten

sowie die Leitungsverluste durch den Einsatz von Supraleitern im Bordnetz zu erforschen.

Leistungsvermögen, Zuverlässigkeit, Effizienz

Das Institut für Antriebssysteme und Leistungselektronik in Hannover untersucht hingegen dezentrale Bordnetztopologien, bei der eine freie Positionierung der Speicherkomponenten im Flugzeug ermöglicht wird. Hierzu werden viele kleine Energiespeicher in der Nähe der Antriebe positioniert. Der Verkabelungsaufwand reduziert sich. Dafür muss die Zuverlässigkeit sichergestellt werden, zum Beispiel durch eine erhöhte Anzahl der Antriebe. Die Kooperationspartner können so gleichzeitig zwei Bordnetztopologien auf das technische Leistungsvermögen, die Zuverlässigkeit, die Effizienz von Flugmanövern und Fehlerszenarien – beispielsweise den Ausfall eines Antriebsmotors – untersuchen. Die Ergebnisse der Untersuchungen der beiden Entwicklungsansätze werden anschließend verglichen, um daraus technische Handlungsempfehlungen ableiten zu können.

Technische Universität Braunschweig Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen

→ Prof. Dr.-Ing. Markus Henke
→ markus.henke@tu-braunschweig.de
→ www.tu-braunschweig.de/imab
→ www.tu-braunschweig.de/se2a



Im Laborraum der TU Braunschweig werden neue elektrische Bordnetze für Flugzeuge entwickelt. Prof. Markus Henke (von links), Prof. Regine Mallwitz sowie SE²A-Clustersprecher Prof. Jens Friedrichs zeigen erste Komponenten des Großgerätes E2AGLE.



Forschung

Entwässerung – klimafreundlich und energieeffizient

Schöpfwerke wie in Kehdingen an der Elbe (Bildmitte am Deich) entwässern das Hinterland an Küsten und großen Flüssen. Die Pumpprozesse sollen zukünftig energie- und kostenoptimaler gesteuert werden.

Schöpfwerke erfüllen eine wichtige Entwässerungsfunktion. In tiefliegenden Gebieten schützen sie Siedlungen und Landnutzung vor Hochwasser. Dies geschieht unter hohem Energieaufwand. Im Projekt „Schöpfwerk 4.0“ an der Leuphana Universität Lüneburg hat ein Forschungsteam gemeinsam mit Praxispartnern Modelle entwickelt, um den Betrieb der Anlagen zukünftig energieeffizienter zu gestalten.

Starke Niederschläge oder hohe Pegelstände können in niedriggelegenen Küstenregionen oder entlang großer Flüsse Agrarflächen verwässern und Keller feucht werden lassen. Schöpfwerke regulieren die Wassermengen im Hinterland, indem sie überschüssiges Regen- und Drängwasser in natürliche Gewässer heben. „Allein in Niedersachsen werden dabei jährlich rund 40 Millionen Kilowattstunden Energie benötigt – so viel Strom verbrauchen rund 13.000 Haushalte in demselben Zeitraum“, sagt Prof. Dr.-Ing. Jens Heger von der Leuphana Universität Lüneburg. Sein Forschungsteam „Schöpfwerk 4.0“ arbeitet gemeinsam mit zwei Kooperationspartnern, dem Unterhaltungsverband Kehdingen und der Vetterkind GmbH, an einer Lösung: Pumpprozesse sollen zukünftig nicht nur bedarfsgerecht, sondern zusätzlich auch energie- und kostenoptimal zu steuern sein. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz fördert das Projekt.

20 Prozent Energieeinsparung möglich

Dazu analysierte das Team zunächst den bisherigen Pumpenbetrieb, der meist noch manuell geplant und gesteuert wird. „Sowohl Niederschlagsmenge und Pegelunterschiede als auch die Wahl der momentanen Drehzahl der Pumpmotoren haben einen großen Einfluss auf den Gesamtenergieeinsatz“, erläutert Mitarbeiter Marvin Hempel. Auf Basis dieser Daten entwickeln die Forschenden Modelle für eine vorausschauende und energieeffiziente Steuerung. Dabei fließen auch Wirkungsgrad, Energiebedarf, aktuelle Stromtarife und Einspeisemengen sowie Wetterdaten in eine vernetzte und intelligente Regelung ein. „Nach unseren Prognosen“, berichtet

Marvin Hempel, „lassen sich mit diesen mathematisch optimierten Plänen für die niedersächsischen Schöpfwerke je nach Gewässersituation und Unterhaltungsverband Energieeinsparungen von bis zu 20 Prozent erreichen.“

Betrieb vorausschauend und flexibel anpassen

Darüber hinaus kann die entwickelte Steuerung den Energieverbrauch flexibilisieren, um mit netzdienlichem Verhalten zusätzlich den Anteil an erneuerbaren Energien zu erhöhen. Lässt sich der Strombedarf durch vorausschauenden Betrieb zeitlich flexibel anpassen, wird vermehrt dann regenerativ erzeugter Strom verwendet, wenn er zur Verfügung steht. Damit sinkt der Bedarf für fossile Energieträger im Energiemix. Das Forschungsteam geht davon aus, dass sich so ein großer Anteil der benötigten Energie aus erneuerbaren Quellen gewinnen ließe – eine deutliche Verkleinerung des CO₂-Fußabdrucks von Schöpfwerken.

Leuphana Universität Lüneburg Institut für Produktionstechnik und -systeme

- Marvin Hempel, M. Sc.
- marvin.hempel@leuphana.de
- Prof. Dr.-Ing. Jens Heger
- jens.heger@leuphana.de
- www.leuphana.de/institute/ipts

Ihre Ansprechpersonen bei den Technologietransferstellen der niedersächsischen Hochschulen

Technische Universität Braunschweig

Transfer- und Kooperationshaus,
Technologietransfer
→ Jörg Saathoff
→ Telefon 0531 391-4260, Fax 0531 391-4269
→ tt@tu-braunschweig.de

Hochschule für Bildende Künste Braunschweig Technologietransfer

→ www.hbk-bs.de

Technische Universität Clausthal Servicezentrum für Forschung und Transfer

→ Mathias Liebing
→ Telefon 05323 72-7754
→ transfer@tu-clausthal.de

Georg-August-Universität Göttingen Abteilung Forschung und Transfer

→ Dr. Birte Otten
→ Telefon 0551 39-28242
→ birte.otten@zvw.uni-goettingen.de

Universitätsmedizin Göttingen Stabsstelle Wissens- und Technologietransfer

→ Alexander Berg
→ Telefon 0551 39-61258
→ alexander.berg@med.uni-goettingen.de

Leibniz Universität Hannover uni transfer

→ Christina Amrhein-Bläser
→ Telefon 0511 762-5728, Fax 0511 762-5723
→ christina.amrhein-blaeser@zuv.uni-hannover.de

Medizinische Hochschule Hannover Stabsstelle Forschungsförderung, Wissens- und Technologietransfer

→ Christiane Bock von Wülffingen
→ Telefon 0511 532-7902
→ bockvonwuelffingen.christiane@mh-hannover.de

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover Technologietransfer

→ Dr. Jochen Schulz
→ Telefon 0511 953-8953
→ jochen.schulz@tiho-hannover.de

Stiftung Universität Hildesheim Forschungsmanagement und Forschungsförderung

→ Christiane Brandau
→ Telefon 05121 883-90122
→ brandau@uni-hildesheim.de

Leuphana Universität Lüneburg Wissenstransfer und Kooperationen

→ Andrea Japsen
→ Telefon 04131 677-2971, Fax 04131 677-2981
→ japsen@leuphana.de

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

→ Anne-Kathrin Guder
→ Telefon 0441 798-4932
→ anne-kathrin.guder@uni-oldenburg.de

Universität Osnabrück/Hochschule Osnabrück Transfer- und Innovationsmanagement TIM der Hochschule und Universität Osnabrück

→ Dr. Christian Newton
→ Telefon 0541 969-2057
→ c.newton@wtt-os.de

Universität Vechta Referat Forschungsentwicklung und Wissenstransfer

→ Dr. Daniel Ludwig
→ Telefon 04441 15-642
→ daniel.ludwig@uni-vechta.de

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel Wissens- und Technologietransfer

→ Dr.-Ing. Martina Lange
→ Telefon 05331 939-10700, Fax 05331 939-10702
→ martina.lange@ostfalia.de

Hochschule Emden/Leer Wissens- und Technologietransfer

→ Anna Benjamins
→ Telefon 04921 807-1385
→ anna.benjamins@hs-emden-leer.de

Hochschule Hannover Stabsstelle Forschung, Entwicklung und Transfer

→ Elisabeth Fangmann
→ Telefon 0511 9296-1019, Fax 0511 9296-991019
→ forschung@hs-hannover.de

HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzwinden/Göttingen Forschung und Transfer

→ Dr. Lars ten Bosch
→ Telefon 05121 881-264
→ lars.bosch@hawk.de

Jade Hochschule Wilhelmshaven/ Oldenburg/Elsfleth Wissens- und Technologietransfer

Studienort Wilhelmshaven
→ Prof. Dr.-Ing. Thomas Lekscha
→ Telefon 04421 985-2211, Fax 04421 985-2315
→ thomas.lekscha@jade-hs.de

Studienort Oldenburg

→ Katrin Keller
→ Telefon 0441 7708-3121
→ katrin.keller@jade-hs.de

Studienort Elsfleth

→ Bernhard Schwarz-Röhr
→ Telefon 04404 9288-4283
→ bernhard.schwarz-roehr@jade-hs.de

Impressum

Herausgeber
Arbeitskreis der
Technologietransferstellen
niedersächsischer Hochschulen

Redaktion

Christina Amrhein-Bläser
uni transfer
Leibniz Universität Hannover
Brühlstraße 27, 30169 Hannover
Telefon 0511 762-5728
Fax 0511 762-5723
christina.amrhein-blaeser@zuv.uni-hannover.de

Redaktionelle Mitarbeit

Cornelia Flothow, Clara Josupeit,
Andreas Menzelmann

Gestaltung

büro fuchsunthase, Hannover

Bildquellen

Titel: Adobe Stock, Blue Planet Studio,
narawit; Seite 2: Bonnie Bartusch;
Seite 4: efzn; Seite 6: Erich Westendarp,
Pixabay; Seite 7 oben: Hagar66,
Wikimedia, unten: Jade Hochschule &
DLR; Seite 8: Uniper; Seite 9: Flemming
Stötzer, Hochschule Emden/Leer;
Seite 10 oben: vanitjan, Envato
Elements, unten: Südniedersachsen
Stiftung; Seite 11: HyNEAT; Seite 12/13:
www.diedreihen.de; Seite 14: Niklas
Siwczak, Universität Hannover; Seite 15:
IEVB, TU Clausthal; Seite 16 oben:
iStock.com, audioundwerbung, unten:
Schulz, TFD, Universität Hannover;
Seite 17: G+L innotec, info@gl-innotec.
com; Seite 18: TU Clausthal; Seite 19 oben:
Bernd Leiss, Universität Göttingen, unten:
Andrea Kozelka, Universität Göttingen;
Seite 20: EST, TU Clausthal; Seite 21:
TU Clausthal; Seite 22: EDAG Group;
Seite 23 oben: Hochschule Hannover,
unten: EDAG Group; Seite 24: ICVT, TU
Clausthal; Seite 25 oben: Markus Distelrath,
Pixabay, unten: goldfrapp, Pixabay;
Seite 26 und 27 links: ForWind – Zentrum
für Windenergieforschung; Seite 28 oben:
Laurence Dutton, unten: Astrid Nieße;
Seite 29 oben: Emslichter, Pixabay, unten:
Dirk Ferch, TU Braunschweig; Seite 30:
Unterhaltungsverband Kehdingen

Wir danken dem
Niedersächsischen Ministerium
für Wissenschaft und Kultur für
die finanzielle Unterstützung.

Gedruckt auf
FSC-zertifiziertem Papier.

Die Online-Ausgaben der bisher
veröffentlichten Technologie-
Informationen niedersächsischer
Hochschulen finden Sie unter
www.wissenhochn.de/de/ti-magazin.
Dort können Sie das Magazin auch
kostenfrei abonnieren.

Themen der vorigen vier Ausgaben

→ Verkehrslogistik, 1/2023
→ Soziale Innovationen, 2+3/2022
→ Produktionslogistik, 1/2022
→ Lebensmittel nachhaltig
produzieren, 3/2021



www.wissenhochn.de

Schnittstelle zur Forschung

Wer forscht woran?
Welche Kooperation bringt die
zündende Idee ins Unternehmen?
Wo findet der Austausch statt,
der die Entwicklung vorantreibt?

So vielfältig wie Niedersachsen
ist die Wissenschaft vor Ort —
konzentriert auf
www.wissenhochn.de.

Wissen bringt Sie weiter.

Wissen 
Wissen aus Hochschulen in Niedersachsen

