



Universität  
Bremen

Bremer Forschungszentrum für Energiesysteme (BEST)

# Mit vereinten Kräften für eine klimaneutrale Zukunft





# Inhaltsverzeichnis

5	Grußwort
6	Ziele & Vision
8	Organisation
10	Clusterstruktur
12	Aktivitäten
14	Wertschöpfungskette
16	Erzeugung, Aufbereitung, Konversion & Speicherung
20	Transport & Verteilung
22	Verbrauch
24	Gesellschaft, Wirtschaft & Recht
26	Messung, Modellierung & Optimierung
28	Wasserstoff als Anwendungsfeld
30	Kooperationen
32	Ausblick
34	Impressum



## Grußwort

# Mit viel guter Energie

**Liebe Leserinnen und Leser,**

der Klimawandel ist angekommen! Auch in Deutschland spürbar und sichtbar! Enorme Anstrengungen und Handlungen in allen Bereichen des gesellschaftlichen Zusammenlebens sind jetzt erforderlich, um den nachkommenden Generationen ein gesundes, friedvolles und glückliches Leben in angemessenem Wohlstand auf dieser Erde zu ermöglichen. Das Bremer Forschungszentrum für Energiesysteme (BEST) will hierfür im Bereich der Energie wertvolle Beiträge leisten.

Zur Umsetzung der notwendigen Transformation der heutigen Energiesysteme zu zukünftigen nachhaltigen und ressourcenschonenden Energiesystemen sind nicht nur wirtschaftliche technische Lösungen erforderlich, sondern diese erfordern unbedingt auch eine breite Akzeptanz in der Gesellschaft und eine rechtliche Absicherung. Daher bietet BEST eine Plattform zur interdisziplinären beziehungsweise transdisziplinären Zusammenarbeit für alle Forscherinnen und Forscher der Universität Bremen und ihre wissenschaftlichen und industriellen

Partner. Wir wollen gemeinsam nach Antworten suchen auf die komplexe Verknüpfung von Nachhaltigkeit, Versorgungssicherheit, gesellschaftlicher Akzeptanz und Wettbewerbsfähigkeit von Energiesystemen.

Mit dieser kleinen Broschüre wollen wir Ihnen einen Einblick in unsere Forschungen und unsere Kompetenzen geben. Wir wollen Sie einladen, gemeinsam mit uns die neuen Wege hin zu neuen nachhaltigen Energiesystemen zu erforschen und zu gestalten.

Ich freue mich sehr darauf, mit Ihnen die Zukunft zu gestalten und wünsche uns allen viel gute Energie!

Es grüßt Sie herzlich



*Prof. Dr.-Ing. Johanna Myrzik*

## Ziele & Vision

# Soziale, ökologische und ökonomische Anforderungen mit im Blick

Das Bremer Forschungszentrum für Energiesysteme (BEST) ist ein Zusammenschluss von Professorinnen und Professoren verschiedener Disziplinen an der Universität Bremen für gemeinsame Forschungen auf dem großen Feld der Energiesysteme. Unter dem Motto „Energie für Wirtschaft und Gesellschaft“ wird ein wissenschaftlicher Schwerpunkt geschaffen, durch den intensive Kooperationen mit der Industrie, weiteren Hochschulen und den Forschungseinrichtungen in der Region gestaltet werden.

BEST hat sich der langfristigen Vision verschrieben, einen klimaneutralen Norden mitzugestalten und möglich zu machen. Um dies zu erreichen, werden Transformationspfade für nachhaltige Energiesysteme geschaffen, wobei soziale, ökologische und ökonomische Anforderungen berücksichtigt werden.

Um diese Vision umsetzen zu können, wird der Aufbau einer ganzheitlichen Transformations-Plattform angestrebt. Der besondere Fokus liegt auf einer starken interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen technischen,

mathematischen, naturwissenschaftlichen, ökonomischen, gesellschaftswissenschaftlichen und juristischen Disziplinen, die im Rahmen von BEST in verschiedensten Projekten eng zusammenarbeiten. Die Energiewende wird dabei als Transformation eines soziotechnischen Systems verstanden. Dem Forschungstransfer ist BEST in diesem Vorhaben besonders verpflichtet. Eine enge Rückkopplung zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung mit den Bedürfnissen und Anforderungen aus Gesellschaft, Industrie und Wirtschaft ermöglicht dies.

### **Interdisziplinär, institutionenübergreifend, ganzheitlich**

Die ganzheitliche Herangehensweise in BEST institutionenübergreifend über Disziplinen und Gesellschaftsbereiche hinweg ermöglicht Antworten auf komplexe Fragestellungen hinsichtlich Nachhaltigkeit, Versorgungssicherheit, gesellschaftlicher Verantwortung und Wettbewerbsfähigkeit von Energiesystemen.



## Organisation

# Schlank – und so der Dringlichkeit des Problems angemessen

Im Bremer Forschungszentrum für Energiesysteme (BEST) haben sich Professorinnen und Professoren der Universität Bremen zusammengeschlossen, um gemeinsam zum großen Spektrum der Energiesysteme zu forschen. Die BEST-Organisationsstruktur baut sich aus einem Lenkungskreis sowie einer operativen Ebene mit vier verschiedenen Clustern auf.

Der BEST-Lenkungskreis setzt sich aus ständigen Mitgliedern zusammen, die die ganze Bandbreite der fachlichen Perspektiven in BEST abdecken. Der Fachbereich Physik/Elektrotechnik ist durch die BEST-Sprecherin Prof. Johanna Myrzik vertreten. Aus dem Fachbereich Mathematik/Informatik gehört Prof. Christof Büskens dem Lenkungskreis an, während der Fachbereich Produktionstechnik – Maschinenbau & Verfahrenstechnik durch die Professoren Andreas Fischer, Michael Freitag, Sven Kerzenmacher sowie Dr. Torben Stührmann vertreten ist. Der Lenkungskreis wird durch Prof. Jutta Günther vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaft komplettiert.

### **Operative Ebene mit vier Clustern**

Das erweiterte Mitgliedernetzwerk von BEST umfasst zusätzlich Mitglieder aus den Fachbereichen Rechtswissenschaft und Kulturwissenschaften sowie nahestehenden Forschungsinstituten. BEST-Mitglieder übernehmen zum Teil auch die Funktion der Clustersprecher, wobei sie während dieser Zeit in alle Prozesse innerhalb des Lenkungskreises eingebunden werden. Die operative Ebene von BEST setzt sich aus den vier Clustern Sustainable Energy, Infrastructure, Environment and Society sowie Data and Methods zusammen.

Ziel ist es, durch intensiven und regelmäßigen Austausch der Clustersprecher mit dem Lenkungskreis, clusterübergreifende BEST-Leitprojekte zu entwickeln und enge Rückkopplungen zwischen allen Prozessen und Mitgliedern innerhalb von BEST zu gewährleisten.



# Dezentrale, wissenschaftliche Arbeit auf vier großen Feldern

Die regelmäßige Fortentwicklung der BEST-Aktivitäten wird durch die dezentrale Arbeit in vier inhaltlich abgegrenzten Clustern sichergestellt. Dort werden spezifische Forschungsvorhaben diskutiert und entwickelt, Aktivitäten vorbereitet und Projektmöglichkeiten erörtert. Die vier Cluster-Arbeitsgruppen befassen sich mit diesen Forschungs- und Entwicklungsfeldern:

### **Sustainable Energy**

Das Cluster beschäftigt sich insbesondere mit der Etablierung einer nachhaltigen Energiebasis. Sowohl die Stromerzeugung als auch die Umwandlung und Speicherung erfordern das Zusammenspiel verschiedener Technologien, um ein komplexes Energieversorgungssystem zu ermöglichen. So stehen die Erforschung und die Entwicklung von Technologien zur Energiewandlung und -speicherung im Fokus dieser Arbeitsgruppe.

### **Infrastructure**

Das Cluster hat die Gestaltung von Energiesystemen auf Basis erneuerbarer Energiequellen im Blick. Die Umstellung von fossilbasierten Energiesystemen erfordert die

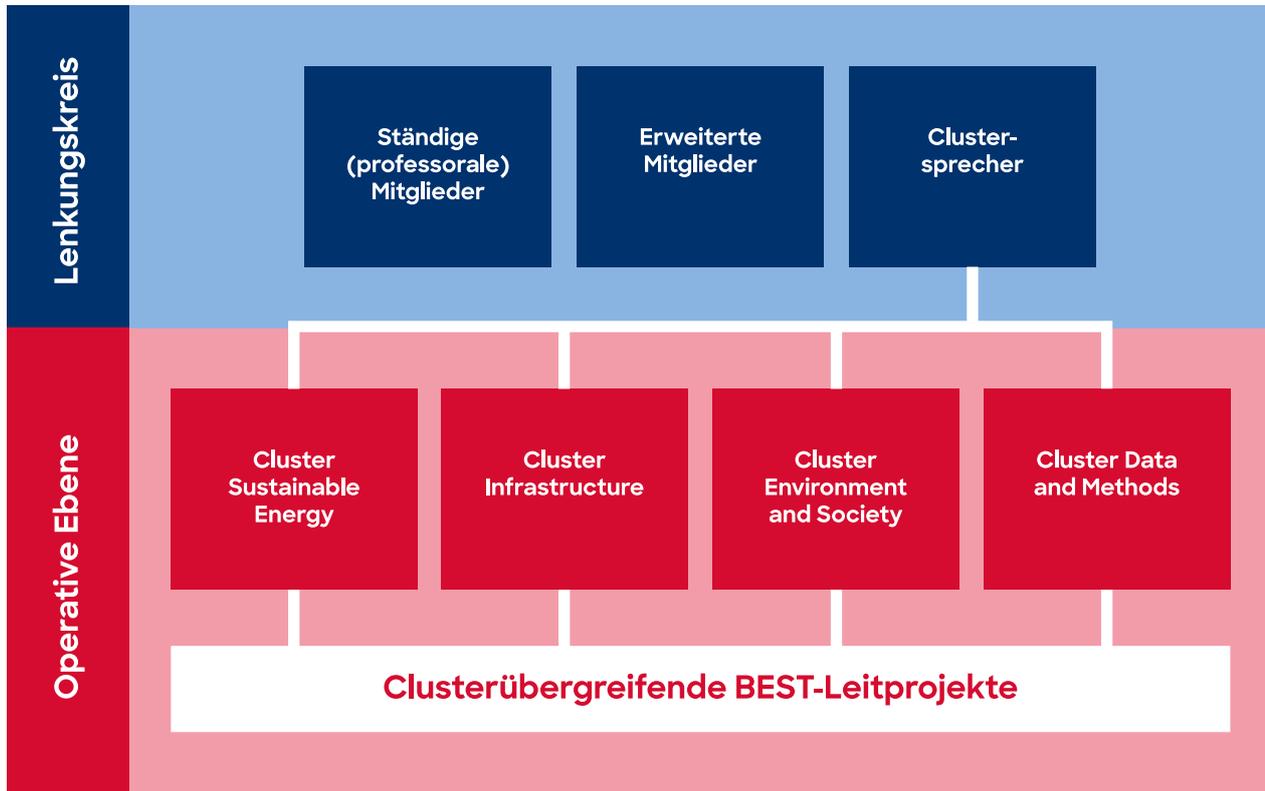
Kopplung und Verknüpfung bestehender Infrastrukturen sowie die Entwicklung neuer Planungsmethoden, Kontroll- und Betriebsstrategien. Diese Gruppe beschäftigt sich mit der Sicherung von Effizienz, Sicherheit und Zuverlässigkeit in neuen Energieversorgungssystemen.

### **Environment and Society**

Das Cluster widmet sich dem engen Zusammenspiel von Energiesystemen mit ökologischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen. Diese Wechselwirkungen zu verstehen und Handlungsempfehlungen für die Gestaltung rechtlicher, wirtschaftlicher und politischer Rahmenbedingungen zu geben, stehen hier im Fokus.

### **Data and Methods**

Das Cluster stellt die Grundlagen zur Bearbeitung vielfältiger Forschungsansätze bereit. Als Querschnittsschwerpunkt werden die Messung, Modellierung und Optimierung beforscht und weiterentwickelt. Hierbei werden beispielsweise Mess- und Sensortechnik entwickelt, die Auswertung und Analyse von Big Data ermöglicht sowie die Steuerung von Energiesystemen optimiert.



## Aktivitäten

# Es eilt, und BEST ist bereits durchgestartet

Neben der Intensivierung disziplinenübergreifender Forschung und Entwicklung sowie des Transfers soll BEST auch als Plattform für die Lehre und die wissenschaftliche Ausbildung zum Thema Energiesysteme fungieren. Zur stärkeren Einbindung von Nachwuchsforschenden und Studierenden sowie zur Förderung des Austausches wurden in BEST bereits mehrere Vorhaben initiiert.

Seit November 2021 nehmen zum Beispiel mehr als 30 Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus den Forschungsbereichen der Natur- und Technikwissenschaften sowie der Rechts- und Sozialwissenschaften an dem regelmäßigen BEST-Doktorand\*Innen Kolloquium teil. Hier findet ein reger wissenschaftlicher Austausch zu Energiesystemen statt. Workshops und Poster-Präsentationen ermöglichen ein besseres Verständnis und fördern den Diskurs zwischen den Forschungsbereichen und den jungen Forschenden.

Um die Studierenden in die ganzheitliche Beschäftigung mit Energiesystemen heranzuführen, wurde zudem die Ringvorlesung „Energiesysteme der Zukunft“ ins Leben

gerufen. Sie richtet sich auch an internationale Studierende, Forschende sowie an die Öffentlichkeit. Allgemeinverständliche Vorträge aus verschiedenen Disziplinen sollen den Zugang zu dem komplexen Themenfeld erleichtern und dafür begeistern.

### **Reale Anwendungen im Campus-Energielabor**

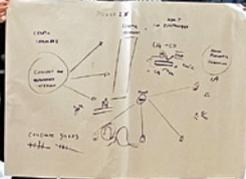
Bei der ersten BEST-Klausurtagung 2020 wurde die Idee eines Campus-Energielabors geboren. Grundgedanke und Motivation dieses Reallabors ist die Demonstration realer Anwendungen und das Einbinden von Studierenden auch in die Praxis. Es gilt zum Beispiel, Potenziale zur Energieeffizienz-Steigerung zu erkennen. Der heterogene Aufbau des Uni-Campus bildet verschiedene Funktionen im Bereich der Energieforschung ab. In dem Labor werden Monitoring und Datenerfassung mit Auswertungskompetenzen zusammengebracht, um tiefe Einblicke in die Vorgänge auf dem Campus zu gewinnen. Inzwischen wurden dezentrale Aufnahmesysteme aufgebaut und ein studentisches Projekt entwickelt. Später sollen weitere Forschungsprojekte initiiert werden, die das Campus-Energielabor integrieren.



**BALANCED ENERGY SOLUTIONS FOR E'S**

- WIND ENERGY
- ELECTROCHEMISTRY OF BATTERIES
- METAL-ORGANIC FRAMEWORKS
- 3% ELECTROLYTES RESEARCH

QUESTION: TO WHAT EXTENT CAN THE CONTROLLED OPERATION OF BATTERY STORAGE AND ELECTRICITY BRIDGE THE FLUCTUATIONS OF WIND POWER?



**Perspectives**

- John (Energy Storage)
- Anna (Electrochemistry)
- David (MOFs)
- Tim (Zn)
- Marius (CVT)
- Isaac (CVT)

Modeling Electrochemistry Simulation

## Wertschöpfungskette

# Eine lange, komplexe Reise mit vielen Schritten bis zur Nutzung

BEST betrachtet die gesamte Energie-Wertschöpfungskette. Am Anfang steht die Umwandlung von Primärenergieträgern wie Sonne, Wind oder auch Biomasse in Nutzenergie wie Strom oder Wärme. Diese Energieerzeugung findet in Photovoltaikanlagen, Windenergieanlagen und Kraft- oder Heizwerken statt.

Nach der Erzeugung folgen Aufbereitung, Konversion und Speicherung der Energie. So wird zum Beispiel der erzeugte Strom für die Herstellung von Wasserstoff verwendet, der sich in Kavernen oder Tanks speichern lässt. Anschließend erfolgen der Transport beziehungsweise die Verteilung der Energie zum Nutzer. In Abhängigkeit vom Energieträger sind hierfür bestimmte Infrastrukturen wie Stromnetze, Pipelines oder auch spezielle Transportmittel wie Tankschiffe oder Tankwagen notwendig. Am Ende der Wertschöpfungskette steht die Nutzung der bereitgestellten Energie durch die Verbraucher.

Die wissenschaftliche Aufgabe von BEST besteht in der Transformation heutiger Energiesysteme hin zu einer nachhaltigen und klimaneutralen Erzeugung, Aufbereitung, Verteilung und Nutzung von Energie. Neben der Entwicklung der jeweiligen Technologien und Methoden sollen die Energieflüsse entlang der Wertschöpfungskette geeignet gemessen, modelliert und optimiert werden.

### **Künftige Anforderungen an Energiesysteme erkennen**

Bei der Auslegung der erforderlichen Infrastrukturen und der Steuerung der darin ablaufenden Prozesse sind wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die wiederum selbst Gestaltungsobjekte innerhalb von BEST darstellen. BEST will so die künftigen Anforderungen an Energiesysteme antizipieren und die aktuelle Situation analysieren, um auf dieser Basis Transformationspfade zu entwickeln und so die Energiesysteme von morgen zu gestalten.



## Erzeugung, Aufbereitung, Konversion & Speicherung

# Forschen zur Basis nachhaltiger Energiesysteme

### Selbstverständnis

Methoden und Technologien zur Energiewandlung, -aufbereitung, -speicherung und -verteilung bilden die Basis nachhaltiger Energiesysteme. Deren Erforschung und Entwicklung erfolgt in BEST umfassend: hinsichtlich der Materialien, Technologien und Systeme bis hin zur sozialen, ökologischen und rechtspolitischen Energietransformation. Dazu stehen Kompetenzen entlang der gesamten Energieumwandlungskette zur Verfügung.

### Kompetenzen

Im BEST-Bereich elektrische Energieerzeugung bildet die Windenergie den Mittelpunkt. Der Verbund bietet hier ein großes Spektrum an Kompetenzen auf dem Feld der Messtechnik und -verfahren sowie zur Erforschung neuer Materialien. Große Prüfstände ermöglichen Tests von Umrichteranlagen unter echter Belastung sowie zur Erforschung der Lebensdauer leistungselektronischer Komponenten. In Zusammenarbeit mit dem IWES in Bremerhaven steht die Windenergieforschung in Zusammenhang mit der H<sub>2</sub>-Gewinnung und Rückverstromung. Auf der Erzeugerseite werden neben der Windstromerzeugung und deren Um-

wandlung und Speicherung auch die Bereiche Photovoltaik und Bioenergie adressiert. In der Energiesystemanalyse zur Einbindung der Erzeuger und Speicher in die Infrastrukturen fließen neben den technischen und ökonomischen auch soziotechnische und rechtliche Betrachtungen ein.

In diesem Bereich werden zudem materialwissenschaftlich und fertigungstechnisch motivierte Lösungen für neuartige Energiespeicher und -wandler erarbeitet. Dabei im Blick: die gesamte Wertschöpfungskette mit Untersuchungen zu Materialien, Komponenten und Zellen bis hin zum Batteriesystem und seiner Anwendung. Ein Schwerpunkt bei der Entwicklung von Batterien für stationäre Anwendungen liegt auf neuartigen festkörperelektrolyt-basierten Batterien, besonders auf wässrigen Lithium-Ionen- und Metall-Ionen-Batterien. Ein weiterer Fokus liegt auf der Modellierung und Zelldiagnostik von Batteriesystemen hinsichtlich der Alterungsprognosen und zugehörigen Betriebsstrategien. Dabei ermöglicht die neue Methode der dynamischen Impedanzspektroskopie, die Batterieeigenschaften im laufenden Betrieb zu messen und ihr künftiges Verhalten vorherzusagen.



Forschungsbeiträge leistet BEST auch zur Speicherung von regenerativer Energie und CO<sub>2</sub> mit reaktionstechnischen Untersuchungen von Power-To-X-Prozessen wie zum Beispiel der Fischer-Tropsch-Synthese und ihrer Optimierung.

Darüber hinaus erforscht BEST den Einsatz von Enzymen und von Mikroorganismen als Elektrodenkatalysatoren für die bioelektrochemische Umsetzung von CO<sub>2</sub> zu Kraft- und Wertstoffen wie zum Beispiel Methanol, Plattformchemikalien und Biokunststoffen. Die bei BEST vertretenen Kompetenzen reichen von der Identifikation neuer Katalysatoren, Enzymsysteme und Produktionsorganismen über die gezielte Entwicklung von Materialien und Komponenten bis hin zum Up-Scaling und der Charakterisierung anwendungsnaher Demonstrationsanlagen.

### **Was wir machen**

- Entwicklung leistungselektronischer Interfaces
- Engagement als wissenschaftlicher Partner des Forschungsverbund Windenergie (FVWE), bestehend aus den Partnern Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), ForWind – Zentrum für Windenergieforschung und Fraunhofer IWES
- Entwicklung neuer Werkstoffkonzepte für den Einsatz von Wasserstoff als Brennergas
- Forschung zu Zink-Ionen Batterien als ökonomische und ökologische Alternative für Großspeicher
- Nachhaltige Synthese des Energieträgers Dimethylether aus Abwasser



# Vielfältige logistische Herausforderungen zu meistern

### Selbstverständnis

Der Bereich Transport und Verteilung von Energie ist ein wesentlicher BEST-Forschungsgegenstand. Ziel der Verteilung ist die Verbringung der Energie vom Ort der Erzeugung zum Ort des Nutzens. Aus Sonne und Wind erzeugte Energie ist für die Gestaltung der Verteilungssysteme wesentlich, da diese Art der Energieerzeugung ortsbezogen und volatil ist. BEST betrachtet die dafür notwendigen Verteilungsarten und Energieträger. Diese sind abhängig von charakteristischen Rahmenbedingungen und Gestaltungselementen je nach den Verbrauchssektoren Industrie, Gewerbe, Verkehr und Haushalte. Die Verteilung erfolgt mittels stationärer und mobiler Infrastrukturen: Die stationären umfassen Fernwärmeleitungen, Stromtrassen und Tanks, die mobilen die Verkehrsträger Straße, Schiene, Luft und Wasserweg. Zu verteilen sind chemische Energiearten, Strom und Wärme mit ihren je spezifischen Energieträgern.

### Kompetenzen

BEST forscht zu Gestaltungsmöglichkeiten der Verteilung in Abhängigkeit von den Verbrauchssektoren auf

regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Die in BEST vertretenen Kompetenzen decken die dafür erforderlichen Gestaltungselemente ab: in Ökonomie, Ökologie, Recht, Politik, Gesellschaft und Technik. Hinsichtlich der Technik liegt der Fokus besonders auf der Verteilung der verschiedenen Energiearten mit ihren Energieträgern. Auf systemischer Ebene verfolgt der Verbund einen integrativen Ansatz aus logistischer und technischer Perspektive. Dazu sollen auch das Campus-Energielabor der Universität Bremen und Ansätze aus dem Projekt HyBit (Hydrogen for Bremen's industrial transformation) genutzt werden.

### Was wir machen

- Erarbeitung wirtschaftlicher, rechtlicher und politischer Rahmenbedingungen für Nachhaltigkeit bei Energietransport und -verteilung
- Entwicklung neuer Geschäftsmodelle für Betreiber von Infrastrukturen und Logistikdienstleister
- Auslegung von Infrastrukturen für Transport und Verteilung der Energie
- Planung, Monitoring und Steuerung der Energieflüsse



# Flexibilität für eine grüne Versorgung

### **Selbstverständnis**

Die Forschung zu energetischen Verbrauchern ist ein wesentlicher Gegenstand von BEST bei der Betrachtung der Wertschöpfungskette. Dabei unterscheidet BEST die Verbraucher nach den Sektoren Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Haushalte. Den Hauptanteil am elektrischen Verbrauch haben die Industrieprozesse. Am Gesamtverbrauch nimmt die Wärmeenergie einen wesentlichen Anteil ein. Das ist durch die geführte Prozesswärme bedingt. Weitere BEST-Forschungen beschäftigen sich mit synthetischen Energieträgern wie Wasserstoff zur saisonalen Speicherung. Flexibilität ermöglichen hier die Power-to-X-Technologien, mittels derer mögliche Stromüberschüsse zum Beispiel aus der Windenergieerzeugung genutzt werden können.

Ein weiterer von BEST untersuchter Verbrauchssektor ist der Verkehr. Von besonderer Bedeutung ist hier die Elektrifizierung der Fahrzeuge auf Straße und Schiene. Darüber hinaus beschäftigt sich BEST mit dem Einsatz chemischer und elektrischer Energieträger. Ergänzend nehmen alternative Kraftstoffe für die Mobilität in der Luft oder auf dem Wasser eine wichtige Rolle ein.

### **Kompetenzen**

Für seine Forschungen kann BEST auf ein Reallabor mit Messdaten aller auf dem Campus der Universität Bremen relevanten Verbraucher und der vorhandenen Photovoltaikanlagen zugreifen. Die Daten sind Grundlage für die Analyse, Modellierung und Optimierung von Energieflüssen. So können zum Beispiel Maschinenparks der Forschungsinstitute als industrielle Verbraucher Energiemessdaten in Echtzeit liefern. Somit kann ein digitales Abbild der zugehörigen Energieprozesse erstellt werden.

### **Was wir machen**

- Betrachtung realer Verbraucher auf dem Campus der Universität Bremen zur Messung, Modellierung und Optimierung von Energieflüssen
- Analyse und Bewertung der Verbrauchsstrukturen
- Entwicklung von Strategien für Lastflexibilisierungen und Energiespeicherauslegungen



# Damit auch die Rahmenbedingungen stimmen

### **Selbstverständnis**

Die Transformation der Energiesysteme ist wesentlich abhängig von ökologischen sowie gesellschaftlichen Rahmenbedingungen. Eine zentrale Anforderung an neue Energiesysteme liegt in der Berücksichtigung wirtschaftlicher Auswirkungen. Zugleich müssen politische, rechtliche und gesellschaftliche Anforderungen und Rahmenbedingungen ausbalanciert und gestaltet werden, um eine nachhaltige Gestaltung von Energiesystemen im Sinne der Gesellschaft sicherzustellen. Ein genaues Verständnis dieser verschiedenen Aspekte und die Ableitung geeigneter Handlungsempfehlungen sind von elementarer Bedeutung für eine erfolgreiche Transformation.

### **Kompetenzen**

In BEST werden hierzu Kompetenzen aus verschiedenen Disziplinen gebündelt. Im Fokus stehen dabei die Ausgestaltung des rechtlichen Rahmens beispielsweise für die Erzeugung erneuerbarer Energien, die Förderung von Innovationen im technischen wie gesellschaftlichen Bereich, die Untersuchung der ökonomischen Auswirkun-

gen auf die Wettbewerbsfähigkeit und der wirtschaftlichen Entwicklung sowie die Beschäftigung mit Fragen zur sozialen Akzeptanz und partizipativen Ausgestaltung von Transformationsprozessen. Durch die umfassende thematische Ausrichtung wird ein ganzheitlicher Blick auf die Ausgestaltung der Prozesse ermöglicht.

### **Was wir machen**

- Ganzheitliche Analyse neuer Technologien und Wertschöpfungsketten für eine resiliente, soziotechnische Transformation
- Untersuchungen zur Rolle des Staats, der Regulierung und des Rechtssystems
- Akzeptanzforschung zu grüner Energieversorgung

men umgewandelt, gespeichert und  
eine wettbewerbsfähige, zuverlässige  
Energie liefern. Die Verbundpartner von  
E.ON Energy Research Center in Nevada  
haben es geschafft.

Für die Menschen ein geschätztes  
Energieangebot mit Strom, Wärme und  
Kälte und dabei gleichzeitig den Nutzen  
von Batterie- und Wärmespeicher sowie  
Wasserstoff-basierten Technologien,  
die der Zukunft entstehen. Die  
Schlüsselrolle und die benötigten  
Technologien.



# Unerlässlich für das Gelingen der Transformation

### **Selbstverständnis**

Das Cluster Data & Methods kann als Querschnittswissenschaft im BEST-Verbund verstanden werden. Im Fokus seiner Betrachtungen steht ein mehrfach zu durchlaufender Entwicklungsprozess:

Mittels Mess- und Sensortechnik werden Daten realer Prozesse erhoben, aufbereitet, reduziert, ausgewertet und analysiert sowie mit Methoden der Bedatung beziehungsweise Parameteridentifikation in digitale Zwillinge überführt. Diese digitalen Abbilder werden analysiert und nach einer automatisierten Optimierung über eine Regelung wieder an den Realprozess gekoppelt. Dieser Zyklus durchläuft alle Bereiche der Wertschöpfungskette. So wird eine wissenschaftliche Brücke zwischen Prozess und digitalem Zwilling sowie zwischen den verschiedenen BEST-Anwendungsfeldern geschlagen.

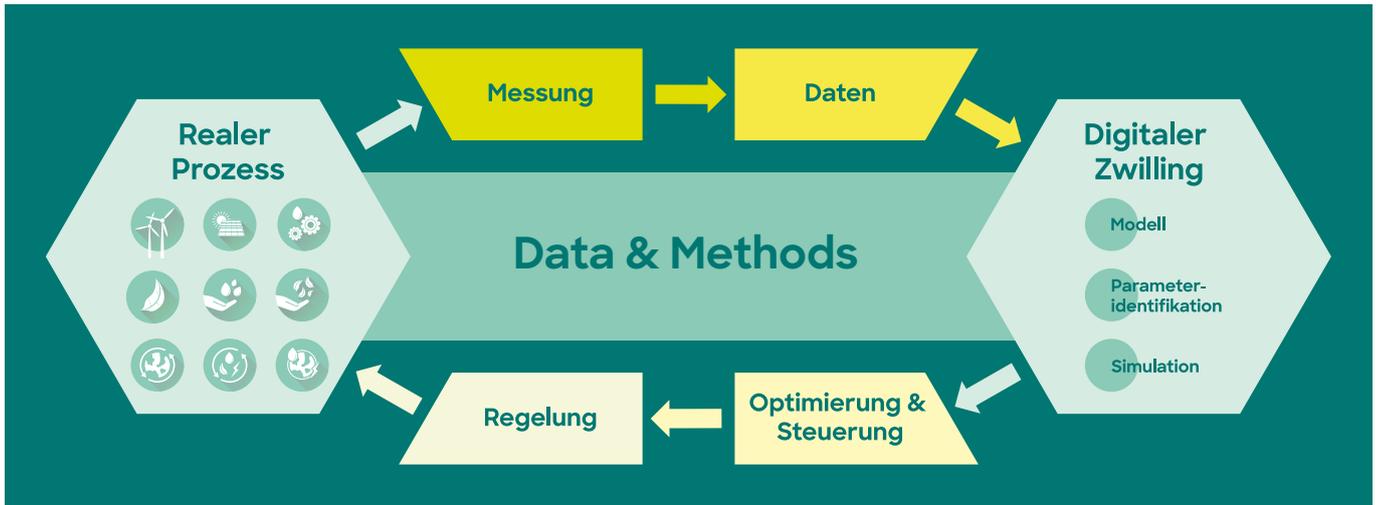
### **Kompetenzen**

Gleich mehrere Schlüsseldisziplinen haben ihr Zuhause in Data & Methods. Dabei werden Kompetenzen vereint, die als fundamentale Grundlagen zur Bewältigung der

vielfältigen Herausforderungen in den Forschungs- und Verbundvorhaben in BEST betrachtet werden können. Sie reichen von der Mess- und Sensortechnik über die Datenanalyse, Produktentwicklung und Prozessmodelle bis hin zur Optimierung und Industriemathematik.

### **Was wir machen**

- Erfassung und Analyse der geografischen Verteilung von Wind- und solarer Einspeisung und der Energieflüsse im Stromnetz
- Optimales Energiemanagement für intelligente Quartiersnetze und für landwirtschaftliche Betriebe auf Basis von Messdaten
- Berührungslose Messung und Analyse des dynamischen Strömungsverhaltens von Windenergie rotorblättern
- Entwicklung von Methoden zur Reduktion der Verlustleistung von Höchstspannungsumrichtern mittels modellprädiktiver Optimalregelung



# Ein integrierendes Element im Transformationsprozess

Die Einhaltung der Ziele des Pariser Klimaabkommens und der sich daraus ableitenden Defossilisierung von Industrie und Gesellschaft erfordert eine tiefgreifende, sektorenübergreifende Transformation der bestehenden Energiesysteme. Die Erzeugung erneuerbarer Energien zum Beispiel mit wind- und solarbetriebenen Anlagen ist schwerer vorherzusehen und zu steuern, was zu einem höheren Aufwand für den Ausgleich von Lasten und Erzeugung führt. Nach aktuellem Stand ist daher eine direkte Elektrifizierung aller Sektoren bis 2050 technisch nicht vollständig möglich. Der Einsatz von grünem Wasserstoff als flexiblen Energieträger bietet hier vielversprechende Optionen für unterschiedliche Sektoren wie Stahl- und Chemie-Industrie, Transport und Logistik.

### **Aufbau der H<sub>2</sub>-Wirtschaft**

Die Wasserstofftransformation bedeutet technisch und gesellschaftlich einen Paradigmenwechsel. In der noch frühen Phase ist sie hinsichtlich der politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen, Marktentwicklungen und geeigneter Transformationspfade noch von großen Unsicherheiten geprägt. Der Aufbau einer grünen H<sub>2</sub>-

Wirtschaft wird neue Synergien und Friktionen auf verschiedenen Handlungsebenen schaffen. Soziotechnisch, ökonomisch, ökologisch und regulatorisch.

Ein einfaches Beispiel zeigt die Abhängigkeiten in komplexen Transformationsprozessen und die Notwendigkeit interdisziplinärer Zusammenarbeit beim Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft: Die Geschwindigkeit des Zellalterungsprozesses von Elektrolyseuren für die Wasserstoffproduktion ist nicht nur eine technische Frage, sondern sie beeinflusst auch die Wirtschaftlichkeit. Gegebenenfalls bedarf es einer langfristigen Unterstützung durch ein entsprechendes Förderregime, was letztlich auch die gesellschaftliche Akzeptanz unterschiedlicher Technologien beeinflussen kann. Doch angesichts der dringend erforderlichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen gibt es derzeit für einzelne Branchen keine Alternativen.

Vor diesem Hintergrund bildet ein interdisziplinärer Forschungsverbund wie BEST eine exzellente Basis für ein umfassendes Verständnis zum Aufbau der Wasserstoffwirtschaft.



## Kooperationen

# Für ein effektives und effizientes Zusammenspiel

Die Universität Bremen treibt den Wissens- und Technologietransfer in der ganzen Breite ihres Fächerspektrums voran. Dem sieht sich der BEST-Verbund ebenfalls besonders verpflichtet. Er steht für eine intensive Wechselwirkung der Grundlagen- und angewandten Forschung an der Universität mit den regionalen und überregionalen Bedürfnissen der Gesellschaft, der Industrie und der Wirtschaft. BEST versteht sich auch als Plattform zur Vernetzung wissenschaftlicher und industrieller Akteure untereinander.

### **Vernetzung in Wissenschaft und Politik**

Es bestehen bereits einzelne zum Teil starke Kooperationen in Bremen und der Region wie zum Beispiel mit den Fraunhofer-Instituten IWES und IFAM, mit dem Leibniz-Institut IWT, mit dem OFFIS in Oldenburg und mit ForWind. Im Bereich Politik und Verwaltung im Land Bremen werden unter anderem Kooperationen zu den verschiedenen Senatorischen Behörden unterhalten sowie zu den

Wirtschaftsförderungen in Bremen und Bremerhaven. Unterstützt durch die Norddeutsche Wissenschaftsministerkonferenz (NWMK) kooperiert BEST zudem eng mit norddeutschen Forschungsverbänden.

### **Vernetzung in Wirtschaft und Industrie**

Die in BEST engagierten Professorinnen und Professoren kooperieren bereits auf vielen Ebenen intensiv und erfolgreich mit Wirtschaft und Industrie – ob mit den großen Energieversorgern und der Stahlindustrie oder Logistikunternehmen, von Herstellern Leistungselektronischer Komponenten, der Automobil-, Automatisierungs- und Luftfahrtindustrie bis hin zu kleineren und mittleren Unternehmen (KMU) nahezu aller Branchen.

BEST sieht sich in der Rolle, diese einzelnen Kooperationen zu stärken und zu verstetigen sowie auch die Vernetzung zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Industrie, Politik und Verwaltung zu fördern.



## Ausblick

# Bereits unterwegs auf gutem, vielversprechenden Weg

Das Bremer Forschungszentrum für Energiesysteme (BEST) will sich in den kommenden drei Jahren als Forschungs- und Transfernetzwerk Energieforschung an der Universität Bremen etablieren. Damit das gelingt, werden in seinen Clustern gemeinsame Forschungsthemen und Kompetenzlandschaften definiert, erarbeitet und initiiert. So soll auch die gemeinsame Drittmittelwerbung der Mitglieder und Partner unterstützt werden.

Zugleich soll der Kreis bestehender Kooperationspartnerschaften in Wissenschaft, Wirtschaft, Industrie und Politik in Bremen, der Region und Deutschland erweitert und verstetigt werden. Auf internationaler Ebene strebt BEST eine Zusammenarbeit mit dem Groningen Energy and Sustainability Programme (GESP) der Rijksuniversiteit Groningen (Niederlande) an. Auch hier gibt es bereits vielversprechende Ansätze und Gespräche.

Für die wissenschaftliche Nachwuchsförderung will BEST eine Strategie zur systematischen Förderung von Early Career Researchers zum Beispiel durch ein gemeinsa-

mes, strukturiertes Promotionsprogramm schaffen und umsetzen. Neben dem Fortführen der schon bestehenden Ringvorlesung sollen auch Möglichkeiten für einen interdisziplinären, fachbereichsübergreifenden Bachelor- und Masterstudiengang an der Universität Bremen untersucht und die Realisierung vorbereitet werden.

### **Auch Laboreinrichtungen einbinden**

Mit Bündelung der BEST-Forschungsaktivitäten ist es sinnvoll, auch eine Vernetzung und Digitalisierung der Laboreinrichtungen für eine effizientere Nutzung vorhandener Infrastrukturen aufzubauen. Sie sollen künftig gemeinschaftlich in einem Forschungslabor für intelligente Energiesysteme zu nutzen sein können. In dem geplanten interdisziplinären Labor zur Energieforschung werden die verschiedenen Laborinfrastrukturen virtuell miteinander verbunden. Der Plan: In dieses echtzeitfähige Versorgungsnetz lassen sich viele verschiedene Datensätze aus laufenden Forschungen der Universität Bremen und aus dem BEST-Campus-Energielabor einbinden und allen Beteiligten zur Verfügung stellen.



## Impressum

### Herausgeber

Bremer Forschungszentrum für Energiesysteme (BEST)  
Universität Bremen

### Verantwortlich

Prof. Dr.-Ing. Johanna Myrzik  
Institut für Automatisierungstechnik (IAT)  
Automatisierung für zukünftige Energienetze

### Konzept und Redaktion

Lenkungskreis von BEST  
Mechtild Bode-Wübbeler / Tobias Wendler

### Text

Lenkungskreis von BEST

### Layout/Satz

Katharina Mahlert | Uni Druckerei Bremen

### Lektorat

Sabine Nollmann | kontexta (Bremen)

### Grafiken

Stefanie Baumüller | stefpunkt.com

### Bildnachweis

Cover: © Christof Büskens | S. 2: © Martin Elsen / www.nord-luftbilder.de | S. 5: © Martin Elsen / www.nord-luftbilder.de | S. 7 (gilt für alle Einzelportraits): © Matej Meza / Universität Bremen | S. 9: © Stefanie Baumüller | stefpunkt.com | S.11: © Mechtild Bode-Wübbeler | S. 13: © Stefanie Baumüller | stefpunkt.com | S. 15: © Matej Meza / Universität Bremen | S. 17: © Sarah Rugen | S. 19: © Adobe Stock – AA+W | S. 21: © Adobe Stock – Mohok | S. 23: © Matej Meza / Universität Bremen | S. 25: © Stefanie Baumüller | stefpunkt.com | S. 27: © Adobe Stock – wladimir1804 | S. 29: © Universität Bremen | S. 31: © Detmar Schmoll / Universität Bremen

### Druck

Uni Druckerei Bremen

### Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Johanna Myrzik  
Universität Bremen  
Otto-Hahn-Allee NW 1 | 28359 Bremen  
**Tel.** +49 421 218 – 62 442  
bestub@uni-bremen.de  
www.uni-bremen.de/best



**Prof. Dr.-Ing. Johanna Myrzik**  
**Universität Bremen**  
**Bremer Forschungszentrum für Energiesysteme (BEST)**  
Otto-Hahn-Allee, Gebäude NW 1  
28359 Bremen

**Tel.** 0421 218 – 62 442  
bestub@uni-bremen.de  
www.uni-bremen.de/best

**Herausgeber**  
Bremer Forschungszentrum für Energiesysteme (BEST)  
Stand 2022