

**Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und
Energiesystemtechnik**

Energiewende gestalten



Forschung für Energiewende und Klimaschutz

Dem Klimawandel etwas entgegenzusetzen, ist eine gesellschaftliche Verpflichtung und zugleich eine der größten wirtschaftlichen Chancen. Unter dem Motto »Energiewende gestalten« forschen wir im Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE seit 35 Jahren für eine Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energien – national wie international. Unser Institut wurde 1988 als Institut für Solare Energieversorgungstechnik ISET e.V. in Kassel gegründet, 2009 als Institutsteil Energiesystemtechnik in das Fraunhofer IWES aufgenommen und 2018 in das eigenständige »Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE« überführt.

Wir entwickeln Lösungen für technische und wirtschaftliche Herausforderungen, um die Kosten weiter zu senken, die Versorgung zu sichern, die Digitalisierung in der Energiewirtschaft voranzubringen und neue Geschäftsmodelle in der Energiewende zu ermöglichen.

Unsere Geschäftsfelder sind auf die zielführende Integration der Forschungsergebnisse in die praktische Anwendung spezialisiert. Die thematische Bandbreite reicht von techno-ökonomischen Betrachtungen und Szenarien zur Planung und zum Betrieb von Energieversorgungsstrukturen, der Begleitung in Feldtests bis zur Optimierung des Zusammenspiels der Komponenten. Eine besondere Rolle spielt die Weiterentwicklung des Gesamtsystems: Die fortschreitende Integration erneuerbarer, dezentraler Erzeuger und die Umgestaltung der Netzinfrastrukturen. Dabei werden sich ändernde Anforderungen resultierend aus der Systemkopplung von Strom, Wärme, Gas und Verkehr einbezogen. Ziel ist es, die Abstimmung zwischen fluktuierender Erzeugung und flexiblem Bedarf sicher zu stellen.

Die Leistungen des Instituts erstrecken sich von der gemeinschaftlichen Forschung im Rahmen von Konsortialprojekten bis zur Auftragsforschung für Partner aus Wirtschaft und Gesellschaft. Außerdem bietet das Fraunhofer IEE Test- und Beratungsleistungen zu spezifischen Fragestellungen, die Entwicklung von Funktionsmustern und Prototypen sowie die Evaluation von Feldtests.

Der neue vom Land Hessen sowie dem Bundesministerium für Bildung und Forschung finanzierte Campus des Fraunhofer IEE bietet unseren mittlerweile 450 Mitarbeitenden eine moderne und attraktive Arbeitsumgebung. Ein großes Technikum mit Fachlaboren für Leistungselektronik, Stromrichter, Mittelspannungstechnik, Batteriesysteme, Wasserstoff, Wärmenetze und digitale Netzleittechnik eröffnet nun erweiterte Möglichkeiten, die Wirtschaft durch angewandte Forschung in diesem wichtigen Innovationsfeld zu unterstützen.

Dr. Reinhard Mackensen
Institutsleiter (komm.) Fraunhofer IEE



Inhalt

Forschung für Energiewende und Klimaschutz	3
Leitthemen der aktuellen Forschung	6
Resilienz: Stabilität und Flexibilität des Energiesystems	6
Sektorenkopplung: Wasserstoff, Wärmenetze, E-Mobilität	10
Digitalisierung: Smarte Prozesse für die Energiewirtschaft	14
Forschungsschwerpunkte	18
Energieinformatik	19
Energiewetterologie und Geoinformationssysteme	19
Energiewirtschaft und Systemanalyse	19
Energieverfahrenstechnik und -speicher	19
Netzplanung und Netzbetrieb	19
Netzstabilität und Stromrichtertechnik	19
Thermische Energietechnik	19
Geschäftsfelder	20
Energiewirtschaftliche Analysen und Beratung	22
Digitales Portfoliomanagement	23
Energiewetterologische Informationssysteme	24
Netzplanung und Netzbetrieb	26
Leistungselektronik und elektrische Antriebssysteme	28
Hardware-in-the-Loop Systeme	29
Systemstabilität und Netzintegration	30
Lidar-Windmessungen	31
Anlagentechnik	32
Testzentren	33
Personal und Finanzen	36
Neuer Campus, neue Arbeitsformen	38
Innovatives Energiekonzept	40
Dokumentation	42
Ansprechpartner	42
Historie	44
Förderer	44
Kuratorium	45
Kooperationen	46
Fraunhofer-Gesellschaft	47
Impressum	47
Bildnachweis	47

Resilienz

Stabilität und Flexibilität des
Energiesystems

6



10



Sektorenkopplung

Wasserstoff, Wärmenetze,
E-Mobilität

Digitalisierung

Smarte Prozesse für die
Energiewirtschaft

14



Resilienz: Stabilität und Flexibilität des Energiesystems

Mit der Transformation des Energiesystems wächst dessen Komplexität. Daraus entstehen neue Herausforderungen für die Versorgungssicherheit. Das Fraunhofer IEE trägt dazu bei, das System durch seine Forschungs- und Entwicklungsarbeit resilienter zu machen.



Das Strom-Versorgungssystem ist das technologische Rückgrat unserer Gesellschaft



Dr. Philipp Strauss, stellvertretender Institutsleiter, Leiter des Forschungsbereichs Netzstabilität und Stromrichtertechnik

In kaum einem anderen Land der Welt fließt der Strom so verlässlich wie in Deutschland: Gerade einmal 10 bis 15 Minuten pro Jahr fällt hierzulande im Durchschnitt die Versorgung aus. Mit der Energiewende entstehen allerdings einige neue Herausforderungen bei der Aufgabe, die Versorgungssicherheit auf dem gewohnt hohen Niveau zu halten. Dabei geht es um weit mehr als Elektrizität: „Die Stromversorgung ist eine kritische Infrastruktur, von der wiederum andere kritische Infrastrukturen abhängen, etwa Kommunikationsnetze, der Verkehr oder die Gesundheitsversorgung. Deshalb ist das Strom-Versorgungssystem das technologische Rückgrat unserer Gesellschaft“, sagt Dr. Philipp Strauss, stellvertretender Leiter des Fraunhofer IEE und Forschungsleiter Netzstabilität und Stromrichtertechnik.

Gute Gründe also für das Fraunhofer IEE, einen Schwerpunkt seiner Forschungs- und Entwicklungsarbeit auf die Resilienz der Stromversorgung zu legen – und das schon seit vielen Jahren. „Die Aufgabe besteht im Kern darin, Netzplanung und -betrieb so robust zu gestalten, dass die Versorgung zu jeder Zeit gesichert ist“, umreißt Prof. Dr. Martin Braun, Forschungsleiter Netzplanung und Netzbetrieb am Fraunhofer IEE und zugleich Professor an der Universität Kassel, das Forschungsfeld des Instituts. „Dazu gehört auch, zu verhindern, dass es zu Blackouts kommt, wenn Störungen auftreten, etwa durch Naturkatastrophen, Sabotageakte oder menschliches respektive technisches Versagen. Und falls sich ein Blackout doch einmal nicht verhindern lassen sollte, gilt es, die Versorgung so schnell wie möglich wieder herzustellen“, so Braun.

Stromrichter als ein Schlüssel zur Versorgungssicherheit

Besonders dabei im Fokus der Fraunhofer-Forschenden: die Stromrichter. „Sie werden gemeinhin gerne übersehen, haben aber enorme Bedeutung für die Versorgungssicherheit“, sagt Strauss. Denn mit der Energiewende wird das System weit kleinteiliger – und damit komplexer. So ersetzen dezentrale Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen die fossilen Großkraftwerke. Dazu kommen neue Verbraucher wie Wärmepumpen, Elektroauto-Ladestationen und Elektrolyseure sowie



Batteriespeicher. All diese Komponenten werden über Stromrichter in die Netze eingebunden. Und auch dort findet sich die Technologie, zum Beispiel an den Koppelstellen der einzelnen Netzebenen.

Die Stromrichter sind so wichtig für die Resilienz des Energiesystems, weil sie zum einen Daten erfassen, aus denen sich dessen Zustand ablesen lässt – vor allem Strom und Spannung sowie, als abgeleitete Größe, die Frequenz. Und zum anderen dienen sie als Steuereinheiten, die den Stromfluss so organisieren können, dass die Stabilität der Versorgung gewährleistet bleibt. Dazu bringen sie bei Abweichungen von den Sollgrößen Trägheit ins System. Auf diese Weise verschaffen sie den Netzbetreibern Zeit, die nötigen Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Das Fraunhofer IEE hat nun – als eines von vielen Projekten in diesem Bereich – zusammen mit Partnern untersucht, über welche technischen Eigenschaften Stromrichter verfügen müssen, um ihrer Bedeutung für die Versorgungssicherheit gerecht werden zu können. Dabei hat das Institut die Gesamtkoordination übernommen; inhaltlich lag der Fokus der Fraunhofer-Forscher auf der Regelung der Stromrichter, die die benötigte elektrische Trägheit quasi synthetisch erzeugen. Die Ergebnisse aus diesem Projekt fließen künftig in die technischen Anwendungsregeln des VDE Forums Netztechnik und Netzbetrieb

und in Normungsprozesse der Deutschen Kommission Elektrotechnik ein.

Leitwarten der Netzbetreiber weiterentwickeln

Darüber hinaus unterstützt das Fraunhofer IEE Netzbetreiber bei der kontinuierlichen Online-Bewertung der Netzstabilität mittels der Stromrichter. „Wir haben unter anderem eine neue Methode zur Unterstützung der Langzeit-Spannungsstabilität entwickelt, die Überlastungssituationen des Übertragungsnetzes minimalinvasiv begegnen kann. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Strom-einspeisung zunehmend aus den unteren Netzebenen erfolgt“, erklärt Strauß.

Auch helfen Instrumente des Instituts den Netzbetreibern, auf solche Situationen zu reagieren: Sie schlagen den Mitarbeiter:innen

Resiliente Energiesysteme der Zukunft müssen stabil und flexibel sein.



Prof. Dr. Martin Braun, Leiter des Forschungsbereichs Netzplanung und Netzbetrieb



Mit unseren Werkzeugen lassen sich Netze kosteneffizient und resilient gestalten



*Magnet-Ringkerngenerator,
Testaufbau am Fraunhofer
IEE*

der Leitwarten passende Gegenmaßnahmen vor und simulieren, was passiert, wenn sie diese ergreifen. Dabei berücksichtigen die Werkzeuge aus dem Fraunhofer-Institut als Nebenbedingung, Eingriffe wie etwa das Drosseln von Erzeugungsanlagen möglichst gering ausfallen zu lassen, da dies Kosten verursacht.

Mikronetze schaffen, Schwarzstart ermöglichen

Stromrichter haben aber auch deshalb so große Bedeutung für die Resilienz des Systems, weil sie bei größeren Störfällen dafür sorgen können, dass sich Mikronetze bilden, in denen die Versorgung aufrecht erhalten bleibt. Und sie helfen beim Schwarzstart, also dem Hochfahren der Stromversorgung nach einem Blackout: Mit einer intelligenten Steuerung sorgen sie dafür, dass die einzelnen Erzeugungsanlagen in der richtigen Reihenfolge zum richtigen Zeitpunkt wieder ans Netz gehen können. Für beide Anwendungsfälle – Mikronetze und Schwarzstart – haben die Fraunhofer-Forscher:innen die jeweils nötigen Regelungsverfahren entwickelt.

Bei all dem profitiert das Fraunhofer IEE von seiner jahrzehntelangen Beschäftigung mit Stromrichtern in Inselnetzen. „Wir wissen aus zahlreichen Projekten, wie man fragile Systeme mit Stromrichtern stabilisiert“, so Strauß. „Deshalb verstehen wir die Technologie und ihre Potenziale bestens, vom

physikalischen Aufbau über deren digitale Regelung bis hin zu ihrer aktiven Integration ins Energiesystem.“

Mehr Resilienz durch optimierte Netzplanung

Zum Schutz vor Blackouts gehört aber natürlich auch, die Stromnetze so zu gestalten, dass ihr Ausfallrisiko möglichst gering ist. Das Fraunhofer IEE hat deshalb zahlreiche Netzstudien durchgeführt, die zeigen, wie sich die Resilienz bestehender wie neuer Netze stärken lässt. „Wir schauen uns zum Beispiel an, wie die Netzbetreiber Folgefehler und damit Kaskadenstörungen vermeiden können“, sagt Martin Braun. Auch nehmen die Fraunhofer-Fachleute unter die Lupe, welche Auswirkungen mögliche IT-Störungen auf die Versorgungssicherheit haben könnten.

Darüber hinaus hat das Institut Planungsmodule entwickelt, mit denen die Netzbetreiber ihre Netze auf neue Anforderungen, etwa durch den Anschluss von Photovoltaik-Anlagen, Wärmepumpen oder Wallboxen, auslegen können. „Wir geben ihnen die nötigen Instrumente in die Hand, um ihre Netze zu minimalen Kosten auch resilienter zu machen“, erklärt Braun. So ermitteln die Optimierungsalgorithmen der Module automatisch, wie sich die Netze bestmöglich verstärken lassen, etwa durch größere Leitungsquerschnitte, das Legen paralleler Leitungen, durch eine andere Verschaltung oder durch leistungsstärkere

Transformatoren. Das geschieht auf Basis einer vorangegangenen Modellierung der Netztopologie. Dabei stellen die Fraunhofer-Expert:innen eine robuste Netzauslegung potenziellen Ausfällen von Betriebsmitteln gegenüber und berücksichtigen auch die Handlungsoptionen zur möglichst schnellen Wiederversorgung nach einem Blackout.

Zudem berät das Fraunhofer IEE Übertragungsnetzbetreiber, wie sie ihre Netze bei einem Versorgungsausfall künftig sicher und schnell wieder aufbauen können – schließlich müssen die etablierten Aufbaupfade im Zuge der Energiewende neu ausgestaltet werden. So geben Erzeugungsanlagen im Verteilnetz den Netzbetreibern etwa in Städten die Möglichkeit, diese Netze auch bei einem Blackout zumindest teilweise als Inselnetz weiterzubetreiben.

„Wir kümmern uns also nicht nur darum, die Robustheit der Netze gegenüber Versorgungsausfällen zu steigern, sondern auch darum, bei einem Blackout die Netze schnell und sicher wieder zu versorgen“, fasst Braun zusammen.

Algorithmen für den sicheren Netzbetrieb

Für den Netzbetrieb selbst hat das Fraunhofer IEE unter anderem Algorithmen entwickelt, die im Falle eines Engpasses selbsttätig ermitteln, wo Leistung in welchem Maße erhöht oder reduziert werden muss, um die Versorgung zu sichern. Dabei berücksichtigen die Forscher:innen auch mögliche Cyberangriffe, die Messwerte manipulieren und so zu falschen Handlungen verleiten. „Das geht so weit, dass wir selbst fiktive Angriffe durchführen, um besser erkennen zu können, wie sich solche Sabotageakte auswirken“, erläutert Braun.

Die Netzbetreiber können diese und andere Instrumente des Instituts direkt in ihre Leitwarten-Systeme einbinden. Das gilt auch für eine Software des Instituts, die Betreiber von Verteilnetzen dabei unterstützt, einem Übertragungsnetzbetreiber Flexibilitäten aus ihren Netzen zur Verfügung zu stellen, so dass dieser kritische Situationen meistern kann. Zuvor müssen die Verteilnetzbetreiber allerdings erst einmal prüfen, welchen Spielraum sie hier überhaupt haben. Diese durchaus komplexen Berechnungen übernimmt ein KI-basierter Algorithmus des Fraunhofer IEE.

Ein sicherer Netzbetrieb setzt auch voraus, dass stets das nötige Maß an Blindleistung – das „Schmiermittel“ der Netze – zur Verfügung steht. In der alten fossilen Energiewelt stellen die fossilen Kraftwerke die Blindleistung bereit. Diese Aufgabe müssen künftig vor allem Erneuerbare-Energien-Anlagen sowie Speicher übernehmen. Die Fraunhofer-Forschenden untersuchen derzeit zusammen mit Partner:innen, wie sie diese Aufgabe bestmöglich erfüllen können.

Verständnis für die komplexen Wechselwirkungen

Was qualifiziert das Fraunhofer IEE, all diese für die Systemsicherheit so zentralen Fragestellungen zu bearbeiten? „Angesichts der zunehmenden Komplexität des Energiesystems verlangt die Forschungs- und Entwicklungsarbeit zur Resilienz ein tiefes Verständnis der vielfältigen Wechselwirkungen innerhalb des Systems“, erklärt Braun. „Dieses Verständnis haben wir, dank unserer langjährigen Erfahrung und der Vielzahl an Themenfeldern, auf denen wir arbeiten.“

So befasst sich das Fraunhofer IEE mit Komponenten wie Stromrichtern genauso wie mit der Netzinfrastruktur auf allen Ebenen, ebenso mit Regelungs- und Optimierungsverfahren, und verfügt zudem über ein hohes Maß an Digitalkompetenz, betont Braun. „Damit tragen wir dazu bei, dass Deutschland bei der Versorgungssicherheit auch künftig zur Weltspitze gehört!“

Unsere Forschungsthemen

- Stromrichter und elektrische Maschinen
- Stromrichterdominierte Netze, Netzanschluss
- Rapid-Prototyping-Systeme
- Hardware-in-the-Loop und Software-in-the-Loop
- Netzstabilität, -regelung und -schutz
- Automatisierte Netzplanung, Netzanalysen
- Systemführung, Zustandsbewertung und -prognose
- Systemdienstleistungen, Engpassmanagement, Netzwiederaufbau
- Digitale Zwillinge, Co-Simulation, Optimierungsmethoden
- Zuverlässigkeit und Resilienz

Sektorenkopplung: Wasserstoff, Wärmenetze, E-Mobilität

Weniger Emissionen, mehr Flexibilität: Die Sektorenkopplung ist Schlüsselement der Energiewende. Die Weichen für die Verknüpfung von Strom, Wärme, Industrie und Verkehr werden jetzt gestellt. Das Fraunhofer IEE hilft Politik und Unternehmen, hier die richtigen Entscheidungen zu treffen. Dabei verbinden die Forschenden Technologie, Ökonomie und Regulatorik.



Was wir viele, viele Jahre lang berechnet haben, ist zum Regierungsprogramm geworden



Norman Gerhardt, Leiter des Forschungsschwerpunkts Energiewirtschaft und Systemanalyse

Wie viel Windenergie- und Solarleistung erfordert die Energiewende, was können Speicher beitragen, welche Rolle spielen Wasserstoff oder die Elektromobilität im Energiesystem der Zukunft? Das sind typische Fragen, die die Forschungsarbeit des Fraunhofer IEE lange Zeit geprägt haben. Mit ihren Studien und Modellierungen haben die Wissenschaftler:innen gezeigt: Der klimagerechte Umbau des Energiesystems ist technisch machbar, stärkt dessen Resilienz und zahlt sich wirtschaftlich aus.

Heute ist Konsens in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, dass die Energiewende alternativlos ist. „Was wir viele, viele Jahre lang berechnet haben, ist zum Regierungsprogramm geworden“, sagt Norman Gerhardt, Leiter des Forschungsschwerpunkts Energiewirtschaft und Systemanalyse am Fraunhofer

IEE. Damit verändern sich die Aufgaben des Instituts. „Unser Fokus liegt jetzt stärker auf der Umsetzung. Wir arbeiten zum Beispiel mit Systemmodellierungen Optimierungspotenziale heraus und geben Unternehmen Werkzeuge für Planung und Betriebsführung in die Hand“, erklärt Gerhardt.

Sektorenkopplung als Schlüssel zur Energiewende

Mit der allgemeinen Akzeptanz der Energiewende hat sich auch dessen Verständnis geändert: Lag der Fokus lange Zeit auf dem Stromsektor, so ist in den letzten Jahren verstärkt die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung, der Industrie und des Verkehrs in den Blick gerückt.

Wichtigster Klimaschutz-Hebel ist hier, fossile Energieträger durch Strom aus erneuerbaren Quellen zu ersetzen. Zwei Optionen stehen dabei zur Verfügung: die direkte Elektrifizierung von Prozessen und Technologien oder aber der Einsatz von grünem, per Elektrolyse produziertem Wasserstoff und seiner Derivate wie Ammoniak, Methanol oder E-Fuels („Power-to-X“, kurz PtX).

Der Einsatz von erneuerbarem Strom reduziert jedoch nicht nur die CO₂-Emissionen der einzelnen Sektoren, sondern ermöglicht auch deren Kopplung. Das bringt Flexibilität ins Energiesystem – unverzichtbar für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien, da



Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen nicht nach Bedarf, sondern nach Wetterlage Strom erzeugen. So lassen sich mit der Verknüpfung der einzelnen Sektoren wechselseitig Strom-Defizite und -Überschüsse ausgleichen. „Die Sektorenkopplung ist Schlüsselement für die Transformation des Energiesystems von fossil zu erneuerbar“, betont Gerhardt.

Lock-In-Effekte und Fehlinvestitionen vermeiden

Noch steckt die Sektorenkopplung ganz in den Anfängen – es fehlt bislang vielfach an der nötigen Infrastruktur, an Geschäftsmodellen und auch an einem Rechtsrahmen, der diesen Prozess unterstützt. Eine spannende Phase, meint Jochen Bard, Leiter des Forschungsbereichs Energieverfahrenstechnik und -speicher beim Fraunhofer IEE: „Jetzt werden die Weichen für die Kopplung der Sektoren gestellt, etwa mit Investitionsentscheidungen oder der Gestaltung der regulatorischen Basis.“ Dabei gelte es, sorgfältig zu prüfen, was zielführend ist, was als Übergangslösung dienen kann und was langfristig gefordert ist. „Hier können wir Politik und Unternehmen Orientierung geben. Damit helfen wir, Lock-In-Effekte oder Fehlinvestitionen zu vermeiden“, sagt Bard.

Wasserstoff-Systeme effizient, kostenoptimal und nachhaltig gestalten

Was tut das Fraunhofer IEE konkret, um die Sektorenkopplung auf den Weg zu bringen? Ein Schwerpunkt liegt auf dem Thema

Wasserstoff. „Wir haben eine ganze Reihe von Studien erstellt, die unter anderem zeigen, wo wie viel Wasserstoff benötigt wird, wo er erzeugt werden kann und wie er sich transportieren lässt“, erklärt Bard.

Zum Beispiel hat das Fraunhofer IEE mit dem globalen Power-to-X-Atlas eine detaillierte Bestandsaufnahme der weltweiten technischen und ökonomischen Erzeugungspotenziale für Wasserstoff und andere PtX-Energieträger wie Ammoniak vorgelegt. Die Bewertung basiert auf umfangreichen Analysen, beispielsweise der Flächenverfügbarkeit und der Wetterbedingungen. Auch Faktoren wie die lokale Wasserverfügbarkeit, den Naturschutz, die Investitionssicherheit am jeweiligen Standort und die Transportkosten haben die Forschenden berücksichtigt.

Power-to-X Potenzialatlas des Fraunhofer IEE: Hochaufgelöste Simulationen für ein erstes außereuropäisches Power-to-X-Mengenszenario [maps.iee.fraunhofer.de/ptx-atlas]



Jochen Bard, Leiter des Forschungsbereichs Energieverfahrenstechnik



Wir helfen Politik und Unternehmen, Lock-In-Effekte oder Fehlinvestitionen zu vermeiden



Wärme fordert einen Ansatz, der die Transformation des gesamten Energiesystems berücksichtigt



Dr. Anna Marie Cadenbach, Leiterin des Forschungsschwerpunkts Thermische Energiesystemtechnik

Mit dem PtX-Atlas hat das Fraunhofer IEE eine Grundlage für die nötigen Importe von Wasserstoff und den darauf basierenden Energieträgern geschaffen. Aber genauso trägt das Fraunhofer IEE dazu bei, identifizierte Potenziale zu erschließen: In mehreren afrikanischen und südamerikanischen Ländern beteiligen sich Experten:innen des Instituts daran, Erneuerbare-Energien- und Wasserstoff-Projekte aufzubauen. „Dabei geht es vor allem um Fragen der Auslegung der Systeme, etwa mit Blick auf die Kosteneffizienz. Auch haben wir die Nachhaltigkeit der Vorhaben im Visier, vor allem was den Wasserbedarf und das für viele PtX-Energieträger benötigte Kohlendioxid betrifft“, erläutert Bard. „Darüber hinaus befassen wir uns damit, wie sich die erzeugten Energieträger bestmöglich nach Europa transportieren lassen – und auch damit, wie sich sicherstellen lässt, dass sie die regulatorischen Anforderungen der EU erfüllen.“

Bedeutung der Elektrolyseure für den Netzausbau

Neben den Importen sind auch PtX-Energieträger „made in Germany“ unverzichtbar für Klimaschutz und Energiewende. Daher beschäftigen sich die Forscher:innen ebenso mit der Integration der Elektrolyseure ins heimische Energiesystem. So haben sie beispielsweise ein Modell entwickelt, mit dem die Übertragungsnetzbetreiber bei ihrer Netzausbauplanung berücksichtigen können, welche Auswirkungen der Bau von Elektrolyseuren an welchen Standorten auf die Netze haben wird.

Ein weiteres Arbeitsfeld des Fraunhofer IEE sind die Wasserstoff-Technologien. „Wir entwickeln zum Beispiel derzeit Leistungselektronik

für Elektrolyseure im dreistelligen Megawattbereich“, sagt Bard. Dabei können die Forscher:innen ihre Erfahrungen aus der Batterietechnologie nutzen. „Was wir dort mit Simulationen tun, übertragen wir jetzt auf Elektrolyseure und auch auf Brennstoffzellen.“

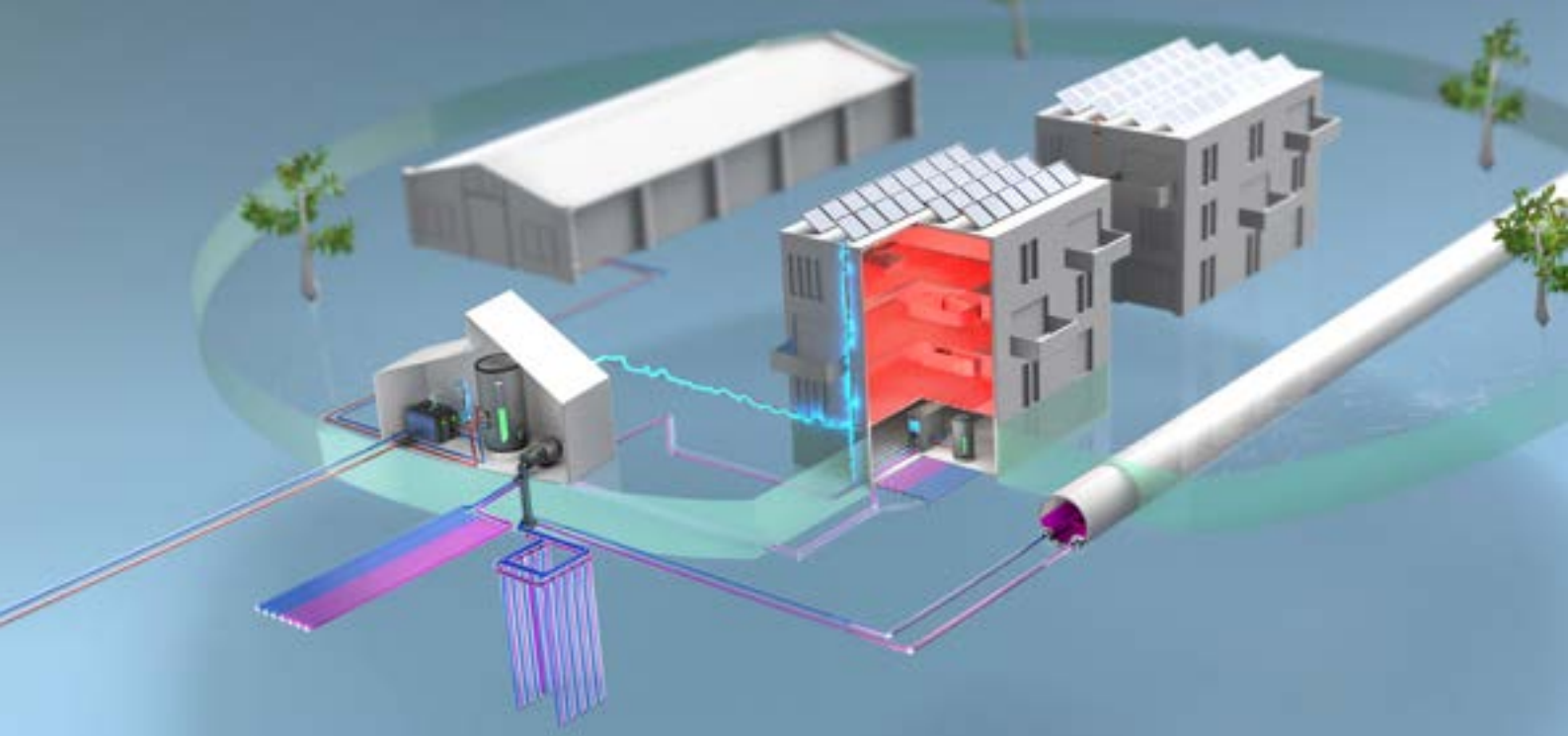
Technologie, Ökonomie und Regulatorik zusammenführen

Wie die meisten anderen Forschungsvorhaben des Fraunhofer IEE adressieren die Projekte im Bereich Wasserstoff nicht nur technologische, sondern gleichfalls wirtschaftliche und regulatorische Aspekte. „Das beschleunigt die Übertragung der Innovationen und Konzepte in die Praxis – und damit die Energiewende als Ganzes“, erklärt Bard.

Einen solch übergreifenden Ansatz verfolgt das Institut auch im Bereich der Wärmeversorgung, einem weiteren Handlungsfeld der Sektorenkopplung – etwa im Bereich der kommunalen Wärmeplanung, wo die Fraunhofer-Forscher:innen beim Um- und Aufbau klimagerechter Systeme unterstützen. „Wir verknüpfen technologische Fragen unter anderem mit der Stadt- und Quartiersentwicklung, um zu zeigen, wie die Transformation gelingen kann“, sagt Dr. Anna Marie Cadenbach, Leiterin des Forschungsschwerpunkts Thermische Energiesystemtechnik beim Fraunhofer IEE.

Ein Beispiel dafür ist das Quartierskonzept, das die Wissenschaftler:innen für das ehemalige Kasernengelände Lagarde in Bamberg erstellt haben, ein sehr heterogenes Viertel mit Alt- und Neubauten, die auf vielerlei Weise genutzt werden. Dafür haben die Fraunhofer-Forscher:innen den Einsatz von zwei Wärmenetzen geplant; eines davon als kaltes Netz, das Wärmepumpen als Quelle dient. Auch an der Umsetzung ist das Fraunhofer IEE beteiligt. „Wir überprüfen zum Beispiel mit Messungen, ob sich die erwarteten Ergebnisse einstellen, und steuern gegebenenfalls gegen“, erklärt Cadenbach. Wärmenetze haben große Bedeutung für die Energiewende in diesem Sektor, da sie es erlauben, die ganze Bandbreite erneuerbarer Wärmequellen nutzbar zu machen.

Bei diesem wie auch anderen Quartierskonzepten legen die Fraunhofer-Forscher:innen



besonderen Fokus darauf, die Potenziale der Digitalisierung für die Transformation der Wärmeversorgung zu nutzen, auf Ebene der Netze wie der einzelnen Gebäude – zum Beispiel um Erzeugungs- und Bedarfsprognosen bei der Steuerung der Systeme berücksichtigen zu können. „Die Digitalisierung bringt Flexibilität in die Wärmeversorgung“, bringt Cadenbach deren Nutzen auf den Punkt.

Transformation der Wärmeversorgung verlangt systemische Perspektive

Der Umbau bestehender Wärmenetze birgt die Herausforderung, nicht frei experimentieren zu können, da die Verbraucher jederzeit verlässlich versorgt werden müssen. Deshalb errichtet das Fraunhofer IEE derzeit ein „District LAB“: ein Labor mit angeschlossenem thermischem Netz im Quartiersmaßstab, in der allerlei versorgungsrelevante Bauteile installiert sind. Sie erlauben es, nahezu beliebig Wärmequellen und -senken nachzubilden. „Wir können dort zum Beispiel Versorgungsszenarien mit verschiedenen Einspeisern ins Wärmenetz erproben, Parameter für die Betriebsoptimierung testen und komplexe Regelungsstrategien überprüfen. Das geht weit über digitale Simulationen hinaus“, erklärt die Expertin.

So haben die Fraunhofer-Forscher:innen im District LAB zum Beispiel die Möglichkeit zu testen, wie sich eine Temperaturabsenkung im Netz auf die Wärmeversorgung auswirkt, etwa um Abwärmequellen zu erschließen. Auch können sie dort untersuchen, wie sich das Verhalten von Prosumern, die Wärme

sowohl einspeisen als auch entnehmen, auf die Versorgungssicherheit auswirkt. Die Einrichtung steht auch Netzbetreibern, Energieversorgern, Systemplanern und Komponenten-Herstellern für Tests und Experimente zur Verfügung.

Mit den vielfältigen Möglichkeiten zur Einbindung erneuerbarer Energien – von der Abwärme eines Elektrolyseurs bis hin zu Power-to-Heat-Anlagen – bietet die Wärmeversorgung zahlreiche Ansatzpunkte für die Sektorenkopplung. „Das Thema Wärme ist heute sehr komplex“, sagt Cadenbach. „Es verlangt einen Ansatz, der die Transformation des gesamten Energiesystems berücksichtigt. Diese systemische Perspektive macht unsere Arbeit enorm spannend.“

Schematische Darstellung des im Projekt Lagarde entwickelten Energieversorgungskonzepts auf dem Konversionsgelände in Bamberg.

Unsere Forschungsthemen

- Energiesystem und -märkte, Geschäftsmodelle
- Wärme- und Verkehrswende
- Methodenentwicklung, Techno-ökonomische Studien
- Power-to-X und Wasserstoffanwendungen
- Systemtechnik für Elektrolyseure und Brennstoffzellen
- Speichersysteme, Batterie-Modellierung
- Daten- und modellgestützte Betriebsoptimierung
- Energie-System-Stadt, Bewertung von Versorgungslösungen
- Innovative Energiekonzepte für Gebäude und Quartiere
- Digitalisierung der Fernwärme
- Thermo-hydraulische Systemsimulation

Digitalisierung: Smarte Prozesse für die Energiewirtschaft

Die zunehmende Komplexität des Energiesystems verlangt dessen Digitalisierung. Daran arbeitet das Fraunhofer IEE – unter anderem mit KI-gestützten Systemen für Prognosen und automatisierten Entscheidungen. Netzbetreiber können damit zum Beispiel drohende Engpässe erkennen, Windpark-Betreiber die Vermarktung ihres Stroms optimieren.



Die Digitalisierung ermöglicht neue Geschäftsmodelle und erweitert die Wertschöpfung



Reinhard Mackensen, kommissarischer Institutsleiter, Leiter des Forschungsbereichs Energiewirtschaftliche Prozessintegration

Die alte fossile Energiewelt war recht übersichtlich: Den Strom lieferten vor allem Großkraftwerke, genau abgestimmt auf den Bedarf. An ihre Stelle treten mit der Energiewende nun unzählige kleine, dezentrale Erzeugungsanlagen, deren Ertrag sich in der Regel allein nach dem Wetter richtet. Das macht die Arbeit der Netzbetreiber, Versorger und anderer Akteure deutlich komplexer. Auf Seiten der Nachfrage entstehen allerlei Herausforderungen. So lassen etwa Wärmepumpen, Elektroautos und Elektrolyseure den Strombedarf steigen. Zugleich bieten diese Verbraucher aber die Chance, das Energiesystem flexibler zu gestalten. Das schafft neue Möglichkeiten für die Steuerung des Systems.

„Die stark zunehmende Komplexität können wir nur mit einer umfassenden, alle Prozesse

durchdringenden Digitalisierung des Energiesystems in den Griff bekommen“, erklärt Dr. Reinhard Mackensen, Institutsleiter des Fraunhofer IEE sowie Leiter des Forschungsbereichs Energiewirtschaftliche Prozessintegration des Instituts. Das bedeutet zum einen: detaillierte Daten zu erheben, beispielsweise aus Verteilnetzen oder der Wärmeversorgung, diese aufzubereiten, mit anderen Daten, etwa aus der Meteorologie, zu verbinden – und zum anderen, daraus mit Prognose- und anderen Verfahren Informationen zu gewinnen, mit dem sich der enorme Steuer- und Regelaufwand in der neuen dezentralen Energiewelt beherrschen lässt.

So anspruchsvoll diese Aufgabe auch ist: Sie bietet der Energiewirtschaft große Chancen, nicht nur mit Blick auf die Optimierung ihrer Prozesse. „Die Digitalisierung ermöglicht völlig neue Geschäftsmodelle, sie erweitert die Wertschöpfung und schafft Flexibilitäten. Und zugleich gibt sie Schlüsselakteuren wie den Netzbetreibern neue Instrumente in die Hand, die Resilienz des Systems zu stärken“, sagt Mackensen.

Digitalisierung als Querschnittsaufgabe

Rund 100 Digitalisierungsexpert:innen, verteilt über alle Abteilungen, sind beim Fraunhofer IEE damit beschäftigt, Unternehmen und auch die Politik bei all diesen Herausforderungen zu unterstützen. Zusammen mit Industriepartnern entwickeln die Fraunhofer-Fachleute



vielfältige, marktreife Produkte; die dafür nötige Vorentwicklung erfolgt in öffentlich geförderten Projekten.

„So wie die Digitalisierung alle Handlungsfelder von der Erzeugung über die Sektorenkopplung bis zum Verbrauch durchdringt, so ist sie auch beim Fraunhofer IEE Querschnittsthema“, betont Mackensen. Dabei beschränken sich die Fraunhofer-Expert:innen aber nicht auf die informationstechnologische Seite. „Die Aufgaben der Digitalisierung sind sehr vielschichtig, sie haben immer auch eine wirtschaftliche und eine regulatorische Dimension. Dank der Breite der Kompetenzen im Institut können wir auch diese Aspekte integrieren“, sagt Manuel Wickert, Leiter des Forschungsschwerpunkts Energieinformatik beim Fraunhofer IEE.

Stets mit im Fokus dabei: der Schutz entwickelter Systeme und Produkte vor möglichen Hacker- und anderen Angriffen. „Sicherheitsfragen nehmen wir enorm wichtig. Das spiegelt sich auch in der Zertifizierung des Fraunhofer IEE nach ISO 27001“, unterstreicht Institutsleiter Mackensen.

KI-basierte Prognosen für Netzbetrieb und Vermarktung

Ein Schwerpunkt des Fraunhofer IEE bei der Digitalisierung liegt auf der Entwicklung und dem Einsatz von KI-basierten Prognoseinstrumenten. „Um das Energiesystem

vorausschauend steuern zu können, müssen Netzbetreiber und andere Akteure wissen, wie sich die Komponenten des Systems, die Erzeuger wie die Verbraucher, verhalten werden, in einer Viertelstunde, am nächsten Tag oder auch später. Dafür liefern wir die Lösungen“, erklärt Dr. Jan Dobschinski, Leiter des Forschungsschwerpunkts Energiemeteorologie und Geoinformationssysteme beim Fraunhofer IEE.

Beispiel Windenergie: Die Fraunhofer-Forscher:innen haben Prognose-Systeme entwickelt, die mithilfe von KI-Verfahren wie dem maschinellen Lernen anhand von Wettervorhersagen ermitteln, wie viel Strom einzelne Windparks erzeugen und an bestimmten Netzknoten einspeisen werden. Die eingesetzten Modelle wurden zuvor mit historischen

Die Komplexität des Energiesystems verlangt dessen umfassende Digitalisierung



Manuel Wickert, Leiter des Forschungsschwerpunkts Energieinformatik



Wir entwickeln Agenten, die KI-gestützt automatisierte Entscheidungen treffen



Windparkbetreiber können mit KI die Vermarktung ihres Stroms optimieren.

Wetter- und Ertragsdaten trainiert. Dobschinski nennt beispielhaft zwei Anwendungsmöglichkeiten: „Netzbetreiber können so drohende Netzengpässe erkennen, Windpark-Betreiber die Vermarktung ihres Stroms optimieren.“

In manchen Bereichen fehlt es allerdings an geeigneten Daten, mit denen sich Prognosen erstellen lassen – entweder weil sie nicht erhoben bzw. langfristig gespeichert werden oder weil der Datenschutz deren Nutzung einschränkt. In solchen Fällen arbeitet das Fraunhofer IEE mit physikalischen Modellen oder speziellen KI-Verfahren wie dem Transfer-Learning „Hier geht es zum Beispiel darum vorherzusagen, wie Solarspeicher oder Wärmepumpen in einem Quartier in den nächsten Stunden eingesetzt werden, wie groß der Wärmebedarf sein wird oder wie viele Elektroautos wann mit welcher Leistung geladen werden. Das ist Voraussetzung, deren Flexibilitäten für die Stabilisierung der Stromnetze nutzbar zu machen“, erläutert Dobschinski.

Automatisiert Entscheidungen treffen

Ein weiteres zentrales Aufgabenfeld des Fraunhofer IEE ist der Einsatz von KI zur Entscheidungsunterstützung. „Wir entwickeln unter anderem so genannte Agenten, die KI-gestützt automatisierte Entscheidungen treffen“, erklärt Wickert. Diese Agenten helfen zum Beispiel Betreibern virtueller Kraftwerke und anderen Aggregatoren im Energiehandel, indem sie auf Basis von Handelsdaten

und Preisinformationen selbsttätig für die optimale Vermarktung des Stroms an den einzelnen Märkten, etwa an dem für Regenergie oder am Spotmarkt, sorgen. „Da mit der zunehmend fluktuierenden Erzeugung der Kurzfristhandel immer wichtiger wird, gewinnt die Automatisierung von Entscheidungen hier stark an Bedeutung“, so Wickert. Das System des Fraunhofer IEE ist längst etabliert in der Energiewirtschaft. So vermarktet einer der Anwender, ein Betreiber virtueller Kraftwerke, damit ein Portfolio mit einer Leistung von mehr als vier Gigawatt.

Auch beim Netzbetrieb leisten die Systeme des Fraunhofer IEE für die KI-basierte Entscheidungsunterstützung wertvolle Dienste. Mit der Zunahme der fluktuierenden Einspeisung aus Windenergie- und Photovoltaikanlagen sowie der wachsenden Zahl neuer Verbraucher wie Wärmepumpen und Wallboxen müssen die Netzbetreiber künftig weit häufiger in die Verteilnetze eingreifen als es bislang der Fall war. Dabei unterstützen Produkte des Fraunhofer IEE: Sie liefern beispielsweise Vorlagen für mögliche Handlungen, mit denen die Leitwarten der Netzbetreiber kritische Situationen schnell und zuverlässig in den Griff bekommen können. Ebenso machen sie es möglich, dass sich Verteilnetze selbst „heilen“ – kommt es in einer Leitung oder an einem Netzverknüpfungspunkt zu einem Ausfall, leitet das System die Stromflüsse automatisch so um, dass die Funktionsfähigkeit des Netzes gewährleistet bleibt.

Darüber hinaus entwickeln die Fraunhofer-Forscher:innen IT-Lösungen, mit denen Aggregatoren dezentrale Anlagen so steuern können, dass deren Flexibilitäten maximal wirtschaftlich eingesetzt werden. Zum Beispiel Batteriespeicher: Ein vom Fraunhofer IEE entwickeltes System erstellt auf Basis von Preis- und Lastinformationen sowie der Ladezustände Fahrpläne, die den optimalen Betrieb der Speicher ermöglichen.

Digitalisierung beschleunigt Erneuerbaren-Ausbau

Ebenso wirkt das Institut mit seiner KI-, Prognose- und Analysekompetenz daran mit, den Ausbau der erneuerbaren Energien zu beschleunigen. So ermitteln die Expert:innen zum Beispiel im Auftrag von Bund, Ländern und Kommunen anhand von GIS-Daten, auf welchen Flächen wie viele Windenergieanlagen mit welcher Leistung installiert werden können – unter Berücksichtigung etwa von Abstandsregeln, dem Naturschutz oder von Einschränkungen durch den Flugverkehr.

Auch trägt das Fraunhofer IEE dazu bei, die Planungsprozesse bei der Windenergie zu verkürzen. Die Wissenschaftler haben zum Beispiel ein Verfahren entwickelt, das den Zeitaufwand für das Erstellen von Windertragsgutachten deutlich reduziert: Statt wie üblich die Windgeschwindigkeiten über alle Jahreszeiten hinweg zu messen, erlaubt es die Lösung, sich dabei auf kürzere Zeiträume zu beschränken. Die Lücken werden mit Daten anderer Standorte geschlossen. Eine KI sorgt für deren Anpassung an die spezifischen Bedingungen vor Ort.

Energy Data Spaces: Daten austauschen, Souveränität behalten

Ein großes Hemmnis bei der Digitalisierung des Energiesystems ist, dass es Unternehmen bislang an Möglichkeiten fehlt, Daten auszutauschen, ohne die Hoheit darüber abzugeben. Das Fraunhofer IEE hat deshalb zusammen mit Partnern Datenräume geschaffen, die hier Abhilfe schaffen sollen: Die so genannten Energy Data Spaces erlauben es, Daten zu teilen, zugleich aber die Souveränität über sie zu behalten.

Welchen Nutzen hat das in der Praxis? Die einzelnen Netzbetreiber können beispielsweise in



Dr. Jan Dobschinski, Leiter des Forschungsschwerpunkts Energiemetereologie und Geoinformationssysteme

einem solchen Datenraum ihre Statistiken zu selten auftretenden Fehlern einer KI zur Verfügung stellen, so dass diese aus den gesammelten Daten ein Modell mit hoher Genauigkeit entwickeln kann. Davon profitieren alle Beteiligten, etwa bei der vorausschauenden Wartung („Predictive Maintenance“), ohne ihre Daten aus der Hand geben zu müssen. Ein weiteres Beispiel: Windparkbetreiber können über die Datenräume den Netzbetreibern für deren Sicherheitsberechnungen Zugriff auf detaillierte Erzeugungsdaten einräumen.

„Energy Data Spaces ermöglichen nicht nur eine engere Zusammenarbeit von Unternehmen, sondern stärken auch deren Resilienz“, sagt Wickert. „Denn sie machen es möglich, unternehmensübergreifend KI zu nutzen, ohne sich dafür von einem der großen kommerziellen Cloud-Anbieter aus den USA abhängig machen zu müssen.“



Prognosen helfen Netzbetreibern unter anderem dabei, drohende Netzengpässe zu erkennen

Unsere Forschungsthemen

- IT-Architekturen für energiewirtschaftliche Prozesse
- Künstliche Intelligenz für die Energiewirtschaft
- Aggregationsinfrastrukturen, Automatisierung von Prozessketten
- Konzeption resilienter digitaler Energiesysteme
- Technologien für digitale Geschäftsmodelle
- GIS-basierte Regionalisierung von Erzeugern und Verbrauchern
- Verfahren zur optimierten Standortbewertung
- Zeitreihen für die Systemanalyse und Netzplanung
- Prognosen für Netzbetrieb und Stromhandel
- Wettergeführter Betrieb von Freileitungen
- Simulations- und Prognosemodelle

Forschungs- schwerpunkte

Wir erforschen und entwickeln Lösungen für die nachhaltige Transformation der Energiesysteme auf der Basis erneuerbarer Energien.

Unser Leistungsportfolio orientiert sich an aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der Energiewirtschaft und der Energiesystemtechnik.

Wir betrachten wirtschaftliche und technische Fragestellungen im Zusammenhang. So sind wir in der Lage, unseren Kunden und Partnern aus Wirtschaft und Politik kompetent und aktiv zur Seite zu stehen. Die Basis hierzu bilden unsere Forschungsschwerpunkte und Geschäftsfelder.





Energieinformatik

Wie lassen sich energiewirtschaftliche und energiesystemtechnische Prozesse durch die Informatik so unterstützen, dass das Energiesystem auch mit hohen Anteilen dezentraler Erzeugung funktioniert?



Energiemeteorologie und Geoinformationssysteme

Welchen Einfluss haben Wetter und Klima auf das Energiesystem und wie lassen sich erneuerbare Erzeugung und variierender Verbrauch auf verschiedenen Raum- und Zeitskalen mit intelligenten Methoden und detaillierten Daten planen?



Energiewirtschaft und Systemanalyse

Wie können Transformationspfade zu einem dekarbonisierten Energiesystem techno- und sozio-ökonomisch optimal gestaltet werden?



Energieverfahrenstechnik und -speicher

Mit welchen Technologien lässt sich die Sektorkopplung von thermischen, elektro- und biochemischen Konversionsschritten und Speichern effizient und wirtschaftlich lösen?



Netzplanung und Netzbetrieb

Wie lassen sich energetische Netzinfrastrukturen gestalten und betreiben, damit eine resiliente, sichere und kostengünstige Versorgung sowohl heute als auch in einem zukünftig dekarbonisierten Energiesystem sichergestellt ist?



Netzstabilität und Stromrichtertechnik

Wie können Stromrichter und Antriebe, elektrische Netze und ihre Betriebsmittel weiterentwickelt und geregelt werden, damit Energiesysteme stabil, effizient und sicher funktionieren?



Thermische Energietechnik

Auf welchem Weg und mit welchen Technologien gestalten wir die innovative Umsetzung der Wärmewende in Gebäuden und Städten?

Geschäftsfelder

Die Geschäftsfelder des Fraunhofer IEE sind spezialisiert auf die zielführende Integration der Forschungsergebnisse in die praktische Anwendung.


Hierbei reicht die thematische Bandbreite des Fraunhofer IEE von techno-ökonomischen Betrachtungen und Szenarien zur Planung und zum Betrieb von Energieversorgungsstrukturen, der Begleitung in Feldtests bis zur Optimierung des Zusammenspiels der Komponenten.

Eine besondere Rolle spielt die Weiterentwicklung des Gesamtsystems: Die fortschreitende Integration erneuerbarer, dezentraler Erzeuger und die Umgestaltung der Netzinfrastrukturen wie Strom- und Wärmenetze. Dabei werden sich ändernde Anforderungen resultierend aus der Systemkopplung von Strom, Wärme, Gas und Verkehr mit einbezogen. Ziel ist es, die Abstimmung zwischen fluktuierender Erzeugung und flexiblem Bedarf sicher zu stellen.

Leistungen und Lösungen

Die Leistungen des Instituts erstrecken sich über gemeinschaftliche Forschung im Rahmen von Konsortialprojekten bis zur Auftragsforschung für Partner aus Wirtschaft und Gesellschaft. Außerdem bietet das Fraunhofer IEE Test- und Beratungsleistungen zu spezifischen Fragestellungen, die Entwicklung von Prototypen und Funktionsmustern sowie die Evaluation von Feldtests. Grundsätzlich liegt der Fokus auf der Weiterentwicklung des Energiesystems und der Schaffung von Lösungen in effektiven, dezentral und erneuerbar organisierten Strukturen.





22 Energiewirtschaftliche Analysen und Beratung

Simulationsbasierte Studien und energiewirtschaftliche Analysen für wirtschaftliche, strategische und politische Entscheidungen.

23 Digitales Portfoliomanagement

Lösungen für die Digitalisierung, Automatisierung und den Einsatz intelligenter Systeme in der Energiewirtschaft.

24 Energiemeteorologische Informationssysteme

Der Einsatz zuverlässiger Prognosen und Hochrechnungen für zukünftige Einspeisungen erneuerbarer Energien und Energieverbräuche erlaubt den Betrieb moderner, stabiler und wirtschaftlicher Energiesysteme.

26 Netzplanung und Netzbetrieb

Angebote für Systemanalyse und das Netzdesign, sowie Planung und Betriebsführung von Energienetzen in Zeiten der Automatisierung, Digitalisierung und Flexibilisierung.

28 Leistungselektronik und elektrische Antriebssysteme

Entwicklung kompakter und hocheffizienter Stromrichter mit netzbildenden Eigenschaften, innovativer elektrischer Maschinen und Rapid-Prototyping-Systeme.

29 Hardware-in-the-Loop Systeme

Lösungen für die Simulation und Emulation elektrochemischer Speicher und Regelungen in der Energietechnik.

30 Systemstabilität und Netzintegration

Stabilitätsuntersuchungen und Netzsicherheitsbewertungen von Übertragungs- und Verteilungsnetzen. Messtechnische Nachweise von Netzeigenschaften und Performancetests von Erzeugungsanlagen und Komponenten.

31 Lidar-Windmessungen

Optimierte Messung und Mess-Strategien mit eigenen Lidar-Geräten und Messung mit speziellen Windscanner-Lidar für große Reichweiten.

32 Anlagentechnik

Technische und ökonomische Bewertung von Anlagen und Standorten, Anlagen- und Betriebsoptimierung. Demonstrationsanlagen von der Konzeption bis zur Validierung.

Energiewirtschaftliche Analysen und Beratung

Katharina Habbishaw



Portfolios dezentraler Anlagen

- Betriebskonzepte zur Strom- und Wärmeversorgung für Haushalte, Gewerbe und Industrie
- Entwicklung von optimalen Lastmanagement-Strategien
- Investitions- und Technologiebewertung
- Untersuchung von Vermarktungsoptionen
- Bewertung von Geschäftsmodellen für den intersektoralen Einsatz dezentraler Anlagen

Energiesystem Quartier – Stadt – Region

- Entwicklung von Energiekonzepten (Modellierung und Szenarienanalysen)
- GIS-basierte Identifizierung (Energiequellen und Energiebedarfe)
- Transformationsstrategien für Wärmesysteme
- Sozio-ökonomische Analysen (Investitionsverhalten und Umsetzungsmodelle)
- Entwicklung des Fahrzeugbestands (Fahr- und Ladeverhalten)



Zukünftiges Energieversorgungssystem

- Transformationspfade zur Dekarbonisierung aller Sektoren
- Modellierung des Energiesystems unter Berücksichtigung des Klimawandels
- Technologie- und Politikfolgenabschätzungen
- Strompreis-Szenarien unter Einfluss von regulatorischen Änderungen und Rückkopplungseffekten
- Bewertung von Marktwerten, Netzbetrieb und Wirtschaftlichkeit der Sektorenkopplung
- Erarbeitung von Reformvorschlägen

Ganzheitliche Energiesystemanalyse

- Bewertung komplexer Rückkopplungen im Energiesystem (Gesamtsystem bis Feinregionalisierung)
- Hochaufgelöste Modelle für Zeitreihen und verhaltensökonomische Simulationen
- Verknüpfung von Energiesystemmodellen und Netzmodellen (Verteilnetz- und Übertragungsnetzebene)
- Überführung von Simulationen in den operativen Betrieb
- Transformationspfade von PtX-Exportländern

Digitales Portfoliomanagement

André Baier



Dezentrale Flexibilitätsoptionen

- Smart Dispatch und intelligente Systemdienstleistungen
- Nutzbarmachung von (Groß-)Anlagen für die Regelreserve und Redispatch 2.0
- Multi-Market Orchestrierung und Optimierung dezentraler Flexibilitäten auf Spot- und Systemdienstleistungsmärkten
- Schwarzstartfähigkeit und Netzwiederaufbau mit dezentralen Erzeugungsanlagen
- Intelligentes Lademanagement von Nutzfahrzeugen

Digitale Ökosysteme | Energy Data Spaces

- Übergreifende, transparente und sichere Datenverfügbarkeit und -nutzung
- Sicherung digitaler Souveränität
- Mehrwertdienste und digitale Wertschöpfungsnetzwerke
- Energiedatenraum: technologische Souveränität und Flexibilität im Energiesektor durch interoperable Cloud-Anwendungen



Kognitive Energiesysteme

- Selbstlernende Agenten z.B. für Netzbetriebsoptimierung und Energiehandel (Deep Reinforcement Learning)
- Automatisierte Analyse technischer Dokumente
- Stimmerkennung für Bioakustik zur Beschleunigung von Vogelgutachten bei der Projektierung von Windparks
- Anomalieerkennung und Ursachenidentifikation von KI-Entscheidungen
- Adversarial Machine Learning für die Resilienz von KI-Systemen gegen Manipulation kritischer Infrastrukturen

Digitale Wärmewende

- Intelligenter Wärmenetzbetrieb durch genaue Zustandsschätzung und effektive Steuerung
- Effiziente Wärmenetze durch optimierte Betriebsparameter und frühzeitige Erkennung suboptimaler Zustände
- Betriebsoptimierung von Wärmenetzen mit hohem Stromanteil aus erneuerbaren Energien und Abwärme
- Maßgeschneidertes Energiemanagement für Wärme- und Kältesysteme in Produktionsprozessen

Energiemeteorologische Informationssysteme

Dr. Axel Braun



Prognosen für Wind, Sonne, Biomasse und Wasser

- Mit KI-Methoden optimierte Prognosen und Hochrechnungen, aktuelle und zu erwartende Erzeugung
- Einzelanlagen, Anlagenportfolios, Netzgebiete sowie Länder (Netzanschlusspunkte, Umspannanlagen/Transformatoren, Versorgungsgebiete)
- Tatsächliche und mögliche Erzeugung sowie Netzeinspeisung mit Einspeisemanagement, Eigenverbrauch, Speicher und Markteinflüsse

Verbrauchsprognose von Strom, Wärme/Kälte und Wasser

- Prognose des aktuellen und zu erwartenden Verbrauchs (Minuten, Tage, Woche)
- Haushalte, kleine bis große Industrieunternehmen und Versorgungsnetze (Netzanschlusspunkt, Netzknoten, Versorgungsgebiete)
- Nutzerverhaltensmodellierung mit Informationen verfügbarer Sensoren (z.B. Smart Meter, Smart Home, SCADA)



Witterungsabhängiger Freileitungsbetrieb

- Sicherer und effizienter Betrieb von Übertragungs- und Verteilnetzen
- Höherauslastung von Bestandsnetzen
- Reduzierung von Netzengpässen
- Erhöhung der Netzsicherheit und Resilienz

MetFox: historische und optimierte Wetterdaten

- Bereitstellung historischer Wetterdaten
- Standortspezifisch optimierte Wetterdaten
- Kombination unterschiedlicher Quellen für optimierte Daten
- Datenaufbereitung nach Kundenwunsch (Modellgebiet, Vorhersagehorizonte, Parameter, Auslieferungsformat)



GridFox: Prognosen von Leistungsflüssen

- Vollständige, zuverlässige und transparente Prognosen für horizontale und vertikale Leistungsflüsse über alle Netzebenen
- Abbildung von Erzeugungs- und Verbrauchsanteilen
- Auf Basis von umfassenden Stamm- und Stromnetzdaten
- Optimierung mithilfe maschineller Lernverfahren

energyANTS: Simulation von Energiesystemen

- Simulationsbasierte Energiesystem-Studien
- Gebiets- oder koordinatenscharfe Standorte zukünftiger Erzeugung und zukünftigen Verbrauchs
- Individuelle Energiesystem-Szenarien und (Geo)-Daten, bei Bedarf in Kombination mit Netzdaten und -rechnungen
- Webinare und Schulungen zum Einsatz und Nutzen von Energiesystem-Szenarien



Lösungen für wetterabhängige Herausforderungen

- GIS-basierte Standortanalysen und Abbildung der Erzeugungs- und Verbrauchslandschaft
- Wettermodell-basierte Simulation von Erzeugungs- und Verbrauchszeitreihen inklusive Backtesting
- Stammdatenplausibilisierung
- Energiemeteorologische Beratungen

Netzplanung und Netzbetrieb

Matthias Lenz



Nachhaltige Lösungen für die Netze der Zukunft

- Transformation der Energienetze
- Automatisierung, Digitalisierung und KI
- Zustandsschätzung und Optimierung in der Netzbetriebsführung
- Bewertung und Verbesserung der Zuverlässigkeit und Resilienz
- Demonstration und Simulation digitaler Anwendungen z.B. Künstliche Intelligenz und digitale Zwillinge

Netzstudien und -analysen vollständiger Netzgebiete

- Spartenübergreifende Netzentwicklung
- Szenariobasierte regionalisierte Netzentwicklungsplanung
- Kombinierte, integrierte Ausbau- und Ersatzplanung
- Kommunale Wärmeplanung; Zukunft von Gasnetzen
- Wasserstoff in der Infrastrukturplanung
- Szenarien für Planungsregionen
- Automatisierte Anschlussplanung



Projekte zur Transformation der Energienetze

- Strategische Netzentwicklung
- Steigerung der Resilienz in Netzen
- Schaltzustandsoptimierung Netzbau
- Rollout-Roadmap Verteilnetzautomatisierung
- Bestimmung Netzverluste
- Berücksichtigung von betrieblichen Möglichkeiten zur Hochauslastung in der Netzplanung

Strategische Infrastrukturoptimierung

- Reallabor Verteilnetzautomatisierung
- Einsatz von Systemdienstleistungen
- Nutzung von Flexibilitäten für Systemdienstleistungen und Reduktion Netzausbau
- Netzwiederaufbau und -wiederversorgungsstrategien
- Test und Validierung von Leitwartenfunktionalitäten
- Evaluation von Steuerungsprozessen- und Kommunikationsprotokollen in realen Anlagen oder Emulationen



Werkzeuge und Modelle

- Automatisierte Netzplanung
- Pilotsysteme Netzbetriebsführung
- Netztransparenz durch Zustandsschätzung und -prognosen
- Dynamic Stability Assessment
- Datenkonvertierung von standardisierten Datenmodellen (CIM/CGMES)
- GIS- und wetterdatenbasierte Energieszenarien
- Datenmanagement und Standardisierung

Pandapower | Pandapipes

- Etablierte Open Source Werkzeuge für Strom-, Wärme- und Gasnetze
- Automatisierte Erstellung, Berechnung und Bewertung von Netzvarianten unter Berücksichtigung unterschiedlicher Szenarien (CAPEX, OPEX und SAIDI/ASIDI)
- Nahtlose Integration in operative Planungslandschaften
- Generierung von Versorgungsszenarien für PV, Wind, Elektromobilität etc.



Testen und Prüfen

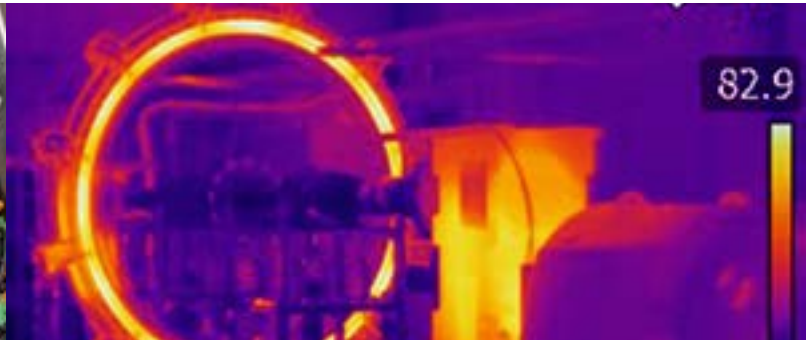
- Test von Netzbetriebsführungen
- Reallabore, Netzlabore und Feldtests
- Betriebsführungsdemonstratoren
- Digitale Zwillinge
- Systemtests in der Automatisierung von Verteilnetzen
- Modellentwicklung und Validierung
- Labor digitale Netze

Beratung, Schulung und Support

- Strategieberatung für Unternehmen
- Politikberatung
- Schulungen und Wissenstransfer
- Grid Code Development
- Smart Grid Laborentwicklung
- Projektumsetzung

Leistungselektronik und elektrische Antriebssysteme

Axel Seibel



Stromrichter

- Hocheffiziente Stromrichter auf Basis von SiC- und GaN-Leistungshalbleitern
- Netzbildende Batteriewechselrichter und unterbrechungsfreie Stromversorgung
- Stromrichter für nachhaltige Anwendungen
- Bidirektionale Ladetechnik (konduktiv und induktiv)
- Mittelspannungswandler
- Zahlreiche patentierte Schaltungskonzepte
- Multilevel Stromrichter

Elektrische Maschinen und Antriebe

- Maßgeschneiderte hochausgenutzte Maschinenkonzepte
- Getriebelose Hochleistungsanwendungen
- Wirkungsgradbestimmung, Berechnung von Fehlerfällen
- Untersuchung von HF-Effekten und Isolationsbelastungen
- Betriebsführung und Regelung
- Tests, Laborprüfungen und Proof-of-Concept



Stromrichterregelung und Embedded Systems

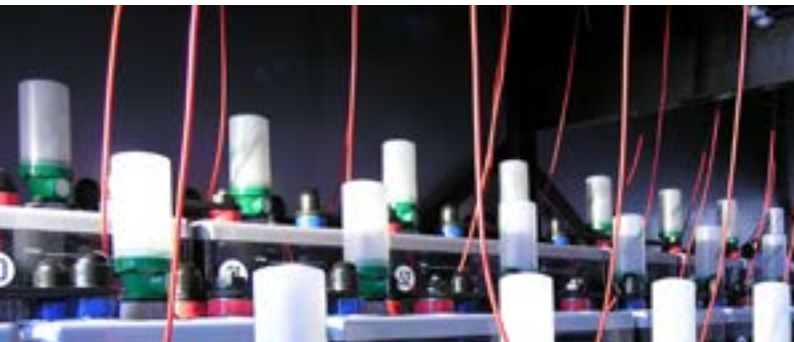
- Embedded Control
- Regelung Netzdienstleistungen
- Parallelbetrieb von Stromrichtern
- Patentierte Steuer- und Regelungskonzepte (Selfsync)
- Rapid Prototyping und Power-Hardware-in-the-Loop

Entwicklung Prüf- und Messtechnik

- Halbleiterschaltzellen
- Kalorimeter für Leistungselektronik-Bauteile
- Prüftechnik für MPP-Tracking von PV-Systemen – ISET MPP-Meter
- Photovoltaik Einstrahlungssensoren – ISET-Sensor

Hardware-in-the-Loop Systeme

Dr. Peter Loepelmann

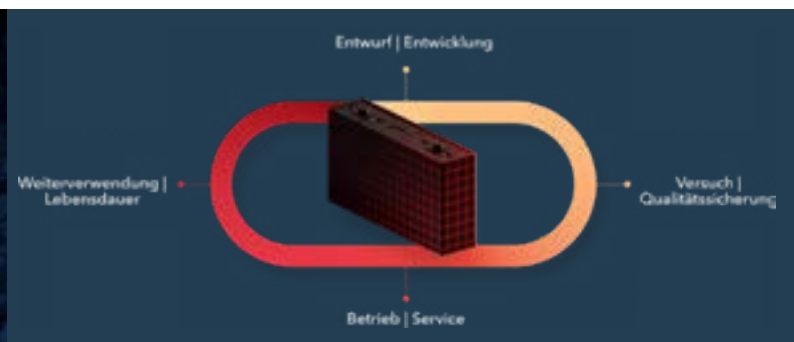


Batteriesystem- und Zellsimulation

- Echtzeitfähige Simulation für die Entwicklung, Prüfung und Optimierung von Batteriesystemen
- Simulation und Quantifizierung der Alterungsprozesse (kalendarisch/zyklisch)
- Simulation beliebiger Ströme, Temperaturen, Lade- und Alterungszustände sowie Zeitskalen

Windturbinen- und Windparksimulation

- Echtzeitfähige Simulation für die Entwicklung, Prüfung und Optimierung von Windturbinen-Controllern und -Steuerungen
- Echtzeitfähige virtuelle Windparks für Tests und Optimierung von Windpark-Controllern und Betriebsstrategien



Produkte und Tools für Systementwicklungen

- Battery Simulation Studio (BaSiS): Modulares Simulationssystem für elektrochemische Energiespeicher
- WTsim und WPsim: Echtzeitfähige Simulation von Windturbinen und Windparks
- Modalanalyse- und Reglertools für Windkraftanlagen

Systemanalysen und Dienstleistungen

- Kundenspezifische Modell- und Toolentwicklung für Batterien und Windkraftanlagen
- Modellparametrierung und -validierung
- Algorithmenentwicklung für Batteriemanagementsysteme
- Integration in Hardware-in-the-Loop Systeme

Systemstabilität und Netzintegration

Dr. Norbert Henze



Netzanschlussprüfungen

- Erzeugungseinheiten gemäß Netzanschlussrichtlinien (BHKW, Batteriestromrichter, PV-Stromrichter, andere Stromrichter gekoppelte Einheiten)
- Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 für Netzanschlussprüfungen nach FGW TR 3, DIN V VDE V 0124-100
- Vor-Ort-Messungen (z.B. Einzelnachweis nach FGW TR3, FRT-Prüfungen an Anlagen bis 6 MVA)
- Netzbildende Erzeugungseinheiten und Speicher

Hardware- und Systemintegrationstests

- Smart-Grid-Anwendungen und Hybridsysteme
- Hardware-Demonstration und Performance-Bewertung
- Resiliente Netze und Microgrids
- Hardware-in-the-Loop-Tests: Power-HIL, Controller-HIL, Software-in-the-Loop
- Entwicklungsbegleitende Prüfungen und kundenspezifische Untersuchungen (z.B. EMV)
- Konzepte für Smart Grid Labore



Stabilitätsanalysen

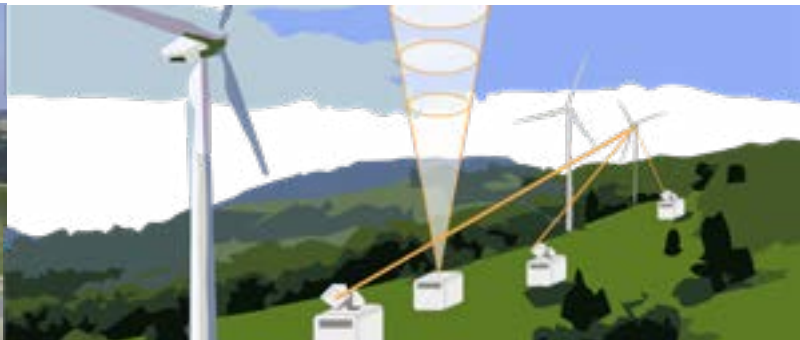
- Netzstabilitäts- und Netzintegrationsstudien
- Regelung und Stabilität in umrichter-dominierten Netzen
- Stabilisierende Maßnahmen in umrichter-dominierten Netzen
- Stabilitätsanalysen und Netzintegration von Elektrolyse-Anlagen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff

Netz Sicherheitsbewertung (D.S.A.)

- Dynamische Modelle von Netzen
- Dynamische Modelle für Erzeugungsanlagen, Speicher, Lasten sowie Netzbetriebsmittel
- Dynamische Modelle für netzbildende Stromrichter und Anlagen
- Tools für die Netzbetriebsführung zur dynamischen Bewertung der Systemstabilität (D.S.A.)

Lidar-Windmessungen

Dr. Paul Kühn



Lidar-Windprofilmessungen

- Lidar-Windprofilmessungen für Ertragsgutachten
- Individuelle Messstrategie: Optimale Messdauer, Reduktion von Messunsicherheiten, bestmögliche Standortwahl
- Messhöhen zwischen 10 m und 300 m
- Fernüberwachung und zuverlässige autarke Stromversorgung

Remote Sensing Test Center

- 200 m hoher Forschungsmast als vertikales Labor mit IEC-konformen, MEASNET-kalibrierten Windsensoren auf über 10 Messhöhen
- Erprobung neuer Lidar-Windmesstechnik und Weiterentwicklung von Kalibrierverfahren
- Meteorologisches Observatorium: Bereitstellung der Umweltdaten für die Wetter- und Klimaforschung



Scanning-Lidar-Windmessungen

- Planung und Durchführung von synchronisierten Scanning-Lidar-Windmessungen als Dual- oder Multi-Lidar
- Realisierung komplexer Scanstrategien mittels eigener Steuerungssoftware
- Individuelle, adaptive Messkampagnen bis in mehrere Kilometer Entfernung

Maßgeschneiderte Windmesskampagnen on- und offshore

- Entwicklung, Planung und Durchführung von Windmesskampagnen mit Windprofil-Lidar, Scanning-Lidar, Gondel-Lidar und Messmasten
- Kundenspezifische Analysen, Studien und Beratungen

Anlagentechnik

Dr. Ramona Schröer



Machbarkeitsstudien und Standortbewertung

- Technische Machbarkeitsstudien mit Kostenbewertung für grünen Wasserstoff und PtX-Systemtechnologien
- Voruntersuchungen sowie detaillierte Standortbewertungen zu diversen technischen Fragestellungen (Ressourcen, Infrastruktur)
- Konzepterstellung
- Klärung der technischen Integration am Standort

Techno-ökonomische Analysen

- Techn.-wissenschaftl. Beratung bei der Projektentwicklung
- Analysen konkreter Standorte, Technologien und Anlagen
- Technologische Bewertung von Systemen / Konzepten
- Kostenkalkulation auf Basis bestehender lokaler Bedingungen sowie für Speicherung und Transport
- Technologievergleich und Benchmarking
- Entwicklung von regionalen und nationalen H₂-Strategien und Marktstudien



Anlagen- und Betriebsoptimierung

- Analyse und Bewertung der vorhandenen Anlagentechnik und von Technologieoptionen
- Bewertung des Verfahrensaufbaus
- Auswertung des Anlagenbetriebs bzgl. Effizienz, standortspezifischer Parameter, Fehlersuche, Betriebssicherheit
- Aufzeigen von Optimierungspotenzial für Betrieb und Anlagenerweiterung

Technologieentwicklung

- Bereitstellung von Labor-, Experimentier- und Testzentren, u.a. für Elektrochemie und erneuerbare Gase
- Power-to-Gas-Testplattform mit eigener 50 kW Elektrolyse
- Entwicklung von Anlagen vom Technikumsmaßstab bis in den Betriebsmaßstab
- Aufbau, Integration, Betrieb und Untersuchung von Technologien

Testzentren



SysTec | Verteilungsnetze und Netzintegration

- Prüfungen von Erzeugungseinheiten (EZE) gemäß Netzanschlussrichtlinien
- Prüfungen von netzbildenden EZE und Speichern
- Intelligente, resiliente Netze und Microgrids
- Netzqualitätsmessungen und Leistungsanalysen
- Smart-Grid-Anwendungen und Hybridsysteme
- Schutzeinrichtungen und Verteilnetzkomponenten
- Elektromobilität: Netzintegration von Ladesäulen, Elektrofahrzeugen und Speichern

Leistungselektronik

- Entwicklung von Stromrichtern und Kühlkonzepten
- Tests für die Anwendung in elektrischen Netzen und in der Antriebstechnik
- Test der Hardwarekomponenten und Regelungstechnik
- Untersuchungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit
- Exakte Verlustleistungsmessung z.B. von magnetischen Komponenten (Kalorimeter)
- Charakterisierung von Halbleiter-Bauteilen (Schaltzelle)



Mittelspannung

- Entwicklung und Test von Stromrichtern und Netzbetriebsmitteln
- Test der Hardwarekomponenten und Regelungstechnik
- Spannungsebenen 10/20 kV AC, 1640 V DC
- Konfigurierbare Testnetze
- Prüfung von Komponenten nach Netzanschlussrichtlinien
- Mobiles Equipment für Over- und Under-Voltage Ride Through Tests (OVRT/UVRT)

Antriebstechnik und elektrische Maschinen

- Auslegung/Untersuchung von Isolations- und Kühlkonzepten
- Konstruktion und elektromagnetische Auslegung von Ringgeneratoren und -motoren
- Konzepte für vollsupraleitende Generatoren
- Verteilte elektrische Auslegung und Regelung
- Axiale Schwingungsregelung
- Power-Hardware-in-the-Loop Emulationen
- Tests, Laborprüfungen, Proof-of-Concept

Testzentren

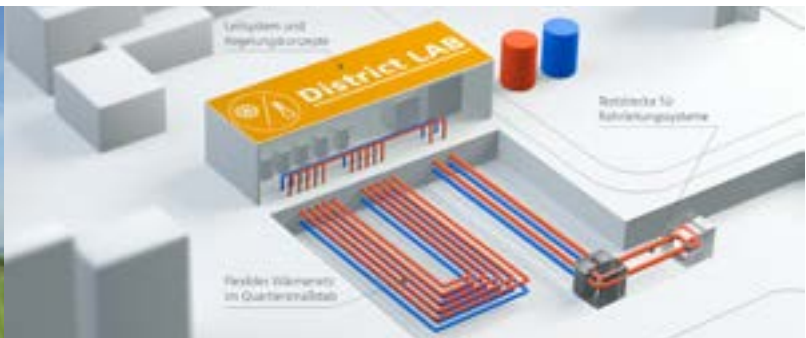


Power-Hardware-in-the-Loop und Software-in-the-Loop

- Digitale Zwillinge für elektrische Netze, Stromerzeuger, Speicher und Lasten
- Netzintegration von Stromrichtern
- Entwicklung und Test für Systemdienstleistungen
- Elektrische Antriebe und Ringmaschinen
- Tests von elektrischen Komponenten und Anlagen
- Echtzeitrechner für Online-Netzsicherheitsbewertung

Leitwarte digitale Energie

- Validierung von Leitwartenfunktionalitäten für Netzbetriebsführung, Direktvermarktung, Anlagenbetrieb in sicherer Umgebung
- Evaluation von Steuerung- und standardisierten Kommunikationsprotokollen in Verbindungen mit realen Anlagen oder Emulation zu Prüfdienstzwecken
- Demonstration und Simulation digitaler Anwendungen (KI-Verfahren) und Entwicklungen aus Wissenschaft und Industrie (digitale Zwillinge)



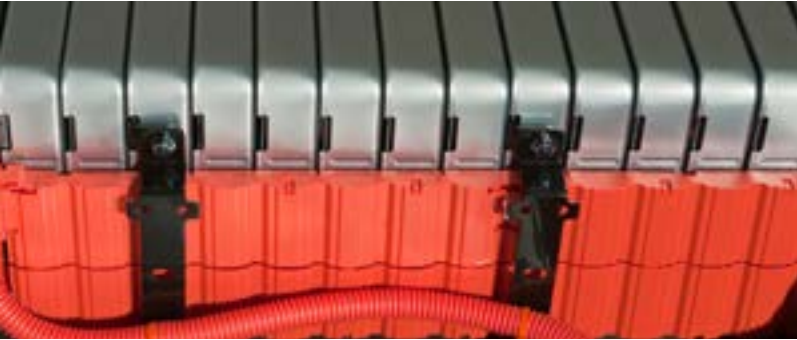
Windmessungen

- Lidar-Windprofilmessungen und Messstrategie für Ertragsgutachten
- 200 m hoher Forschungs- und Klimamast als vertikales Labor
- Remote Sensing
- Entwicklung, Planung und Durchführung individueller Windmesskampagnen mit Windprofil-Lidar, Scanning-Lidar, Gondel-Lidar und Messmasten

District Lab – Wärmenetze

- Untersuchung des Systemverhaltens flexibler und regenerativer Wärmenetze
- Durchführung von Komponententests
- Entwicklung und Validierung neuer Betriebsführungsstrategien
- Digitale Zwillinge zur Optimierung des Systemverhaltens von Bauteilen
- Entwicklung von Anpassungen der technischen Vorschriften

Testzentren



Elektrochemische Speicher

- Charakterisierung und Parametrierung von Akkumulatoren (Blei, Lithium, weitere)
- Modellbildung, Simulation und Emulation von Akkumulatoren (Blei, Lithium, weitere)
- Systemtest und -integration von Batteriesystemen

Erneuerbare Gase

- Charakterisierung / Parametrierung, Modellbildung / Simulation von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren
- Systemtest und Systemintegration von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren
- Erzeugung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff und erneuerbaren Gasen (PtX)



HBFZ – Hessisches Biogasforschungszentrum

- Steuerungs- und Managementsysteme für die flexible Stromproduktion mit Biogasanlagen
- Verbesserung von Biogasaufbereitungsanlagen
- PtX mit biogenen Kohlenstoffquellen
- Erneuerbare Gase, grünes CO₂
- Ländliche Energiesysteme, resiliente Energieversorgung

Personal und Finanzen



PERSONAL

.....

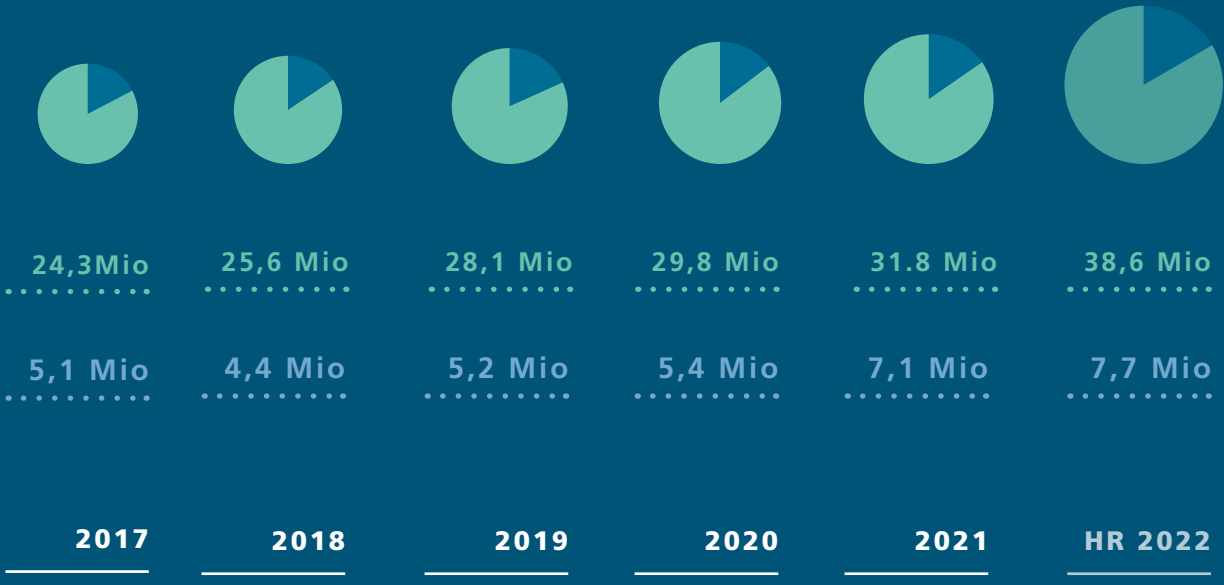
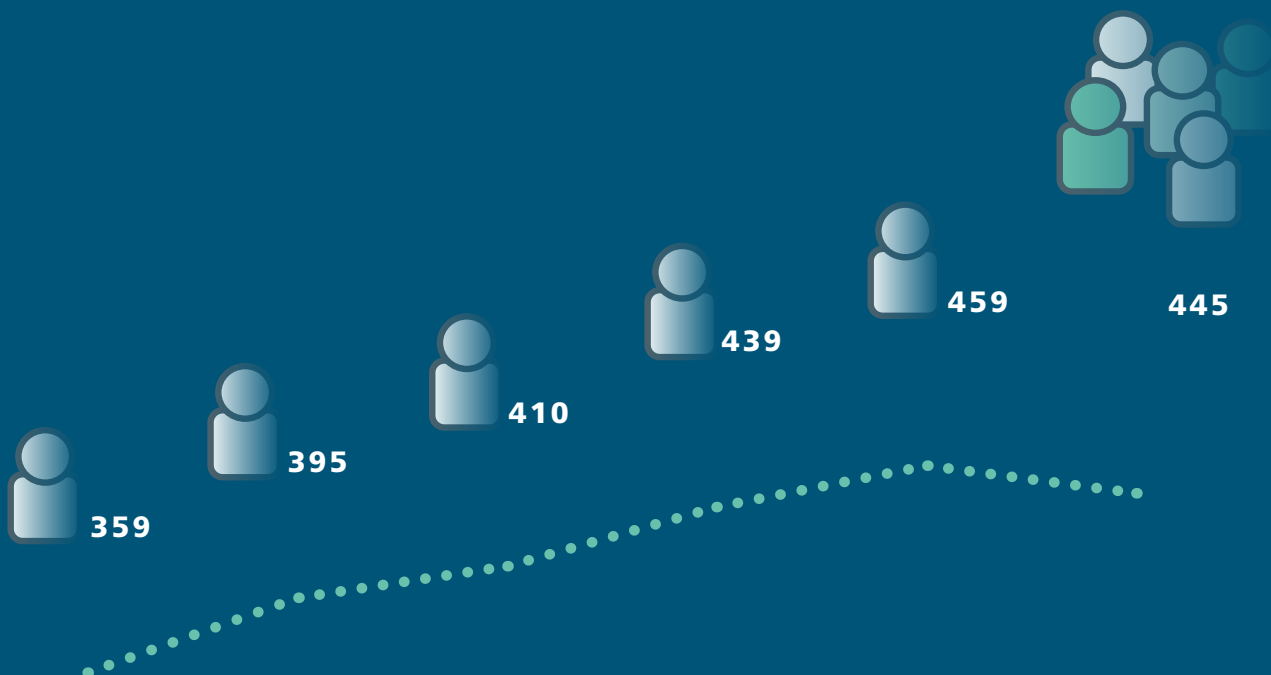
Externe Erträge in EUR
inkl. Investitionen

.....

davon aus der
Wirtschaft in EUR

.....

Jahr



Neuer Campus, neue Arbeitsformen

Mit einer Förderung von 30 Mio Euro des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und 30 Mio Euro des Landes Hessen sowie der Unterstützung der Stadt Kassel ist für das Fraunhofer IEE in Kassel eine neue zentrale Forschungsumgebung entstanden, die mit einem großen Technikum nun erweiterte Möglichkeiten für die angewandte Forschung zur Umsetzung der Energiewende bietet.

2.0

Arbeiten neu
definiert

Wie wollen wir arbeiten?

Neben den Erfordernissen für das Technikum mit den Fachlaboren für Leistungselektronik, Stromrichter, Mittelspannungstechnik, Batteriesysteme, Wasserstoff, Wärmenetze und digitale Netzleittechnik stellte sich für die architektonische Planung die zentrale Eingangsfrage, welche Bedürfnisse die Mitarbeiter:innen an ihre neue Arbeitsumgebung haben. Über eine Umfrage und Workshops wurden sowohl Bedarfe für eher klassische Büroformen für zwei bis drei Personen, stille Büros als auch offene Bereiche (Co-Working-spaces) mit vielen Schreibtischarbeitsplätzen und Kommunikationszonen für projektbezogene Zusammenarbeit ermittelt. Außerdem erfordert die Zusammenarbeit in Forschungs- und Entwicklungsprojekten verschiedene Größen von Besprechungs-, Seminar- und Workshopräumen. Diesen Anforderungen trägt das Architekturkonzept Rechnung.

New Work

Seit 2018 ist Fraunhofer auf dem Weg, ein flexibles, kooperatives, kundenorientiertes Arbeits- und Forschungsumfeld für selbstbestimmte Mitarbeitende zu gestalten und damit die Arbeitgeberattraktivität, Innovationskraft und Resilienz der Organisation zu stärken. Die Corona-Pandemie war zu diesem Zeitpunkt noch nicht absehbar. Diese hat die Implementierung von New Work ab 2020 jedoch deutlich beschleunigt.



Open Space Areas für kollaboratives Arbeiten



Arbeitsmöglichkeiten für Projektteams an variablen Benchtischen

New Work@Fraunhofer bedeutet, ein motivierendes Arbeitsumfeld zu schaffen, wo man sich entsprechend seiner Stärken einbringen kann, wo man seine Aufgaben als sinnvoll wahrnimmt und wo man sich wohlfühlt. Mit New Work@Fraunhofer entsteht eine neue Arbeitskultur. Sie findet ihre Ausprägung in fünf Stoßrichtungen:



- **Arbeitserbringung:** Das bedeutet, zeit- und ortsflexibles Arbeiten zu ermöglichen – natürlich dort, wo es sinnvoll und machbar ist.
- **Organisation:** Das heißt konkret, agiles Denken und Handeln sowie kundenorientierte und kooperative Organisations- und Kooperationsformen zu stärken und zu entwickeln.
- **Führung und Selbstorganisation:** Jeder Mitarbeitende ist ein selbstverantwortlicher, mündiger und wertvoller Teil des Ganzen, der Verantwortung tragen kann und deshalb das Vertrauen der Führung verdient.
- **Kooperation:** Auf dem Weg in die Wissensgesellschaft müssen Menschen und Wissen sinnvoll selbstorganisierend vernetzt sein. Das »Wir« wird zum Imperativ einer modernen Arbeitsgesellschaft.
- **Sinnstiftung:** Partizipation (ich bin ein Teil des Ganzen), Vertrauen und Zusammenarbeit werden erlebbar gemacht und fördern die Arbeit als etwas Befriedigendes wahrzunehmen.



Multifunktionaler Seminarraum

Flex Work und Team Charta

Orts- und zeitflexibles Arbeiten sowie standortübergreifende (Zusammen-)Arbeit sind beim Fraunhofer IEE heute bereits gelebter Alltag. Ziel der Einführung war es, die mit den Arbeitsformen gegenwärtig verbundenen Herausforderungen noch deutlich besser zu bewältigen und den Beschäftigten zugleich mehr Flexibilität zu ermöglichen.

Als Basis dafür erarbeiten die Teams in Workshops eine Charta für ihre Zusammenarbeit, in der beispielsweise Erreichbarkeit, Kommunikation und Dokumentenmanagement festgelegt werden. Außerdem werden darin die Auswirkungen von virtueller Arbeit reflektiert und Maßnahmen zum gesunden Umgang mit Remote Work identifiziert.

Agiles und vernetztes Arbeiten

Über die bewährten Methoden der agilen Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung hinaus halten auch neue Methoden des Managements und der Organisation der Zusammenarbeit Einzug. Beispielsweise Objectives and Key Results (OKR) als Methode zur agilen Strategieumsetzung und Scrum als Framework für agiles Projektmanagement oder Design Thinking, um auf kreative, dynamische und flexible Weise innovative Lösungen zu finden.

Großzügige offene Bereiche für Begegnung und Pausen

Gebäudedaten

32.700 m² Grundstücksfläche
78.000 m³ umbauter Raum
7.500 m² Gesamtnutzfläche

320 Arbeitsplätze
4.150 m² Büros und offene Arbeitsbereiche
1.200 m² Besprechungs- und Seminarräume
2.150 m² Technikum und Labore

Innovatives Energiekonzept

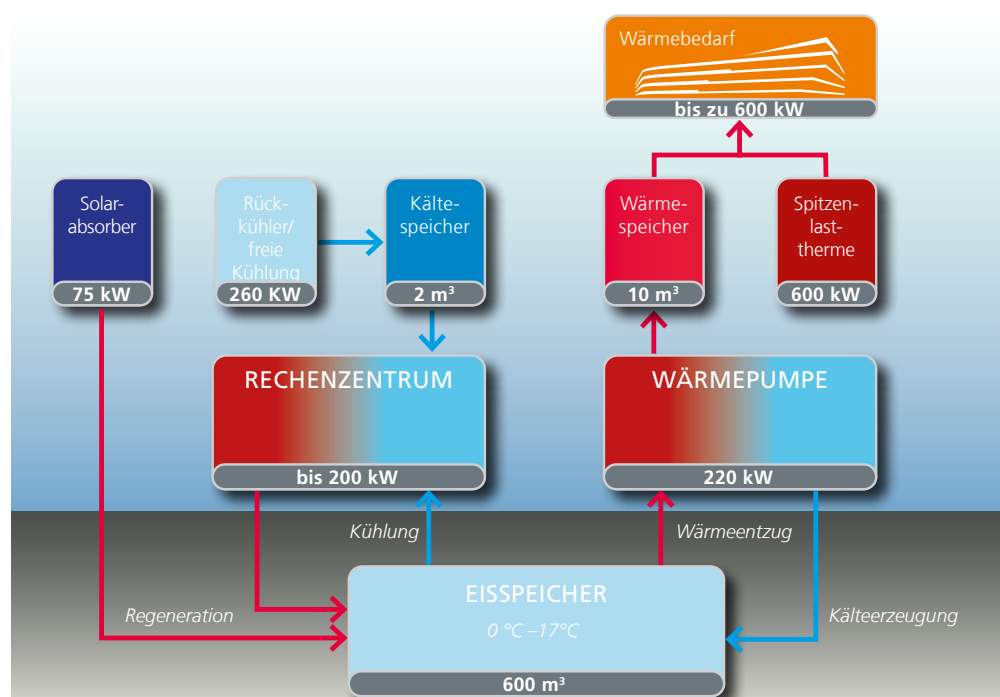
Heizen und kühlen mit dem Eisspeicher

Emissionsarmer Gebäudebetrieb

Der neue Fraunhofer IEE-Campus verfügt über ein nachhaltiges richtungsweisendes Energiekonzept. Für einen energieoptimierten Betrieb wurden Gebäudesimulationen, Variantenvergleiche und Wirtschaftlichkeitsberechnungen betrachtet. Mit einer Kombination aus außenliegender Verschattung, fassadenintegrierter PV, optimierten Fensterflächen, einer Wärmepumpe und einem Eisspeicher, der mit Abwärme beladen wird, kann das Gebäude effektiv und emissionsarm betrieben werden.

Der Eisspeicher für intelligentes Management alternierender Wärme und Kälte

Ein Latentwärmespeicher (umgangssprachlich Eisspeicher) besteht aus einer ungedämmten Regenwasserzisterne mit einem internen Rohrnetz, welches an die Wärmepumpe, das Rechenzentrum und das Gebäude angeschlossen ist. Er macht sich das Phänomen des Phasenübergangs von Wasser zunutze: Die Kristallisation des Wassers – der Übergang von 0 °C kaltem Wasser zu 0 °C kaltem Eis – setzt so viel Wärmeenergie frei, wie zur



Prinzipskizze der Wärmeversorgung des Gebäudes am Beispiel Winterbetrieb



Wassererwärmung von 0 °C auf +80 °C benötigt wird. Wird der Zisterne über den Wärmeübertrager mehr Wärme entzogen als zugeführt, friert sie langsam von innen nach außen zu. Führt man dem Eisspeicher Wärme aus den Solarkollektoren, dem Gebäude oder dem Rechenzentrum zu, taut das Eis wieder auf.

Wärmepumpe

Mit Null-Grad kaltem Wasser heizen? Ja, das geht. Eine Wärmepumpe ist ein geschlossener Kreislauf, der mit 1 kWh Strom bis zu 3 kWh Umgebungswärme gewinnen und damit 4 kWh Wärme bereitstellen kann. Wie beim Kühlschrank wird das Prinzip von Verdampfen und Kondensieren, Druckaufbau und Entspannen genutzt. Um eine Flüssigkeit (Wasser oder ein Kältemittel) zu verdampfen, muss man Energie einsetzen, die beim Kondensieren wieder frei wird. Im Prozesskreislauf der Wärmepumpe befindet sich ein Kältemittel, dass bereits bei Temperaturen unter 0 °C verdampft, wodurch auch sehr kaltem Wasser Energie entzogen werden kann.

Heizen und Kühlen intelligent kombinieren

Die installierte 600 m³ fassende Zisterne hat ein Speichervolumen von 50 MWh. Diese gespeicherte Energie wird im Sommer zur Kühlung genutzt. Ziel ist eine saisonale Verschiebung von Energie. Im Rechenzentrum des Instituts fällt ganzjährig Abwärme an. Diese Energie kann dem Latentwärmespeicher zugeführt werden. Im winterlichen Betrieb

wird dabei die Kühlung des Rechenzentrums übernommen, was wiederum zur Regeneration des Eisspeichers führt. Ein intelligentes Energiemanagementsystem führt dazu, dass der Eisspeicher kurz nach dem Winter bzw. Frühjahr zugefroren ist. Die gesammelte Kühlenergie im Eisspeicher kann dadurch für die Gebäudekühlung im Sommer genutzt werden. Über ein Leitungsnetz in den Betondecken wird dabei das vom Eisspeicher abgekühlte Wasser verteilt, wodurch die Räume klimatisiert werden.

Das Gebäude ist darüber hinaus mit Heizkörpern ausgestattet, die die winterliche Differenz ausgleichen. Dezentrale Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung, die ebenfalls an das passive Kühlnetz des Eisspeichers und das aktive Netz der Heizungsversorgung angeschlossen sind, speisen Frischluft in die Räume ein – durch einen integrierten Wärmeübertrager im Winter vorgewärmt und im Sommer vorgekühlt. Aus wirtschaftlichen Gründen wird die Wärmepumpe in Spitzenlastzeiten durch Gasbrennwertkessel unterstützt, die im Heizungsvorlauf auf 40 °C und im Rücklauf auf 30 °C im optimalen Wirkungsgrad fahren.

Optimierter Energiebetrieb

Über die Gebäudeleittechnik wird ein Monitoring des Gebäudes umgesetzt, das für eine stetige Energieoptimierung sorgt. Dies steht sinnbildlich für unser Entwicklungs- und Forschungsinteresse.

Fraunhofer IEE Neubau in Kassel. Im Vordergrund ist mit den runden Bänken der darunter liegende Eisspeicher markiert.

Wärmeversorgung

bis 600 kW Wärmebedarf
 bis 200 kW Abwärme aus Rechenzentrum
 bis 50 MWh, 600 m³ Eisspeicher
 220 kW Wärmepumpe
 600 kW Gas-Spitzenlastkessel
 70 kW, 65 m² Solarkollektoren
 260 kW freie Rückkühlung

Ansprechpartner

Forschungsschwerpunkte

Energieinformatik

Manuel Wickert, M.Sc.
Telefon: +49 561 7294-369
manuel.wickert@iee.fraunhofer.de

Energiemeteorologie und Geoinformationssysteme

Dr. rer. nat. Jan Dobschinski
Telefon: +49 561 7294-213
jan.dobschinski@iee.fraunhofer.de

Energiewirtschaft und Systemanalyse

Norman Gerhardt, M.Sc.
Telefon: +49 561 7294-274
norman.gerhardt@iee.fraunhofer.de

Energieverfahrenstechnik und -speicher

Dipl.-Phys. Jochen Bard
Telefon: +49 561 7294-346
jochen.bard@iee.fraunhofer.de

Netzplanung und Netzbetrieb

Prof. Dr.-Ing. Martin Braun
Telefon: +49 561 7294-118
martin.braun@iee.fraunhofer.de

Netzstabilität und Stromrichtertechnik

Dr.-Ing. Philipp Strauß
Telefon: +49 561 7294-144
philipp.strauss@iee.fraunhofer.de

Thermische Energiesystemtechnik

Dr.-Ing. Anna Cadenbach
Telefon: +49 561 7294-1519
anna.cadenbach@iee.fraunhofer.de

Geschäftsfelder

Energiewirtschaftliche Analysen und Beratung

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Katharina Habbishaw, M.Sc.
Telefon: +49 561 7294-428
katharina.habbishaw@iee.fraunhofer.de

Energiemeteorologische Informationssysteme

Dr. rer. nat. Axel Braun
Telefon: +49 561 7294-272
axel.braun@iee.fraunhofer.de

Digitales Portfoliomangement

André Baier, M.Sc.
Telefon: +49 561 7294-369
andre.baier@iee.fraunhofer.de

Netzplanung und Netzbetrieb

Dipl.-Ing. Matthias Lenz
Telefon: +49 561 7294-209
matthias.lenz@iee.fraunhofer.de

Leistungselektronik und elektrische Antriebssysteme

Dipl.-Ing. Axel Seibel
Telefon +49 561 7294-289
axel.seibel@iee.fraunhofer.de

Hardware-in-the-Loop Systeme

Dr.-Ing. Peter Loepelmann
Telefon: +49 561 7294-375
peter.loepelmann@iee.fraunhofer.de

Anlagentechnik

Dr.-Ing. Ramona Schröer
Telefon: +49 561 7294-1744
ramona.schroerer@iee.fraunhofer.de

Systemstabilität und Netzintegration

Dr.-Ing. Norbert Henze
Telefon: +49 561 7294-219
norbert.henze@iee.fraunhofer.de

Lidar-Windmessungen

Dr.-Ing. Paul Kühn
Telefon: +49 561 7294-351
paul.kuehn@iee.fraunhofer.de

Testzentren und Labore

SysTec | Verteilungsnetze und Netzintegration

Dr. rer. nat. Thomas Degner
Telefon: +49 561 7294-232
thomas.degner@iee.fraunhofer.de

Leistungselektronik

Prof. Dr.-Ing. Marco Jung
Telefon: +49 561 7294-1554
marco.jung@iee.fraunhofer.de

Mittelspannung

Prof. Dr.-Ing. Marco Jung
Telefon: +49 561 7294-1554
marco.jung@iee.fraunhofer.de

Antriebstechnik und elektrische Maschinen

Prof. Dr.-Ing. Marco Jung
Telefon: +49 561 7294-1554
marco.jung@iee.fraunhofer.de

Power-Hardware-in-the-Loop und Software-in-the-Loop

Dr.-Ing. Philipp Strauß
Telefon: +49 561 7294-144
philipp.strauss@iee.fraunhofer.de

Leitwarte digitale Energie

Manuel Wickert, M.Sc.
Telefon: +49 561 7294-369
manuel.wickert@iee.fraunhofer.de

Windmessungen

Dr.-Ing. Paul Kühn
Telefon: +49 561 7294-351
paul.kuehn@iee.fraunhofer.de

District Lab – Wärmenetze

Dr.-Ing. Anna Cadenbach
Telefon: +49 561 7294-1519
anna.cadenbach@iee.fraunhofer.de

Elektrochemische Speicher

Dr.-Ing. Peter Loepelmann
Telefon: +49 561 7294-375
peter.loepelmann@iee.fraunhofer.de

Erneuerbare Gase

Dr.-Ing. Bernd Krautkremer
Telefon: +49 561 7294-420
bernd.krautkremer@iee.fraunhofer.de

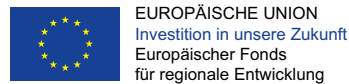
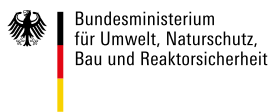
HBFZ – Hessisches Biogas-Forschungszentrum

Dr.-Ing. Bernd Krautkremer
Telefon: +49 561 7294-420
bernd.krautkremer@iee.fraunhofer.de

Historie

Das Institut wurde 1988 als Institut für Solare Energieversorgungstechnik ISET e.V. vom Land Hessen und der Stadt Kassel als An-Institut der Universität Kassel unter der Leitung von Prof. Dr. Werner Kleinkauf gegründet. 2009 wurde das Institut unter der Leitung von Prof. Dr. Jürgen Schmid[†] als einer von zwei Institutsteilen des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES in die Fraunhofer-Gesellschaft aufgenommen. Aus dem Institutsteil Energiesystemtechnik des Fraunhofer IWES ist 2018 das neue eigenständige Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE in Kassel hervorgegangen.

Förderer



Kuratorium

Dr.-Ing. Michael Fiedeldey (Kuratoriumsvorsitzender)
STWB Stadtwerke Bamberg GmbH
Geschäftsführer

Dr.-Ing. Britta Buchholz
Hitachi Energy Germany AG
Global Market Innovation
Vice President Active Distribution Grids

Madlen Freudenberg
Neue Denkerie
Geschäftsführerin

Dr. Roland Hermes
innogy SE
Head of System Analyses Grid & Infrastructure Segment

Axel Kießling
TenneT TSO GmbH
Manager Digital Transformation Germany

Dr. Ulrike Mattig
Hessisches Ministerium für Wissenschaft und Kunst
Referatsleiterin Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen,
überregionale Forschungsförderung

Dr. Susanne Nies
Smart Wires Inc.
General Manager Germany

Marc Peters
IBM Deutschland GmbH
CTO Energy, Environment & Utilities Europe

Dr. Andreas Roß
TEAG Thüringer Energie AG Mitglied des Vorstands

Martin Roßmann
Viessmann Werke
Global Head of Systems- and Advanced Technology

Rüdiger Schaden
Amprion GmbH
Leiter Betrieb HSL Leitsystem

Dr. Kai Schiefelbein
Stiebel Eltron GmbH & Co. KG
Geschäftsführer

Dr. Klaus von Sengbusch
50Hertz Transmission GmbH
Leiter strategische Netzplanung

Dr. Gunnar Steg
Volkswagen Aktiengesellschaft

Dr. Matthias Victor
SMA Solar Technology AG
Aufsichtsrat
Vice President Technology Center

Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. Wolfram Wellßow
Scientific Power Consulting

Dr. Wilhelm Winter
TenneT TSO GmbH
Expert Team Leader HVDC Planning

Kooperationen

Auf nationaler und internationaler Ebene arbeitet das Fraunhofer IEE mit zahlreichen öffentlichen und industriellen Forschungseinrichtungen erfolgreich zusammen. Die Anwendungsnahe dokumentiert sich u. a. in vielen Projekten mit Industriebeteiligung und direkten Aufträgen von Unternehmen.

Hochschulen

Das Fraunhofer IEE arbeitet intensiv mit verschiedenen Hochschulen insbesondere den Universitäten in Kassel, Hannover und Darmstadt sowie der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg zusammen.

Fraunhofer

Innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft werden ergänzende Kompetenzen und Erfahrungen der Partnerinstitute insbesondere über die Fraunhofer-Verbünde „Ergieietechnologien und Klimaschutz“, „Werkstoffe, Bauteile – Materials“ und „IUK-Technologie“ sowie die Fraunhofer-Allianzen „Energie“ und „Batterie“ als auch das Fraunhofer Cluster of Excellence „Integrated Energy Systems CINES“ eingebunden.

Hessen

Das Hessische Biogas-Forschungszentrum HBFZ in Bad Hersfeld betreibt das Fraunhofer IEE gemeinsam mit dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen LLH und dem Landesbetrieb Hessisches Landeslabor LHL.

Das Fraunhofer IEE ist Vorstandsmitglied im House of Energy HoE des Landes Hessen. Das HoE vernetzt die großen hessischen Energieversorger, Unternehmen aus dem Dienstleistungs- und Produktionsbereich, Universitäten, Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie zwei hessische Ministerien.

Darüber hinaus wirkt das Institut in den Cluster-Netzwerken deENet – Kompetenznetzwerk dezentrale Ergieietechnologien e.V. und MoWiN.net – Netzwerk für die nordhessische Mobilitätswirtschaft mit.

Deutschland

Zusammen mit anderen außeruniversitären deutschen Forschungsinstituten hat sich das Fraunhofer IEE im Forschungsverbund Erneuerbare Energien FVEE zusammengeschlossen.

International

Auf Initiative des Fraunhofer IEE haben die führenden europäischen Labore und Forschungsinstitute im Bereich der dezentralen Energiequellen das Netzwerk DERlab gegründet.

Das Fraunhofer IEE ist Mitglied der European Energy Research Alliance EERA, der Vereinigung europäischer öffentlicher Forschungszentren und Universitäten.

Gremien

Die Forschungsergebnisse fließen über die Mitarbeit zahlreicher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts in nationalen und internationalen Gremien wie DKE, CENELEC und IEC in die Standardisierung und Normung ein.

Als fachlicher Berater bringt das Fraunhofer IEE sein Know-how auch in politische, rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen ein.

Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 30 000 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,9 Milliarden Euro. Davon fallen 2,5 Milliarden Euro auf den Bereich Vertragsforschung.

Impressum

Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und
Energiesystemtechnik IEE

Joseph-Beuys-Straße 8
34117 Kassel
Telefon +49 561 7294-0
info@iee.fraunhofer.de
www.iee.fraunhofer.de

Redaktion, Layout
Uwe Krengel, Sascha Pogacar, Uta Werner
1. April 2023

Bildnachweis

Adobe Stock 5, 7, 15, 16, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 35
Volker Beushausen 3, 6, 7, 11, 14, 15, 26, 27, 30
Fraunhofer IEE 2, 5, 11, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 34
Fraunhofer IEE | Wolfram Heckmann 30
Fraunhofer IEE | Uwe Krengel 8, 23, 29, 33, 34
Fraunhofer IEE | Bernd Krautkremer 32, 35
Fraunhofer IEE | Anna Krolczik 29
Fraunhofer IEE | Paul Kühn 31
Fraunhofer IEE | Maryna Miliushchanka 28, 33, 34
Fraunhofer IEE | Klaus Otto 31
Fraunhofer IEE | Marie Plaisir 32
Fraunhofer IEE | Frank Schünemeyer 32
Fraunhofer IEE | Alina Thöne 40
Fraunhofer IEE | Uta Werner 31
istock 30, 36
Henry Koch 41
Jörg Lantelmé 28
Dirk Mahler 32
MEV-Verlag 24
Peter Moll 22
pexels | energepic.com 25
Shutterstock 5, 18, 20
Harry Soremski 10
Stadtwerke Bamberg 13
unsplash, Helloquence 27, 29
unsplash, thomasrichter 24
Benjamin Zweig 1, 12, 17, 34

A photograph of a modern, curved office building with large glass windows and a courtyard. The building is multi-storied and features a curved facade. The courtyard in the foreground has a paved area and a curved metal railing. The sky is clear and blue.

Kontakt

Fraunhofer IEE
Joseph-Beuys-Str. 8
34117 Kassel
Tel. +49 7294-0

info@iee.fraunhofer.de
www.iee.fraunhofer.de