

**JAHRESBERICHT 2020/2021**

---

Wir gestalten die klimaneutralen  
Energiesysteme der Zukunft.



Prof. Dr. Rolf Bracke

Prof. Dr. Mario Ragwitz

Wir gestalten die  
 klimaneutralen  
 Energiesysteme  
 der Zukunft.«

## Liebe Leserin und lieber Leser,

unser erster Tätigkeitsbericht ist in mehrfacher Hinsicht besonders. Es ist die Dokumentation eines Instituts im Aufbau, das als Kind des Kohleausstiegs gegründet wurde, um Kommunen und Wirtschaft bei der Defossilisierung ihrer Energiesysteme zu unterstützen und das sich unversehens in einer der größten geopolitischen Energiekrisen seit Bestehen der Europäischen Union wiederfindet. Die Energieversorgung Deutschlands und Europas steht dabei vor großen Herausforderungen: die Versorgung muss gesichert und gleichzeitig die Transformation zu einem klimaneutralen Energiesystem bis 2045 erreicht werden. Diese Rahmenbedingungen beeinflussen auch grundlegend den Aufbauprozess unseres Instituts.

Die Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG wurde am 01.12.2019 mit dem Ziel gegründet, Lösungen für die nächste Phase der Energiewende zu entwickeln. Mit der Integration des Internationalen Geothermiezentrums Bochum (GZB) in das Fraunhofer IEG am 01.01.2020 war das Institut vom Gründungstag an arbeitsfähig.

Während die erste Phase der Energiewende durch die Entwicklung der Basistechnologien im Bereich der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz gekennzeichnet war, liegt der Schwerpunkt der nun anstehenden Phase – und damit unserer Tätigkeit – in der Integration der Sektoren des Energiesystems sowie der Flexibilisierung von Angebot und Nachfrage. Insbesondere der Umbau der Energieinfrastrukturen und die Defossilisierung des Wärmesektors werden erfolgsentscheidend für die Energiewende sein. Die Kopplung des Erzeugungsektors mit dem Industrie-, Gebäude- und Verkehrssektor durch Vernetzung und Digitalisierung der Infrastrukturen für Strom, Wärme und Gas ist die zentrale Herausforderung für die Integration fluktuierender erneuerbarer Energien. Auch der Untergrund nimmt im nachfossilen Energiezeitalter weiterhin eine zentrale Rolle ein. Dies gilt sowohl für die Gewinnung als auch für die Speicherung von stofflichen und thermischen Energieträgern.

Zur Erfüllung dieser ambitionierten Aufgaben bedarf es einer leistungsfähigen und flexiblen Organisation. Daher waren die ersten beiden Aufbaujahre geprägt von der Entwicklung dieser Organisation und des Forschungs- und Technologieportfolios. Beides wollen wir möglichst agil und marktflexibel gestalten. Dabei orientieren wir uns am Energiesystem der Zukunft – dezentral und digital. Diesem Leitgedanken passen wir die Strukturen des Instituts konsequent an. Neben der System- und Technologieentwicklung durch anwendungsnahe Forschung ist zugleich die Stärkung der vom Kohleausstieg und Strukturwandel betroffenen Regionen Deutschlands eine wichtige Aufgabe des Fraunhofer IEG. Mit bald acht Standorten und regionalen Vernetzungen mit Schwesterinstituten der Fraunhofer-Gesellschaft wollen wir möglichst ortsnahe einen messbaren Beitrag leisten, um Energieversorger, Industrieunternehmen, Immobilienwirtschaft und Technologieanbieter bei der Transformation ihrer Energieversorgung zu unterstützen.

Wir definieren uns über standortübergreifende Kompetenzen, die unseren Kunden überall ganzheitlich zur Verfügung stehen. Durch die agile Organisationsstruktur soll die Einrichtung zugleich ein attraktiver Arbeitgeber mit einem hohen Grad an Partizipations- und Entfaltungsmöglichkeiten für die Mitarbeitenden sein und ergebnisorientiert und kurzfristig auf die Bedürfnisse der Kunden eingehen. Gleichzeitig wurde die Verwaltung



des Instituts standortübergreifend aufgebaut. Sie bildet inzwischen alle Funktionen einer modernen und leistungsfähigen Administration einer Forschungseinrichtung ab.

In einem iterativen Prozess wurden sechs Geschäfts- und Forschungsbereiche festgelegt, welche in diesem Bericht näher dargestellt werden. Dem Transformationsgedanken gekoppelter ober- und untertägiger Energieinfrastrukturen folgend, liegt der technologische Fokus des Fraunhofer IEG auf den Georessourcen und Geotechnologien sowie den thermodynamischen Wandlern und Wärmenetzen der nächsten Generation. Hinzu kommen Lösungen zur emissionsarmen Quartiers- und Industrierversorgung, sowie zum Transport und der Speicherung von Wasserstoff und CO<sub>2</sub>. Basierend auf unseren Modellen integrierter Energiesysteme schaffen wir eine wichtige Grundlage für die effiziente Planung und den optimierten Betrieb von Infrastrukturen auf der Ebene der Transport- und Verteilnetze. Mit dem Monitoring, Steuerung, Regelung, und Automatisierung schließt sich unser Portfolio von der Konzeption bis zur Betriebsführung energietechnischer Anlagen. Unsere Labore, Prüfstände und Reallabore bilden dafür das experimentelle Rückgrat unserer Forschungsaktivitäten. Für eine professionelle Bereitstellung und Betrieb der standortübergreifenden Forschungsinfrastruktur wurde der Geschäfts- und Servicebereich Labore aufgebaut.

Unabdingbar für den wissenschaftlichen Erfolg einer außeruniversitären Forschungseinrichtung ist die akademische Vernetzung in der Region. In Kooperation mit vielen Partnerhochschulen konnten gemeinsame Professuren zu unseren zentralen Arbeitsfeldern an das Fraunhofer IEG angebunden werden. Dazu zählen die RWTH Aachen, FH Aachen, Ruhr-Universität Bochum, Hochschule Bochum, BTU Cottbus-Senftenberg, TU Delft und die Universität Freiburg.

Mit seinen mittlerweile 200 Mitarbeitenden war das Fraunhofer IEG weit über Plan erfolgreich bei der Einwerbung und Bearbeitung öffentlicher Forschungsprojekte sowie von Forschungsaufträgen aus der Industrie. Wohl auch aufgrund der energie-, klima und geopolitischen Rahmenbedingungen und des damit verbundenen Innovationsbedarfs konnten wir in den ersten beiden Aufbaujahren alle uns selbst gesteckten Ziele deutlich übertreffen. Dafür sind wir unseren engagierten Kolleginnen und Kollegen, unseren Forschungspartnern sowie unseren Auftraggebern zu aufrichtigem Dank verpflichtet.

#### »Wir gestalten die klimaneutralen Energiesysteme der Zukunft.«

Nichts weniger haben sich die Mitarbeitenden des Fraunhofer IEG zur Gründungsmission gemacht. Wir sind sicher, dass das Fraunhofer IEG mit seinem großartigen Aufbauteam und täglich neuen Inspirationen einen wichtigen Beitrag in diesem Prozess leisten kann.

Lassen Sie sich gerne von unserem Gründergeist anstecken. Glückauf!

Prof. Dr. Rolf Bracke

Prof. Dr. Mario Ragwitz

# Inhalte

## 3 Vorwort

## 8 Leitartikel Unser Beitrag zur Energiewende

## 12 Geschäftsbereich 1 Integrierte Planung von Infrastrukturen, Quartieren & Gebäuden

- 14 Integrierte Energieinfrastrukturen
- 18 Integrierte Quartiersplanung
- 22 Integrierte Gebäudeenergie-technik
- 24 Geschäftsmodelle der Systemtransformation und Technologietransfer

## 26 Geschäftsbereich 2 Georessourcen

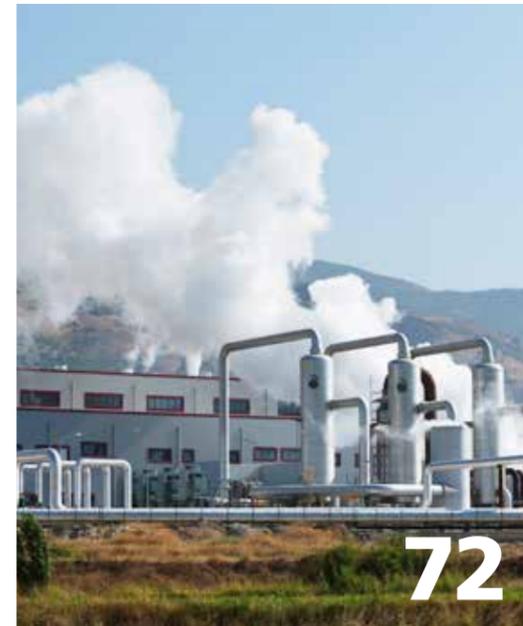
- 28 Exploration und Reservoirsimulation
- 32 Geothermale Geologie
- 36 Globale Georessourcen

## 38 Geschäftsbereich 3 Geotechnologien

- 40 Innovative Bohrverfahren
- 44 Tiefbohrtechnik und Completion
- 48 Reservoir Engineering
- 52 Georisiken und Risikomanagement

## 54 Geschäftsbereich 4 Netze, Energie- & Verfahrenstechnik

- 56 Verfahrenstechnik
- 60 Erdgas-, Wasserstoff- und stoffliche Infrastrukturen
- 64 Wärmenetze 4.0
- 68 Thermodynamische Wandler



## 72 Geschäftsbereich 5 Speicher- & Untertagesysteme

- 74 Bergbaufolgenutzung
- 78 Tiefengeothermie und Bohrlochsysteme
- 82 Oberflächennahe Geothermie

## 86 Geschäftsbereich 6 Steuerung, Regelung, Automatisierung & Betriebsführung

- 88 Monitoring und Künstliche Intelligenz

## 92 Geschäftsbereich 7 Labore

## 96 Geschäftsbereich 8 Transfer & Kommunikation

- 97 Transfer und Strategieentwicklung
- 97 Corporate und Public Relations
- 97 Wissenschafts- kommunikation und Fachinformationsmanagement
- 97 Aus- und Weiterbildung

## 98 Organigramm

## 100 Das Institut in Zahlen

## 102 Akademische Vernetzung

## 103 Kuratorium



Leitartikel

# Unser Beitrag zur Energiewende

Das Fraunhofer IEG wurde im Dezember 2019 gegründet mit dem Anspruch, die klimafreundlichen Energiesysteme der Zukunft zu gestalten. In einem Gespräch mit den beiden Institutsleitern Prof. Dr. Rolf Bracke und Prof. Dr. Mario Ragwitz erklären die beiden, was sich hinter der Mission verbirgt, welches die zentralen Herausforderungen der Energiewende heute sind und die Rolle anwendungsnaher Forschung in dem Transformationsprozess.

## Das Fraunhofer IEG verfolgt das Ziel mit seinem Leistungsangebot die nächste Phase der Energiewende zu bewältigen. Wie steht es denn um die Energiewende heute?

**Ragwitz:** Bisher war die Energiewende stark auf die Entwicklung der Basistechnologien im Bereich der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz fokussiert, wobei wesentliche Fortschritte vor allem bei der Defossilisierung des Stromsektors durch die Integration erneuerbarer Energien in existierende und inkrementell erweiterte Infrastrukturen erzielt wurden. Die nächste Phase wird durch die umfassende Integration der Infrastrukturen für Strom, Gas und Wärme und die klimaneutrale Versorgung des Gebäude- und Verkehrssektors und der Industrie gekennzeichnet sein. Hierfür gilt es, die Technologien der Sektorenkopplung und Modelle für die Planung integrierter Energieinfrastrukturen und intelligente Algorithmen für die Betriebsführung verteilter Systeme zu entwickeln.

**Bracke:** Zugleich wurde die Energiewende noch allzu oft mit Stromwende gleichgesetzt. Wärme – insbesondere Abwärme aus der Verbrennung fossiler Energieträger – war billig und Erdgas als sogenannte Brückentechnologie gemeinhin akzeptiert. Das Jahr 2045 als politisch vereinbartes Ziel zum Erdgasausstieg war gedanklich weit entfernt. Infolge des russischen Kriegs in der Ukraine wird Erdgas zur Mangelware und die Wärmewende gerät in den Fokus und das zu Recht, da die Wärmeversorgung mit ca. 1.400 TWh den überwiegenden Anteil am deutschen Endenergiebedarf von ca. 2.500 TWh hat. Allerdings: weniger als ein Fünftel der Nettowärmeerzeugung in Deutschland kommt bisher aus erneuerbaren Energieträgern. Hier ist also noch sehr viel Luft zum Ausbau.

**Ragwitz:** Außerdem gilt es Wasserstoff und synthetische Brennstoffe insbesondere für die Grundstoffindustrie, die Hochtemperaturwärme und den Flug- und Schiffverkehr bereitzustellen. Durch den Umbau der Gasnetze auf Wasserstoff können große Mengen erneuerbarer Energien aus heimischen erneuerbaren Energien und Importen zur Defossilisierung des Energiesystems integriert werden.

**Bracke:** Langfristig werden der Wasserstoff – und kurzfristig die Biobrennstoffe zu unseren wertvollsten Energieträgern. Denn Hochtemperaturwärme ab 200°C bis deutlich über 1000°C wird auch weiterhin durch Verbrennungsprozesse erzeugt werden müssen. Für die urbane Wärmeversorgung und für die meisten Industrieprozesse sind jedoch verfahrenstechnisch bedingt Temperaturen unter 200°C ausreichend und die Verbrennung von elektrolytisch hergestelltem Wasserstoff zu teuer. Diese Niedertemperaturen können im Temperaturfeld von unten kommend wirtschaftlicher erzeugt werden. Hier werden die Nutzung industrieller Abwärme, die Integration von Geothermie und Solarenergie und der Einsatz von Hochtemperatur- und Großwärmepumpen eine zentrale Bedeutung erlangen. Zugleich müssen thermische Speicher zur Flexibilisierung des Systems und thermodynamische Wandler in das Stromnetz integriert und letzteres angepasst werden.

## Inwiefern greift das Leistungsangebot des Fraunhofer IEG diese Herausforderungen auf?

**Ragwitz:** Die Forschungsstrategie des Fraunhofer IEG basiert auf dem Anspruch, sichtbare und messbare Beiträge zur Transformation von einem fossilen, zentralisierten Energiesystem hin zu einem klimaneutralen, sektorengesetzten Energiesystem zu leisten. Dabei nehmen wir eine ganzheitliche Perspektive

auf die Sektorenkopplung von Infrastrukturen ein und verfolgen diese auf Basis realer Projekte mit echtem Impact auf die Energiewende. Beispiele sind die Entwicklung von Methoden zur Erstellung integrierter Systementwicklungspläne für Transportnetze für Strom und Gas, die Planung kommunaler sektorengesetzter Infrastrukturen und Quartiere. Außerdem beschäftigen wir uns mit der Hardware an der Schnittstelle der Infrastrukturen. Wir entwickeln Hochtemperaturwärmepumpen der MW-Klasse

sowie optimierte Verfahren zur Integration von Elektrolyseuren in Strom-, Gas, und Wärmenetze auf Basis innovativer Ansätze aus der Regelungstechnik und Betriebsführung.

**Bracke:** Wir haben unsere Geschäftsbereiche auf diese Forschungsanforderungen zugeschnitten. So sind wir in der Lage, auf Hochleistungsrechnern das Gesamtsystem der gekoppelten Energiesektoren modellhaft über Skalengrenzen hinweg abzubilden und zu optimieren. Und zwar von der kontinentalen

Die Wärmeversorgung hat mit ca. 1.400 TWh den überwiegenden Anteil am deutschen Endenergiebedarf von ca. 2.500 TWh.«

Prof. Dr. Rolf Bracke

Ebene bis auf die Quartiers- und Gebäudeebene. Daneben stehen umsetzungsorientierte Geschäftsbereiche in denen die neu benötigten Technologien für den Übertage- wie den Untertagebereich entwickelt und ingenieurtechnisch umgesetzt werden. An den Fraunhofer IEG-Standorten Bochum, Cottbus, Weisweiler, Zittau und bei unseren Industriepartnern betreiben und bauen wir Entwicklungs-, Prüf- und Reallabore für Wärmepumpen, Speicher, Wasserstoff-, Bohr- und Geotechnologien.

### Energieinfrastrukturen und Geothermie klingen nach zwei Themengebieten mit wenig Überschneidungen. Warum ist die Bündelung in einem Institut dennoch zielführend?

**Bracke:** Beides ergänzt und bedingt sich. Der Umbau der leitungsgebundenen Energieinfrastrukturen und die Integration von Speichern in das System werden maßgeblich für eine erfolgreiche Energiewende. Als einziges Geo-Institut der Fraunhofer-Gesellschaft haben wir ein Alleinstellungsmerkmal bei den Geotechnologien, was sehr wichtig ist, da der untertägige Raum auch zukünftig ein Infrastrukturelement des Energiesystems darstellen wird. Dies gilt insbesondere für die Gewinnung und Speicherung von Wärme, aber perspektivisch

### Das Fraunhofer IEG hat den Anspruch, ein künftiges sektorengesetztes Energiesystem ganzheitlich zu beschreiben und zu gestalten.«

**Prof. Dr. Mario Ragwitz**

auch für Wasserstoff und CO<sub>2</sub>. Außerdem integriert Geothermie als einziger erneuerbarer Energieträger ein untertägiges Energiesystem mit einer übertägigen Infrastruktur, bestehend aus einem Wärmewandlungs- und einem Verteilungssystem.

**Ragwitz:** Das Fraunhofer IEG hat den Anspruch, ein künftiges sektorengesetztes Energiesystem ganzheitlich zu beschreiben und zu gestalten. Die Umstellung der Wärmeversorgung auf klimaneutrale Technologien ist dabei ein sehr wichtiger Bereich. Die künftige Wärmeversorgung wird durch oberflächennahe Geothermie in Kombination mit Wärmepumpen dominiert sein und auch die tiefe Geothermie kann

### Die anstehende Phase der Energiewende wird zu einer der größten gesellschaftlichen Herausforderungen seit Beginn der Industrialisierung.«

**Prof. Dr. Rolf Bracke**

mit 300 TWh/a Potential ihren Beitrag leisten. Der unterirdische Speicherbedarf für Wasserstoff wird auf etwa 100 TWh in Deutschland geschätzt, hierfür werden neben Kavernen- auch geologische Porenspeicher benötigt. Sektorenkopplung, integrierte Energieinfrastrukturen und Georessourcen sind somit sehr eng miteinander verwobene Themenfelder.

### Wen adressiert das Fraunhofer IEG mit seinem Leistungsangebot?

**Ragwitz:** Vom Gebäude über das Quartier bis zur kommunalen, nationalen und internationalen Ebene erarbeitet das Fraunhofer IEG Lösungen für unterschiedliche Stakeholder der Energiewirtschaft. Insbesondere Betreiber von Transport- und Verteilnetzen, kommunale Energieversorger und Unternehmen im Bereich der Grundstoffindustrie zählen zu unseren Auftraggebern im Bereich der Modellierung und Planung von Energieinfrastrukturen. Für Hersteller von Wärmepumpen und Elektrolyseuren entwickeln wir Komponenten und Systeme zur Erhöhung der Effizienz und der optimierten Integration in das Energiesystem. Für Quartiersplaner, Projektentwickler und Wohnungsbaugesellschaften entwickeln wir neuartige Tools zur skalen- und sektorübergreifenden Planung und Betriebsführung von Quartieren. Und auch im Bereich der innovativen Bohrtechnik gehören wir zu den führenden Instituten in Europa.

**Bracke:** Die anstehende Phase der Energiewende wird zu einer der größten gesellschaftlichen Herausforderungen seit Beginn der Industrialisierung. Das gesamte System muss von zentral auf dezentral umgestellt werden. Jede und jeder wird damit gleichermaßen Verbraucher und Erzeuger und intensiver vom Marktgeschehen betroffen sein als in den vergangenen Jahrzehnten – von der Privatperson bis zum Industriebetrieb. Energietechnische Lösungen und Potentiale müssen vermittelt werden und »not in my backyard« sollte keine Antwort sein. Der Wissenschaft kommt bei diesem Transformationsprozess eine große Rolle zu als Ansprechpartnerin für Kommunen, Zivilgesellschaft, Wirtschaft und Politik. Deshalb werden wir zwischen den Akteuren vermitteln und wissenschaftlich fundierte Informationen zur Entscheidungsfindung bereitstellen.



### Was sind Ihre Aussichten auf die nächsten zwei Jahre?

**Bracke:** Das Fraunhofer IEG hat zweieinhalb intensive Aufbaujahre hinter sich. Nach der Organisationsentwicklung, der Definition unserer Forschungsschwerpunkte und der Rekrutierung einer Vielzahl von erfahrenen Fachleuten, engagierten Nachwuchswissenschaftlerinnen und Technikern werden wir die inneren Strukturen festigen. Dabei stehen neue, flexible Arbeitswelten im Fokus. Gelingt es uns, das digitale Institut zu werden, in dem die Arbeitsgruppen standortunabhängig miteinander vernetzt sind? Zugleich werden wir in Cottbus, Bochum, Aachen und Zittau große Baumaßnahmen zur Campuserweiterung anschieben. In Holzkirchen richten wir gemeinsam mit dem Fraunhofer IBP eine Arbeitsgruppe ein, die sich die kommunale Wärmewende in Süddeutschland zum Ziel gesetzt hat. Unsere Reallabore im Rheinland, dem Ruhrgebiet und der Lausitz entwickeln wir weiter und machen sie für unsere Industriepartner attraktiv nutzbar.

**Ragwitz:** Die nächsten zwei Jahre werden durch außergewöhnliche Herausforderungen bei der Sicherung der Energieversorgung aufgrund der Unterbrechungen der Lieferungen aus Russland gekennzeichnet sein. Sehr hohe Preise für

Erdgas und Strom belasten die europäische und deutsche Wirtschaft und die Haushalte. Gleichzeitig müssen die Anstrengungen beim Klimaschutz verstärkt werden, um den Wohlstand künftiger Generationen nicht zu gefährden. Somit werden der Ausbau erneuerbarer Energien und Maßnahmen zur Energieeffizienz in Europa und weltweit weiterhin an

### Vom Gebäude über das Quartier bis zur kommunalen, nationalen und internationalen Ebene erarbeitet das Fraunhofer IEG Lösungen für unterschiedliche Stakeholder der Energiewirtschaft.«

**Prof. Dr. Mario Ragwitz**

Bedeutung gewinnen auch wenn dies unter schwierigeren makroökonomischen Rahmenbedingungen geschieht. Hieraus resultiert auch eine besondere Aufgabe für die Energieforschung, die Anstrengungen zu verstärken und Entwicklungen zu beschleunigen.



Geschäftsbereich 1

# Integrierte Planung von Infrastrukturen, Quartieren & Gebäuden

Unser Geschäftsbereich »Integrierte Planung von Infrastrukturen, Quartieren & Gebäuden« versteht Infrastruktur als kritischen Eckpfeiler der Energiewende. Mit unseren Competence Centern »Integrierte Energieinfrastrukturen«, »Integrierte Quartiersplanung«, »Integrierte Gebäudeenergietechnik« und »Geschäftsmodelle der Systemtransformation und Technologietransfer« widmen wir uns allen Infrastrukturen, von der europäischen Transportnetze für Strom, Erdgas und Wasserstoff bis hin zur Berechnung kommunaler Verteilnetze.

»Wir entwickeln Strategien zu sektorenkoppelnden Energieinfrastrukturen, vom Transportnetz bis hin zur Quartiersplanung. Wir verstehen Infrastruktur als kritischen Eckpfeiler der Energiewende.«

**Dr. Benjamin Pfluger**  
Leitung des Geschäftsbereichs



**Was macht den Geschäftsbereich aus?**

Unsere Stärke ist ein breit aufgestelltes Team, das aus ganz unterschiedlichen Perspektiven Energieinfrastrukturen in den Blick nimmt. Wir analysieren aus technischen und ökonomischen Perspektiven, schauen aber auch auf regulatorische Fragen, Akzeptanz und Risiken. Diese unterschiedlichen Blickwinkel sind absolut wichtig. Es ist einfach toll, wenn man von unglaublich motivierten Mitarbeitenden umgeben ist, die Ahnung haben, anpacken und etwas bewegen wollen. Und am Ende ist es wichtig, dass wir ein breites Kundenspektrum haben und somit sehen, was Politik und Unternehmen gerade bewegt.

**Auf welches Highlight blickt ihr in den letzten zwei Jahren zurück?**

Ich glaube, unser größtes Highlight ist gleichzeitig auch ein Lowlight. Insgesamt merken wir, dass wir mit unseren Themen absolut am Puls der Zeit sind. Öffentliche Auftraggeber fragen unsere Fähigkeiten ebenso nach wie Stadtwerke und Unternehmen aus der Energiewirtschaft. Das ist natürlich eine tolle Rückmeldung, wenn man merkt, dass man nicht nur selbst diese Themen für zentral für das Gelingen der Energiewende hält. Die Kehrseite der Medaille ist, dass die Nachfrage nach unseren Leistungen auch daher kommt, dass wir im Bereich Energieinfrastrukturen in

den nächsten Jahren unglaublich viel bewegen müssen. Wenn ich die Wahl hätte, wäre es mir manchmal lieber, wir wären mit den Infrastrukturen für die Energiewende schon weiter.

**Wenn ihr drei Wünsche frei hättet, wie würde das Energiesystem im Jahr 2030 aussehen?**

Meine erste große Hoffnung ist, dass der gesellschaftliche Rückhalt für die Energiewende in den nächsten Jahren erhalten bleibt. Denn da kommt noch viel auf uns zu, das wird leider kein Selbstläufer. Meine zweite Hoffnung ist, dass die ganz grundsätzlichen Fragen bis dahin weitgehend geklärt sind. Derzeit müssen wir im Energiesystem zentrale Weichen stellen und gleichzeitig schon an Details in der Umsetzung feilen. Das ist für Unternehmen und Bürger, aber auch für Politik und Forschung nicht leicht, diesen Spagat zu meistern. Deswegen hoffe ich, dass bei möglichst vielen Fragen bis dahin der Rahmen soweit steht, dass wir uns mehr um die Umsetzung kümmern können. Als letztes wünsche ich mir, dass die Energiewende in Europa so gut läuft, dass wir Vorbild für andere Regionen der Welt werden.

Competence Center

Integrierte Energieinfrastrukturen	16
Integrierte Quartiersplanung	18
Integrierte Gebäudeenergietechnik	18
Geschäftsmodelle der Systemtransformation und Technologietransfer	20





Competence Center

# Integrierte Energieinfrastrukturen

Unser Competence Center »Integrierte Energieinfrastrukturen« befasst sich mit der ganzheitlichen Analyse von sektorgekoppelten Energieinfrastrukturen im Energie-Wasser-Nexus. Wir verstehen Infrastrukturen als kritischen Eckpfeiler der Energiewende. Auf deren Grundlage erarbeiten wir strukturell-strategische Transformationskonzepte für regionale wie nationale und internationale Energiesysteme.

Energieinfrastrukturen sind in den letzten Jahren ins Zentrum der Debatte um die Energiewende gerückt. Dabei sind noch viele Fragen offen: Welche Stromnetze ermöglichen eine Versorgung mit vollständig regenerativ produziertem Strom? Wie gelingt der Aufbau der Wasserstoffinfrastrukturen? Und welche Rolle können und müssen Erdgasnetze in den nächsten Jahren spielen? Gleichzeitig werden robuste Aussagen immer schwieriger, da viele Analyseinstrumente entwickelt wurden, als noch nicht alle Teile des Energiesystems immer stärker verzahnt wurden. Modelle und Ansätze stoßen an

ihre Grenzen, da die Kopplung über alle Angebots- und Nachfragesektoren durch vollintegrierte Infrastrukturen mit einem neuen Grad an Komplexität einhergeht.

Das Competence Center »Integrierte Energieinfrastrukturen« befasst sich mit der ganzheitlichen Analyse von sektorgekoppelten Energieinfrastrukturen. Diese stehen im Zentrum unserer Betrachtungen des Energiesystems. Abgedeckt werden dabei Strom-, Wärme- und Gasinfrastrukturen im Energie-Wasser-Nexus. Unsere Vision ist es, die Infrastruktur



Strom, Wasserstoff, Fernwärme? Energieinfrastrukturen rücken ins Zentrum der Energiewende

**2.580 TWh/a**  
FOSSILE ENERGIETRÄGER MÜSSEN ERSETZT WERDEN

als kritischen Eckpfeiler der Energiewende zu verstehen und zu behandeln. Das Competence Center unterstützt die Strategieentwicklung in der Transformation des Energiesystems, in der eine losgelöste Planung der Infrastrukturen im Nachgang zu Angebots- und Nachfragestrategien nicht mehr möglich ist. Dies betrifft sowohl strukturelle und strategische Überlegungen aus der übergreifenden Systemsicht für Deutschland, Europa und die globalen Energieströme, als auch Detailspekte von Übertragungs- und Verteilnetzen. Unsere Arbeit reicht von der Analyse eines länderübergreifenden Wasserstoffnetzes bis zur technischen

und ökonomischen Betrachtung einzelner Leitungen in Verteilnetzen. Dabei richten sich unsere Dienstleistungen an öffentliche Auftraggeber, kommunale Versorger und private Unternehmen.

Das Competence Center verbindet die technischen, ökonomischen und regulatorischen Aspekte und berücksichtigt dabei die Perspektive und das Verhalten der Stakeholder. Dabei sind wir einer fairen und ausgewogenen Sichtweise verpflichtet und setzen Open Data und Open Models ein, wo immer es möglich ist.



## KERNKOMPETENZEN

- Modellierung europäischer Energie- und Infrastruktursysteme
- Technische Modellierung vom Transport- und Verteilnetzen
- Technoökonomische Analyse nationaler, regionaler und lokaler Energiestrategien
- Bewertung, Analyse und Entwicklung von Regulatorik
- Analyse der systemischen Risiken und Interaktion der Infrastrukturen



## ZIELE

Unser Competence Center entwickelt Methoden und Lösungen für die Analyse von Energieinfrastrukturen, die den neuen Herausforderungen gerecht werden. Wir zeigen, wie Infrastrukturen geschaffen werden, die eine verlässliche, bezahlbare und klimaverträgliche Energieversorgung vor Ort ebenso wie im globalen Maßstab sicherstellen.

## Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
2020 – 2023

**FÖRDERUNG:**  
Kopernikus-Projekt BMBF

**IN ZUSAMMENARBEIT MIT:**  
Interdisziplinäres Verbundprojekt mit über 30 Forschungspartnern, darunter

- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
- Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gGmbH
- Fraunhofer ISI, Fraunhofer ISE und Fraunhofer IEE
- Öko-Institut e.V.
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
- Universität Stuttgart
- adelphi research gGmbH
- u. a.

**ANSPRECHPARTNER**

**Prof. Dr. Mario Ragwitz**  
Leiter des Fraunhofer IEG  
✉ mario.ragwitz@ieg.fraunhofer.de

**Dr. Benjamin Pfluger**  
Leitung Integrierte Energieinfrastrukturen  
✉ benjamin.pfluger@ieg.fraunhofer.de

**MEHR ZUM PROJEKT**

## Projekt »ARIADNE«

Das Kopernikus-Projekt »Ariadne« unterstützt die Entscheidungsfindung in der Gestaltung der Energiewende durch das Erzeugen einer verbesserten wissenschaftlichen Basis. Im Fokus steht dabei insbesondere die politische und gesellschaftliche Verwertbarkeit. Um dies zu erreichen, liegt die Projektausrichtung auf zielgruppenorientierten Produkten und der Umsetzbarkeit dieser.



Ariadne ist ein Kopernikus-Projekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. In dem Projekt wird durch evidenzbasierte Analysen Entscheidungsträger und Entscheidungsträgerinnen eine verbesserte wissenschaftliche Grundlage zur Gestaltung der deutschen Energiewende verschaffen.

Aus diesem übergeordneten Ziel ergeben sich u. a. diese konkreten Projektziele:

- Anstoß der Lernprozesse von Politik und Wissenschaft und Stärkung der Rolle des BMBF als Stimme der Wissenschaft im politischen Prozess
- Analyse und Entwicklung von Maßnahmen und Politikpfaden
- Integration der Systemperspektive mit sektoralem Detailwissen
- Integrierte Betrachtungsweise von Maßnahmen, langfristigen Technologie- und Politikoptionen und Governance

Ariadne ist mit dem expliziten Ziel der politischen und gesellschaftlichen Verwertbarkeit konzipiert worden. Die Projektstruktur, das Management, die Partner, der Inhalt und die Methoden sind von Anfang an auf Produkte ausgerichtet, die für die jeweilige Zielgruppen den größtmöglichen Nutzen erzeugen. Die Arbeiten orientieren sich daher an den wichtigsten Fragen der Energiewende und zielen immer auf Umsetzbarkeit ab.

**31**  
**FORSCHUNGSPARTNER**  
ERARBEITEN EINEN  
NEUEN BLICK AUF DIE  
ENERGIEWENDE



Der Ariadne-Pathfinder zeigt konkrete Transformationspfade, wie Klimaneutralität bis 2045 für Deutschland erreicht werden kann.

Die Grundlage hierfür bilden die folgenden 5 Kernprodukte:

1. Übergreifende Energiewende-Szenarien und web-basierte Tools zu der Visualisierung: beispielsweise der »Gap-Explorer« zur Untersuchung der Transformationslücken in zentralen Handlungsfeldern der Energiewende
2. Thematische Fokusanalysen zu Politikprozessen und Sektortransformation
3. Dialogforen mit Entscheidungsträgern und Entscheidungsträgerinnen sowie Bürger- und Bürgerinnen-Dialoge zur Entwicklung und Bewertung von Politikoptionen
4. Formate zur Kommunikation von Ergebnissen an Entscheidungsträger und Entscheidungsträgerinnen und die breitere Öffentlichkeit, beispielsweise über Policy Briefs
5. Publikationen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften

Das Fraunhofer IEG leitet im Verbundprojekt die Arbeiten in den Bereichen Infrastrukturen und Wasserstoff. Erste Ergebnisse der Analysen sind u. a. im Kurzdossier »Durchstarten trotz Unsicherheiten: Eckpunkte einer anpassungsfähigen Wasserstoffstrategie« zu finden.

**FÖRDERKENNUNG**



Innovative Wohnquartiere mit 100% erneuerbaren Energien.

29 %

DES ENDEENERGIEVERBRAUCHS  
IM JAHR 2020 ENTFIELEN  
AUF DEN PRIVATEN  
GEBÄUDESEKTOR

## Competence Center Integrierte Quartiersplanung

Das Competence Center »Integrierte Quartiersplanung« befasst sich mit der Entwicklung und Anwendung von Methoden und Werkzeugen zur Planung integrierter treibhausgasneutraler Quartiere. Wir erarbeiten Entscheidungshilfen zum Aus-, Um- oder Neubau von Versorgungsinfrastrukturen. Unsere Softwarewerkzeuge ermöglichen eine ganzheitliche Analyse der vielseitigen lokalen Begebenheiten und schaffen somit transparent belastbare Grundlagen für Investitionsentscheidungen in Quartieren.

Das Competence Center »Integrierte Quartiersplanung« forscht in dem Bereich der Energieversorgung und Dekarbonisierung von Quartieren. Der Forschungsschwerpunkt liegt in der Entwicklung und Anwendung von Methoden und Werkzeugen zur Planung unter Berücksichtigung gekoppelter Energiesysteme. Die entwickelten Softwarewerkzeuge sollen die Projektplanenden befähigen, Energieerzeugung, -verbrauch, -speicherung und -verteilung in Quartieren und Gewerbegebieten effizient und nachhaltig an die konkreten Gegebenheiten und Dimensionen vor Ort anzupassen. Dabei gilt es, die Sichtweisen vieler Beteiligten zu integrieren – wie

etwa Betreiber von Strom-, Gas- und Wärmenetzen, Wohnungswirtschaft, Nutzerinnen und Nutzer, Quartiersbetreibende und Industriekunden.

Die Verknüpfung der Sektoren sowohl auf der Erzeugungsseite (verschiedene erneuerbare Energiequellen) als auch auf der Bedarfsseite (z. B. Wohnen und Mobilität) schafft jedoch ein immer komplexer werdendes System mit vielen Wechselwirkungen, die bei der Planung dekarbonisierter Quartiere zu berücksichtigen sind. Unser Competence Center erarbeitet Entscheidungshilfen zum Aus-, Um- oder Neubau

von Versorgungsinfrastrukturen in Quartieren im Rahmen konzeptioneller Studien und Fallstudien und unterstützt Planer und Entwickler von Quartieren durch Potenzialanalysen zur erneuerbaren Energieversorgung. Auf dieser Grundlage entstehen dringend benötigte Lösungen für eine zukunftsweisende Quartiersentwicklung in enger Zusammenarbeit mit unseren Auftraggebern und weiteren Forschungspartnern. Es wird eine solide Daten- und

Planungs-Basis für eine flächendeckende Dekarbonisierung von Quartieren geschaffen und die praxisbezogene zügige Umsetzung stets im Fokus behalten. Unsere Arbeit schafft Transparenz bei Investitionsentscheidungen für innovative, klimaneutrale und bezahlbare Versorgungskonzepte, die als Best Practice Beispiele in den Strukturwandelregionen des Rheinischen Reviers und der Lausitz aber auch darüber hinaus dienen sollen.



### KERNKOMPETENZEN

- Sektorengekoppelte Energiesystemoptimierung
- Energiebedarfsszenarien und Nachfragezeitreihen für alle Sektoren
- Aufbereitung und Management georeferenzierter Daten
- Energiekonzepte für Quartiere, Kommunen und Gewerbe
- Erzeugung und Management digitaler Zwillinge von Bestandsquartieren und Planungsobjekten



### ZIELE

Unser Competence Center hat sich zum Ziel gesetzt, mit eigenen Tools und innovativen, praxisnahen Konzepten, die notwendige Transformation der Quartiere weg von den fossilen und hin zu den erneuerbaren Energien zu beschleunigen. Dafür wird ein Ökosystem aus Software-Tools entwickelt, das moderne Methoden der Energiesystemplanung zugänglich macht und existierende Tools miteinander verknüpft. Mittels georeferenzierter Daten und mathematischer Optimierung, entstehen leistungs- und zukunftsfähige Energieversorgungssysteme. Durch transparente Rechenprozesse wird der gesamte Prozess der Entscheidungsfindung für Investitionen, die in die Millionenhöhe gehen, bis zurück auf die Datengrundlagen und Auswertungsmethoden nachvollziehbar und reproduzierbar.

## Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
2020 – 2025

**FÖRDERUNG:**  
7,5 Millionen Euro durch das BMBF  
(Förderkennzeichen: 03SF0608)

**PARTNER-INSTITUTE:**

- Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE
- Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT
- Institutsteil Angewandte Systemtechnik AST des Fraunhofer IOSB

**ANSPRECHPARTNER****Anette Anthrakidis**

Operative Leitung  
Integrierte Quartiersplanung  
✉ anette.anthrakidis@ieg.fraunhofer.de

**Prof. Dr. Ulf Herrmann**

Wissenschaftliche Leitung  
Integrierte Quartiersplanung  
✉ ulf.herrmann@ieg.fraunhofer.de

**MEHR ZUM PROJEKT****FÖRDERKENNUNG**

Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Projekt »ODH@Jülich«

Die Energiewende im Quartier wird durch das Projekt »ODH@Jülich« adressiert. Dabei wird ein ganzheitliches IKT-Ökosystem zur klimafreundlichen Energieversorgung dieser aufgebaut. Die entwickelten Softwaretools, die alle Lebensphasen des Quartiers abdecken werden, werden zudem als Open Source der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.



Das Projekt »ODH@Jülich« (Open District Hub @ Jülich) erarbeitet ein wissenschaftlich fundiertes, digitales Planungs- und Betriebswerkzeug für die zukünftige Energieversorgung von Quartieren. GIS-basierte Planungsdaten gekoppelt mit digitalen Zwillingen aller für die Planungs- und Betriebsaufgaben erforderlichen Komponenten sollen im Rahmen des Projekts und darüber hinaus erstmalig für die Energiewende in Quartieren einer breiten Nutzergruppe zur Verfügung stehen. Das parallele Aufsetzen eines Open Data District Hubs wird dabei die flächendeckende Dekarbonisierung von Quartieren zusätzlich unterstützen. Die in der Planungsphase gesammelten und erzeugten Daten eines Quartiers stehen über den Open Data District Hub für die weiteren Lebensphasen des Quartiers (Betrieb, Modernisierung, Umplanung, Rückbau, etc.) zur Verfügung. Daten und Werkzeuge werden in ein gemeinsames Portal integriert und bilden die Basis zur weiteren Entwicklung des IKT-Ökosystems.

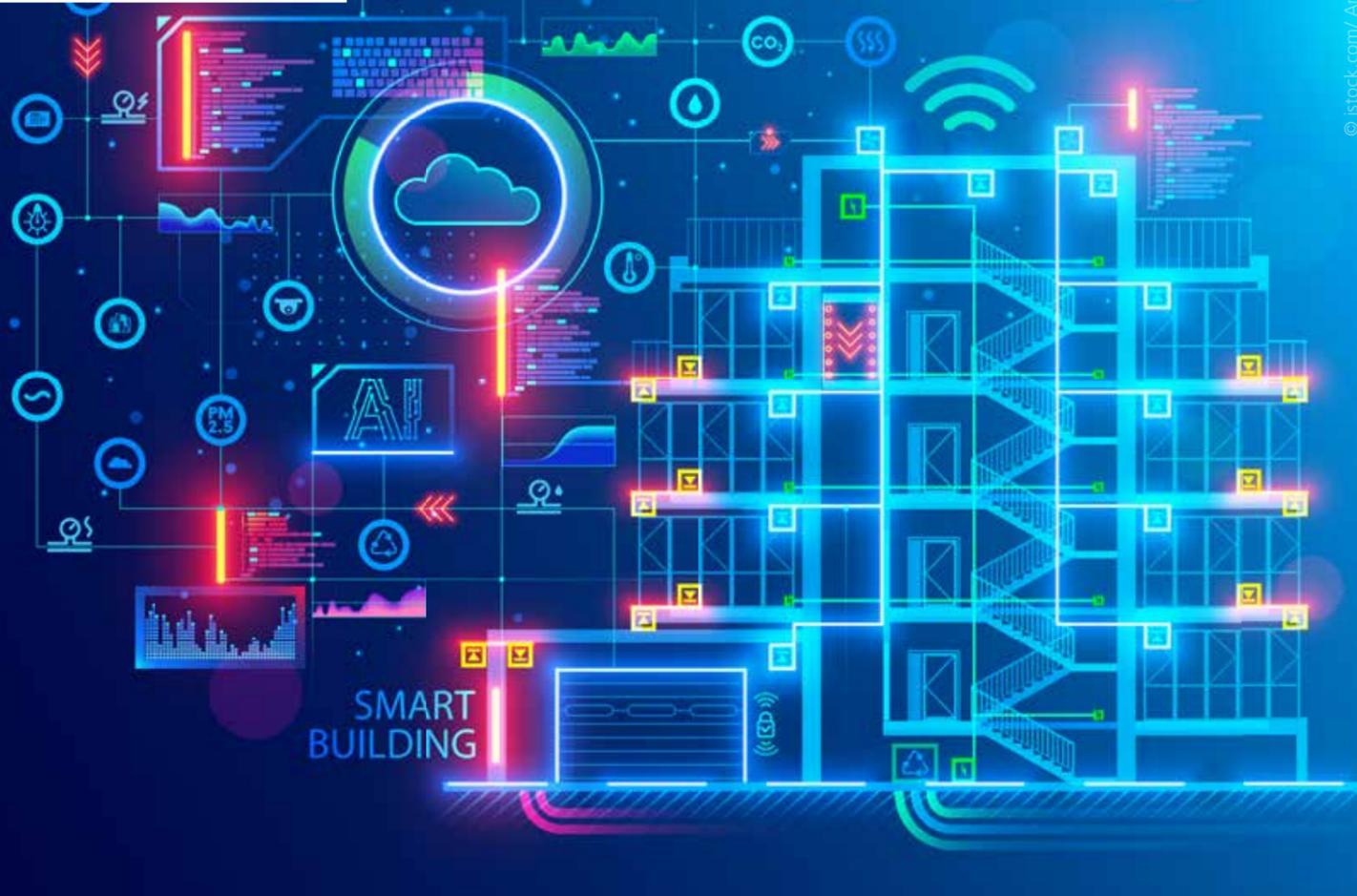
Aktuell werden die entwickelten Softwaretools bundesweit an mehreren Praxisbeispielen erprobt. Die interdisziplinäre Expertise aller Partner-Institute und die Zusammenarbeit mit Akteuren aus Wirtschaft und Kommunen sowie mit dem Open District Hub e.V. bilden die Säulen für eine hohe Qualität und Aktualität der Ergebnisse.

Die Ergebnisse des Projektes werden soweit möglich als offene Software konzipiert, stehen so einem weiten Kreis an Interessenten zur Verfügung und können in die Planung vieler kommender Quartiere einfließen. Dadurch leistet das Projekt einen wertvollen Beitrag zu der Energiewende.

Die Kombination von Sektorkopplung und Digitalisierung schafft intelligente, prognosebasiert gesteuerte Energieanlagen, die effizient, nachhaltig und netzdienlich agieren.«

Anette Anthrakidis  
Leitung Integrierte Quartiersplanung





Die Kombination von  
Sektorkopplung und  
Digitalisierung schafft  
intelligente, prognosebasiert  
gesteuerte Energieanlagen,  
die effizient, nachhaltig und  
netzdienlich agieren.«

Prof. Dr. Michael Rath  
Leitung Integrierte Gebäudeenergie-  
technik

Auf dem Weg zur Klimaneutralität nimmt der Anteil der erneuerbaren Energie im Energiemix stetig zu. Um wetterabhängigen Wind- und Sonnenstrom zuverlässig in das Energiesystem zu integrieren, braucht es flexible Abnehmer, die ihre Nachfrage regeln oder mit Speichern überbrücken können.

Gebäude können als flexible Abnehmer die fluktuierenden erneuerbaren Energien dann wandeln und nutzen, wenn diese verfügbar sind. Sie steigern damit den Anteil erneuerbarer Energien, erhöhen systemdienlich die Versorgungssicherheit und unterstützen die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems.

Technologien wie Solaranlagen, Blockheizkraftwerke, Kältemaschinen, Wärmepumpen oder Batterien können sich in

einem Anlagenkomplex gegenseitig ergänzen und so Energie auf die ökologisch und ökonomisch sinnvollste Art und Weise im Gebäude oder Quartier bereitstellen.

Das Verständnis für die Bedarfe verschiedener Gebäudeklassen und Quartiere fließt zunächst in die Prognosen von Wärme- und Kältelasten ein, wobei Techniken des maschinellen Lernens zum Einsatz kommen, die eine große Zahl von internen Sensordaten sowie externen Wetterdaten integrieren. Diese Prognosen dienen dann als Grundlage für optimierte Anlagenfahrpläne, die die Versorgung der Gebäude und Quartiere mit Strom und Wärme steuern. Konsequenterweise bereits in der frühen Planung von Gebäuden und Quartieren berücksichtigt, generiert der prognosebasierte Betrieb einen ökologischen und ökonomischen Mehrwert.

## Competence Center Integrierte Gebäudeenergie- technik

Das Competence Center »Integrierte Gebäudeenergie-  
technik« sieht in Gebäuden und Quartieren die entscheidende Schnittstelle, um die  
Sektoren Strom, Wärme und Elektromobilität zu koppeln.



### KERNKOMPETENZEN

- Prognosebasierte, strommarktorientierte Steuerung von Energieanlagen
- Erweiterte Planungskompetenz in der integrierten Gebäudeenergie-  
technik durch konkrete Betriebserfahrungen
- Wärme- und Kältelastprognosen mit Techniken des maschinellen Lernens
- Bewertung und Optimierung komplexer Energiekonzepte im Betrieb



### ZIELE

Das Energiesystem der Zukunft wird auf Basis volatiler, erneuerbarer Energien aufgebaut sein. Auf der Nachfrageseite arbeiten dann intelligente, prognosebasierte Energieanlagen in den Gebäuden daran, Flexibilitäts-  
potenziale zu heben. Wir unterstützen dabei im Gebäudebetrieb, die Energieversorgung zu optimieren, Einsparpotenziale zu heben, gleichzeitig zur Netzstabilisierung beizutragen – und gleichzeitig diese Erkenntnisse wieder in die frühen Planungsphasen einfließen zu lassen.



© istock.com/LeoWolffert

Competence Center

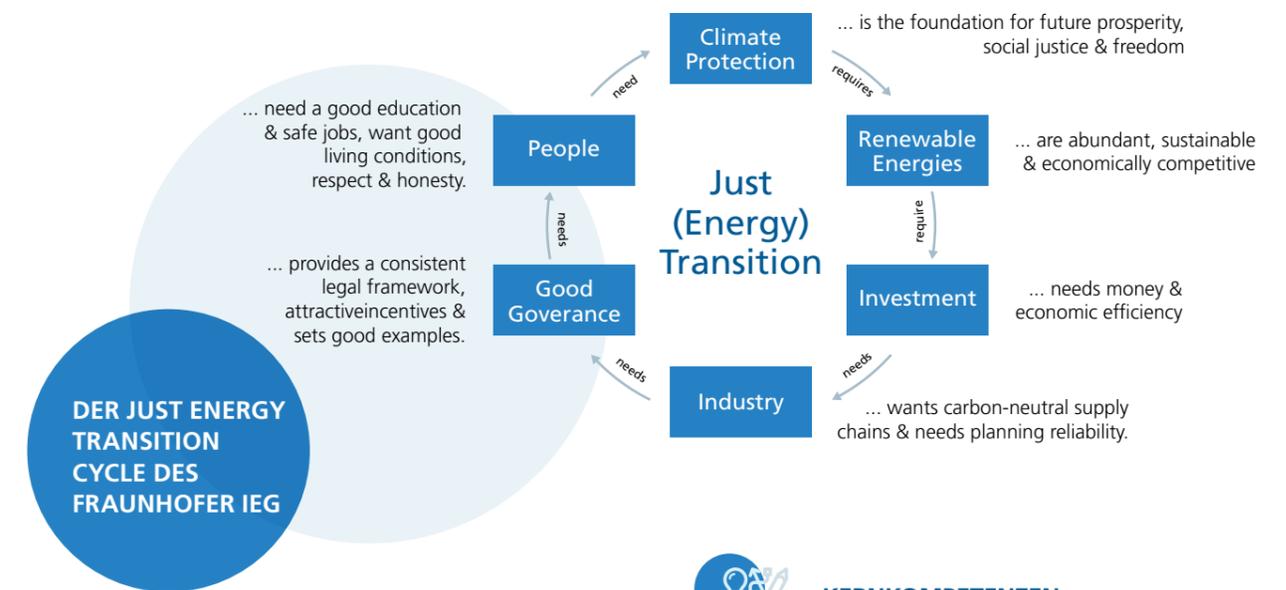
# Geschäftsmodelle der Systemtransformation und Technologietransfer

Das Competence Center »Geschäftsmodelle der Systemtransformation und Technologietransfer« befasst sich mit interdisziplinären, konzeptionellen und wirtschaftlichen Fragestellungen von Strategien, Geschäfts- und Betreibermodellen für die Energiewende in Deutschland. Zentrale Aspekte dabei sind die Just Transition und die Zusammenarbeit mit Akteuren aus Strukturwandelregionen.

Das Competence Center »Geschäftsmodelle der Systemtransformation und Technologietransfer« wurde im Sommer 2021 gegründet und umfasste zum Jahresende zwei Mitarbeitende am Standort Cottbus. Der Fokus der Arbeit liegt insbesondere auf kommunalen und privatwirtschaftlichen Akteuren, die mit den Chancen und Risiken des Kohleausstiegs und damit verbundenen Strukturwandels einerseits und der Energiewende andererseits konfrontiert sind. Im Einklang mit der strategischen Schwerpunktsetzung des Fraunhofer IEG und

der aktuellen Energiepolitik dominieren dabei aktuell Fragestellungen rund um die klimaneutrale Industrie sowie Wärmetransformationsprojekte für Stadtwerke und Kommunen unseren Arbeitsalltag.

Fachlich bilden die techno-ökonomische und regulatorische Beurteilung von Geschäfts-, Betreiber- und Bürgerenergiemodellen für eine zukunftsfähige Energiesystemtransformation einen Schwerpunkt unserer Projekte.



Ein Hauptmerkmal ist dabei der ganzheitliche und interdisziplinäre Ansatz, bei dem die Vor- und Nachteile geeigneter Lösungsansätze und Technologien für gekoppelte Energiesysteme aus den unterschiedlichen Perspektiven verschiedener Akteure betrachtet werden. Beispiele dafür sind unsere Aktivitäten auf dem Gebiet der Wirtschaftsförderung zur Identifikation der optimalen Standorte für eine klimaneutrale Industrie unter Berücksichtigung der Grünstrompotenziale und Verteilnetzentwicklung oder auch die integrierte Betrachtung der Infrastruktur-, Stadt- und Regionalentwicklung.

All diese Themen haben gemeinsam, dass sie sehr anwendungsnah sind und eine relativ flexible und Competence Center übergreifende Projekt- und Kapazitätsplanung erfordern. Eine enge Zusammenarbeit besteht insbesondere mit den Competence Centern »Integrierte Energieinfrastrukturen«, »Integrierte Quartiersplanung«, »Wärmenetze 4.0«, »Thermodynamische Wandler«, »Erdgas-, Wasserstoff- und stoffliche Infrastrukturen« sowie »Transfer und Strategieentwicklung«.

Neben dem Ziel, einen Beitrag zum Gelingen der Energiewende und dem Klimaschutz zu leisten, bringen unsere Teammitglieder wertvolle Erfahrungen aus folgenden Bereichen in unsere Projekte ein:

- Strategische Unternehmensberatung für die gesamte Energiewirtschaft
- Standort- und Projektentwicklung sowie Wirtschaftsförderung und Unternehmensbetreuung für einen großen Industriepark in der Lausitz
- Wissenschaftliche Arbeit in den Fachgebieten Energiewirtschaft und Energierecht
- Industrieerfahrung bei einem Großunternehmen einer energieintensiven Branche
- Contract Management im globalen Energiehandel bei einem großen Energiekonzern



## KERNKOMPETENZEN

- Wir kennen und verstehen die Entwicklungen von Energiemärkten, Energieregulierung und Energietechnologien
- Wir agieren im Fraunhofer IEG als Schnittstelle zwischen den Ingenieurs- und Wirtschaftswissenschaften und bringen energierechtliche und regulatorische Expertise mit ein
- Wir verfügen über Kenntnisse zu Wirtschaftlichkeitsanalysen sowie in der Strategie- und Geschäftsmodellentwicklung
- Wir arbeiten analytisch und denken strategisch, die Kundenbedürfnisse immer im Blick



## ZIELE

- Gefragte Ansprechpartner werden, wenn es um aktuelles Wissen zur deutschen und europäischen Energiegesetzgebung und -regulierung geht
- Präsenz zeigen in der Lausitz und Akzeptanz für die Energiewende in Strukturwandelregionen erhöhen
- Projektübergreifender Aufbau einer wachsenden Datenbank mit Technologie- und Energiemarktinformationen sowie -preisen – als Grundlage für Mittel- und Langfristprognosen, Kosten-/Erlösmodelle und Wirtschaftlichkeitsanalysen
- Entwicklung und Etablierung Fraunhofer IEG interner Standards für Methoden und Tools zur Wirtschaftlichkeitsanalyse und Geschäftsmodellentwicklung/-bewertung verschiedener techno-ökonomischer Konzepte
- Know-How-Transfer zwischen der angewandten Forschung und den regionalen Akteuren

© Oliver Tjaden



## Geschäftsbereich 2 Georessourcen

In unserem Geschäftsbereich »Georessourcen« mit den Competence Centern »Exploration und Reservoirsimulation«, »Geothermale Geologie« und »Globale Georessourcen« forschen wir im Bereich der Untergrund-Exploration, Vorerkundung und Charakterisierung der Reservoirs und Speicher von Stoffen und Wärme, evaluieren und analysieren explorations- und produktionsbedingte Georisiken und bündeln das digitale Geodaten-Management.

»Wir bündeln das breite Spektrum der Geowissenschaften zur Analyse und Exploration von Georessourcen von grundlegenden geologischen Fragestellungen und Erkundungsmethoden bis zur numerischen Modellierung.«

**Prof. Florian Wellmann, PhD**  
Leitung des Geschäftsbereichs



Husten

### Was macht den Geschäftsbereich aus?

Wir bündeln in unserem Geschäftsbereich ein weites Kompetenzspektrum aus dem Bereich der Geowissenschaften. Das beginnt bei grundlegenden Untersuchungen zu Gesteinseigenschaften und geht über die globale Analyse von Georessourcen bis zur regionalen und lokalen Exploration nach geeigneten Reservoirs, beispielsweise für geothermische Fragestellungen. In allen Bereichen entwickeln und verwenden wir innovative Methoden, die den jetzigen Stand der Möglichkeiten deutlich erweitern – in etwa zur integrierten Analyse der Unsicherheiten in Modellprognosen. Eine besondere Stärke des Geschäftsbereichs ist dabei die Zusammenarbeit über alle Bereiche hinweg, von geologischen Grundlagen bis zur Anwendung in Projekten mit der Industrie.

### Was macht die Arbeit am Fraunhofer IEG besonders?

Wir leben in einer Zeit, in der sich das Umfeld in der Energiewirtschaft rasant ändert. Mit der breit angelegten Expertise im Fraunhofer IEG sind wir sehr gut positioniert, um in dieser Umgebung schnell handeln und sich auf Änderungen und neue Herausforderungen einstellen zu können. Es ist eine besondere Chance für uns als Forschende in den Geowissenschaften dass wir durch die Arbeit am Fraunhofer IEG an diesem Prozess teilhaben und unsere Erfahrungen in konkreten Projekten umsetzen können.

### Auf welches Highlight blickt ihr in den letzten zwei Jahren zurück?

Ein Highlight ist sicherlich die erfolgreiche Zusammenarbeit über die Grenzen der

Competence Center hinweg, beispielsweise in den Projekten zur geothermalen Papiertrocknung und der Nachnutzung von bestehenden Bohrungen. Wie alle Bereiche am Fraunhofer IEG ist auch unser Geschäftsbereich in einem starken Wachstum: es kommen ständig neue Mitarbeitende – und gleichzeitig viele neue Projekte dazu. In diesem Umfeld ist es wichtig, die Kommunikation und Zusammenarbeit im Geschäftsbereich und dem Fraunhofer IEG allgemein ständig aufrecht zu halten. Das ist uns in dieser intensiven Aufbauphase bisher gut gelungen und wir blicken daher zuversichtlich auf anstehende große Projekte, die eine enge Zusammenarbeit für eine erfolgreiche Durchführung erfordern.

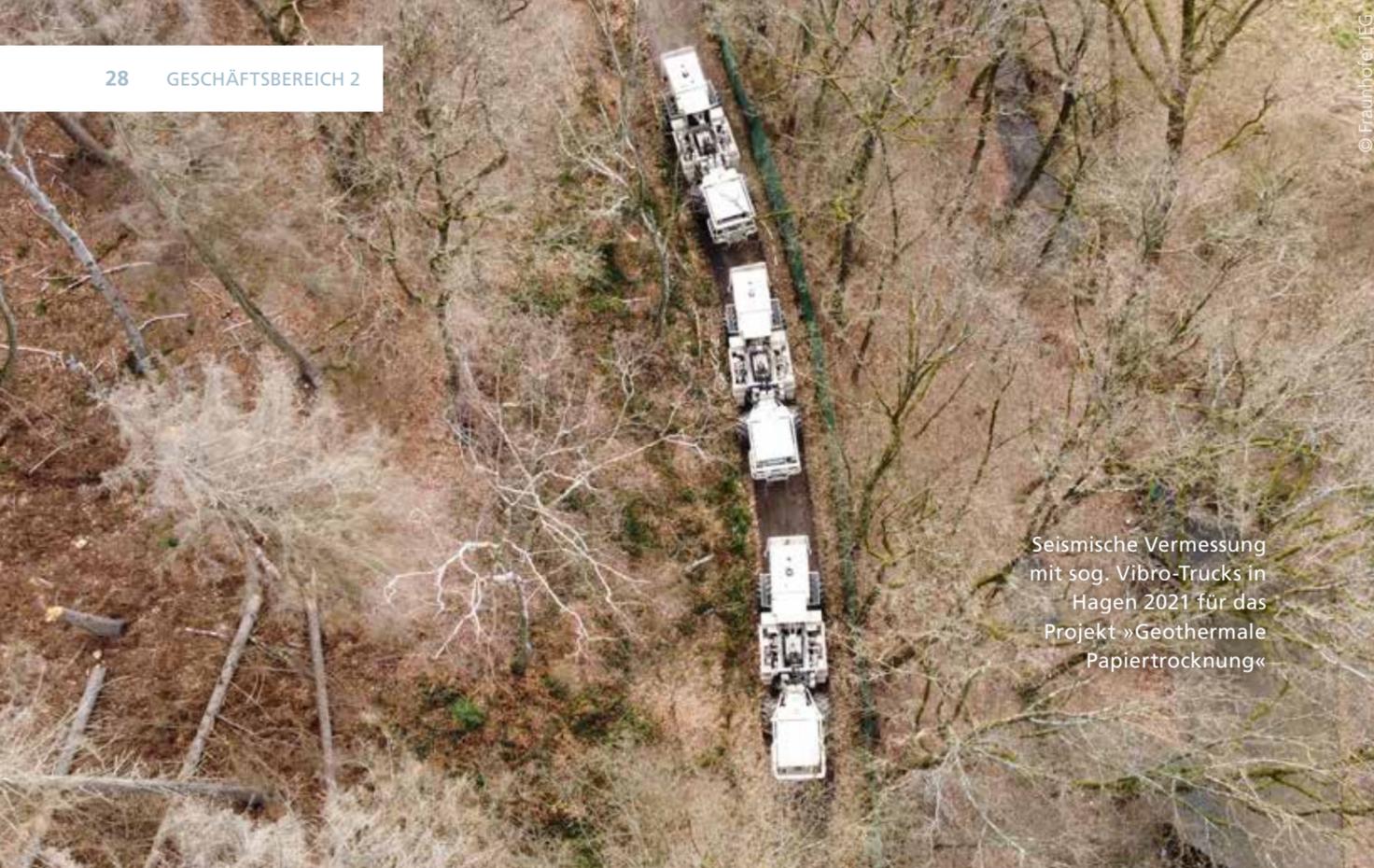
### Heute ist das Jahr 2030. Wie sieht euer Geschäftsbereich jetzt aus?

Die globale Nutzung von Georessourcen orientiert sich an den Nachhaltigkeitszielen der UN. Im Geschäftsbereich unterstützen wir diesen Prozess intensiv durch die Beiträge zur nachhaltigen Energie- und Wärmeversorgung mit Geothermie, durch die Aufsuchung geeigneter untertägiger Wasserstoffspeicher, sowie durch eine enge Verknüpfung der geowissenschaftlichen Prognosen mit technischen Nutzungskonzepten. Um diese Ziele zu erreichen, haben wir einen engen und intensiven Austausch mit den anderen Geschäftsbereichen am Fraunhofer IEG und arbeiten mit Wissenschaft und Industrie eng zusammen, um grundlegend neue Ideen in unserem Bereich effizient in die Anwendung zu bringen.

### Competence Center

Exploration und Reservoirsimulation	28
Geothermale Geologie	32
Globale Georessourcen	36





Seismische Vermessung mit sog. Vibro-Trucks in Hagen 2021 für das Projekt »Geothermale Papiertrocknung«

© Fraunhofer IEG

Competence Center

# Exploration und Reservoirsimulation

Das Competence Center »Exploration und Reservoirsimulation« forscht an der Entwicklung und Anwendung geowissenschaftlicher, numerischer, multiskaliger Methoden zur Erkundung, dem Monitoring und der nachhaltigen Nutzung des untertägigen Raumes. Neben der Planung und Umsetzung von Explorationsmaßnahmen für energietechnische Projekte werden geowissenschaftliche Machbarkeitsstudien zur Exploration und Simulation von untertägigen Reservoirs und Speichern durchgeführt.

Das Competence Center »Exploration und Reservoirsimulation« bietet Leistungen im Bereich der Entwicklung und der Anwendung geowissenschaftlicher und multiskaliger numerischer Methoden zur Erkundung, dem Monitoring und der nachhaltigen Nutzung des untertägigen Raumes an. Dazu werden auch Explorationsmaßnahmen des mitteltiefen und tiefen Untergrundes für geowissenschaftliche, energietechnische Projekte z. B. geplant, durchgeführt und ausgewertet – beispielsweise für die Wärmeproduktion oder die stoffliche und thermische Speicherung. Begleitend werden neue Explorationskonzepte sowie Reservoirsimulations- und -managementverfahren entwickelt und umgesetzt. Methodische Ausrichtungen umfassen dabei geowissenschaftliche Modellierung und Simulation, seismische Erkundung, Datenintegration über mehrere Skalen und Datentypen, Unsicherheitsanalysen sowie Reservoirgeophysik. Das Competence Center plant und realisiert zudem technische Pilotanlagen zur Abschätzung hydraulischer, thermischer und seismischer Beeinflussungen in Tiefbohrungen sowie Produktionsanlagen, erarbeitet Bohrvorschläge und begleitet geowissenschaftliche Bohrungen. Genehmigungsverfahren für Explorationsaktivitäten gehören ebenfalls zu den Kernkompetenzen.

Das Competence Center war 2020/2021 mit einer Vielzahl von Machbarkeitsstudien im Bereich der tiefen Geothermie beschäftigt. Neben Aufträgen von Stadtwerken und Energieversorgern wurden Projekte für Industrieunternehmen zur Bereitstellung von Produktionswärme durchgeführt. Die Auftraggeber sind in der Regel keine Bergbauunternehmen und benötigen externe Beratung bei der Erkundung, Modellierung und Simulation des tiefen Untergrundes. Insbesondere in Nordrhein-Westfalen ist die geowissenschaftliche Datenlage – trotz weitreichender Erfahrung aus dem Bergbau im Bereich Braun- und Steinkohle – für Geothermie bisher sehr eingeschränkt.

**380  
MIO.  
JAHRE**  
SCHAUEN WIR MIT DER  
SEISMIK IN DIE ERD-  
GESCHICHTE ZURÜCK

Das Competence Center nutzt daher diese Studien auch, um den wissenschaftlichen Kenntnisstand hinsichtlich der Charakterisierung geothermaler Lagerstätten vor dem Hintergrund mäßiger Datenlage in Nordrhein-Westfalen aber auch in anderen Bundesländern, weiter voranzutreiben.

Des Weiteren hat unser Team die fachlich-inhaltliche Ausarbeitung der drei Gewinnerbeiträge des Landeswettbewerbs »Wärme aus tiefer Geothermie NRW« unterstützt und wird im Folgezeitraum ab dem Jahr 2022 mit der Ausarbeitung dieser Forschungsprojekte im Bereich Geologie, Geophysik sowie Reservoir-Modellierung und Simulation beschäftigt sein. Im Projekt »Geothermale Papiertrocknung« (EFRE-0801841) wurden die Arbeiten um 2D-Seismik zur Kartierung des 380 Mio. Jahre alten devonischen Massenkalks im Raum Hagen geplant, durchgeführt und anschließend ausgewertet. Die Ergebnisse konnten bei einer Vielzahl von Tagungen und Öffentlichkeitsterminen der Fachwelt präsentiert werden.



## KERNKOMPETENZEN

- Auswertung geologischer, geophysikalischer und petrophysikalischer Daten
- Planung und Durchführung von geowissenschaftlichen und geophysikalischen Messkampagnen, wie Seismik und Bohrlochgeophysik
- Simulation hydraulischer und geothermischer Prozesse im Untergrund
- Entwicklung von Verfahren zur Optimierung von Datenanalyse und Simulation, maschinelles Lernen
- Anfertigung von Machbarkeitsstudien für die tiefe Geothermie



## ZIELE

Unser Competence Center möchte die Energiewende im geowissenschaftlichen Bereich mitgestalten – von der Bereitstellung von Wärme aus Geothermie bis hin zur untertägigen Speicherung von Wärme und Stoffen. Mit unserer Arbeit leisten wir Beiträge zur nachhaltigen Exploration von Rohstoffen für die Energiewende.

## Eckdaten

**PROJEKTEINDE:**  
31.12.2022

**FÖRDERUNG:**  
Förderung von der EU und dem Land NRW aus dem europäischen Fonds für regionale Entwicklung »EFRE«

**PROJEKTPARTNER:**  
■ Kabel Premium Pulp & Paper  
■ Fraunhofer UMSICHT

**ANSPRECHPARTNER**

**Dipl.-Geophys. Gregor Bussmann**  
Leitung Tiefengeothermie und Bohrlochsysteme  
✉ gregor.bussmann@ieg.fraunhofer.de

**Holger Born**  
Oberflächennahe Geothermie  
✉ holger.born@ieg.fraunhofer.de

**MEHR ZUM PROJEKT**

## Projekt

# »Kabel Zero: Geothermale Papiertrocknung«

Die Dekarbonisierung der Papierindustrie adressiert das Projekt »Kabel Zero«. Hierzu wird in einem ersten Teilprojekt »Geothermale Papiertrocknung« eine Machbarkeitsstudie erstellt, im Zuge derer die grundsätzliche Umsetzbarkeit der Vision »Kabel Zero« anhand geologischer Vorerkundungen, technischer Simulationen sowie Modellrechnungen erörtert werden soll.

## GEOTHERMALE PAPIERTROCKNUNG – GEOTHERMISCHE ERKUNDUNG UND ERSCHLIESSUNGSKONZEPT

In der Papierindustrie werden große Mengen industrieller Prozesswärme im Temperaturbereich zwischen 100 °C und 200 °C für die Trocknung des Papiers benötigt. Um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß der Papierindustrie zu verringern, wurde das Projekt »Kabel Zero« durch »Kabel Premium Pulp & Paper« (KPPP) initiiert. Dieses Projekt hat eine nachhaltige Papierherstellung durch den Einsatz von geothermischer Wärmeenergie zum Ziel. Es geht hierbei vor allem um die Erkundung des Untergrunds und den Entwurf von geowissenschaftlichen und technischen Erschließungskonzepten. Der Firmenstandort von KPPP in Hagen weist grundsätzlich vielversprechende Umstände für die zukünftige Errichtung einer tiefeingeothermischen hydrothermalen Dublette auf.

Um die Überlappung aus den in 3.200 bis 4.100 m Tiefe erwarteten devonischen Massenkalken und den großräumigen Störungszonen – wie dem Großholthausener Sprung im Untergrund – eindeutig lokalisieren zu können, wird zunächst eine seismische Kampagne um den KPPP-Firmenstandort durchgeführt.



Seismische Vermessung mit sog. Vibro-Trucks in Hagen 2021 für das Projekt »Geothermale Papiertrocknung«

IN  
**4.100 m**  
TIEFE WERDEN THERMAL-  
WASSERFÜHRENDE SCHICHTEN  
ZUR GEOTHERMISCHEN  
NUTZUNG ERWARTET

**180 °C**  
WERDEN FÜR DIE  
PAPIERTROCKNUNG AM  
STANDORT HAGEN BENÖTIGT  
UND KÖNNEN DURCH TIEFE  
GEOTHERMIE IN KOMBINATION  
MIT EINER WÄRMEPUMPE  
BEREITGESTELLT WERDEN.

Darauf aufbauend erfolgen das Abteufen einer 300 bis 500 m tiefen Erkundungsbohrung in die flachen Bereiche der Störungszone sowie petrophysikalische Laboruntersuchungen der devonischen Karbonate. Vielversprechende Erkenntnisse führen zur Umwandlung der Erkundungsbohrung in eine Monitoring-Bohrung für die Überwachung des zukünftigen Betriebs der tiefen hydrothermalen Dublette in der gleichen Störungszone. Außerdem soll ein fundiertes 3D-Untergrundmodell auf Basis der vorherigen Arbeiten und Erkenntnisse erstellt werden. Mit dessen Hilfe soll ein untertägliches Erschließungskonzept für die hydrothermale Dublette ausgearbeitet werden. Eine Sensitivitätsbetrachtung des geothermalen Anlagenbetriebs hinsichtlich schwankender Eingangsparameter wie Reservoirtemperatur oder

-durchlässigkeit soll die Sicherheit zukünftiger Investitionen im Rahmen des Projekts erhöhen. Das Fraunhofer UMSICHT in Oberhausen entwickelt die obertägige Verfahrenstechnik und sorgt dafür, dass der für den Papiertrocknungsprozess benötigte Dampf mit den entsprechenden Eigenschaftenaus der geothermalen Wärmeenergie gewonnen werden kann.

**ZIELSETZUNG**

Ziel des Projekts »Kabel Zero« ist die Entwicklung einer Dampferzeugung zur Papiertrocknung des Unternehmens Kabel Premium Pulp & Paper in Hagen auf Basis tiefeingeothermaler Wärme aus devonischen Karbonaten im Untergrund der Stadt Hagen.



Karbonatgesteine wurden bisher vorwiegend in Süddeutschland für geothermische Nutzungen erschlossen. Zukünftig dürften sie auch eine sehr wichtige Rolle in Westdeutschland und in NW-Europa spielen.

**100  
TWh/a**  
GEOHERMISCHES  
POTENTIAL IN DEN  
SEDIMENTGESTEINEN  
WESTDEUTSCHLANDS

Competence Center

## Geothermale Geologie

Das Competence Center »Geothermale Geologie« forscht an der Charakterisierung geologischer Reservoirs und Speicher im Untergrund mit dem Ziel regenerativer Energieversorgung und -speicherung. Ziel ist es, Standorte im Hinblick auf die potenzielle Gewinnung von Wärme, Strom und Rohstoffen oder der Speicherung von stofflichen Energieträgern anhand von Feldtests und Simulationen zu bewerten.

Das Competence Center »Geothermale Geologie« erforscht den geologischen Untergrund zur regenerativen Energieversorgung. Hierbei wird die feste Geosphäre mit innovativen Methoden und unserem geowissenschaftlichen Fachwissen beobachtet, erforscht und charakterisiert.

Wesentliche Schwerpunkte sind die Potenzialabschätzung tiefegeothermischer Lagerstätten, die Speicherung von Energieträgern im geologischen Untergrund, die Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub> sowie die Gewinnung von

strategischen Rohstoffen aus geothermalen Fluiden. Konkret beinhaltet dies die Untersuchung von karbonatischen Trägern für die Auslegung tiefegeothermischer Anlagen, die Analyse von Gesteinsformationen für die untertägige Speicherung von Wasserstoff, die Karbonatisierung von CO<sub>2</sub> und dessen Abscheidung aus der Atmosphäre, sowie die Beurteilung heimischer Lithiumreserven aus geothermalen Fluiden. Dabei werden skalenübergreifende Konzepte und Analyseverfahren verwendet, um Einblicke in den sonst unzugänglichen Untergrund zu erhalten. Neben der Analyse

der lokalen und regionalen Geologie gehören dazu auch computer-gestützte Simulationen, labortechnische Untersuchungen, sowie die Erfassung und Auswertung geowissenschaftlicher Felddaten und dessen räumliche Darstellung. Erst dadurch lassen sich die im Feld und Labor erhobenen Daten einzelner Minerale, Gesteine oder auch Gesteinshorizonte geowissenschaftlich bewerten. Über die Integration von experimentellen und numerischen Verfahren können somit natürliche geochemische Systeme simuliert und analysiert werden. Somit lassen sich Auswirkungen menschlicher Einflussnahme bewerten und potenzielle Risiken abschätzen. Für die geologische Beratung und Vorerkundung bietet unser Competence Center zudem

technische Lösungen im Bereich der Bohrloch-geophysik, petrophysikalischen Laboranalyse und hydrochemischen Modellierung an.

Ziel ist die möglichst genaue Beschreibung des Untergrunds, um die Bewertung potenzieller Standorte im Hinblick auf die Gewinnung von Wärme, Strom und Rohstoffen oder der Speicherung von stofflichen Energieträgern zu ermöglichen. Auf Basis geowissenschaftlicher Methoden kann somit ein Beitrag zur Dekarbonisierung der Wirtschaft insbesondere der Energiewirtschaft geleistet werden. Hierfür arbeiten wir eng mit Universitäten, Behörden, Unternehmen und der Öffentlichkeit zusammen, um Lösungen möglichst zügig von der Forschung in die Anwendung zu bringen.



### KERNKOMPETENZEN

- Numerische Modellierungen
- Geologische Erkundungen
- Labortechnische Untersuchungen
- Geowissenschaftliche Beratung



### ZIELE

Wir verstehen es als unsere Aufgabe, geowissenschaftliche Beratung, Wissen und Daten zur regenerativen Energieversorgung bereitzustellen und somit einen Beitrag zur Dekarbonisierung der Wirtschaft zu leisten.

## Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
2021-2024

**FÖRDERUNG:**  
800.000 EUR durch das  
BMBF Leitprojekt TransHyDE  
(Förderkennzeichen: 03HY202H)

**ZUSAMMENARBEIT MIT:**

- RMA Rheinau GmbH & Co. KG,
- Endress und Hauser,
- Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH,
- Thüga Aktiengesellschaft,
- Energie Südbayern,
- Ontras,
- Hochschule Bonn-Rhein-Sieg,
- Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik IWM,
- Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

## ANSPRECHPARTNER

**Dr. Katharina Alms geb. Vogt**  
Operative Leitung  
Geothermale Geologie  
✉ [katharina.alm@ieg.fraunhofer.de](mailto:katharina.alm@ieg.fraunhofer.de)

## MEHR ZUM PROJEKT



## FÖRDERKENNUNG



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Projekt »H2Sponge«

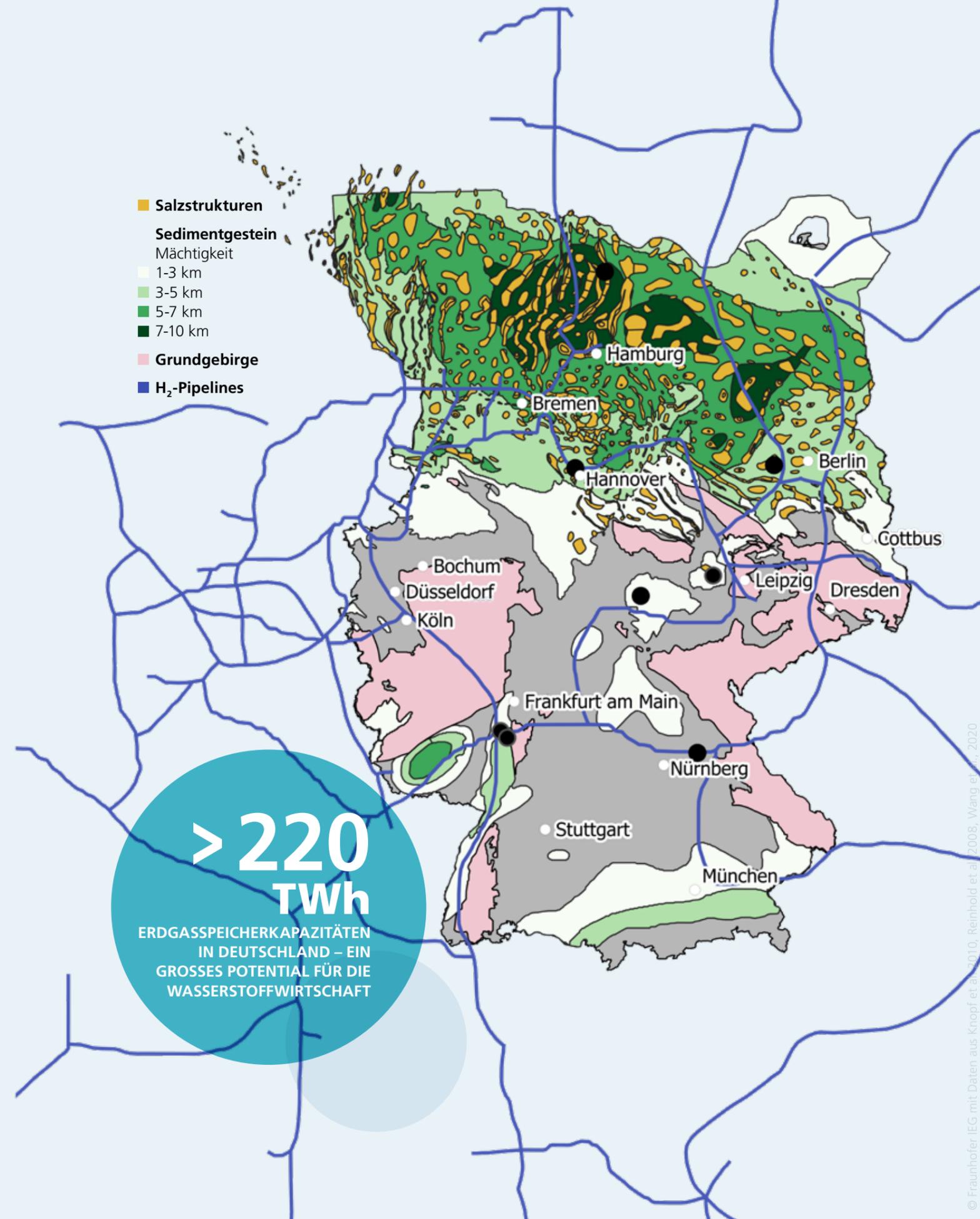
In »H2Sponge« werden die Voraussetzungen für zukünftige sichere Wasserstoffspeicher und -transportinfrastrukturen geschaffen. Dazu werden insbesondere die Nutzbarkeit, die Integrität sowie die Überwachung untertägiger Wasserstoffspeicher ebenso erforscht wie die potenziell notwendige Aufreinigung des eingespeicherten Wasserstoffs.



Die Bundesregierung hat durch ihre Nationale Wasserstoffstrategie (NWS) einen starken Impuls zur Nutzung von Wasserstoff in allen Sektoren des Energiesystems gesetzt. Dabei spielt die Wasserstoffspeicherung eine entscheidende Rolle. Denn als gasförmiger Energieträger ist Wasserstoff speicherbar und kann die voneinander abweichende Wasserstoffnachfrage und -erzeugung ausgleichen. Neben der Speicherung von Wasserstoff in Behältern oder Röhren bietet auch der geologische Untergrund Möglichkeiten zur langfristigen Speicherung.

Ob diese Speicheroptionen den hohen technologischen Sicherheitsansprüchen entsprechen und in welchem Umfang diese innerhalb der Infrastrukturkette genutzt werden können, wird in »H2-Sponge« untersucht. Parallel zur Erforschung der Nutzbarkeit untertägiger Wasserstoffspeicher werden dabei auch alle Sicherheitsansprüche und belastbare Konzepte zur Überwachung solcher Anlagen sowie die Weiterverteilung des Wasserstoffs zum Nutzer untersucht. Wesentliche Punkte betreffen die geologischen Anforderungen an das Speicher- und Deckgestein, die Priorisierung von Standorten und die experimentelle Untersuchung von Gesteinen im Kontakt mit Wasserstoff. Um die physikalischen und chemischen Wechselwirkungen im Untergrund zu simulieren, wird im Rahmen des Vorhabens eigens ein experimenteller Prüfstand gebaut. Erst dadurch ist die Bewertung potenzieller Wasserstoffspeichergesteine und die Dichtigkeit der Speicher möglich.

Weitere Aspekte fokussieren einerseits auf die Integrität aller technischen Komponenten sowie die strategische Planung von Monitoringkonzepten zur nahtlosen Überwachung aller Prozesse. Andererseits fokussieren sie ebenso auf die Entwicklung von Aufbereitungsstrategien mit Störstoffmessungen zur Verteilung untertätig gespeicherten Wasserstoffs in Gasnetzen. Ziel ist es, Vorschläge für den Umgang mit Wasserstoff in geologischen Untergrundspeichern auszuformulieren und passende Infrastruktur und Sicherheitskonzepte zu entwickeln.





Geothermische Stromerzeugung im vulkanischen Norden Islands.

ETWA  
**10 KG**  
LITHIUM BENÖTIGT EINE  
E-AUTO-BATTERIE,  
DESSEN GEWINNUNG  
AUS THERMALWÄSSERN  
IN DEUTSCHLAND  
PRODUKTIONSKETTEN  
NACHHALTIGER  
GESTALTEN KÖNNTE

Competence Centers in internationale Netzwerke wie dem EERA joint programme geothermal energy von großem Vorteil.

Ein weiterer Themenschwerpunkt der Projektarbeit des Competence Centers ist die Speicherung und energetische Nutzung von CO<sub>2</sub> (CCUS), was vor allem für industrielle Anwendungen von Belang ist. Die Möglichkeit der Speicherung und Nutzung von CO<sub>2</sub> z. B. in Kombination mit geothermischer Stromerzeugung wird in Kooperation mit Partnern aus Forschung (z. B. ETH Zürich, TNO, TU Delft, DTU Kopenhagen) und Industrie untersucht und weiterentwickelt.

## Competence Center Globale Georessourcen

Das Competence Center »Globale Georessourcen« ist auf die internationale Forschung und Entwicklung in den Bereichen Geothermie und untertägige Speicherung spezialisiert. Themenschwerpunkte umfassen neben der Wärme- und Kältebereitstellung und -speicherung auch die mögliche Extraktion anderer Rohstoffe aus geothermischen Fluiden sowie die stoffliche Speicherung von Wasserstoff oder Kohlenstoffdioxid im Untergrund.

Im Juli 2021 wurde das Competence Center »Globale Georessourcen« am Fraunhofer IEG gegründet. Im Fokus steht die Betrachtung des unterirdischen Raums als Ressource für die globale Energiewende: Neben der Weiterentwicklung der Geothermie liegen die Schwerpunkte auf der saisonalen Wärme- und Kältespeicherung in salinen Aquiferen oder in stillgelegten Bergbauinfrastrukturen und auf der stofflichen Speicherung und energetischen Nutzung von CO<sub>2</sub> oder Wasserstoff im Untergrund.

Die Arbeit des Competence Centers ist auf die internationale Forschung und Entwicklung spezialisiert, insbesondere die operative Umsetzung von Forschungsprojekten gemeinsam mit internationalen Partnern aus Forschung und Industrie. Zur Entwicklung von Projekten wird eine Integration der Expertise aus verschiedenen Competence Centern angestrebt und, wenn möglich, mit entsprechender Erfahrung internationaler Partner ergänzt. Eine enge Verbindung ergibt sich mit Partnern in den Niederlanden, besonders mit der

Technischen Universität Delft, wo Prof. David Bruhn, Leiter des Competence Centers, den Lehrstuhl für »Geothermal Engineering« innehat.

In der Projektentwicklung geht es um die direkte Umsetzung von Forschung in die Anwendung, unabhängig von Standort oder Land. In der tiefen Geothermie geht es dabei primär um die Wärmergewinnung, sowohl aus hydrothermalen Vorkommen als auch durch Enhanced Geothermal Systems (EGS). Ein Beispiel für ein wichtiges Vorhaben der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit ist die Entwicklung der Forschungsinfrastruktur RINGEN in der tschechischen Stadt Litoměřice gemeinsam mit tschechischen und anderen Partnern. Dort werden zwei tiefe EGS Bohrungen sowie ein Feld mit Bohrlochwärmetauschern für die lokale Versorgung und Speicherung von Wärme geplant. Für die Planung und Durchführung solcher Projekte ist die Einbindung des

Auch die Speicherung von Wasserstoff ist ein relevantes Themenfeld neuer Projektentwicklungen. Die Möglichkeiten der geologischen Speicherung werden als eine wichtige Komponente im Zusammenhang mit internationalen Lieferketten von Wasserstoff, z. B. aus Australien oder dem Nahen Osten, untersucht. Auch in diesem sich sehr dynamisch entwickelnden Forschungsfeld möchte sich das Competence Center als Partner für internationale Zusammenarbeit etablieren.

Zusätzlich zur energetischen Nutzung ist die mögliche Extraktion von Rohstoffen aus geothermischen Fluiden ein Thema des Competence Centers. Insbesondere die Gewinnung von Lithium hat das Interesse verschiedener Industriepartner geweckt. In Zusammenarbeit mit nationalen Partnern, wie dem GFZ Potsdam und internationalen Partnern soll das globale Potenzial geothermischer Wässer zur Rohstoffgewinnung untersucht und Methoden zur Extraktion entwickelt und getestet werden.



### KERNKOMPETENZEN

- Geologische Charakterisierung
- Geologische Speicherung (Wärme/CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>)
- Internationale Projektentwicklung



### ZIELE

Unser Ziel ist es, internationale Projektentwicklungen in den Bereichen tiefe Geothermie, geologische Speicherung und Rohstoffgewinnung aus geothermischen Wässern zu unterstützen, voranzutreiben und zu initiieren sowie mit der Expertise des Fraunhofer IEG zu verknüpfen.

Geschäftsbereich 3

# Geotechnologien



»Den Boden unter unseren Füßen durch Brunnen oder Bergwerke zu nutzen, hat eine lange Tradition. Auch in der Energiewende kann dieser durch Geotechnologien genutzt werden.«

**Dirk Boernecke**  
Leitung des Geschäftsbereichs



In unserem Geschäftsbereich »Geotechnologien« mit den Competence Centern »Innovative Bohrverfahren«, »Tiefbohrtechnik und Completion«, »Reservoir Engineering« sowie »Georisiken und Risikomanagement« forschen wir an Methoden und Verfahren mittels derer der Untergrund als stofflicher und energetischer Speicher sowie als regenerative Wärmequelle erkundet, erschlossen, genutzt und überwacht werden kann.

**Was macht den Geschäftsbereich aus?**

Der Geschäftsbereich Geotechnologien ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl an wissenschaftlichen Methoden und Techniken, die zur Erschließung und Erkundung des Untergrundes angewendet und weiterentwickelt werden. Das Spektrum umfasst die Entwicklung neuer innovativer Bohrverfahren, das Planen und Umsetzen von Geothermiebohrprojekten, die Nutzung von geophysikalischen Verfahren sowie der Computertomografie zur petrologischen Bestimmung des Untergrundes, die Verwendung geophysikalischer Methoden zur Erfassung seismischer Ereignisse und das Erstellen geomechanischer Modelle. Mittels interdisziplinärer Zusammenarbeit der verschiedenen Fachdisziplinen und einem klaren Fokus auf die Bedürfnisse des Marktes ist es das Bestreben des Geschäftsbereichs, die bestehenden Kompetenzen zu nutzen, um innovative Methoden und Techniken zu den marktgängigen Produkten der Zukunft weiterzuentwickeln.

**Auf welches Highlight blickt ihr in den letzten zwei Jahren zurück?**

Gemeinsam mit den Stadtwerken Bochum konnte erstmalig in Deutschland bestehende

aufgelassene Bergbauinfrastruktur mittels zweier Bohrungen zur regenerativen Wärme- und Kälteversorgung erschlossen werden. Hiermit konnte der Nachweis erbracht werden, dass das Fraunhofer IEG in der Lage ist, Pilotprojekte zur Energiewende in der Praxis umzusetzen und damit als Impulsgeber für die Skalierung von Projekten im Bereich der regenerativen Wärme- und Kälteversorgung eine bedeutende Rolle zu spielen.

**Der Geschäftsbereich Geotechnologien im Jahre 2030**

Ziel des Geschäftsbereichs Geotechnologien ist es, im Jahr 2030 Kunden des Fraunhofer IEG neue Methoden und Techniken anzubieten, die es ihnen ermöglichen, den heute nicht wirtschaftlichen Zugang zu Speichern und Lagerstätten im Untergrund zu ökonomischen Bedingungen zu erschließen und das Verhalten des Untergrundes unter verschiedensten Nutzungsformen besser zu verstehen. Hierbei wird das Bestreben verfolgt, die Bedeutung des Untergrundes zur Speicherung von Stoffen und Energie wie auch zur regenerativen Wärmege- winnung zu stärken. Dem Erhalt der Schutzgüter wird dabei höchste Priorität beigemessen.

Competence Center

Innovative Bohrverfahren	40
Tiefbohrtechnik und Completion	44
Reservoir Engineering	48
Georisiken und Risikomanagement	52



© Dieter Hülsten

In der DrillBox können innovative Bohrtechnologien und -verfahren unter Realbedingungen getestet werden.



**1.250 BAR /  
180 °C**

BOCHUMER BOHRSIMULATOR ERMÖGLICHT TESTS UNTER REALEN DRUCK- & TEMPERATURBEDINGUNGEN DES TIEFEN UNTERGRUNDS

## Competence Center Innovative Bohrverfahren

Das Competence Center »Innovative Bohrverfahren« erforscht innovative Verfahren und Werkzeuge zur Gesteinszerstörung. Darüber hinaus werden Verfahren zur Kontrolle und Steuerung des Bohrprozesses und der detaillierten in-situ Überwachung im Reservoirbereich entwickelt. Neben modellgestützter Analyse umfasst unser Forschungsportfolio Erprobungen vom Labormaßstab bis hin zu Pilotprojekten.

Die Forschungsarbeiten des Competence Centers »Innovative Bohrverfahren« adressieren die kompletten geotechnologischen Erschließungstechniken von elementaren Aspekten der Gesteinszerstörung bis hin zur Entwicklung neuer, kompletter Bohrwerkzeuge sowie deren Herstellung und Integration in neue sowie laufende Bohrprozesse für untertägige Anwendungen.

Der Fokus liegt auf der Konzeption und Erprobung innovativer Techniken zur Gesteinszerstörung, den zugehörigen Werkzeugen und deren Einbindung in den untertägigen Erschließungsprozess. Für die Forschung werden dazu großskalige Autoklavensysteme und ganze Bohranlagen betrieben sowie mit 3D-Druckern ausgestattete Werkstätten zum Rapid Prototyping and Testing.

Mit verschiedensten Verfahren zum Hochdruck Jetting werden microinvasive Stimulationsmethoden zur Anbindung vertikaler Bohrungen an unterirdische Reservoirs entwickelt. Die sensorgestützte Kontrolle und Steuerung erlaubt sowohl qualitatives wie auch quantitatives (Mikro-) Bohrlochmanagement mit detaillierten in-situ Überwachungsmöglichkeiten im Reservoirbereich.

Wir erweitern sowohl in Labor- und Feldversuchen als auch in Pilotprojekten das technische und wissenschaftliche Verständnis des Bohrprozesses bzw. aller Untertagekonzepte. Aktuell wird derzeit eine Modellierungsgruppe für MSR Prozesse zur automatischen Steuerung derartiger Untertageprozessen aufgebaut. Das Competence Center ist weiterhin im Ausbau (inter-)national vernetzter F&E Bohrtätigkeiten aktiv mit daraus resultierenden Entwicklungen und interdisziplinären Anwendungen.



### AUSSTATTUNG

- Bochumer Bohrsimulator und -prüfstand: bestehend aus den gekoppelten Großgeräten Bohrantrieb (drill.BOGS), in-situ Reservoir-Simulationszelle (i.BOGS) und Fluidreaktor (fluid.BOGS)
- Mobile, Jointed pipe Bohranlage
- Coiled Tubing Bohrplattform
- Offshore Bohr- / Beprobungsplattform inkl. DTH Flex Coil Unit
- Bohr- und Testgerätschaften basierend auf Percussionstechnik
- Thermische Bohrsysteme basierend auf Laser, Plasma / Electro Impulse, Spallation
- Kolbenpumpen bis 1.500 bar / 450 kW zum Bohren, Jetten, Reservoir Intervention
- Coiled Tubing basiertes Tooling für Micro Bohrsysteme
- Air Lifting Verfahrenstechnik
- Sensor basierte Bohrüberwachung und Steuerungsmöglichkeiten
- Datenübertragung und Analysetools mittels KI und Neuraler Netzwerke
- Werkstätten für additive und spanende Fertigung zum schnellen Prototypenbau



### KERNKOMPETENZEN

- Elementare Gesteinszerstörung  
→ verbesserte Rate of Penetration – ROP
- (horizontale) Reservoir Anbindung, Produktivitätssteigerung
- Entwicklung, Bau und Integration neuer Bohrwerkzeuge
- Materialtransport  
→ Bohrkleinaustrag, vertikal & horizontal
- CFD flow Modellierung und Design
- Neue Oberflächen- und Materialtechnik
- Prototypenbau, additive 3D Fertigung
- Sensortechnik & Datenübertragung  
→ real time Monitoring und Control aller Untertage Prozesse
- Testen von Bohrwerkzeugen und -komponenten
- Entwicklung neuer Standards; Austausch mit (Berg-) Behörden



### ZIELE

Ziel unserer Arbeit ist es, einen Beitrag zu einer effizienteren und sichereren Erschließung und Nutzung des Untergrundes zu leisten, indem wir angewandte und kooperierende Forschung für und mit der Industrie und der Öffentlichkeit in allen Bereichen durchführen.

## Eckdaten

## LAUFZEIT:

April 2019 – Juli 2023

## FÖRDERUNG:

4,9 Mio. Euro von der Europäischen Union (Horizon 2020, Förderkennzeichen: GA 815319)

## PROJEKTPARTNER:

- The Welding Institute (TWI)
- Precision Varionic International Ltd (PVI)
- RINA Consulting – Centro Sviluppo Materiali
- Geolorn Ltd
- Technovative Solutions (TVS)
- FlowPhys
- Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)
- Iceland Drilling
- University of Iceland
- Gerosion
- Graphenea SA

## ANSPRECHPARTNER

## Volker Wittig

Leitung Innovative Bohrverfahren  
✉ volker.wittig@ieg.fraunhofer.de

## Philipp Schroer

Innovative Bohrverfahren  
✉ philipp.schroer@ieg.fraunhofer.de

## MEHR ZUM PROJEKT



## FÖRDERKENNUNG



## Projekt »GeoDrill«

Zur Steigerung der Effizienz und Zuverlässigkeit untertägiger Bohrprozesse trägt das Projekt »GeoDrill« bei. In einem Konsortium aus 12 europäischen Partnern werden dabei unter anderem innovative Bohrwerkzeuge als auch Bohrlochsensoren entwickelt.



Hoher Verschleiß bisheriger Bohrwerkzeuge, geringe Bohrgeschwindigkeiten in größeren Teufen sowie fehlende online-/in-situ-Datenerhebungen und -übertragung sind die Motivation für das Projekt »GeoDrill«. Dieses Projekt hat drei wesentliche Ziele.

Das erste Ziel umfasst die Reduzierung der Bohrkosten für geothermische Anlagen durch den Einsatz der DTH (Down-the-hole) Hammertechnologie. Darüber hinaus soll die Bohrüberwachung verbessert werden. Hierzu werden robuste 3D-gedruckte Sensoren entwickelt und eingesetzt, welche zudem zu Kosteneinsparungen führen sollen. Außerdem ist ein Ziel die Steigerung der Lebensdauer der Komponenten. Hierzu werden fortschrittliche Materialien und Beschichtungen entwickelt und eingesetzt. Das Projekt wird koordiniert durch TWI Limited mit Sitz im Vereinigten Königreich. Das Fraunhofer IEG überwacht die technische Koordination und ist an zwei Arbeitspaketen beteiligt.

Federführend wird am Standort Bochum ein neuartiger Schlagmechanismus für den Bohrhammer entwickelt, integriert und in verschiedenen Szenarien getestet. Abschließend soll eine Testbohrung mit dem Gesamtsystem auf dem Fraunhofer IEG Bohrplatz abgeteuft werden. Insgesamt umfasst das Projektkonsortium 12 Projektpartner aus verschiedenen europäischen Ländern und die Projektdauer beträgt 52 Monate mit einem Gesamtbudget von 4,9 Mio. Euro.

Neue hammerschlagbasierte Bohrtechnologien und Bohrüberwachungssensoren werden am Fraunhofer IEG entwickelt und auf unserem eigenen Bohrplatz unter realen Bedingungen erprobt.»

Volker Wittig

Leitung Innovative Bohrverfahren



Bohrplatz mit Forschungsbohranlage BO.REX und Untergrundlabor des Fraunhofer IEG am Standort Bochum

## Competence Center Tiefbohrtechnik und Completion

Das Competence Center »Tiefbohrtechnik und Completion« plant und begleitet Tiefbohrungen zur Erschließung untertägiger Reservoirs. Die Dienst- und Beratungsleistungen umfassen den gesamten Prozess eines Tiefbohrprojekts von der Konzepterstellung über die Ausführungsplanung bis hin zur eigentlichen Umsetzung. Zur Erschließung von Reservoirs wird zudem das eigens entwickelte, innovative Micro Turbine Drilling Bohrverfahren (MTD®) in unterschiedlichen Bohrlochumgebungen zum Einsatz gebracht.

Das Competence Center »Tiefbohrtechnik und Completion« führt für Tiefbohrbohrungen im Bereich der tiefen Geothermie sowie im Bereich der untertägigen stofflichen Speicherung technische Planungsleistung durch und überwacht die operative Ausführung der geplanten Leistungen. Diese Tätigkeiten werden sowohl für die Fraunhofer IEG eigenen als auch für die Projekte externer Kunden erbracht.

Im Detail wird das Bohrungsdesign für einzelne Tiefbohrungen ausgearbeitet und die Ausführungsplanung für das Abteufen, Komplettieren und Testen von Tiefbohrungen erstellt. Die Sicherstellung der fachgerechten Umsetzung der Ausführungsplanung erfolgt durch Präsenz von Mitarbeitern vor Ort.

Das Competence Center erprobt neue Technologien unter Realbedingungen. Insbesondere das im Rahmen der

Stimulation von Tiefbohrungen eingesetzte und vom Fraunhofer IEG eigens entwickelte innovative Bohrverfahren Micro Turbine Drilling (MTD®) wird in unterschiedlichsten Bohrlochumgebungen und unter veränderten Aufgabenstellungen kontinuierlich weiterentwickelt. Mittels dieses Verfahrens wird die Anbindung von Lagerstätten an Bohrungen optimiert, um das Produktivitäts- bzw. das Injektionsverhalten von Bohrungen zu erhöhen. Mit der MTD® Technologie bietet das Competence Center eine mechanische Alternative zu etablierten hydraulischen Stimulationsverfahren an.

Neben der konkreten Planung und Umsetzung von Tiefbohrprojekten, sowie der Erprobung neuer Technologien werden gutachtliche Tätigkeiten durchgeführt. Diese umfassen Machbarkeitsstudien, die Prüfung von Bohrungsdesigns und Ausführungsplanungen Dritter sowie Bohrungsintegritätsbewertungen.



### KERNKOMPETENZEN

- Tiefbohrtechnik
- Fördertechnik
- Testen von Tiefbohrungen
- Mechanische und hydraulische Stimulationsverfahren



### ZIELE

Unser Ziel ist die Umsetzung und Begleitung von Forschungs- und Pilotprojekten in der Tiefengeothermie und im Bereich der untertägigen stofflichen Speicherung.

Tiefbohranlage beim Erstellen der Grubenwasserbohrungen in Bochum im Rahmen des D2Grids Projekts (Quelle: Felix Jagert)

**80.000+**  
**BOHRKILOMETER**  
WURDEN IN DEUTSCHLAND  
BEREITS ERFOLGREICH  
DURCHFÜHRT

© Fraunhofer IEG



## Eckdaten

## LAUFZEIT:

März 2021 – Februar 2024

## FÖRDERUNG:

431.274 € durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

## ANSPRECHPARTNER

## Niklas Geißler

Tiefbohrtechnik und Completion

✉ niklas.geissler@ieg.fraunhofer.de

## MEHR ZUM PROJEKT



## Projekt

## »MTD<sup>®</sup> – Micro Turbine Drilling«

Die Reduzierung des Fündigkeitsrisikos bei Geothermiebohrungen adressiert das Projekt »Micro Turbine Drilling (MTD<sup>®</sup>)«. Durch ein innovatives Bohrverfahren zur Erzeugung von Ablenkbohrungen in heißen Formationen aus Hartgestein soll die Durchlässigkeit eines Reservoirs gesteigert werden.



Das Fündigkeitsrisiko für Geothermiebohrungen ist hoch, da aufgrund zu geringer Durchlässigkeiten der Gesteine in Förderhorizonten häufig nicht die erwünschten Schüttungsraten erzielt werden können. Aus der Öl- und Gasindustrie sind bereits Verfahren bekannt, die grundsätzlich zur Steigerung der Durchlässigkeit eines Reservoirs eingesetzt werden können (z. B. Radial Jet Drilling (RJD)). Diese bekannten Verfahren bieten Lösungsansätze für weiche, leicht mit konventionellen Methoden zu bohrende Speichergesteine. Diese für Öl- und Gaslagerstätten typischen Bedingungen lassen sich aber nicht einfach auf geothermische Reservoirs übertragen. Hierbei handelt es sich häufig um Formationen aus Hartgestein, bei denen die beim RJD-Verfahren eingesetzte Wasserstrahltechnik keine oder zu geringe Bohrleistungen aufweist.

Im Vorhaben »Micro Turbine Drilling (MTD<sup>®</sup>)« wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem die Durchlässigkeit auch in sehr harten Förderhorizonten von Geothermiebohrungen gesteigert werden kann. Die Lösungsidee baut grundsätzlich auf dem Prinzip des RJD auf. Es wird jedoch eine Mikro-Bohrturbine eingesetzt, in der anders als beim RJD die hydraulische Energie des Fluids in mechanische Energie umgewandelt wird, um einen Bohrmeißel anzutreiben, mit dem der Gesteinsabtrag mechanisch generiert wird. Durchgeführte Voruntersuchungen mit Funktionsprototypen bestätigen die grundsätzliche Funktionsfähigkeit dieser Technologie.

Das Ergebnis dieses Projekts soll ein neues Bohrverfahren sein, mit dem es erstmals möglich ist, kostengünstige, mindestens 50 m lange Ablenkbohrungen von einer bis zu 5 km tiefen, verrohrten Bohrung aus in bis zu 200 °C heiße Formationen aus Hartgestein herzustellen. Der entscheidende Vorteil gegenüber dem derzeitigen Stand der Technik ist, dass dieses Verfahren bei geringen Kosten auch für die Anwendung in der Geothermie sowie zahlreicher anderer Erschließungsmaßnahmen im Untergrund geeignet ist.

**3,6 cm**  
MISST DER DURCHMESSER  
DES BOHRKOPFS DES  
INNOVATIVEN  
MTD<sup>®</sup>-SYSTEMS



Über einen Ablenkschuh wird die Mikroturbine im Bohrloch abgelenkt und in das Umgebungsgestein getrieben

 **Fraunhofer**



## FÖRDERKENNUNG



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



## Competence Center Reservoir Engineering

Das Competence Center »Reservoir Engineering« befasst sich mit der geomechanischen Modellierung und Charakterisierung unterirdischer Reservoirs. Dazu werden Laborversuche und Feldtests durchgeführt, die als Grundlage für die Erstellung von Lagerstättenmodellen und Reservoirsimulationen dienen und eine wichtige Basis für die Wirtschaftlichkeits- und Risikobetrachtung von Geothermie- und Speicherprojekten darstellen.

Arbeitsschwerpunkte des Competence Centers »Reservoir Engineering«



Das Competence Center »Reservoir Engineering« bietet Leistungen im Bereich geomechanischer Modellierung und der Reservoir Geomechanik sowie mikroseismische Herd-Lokalisierung und -Charakterisierung an. Mit Hilfe passiver seismischer Methoden werden so unter anderem auch seismische Risikoanalysen und seismische Modellierungen über alle Größenskalen angeboten. Ein weiterer Themenschwerpunkt ist die digitale Gesteinsphysik und die Charakterisierung von zerklüfteten Lagerstätten. In Laborexperimenten werden Studien der hydro-mechanischen Kopplung sowie petrophysikalische Gesteinscharakterisierung durchgeführt, unter anderem die Ermittlung elastischer, unelastischer, thermaler und hydraulischer Gesteinseigenschaften unter (simulierten) in situ-Bedingungen.

Um die Wirtschaftlichkeit eines Geothermieprojektes beurteilen zu können, muss ein Lagerstättenmodell auf Grundlage der geologischen Gegebenheiten am Standort entwickelt werden. Dieses Modell basiert meistens auf seismischen Explorationen

oder bohrlochgeophysikalischen Messungen. Anschließend werden die bestmögliche Erschließung und Förderung aus der Lagerstätte simuliert. Bei der Analyse sind auch Feldversuche im kleinen Maßstab von großem Nutzen, welche die Simulation bestätigen oder optimieren. Dies können Produktions- und Injektionstests sein, welche die Lagerstätte in ihren hydraulischen Eigenschaften charakterisieren. Im kleinen Maßstab können Laborversuche mit Reservoirgesteinen und verschiedenen Fluiden durchgeführt werden, um die Nutzung zu optimieren.

Diese Ergebnisse entscheiden schließlich über die erfolgreiche hydrothermale Nutzung der Lagerstätte. Durch die Kombination der Methoden können Brücken im Verständnis von geothermischen Prozessen auf unterschiedlichen Längen- und Zeitskalen geschlagen werden. Das Komplettpaket aus Lagerstättenmodell, Reservoirsimulation, Feldtests und Laborversuchen wird vom Competence Center »Reservoir Engineering« aus einer Hand angeboten.



### KERNKOMPETENZEN

- Passive Seismik
- Digitale Gesteinsphysik
- Geomechanik
- Modellierung der Wellenausbreitung



### ZIELE

Unser Ziel ist es, die angewandte Forschung in den Bereichen der öffentlichen und industriellen Projekte weiter voranzubringen.



### AUSSTATTUNG

Der Abteilung »Reservoir Engineering« sind die Labore für Geotechnologien und seismische Überwachung angegliedert. Hier stehen unter anderem folgende Einrichtungen zur Verfügung:

- Mikroröntgentomographie ( $\mu$ CT)
- Thermotriaxialpresse
- Core-Flooding Experimente
- seismisches Breitband-Observatorium
- bohrlochgeophysikalische Logging-Tools
- geo- und hydrochemische Labore

## Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
09/2020 – 08/2023

**FÖRDERUNG:**  
Gesamtprojekt 5.7 Mio. €  
(Geothermica)  
Fraunhofer IEG Anteil 660.000 €  
(BMWE)

- ZUSAMMENFASSUNG:**
- internationale Kollaboration von 7 Forschungseinrichtungen und 2 Wirtschaftspartnern
  - Anwendung in Geothermiefeldern in 3 Ländern (Deutschland, Frankreich, USA)
  - Fraunhofer IEG leitet das größte Arbeitspaket im Projekt mit Fokus auf Echtzeitüberwachung von Mikroseismizität

## ANSPRECHPARTNER

**Dr. Claudia Finger**  
Reservoir Engineering  
✉ claudia.finger@ieg.fraunhofer.de

## MEHR ZUM PROJEKT



## Projekt

## »DEEP: Innovation for de-risking enhanced geothermal energy – Fraunhofer IEG«

Dem übergeordneten Ziel der Risikominimierung künftiger geothermischer Projekte weltweit hat sich das Projekt »DEEP« untergeordnet. Der Fokus liegt dabei auf der seismischen Risikominderung durch adaptive Alarmierungsprotokolle und Echtzeitüberwachung.



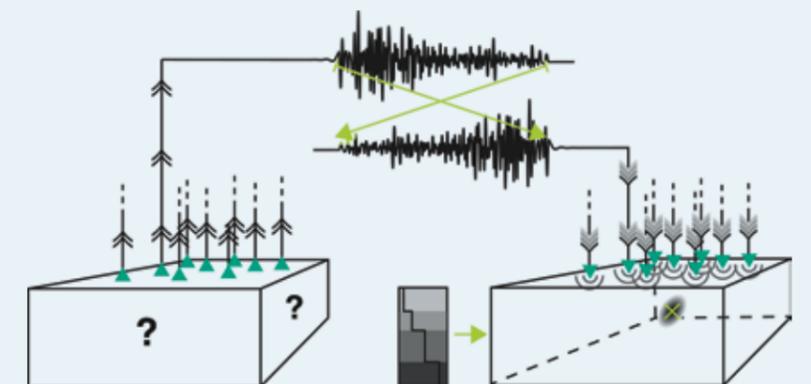
Das Projekt »DEEP« verfolgt das Ziel, das Risiko der induzierten Seismizität in tiefen geothermischen Projekten zu verstehen und zu mindern. Dafür werden innovative Methoden entwickelt und auf seismischen Daten angewandt, um potenziell induzierte Seismizität zu lokalisieren, zu charakterisieren und zu verstehen. Im Fokus steht die Bereitstellung von »Best Practices« für die effiziente Analyse der zahlreichen kleinen seismischen Ereignisse im Zusammenhang mit induzierter Seismizität und deren Vorhersage auf Basis operativer Parameter.

Standard-Analyseroutinen können nicht in Echtzeit die großen Datensätze aus geothermischen Reservoiren mit hoher Genauigkeit analysieren. Daher setzt »DEEP« neuartige Algorithmen ein, die auf numerischen Simulationen und maschinellem Lernen basieren, um diese Ereignisse in (nahezu) Echtzeit korrekt zu analysieren und vorherzusagen. Außerdem werden neuartige Sensortechnologien, wie faser-optische Kabel, in bestehende Auswerterroutinen eingebunden. Endziel des Projektes ist ein integriertes open-access Tool zur Echtzeitüberwachung und Vorhersage von Mikroseismizität, welches in ein adaptives Alarmierungsprotokoll integriert werden kann. Das Projekt bringt ein interdisziplinäres Team von Forschenden aus der ganzen Welt zusammen. Es wird ein ehrgeiziges Arbeitsprogramm

Die Echtzeitanalyse seismischer Daten zur Lokalisierung und Charakterisierung von Seismizität spielt eine wichtige Rolle für die Risikominimierung künftiger geothermischer Projekte

**30  
GB/Std**  
UND MEHR WIRD DURCH  
EIN 2 KM LANGES FASER-  
OPTISCHES KABEL  
GENERIERT

durchgeführt, das sich auf nationale Bemühungen stützt, indem es laufende und geplante, aber gegenwärtig zersplitterte Initiativen zu einer kohärenten internationalen Anstrengung zusammenführt, um das übergeordnete Ziel der Risikobegrenzung künftiger geothermischer Projekte weltweit zu erreichen. Das Fraunhofer IEG leitet das größte Arbeitspaket des Projektes, liefert mit dem Reallabor Rheinland eines der drei zentralen Untersuchungsgebiete und arbeitet aktiv an der Methodenentwicklung, der Integration in bestehende Systeme und der Anwendung.



Workflow TRI (eine zentrale Methode des Projekts)

Competence Center

# Georisiken und Risikomanagement

Das Competence Center »Georisiken und Risikomanagement« befasst sich mit zentralen Aspekten der Untersuchung und Erschließung des Untergrundes für die Nutzbarmachung hydrothermalen Ressourcen, unterirdischer Speicher sowie der Schaffung von Durchlässigkeiten im tiefen Untergrund.

Das Team entwickelt Konzepte für die Erfassung geomechanischer Daten und deren Interpretation im Hinblick auf den Bau und Betrieb von Untertagesystemen und deren Entwicklung. Dies beinhaltet die Durchführung von geophysikalischen und hydraulischen Bohrlochuntersuchungen sowie von geomechanischen Laborversuchen zur Abschätzung von Spannungsbedingungen im Untergrund und die Konzeption von Bohrungen. Die systematische Erfassung und Interpretation der Daten liefert die Grundlage für ein umfassendes

quantitatives und qualitatives Georisikomanagement, einschließlich der Entwicklung von Überwachungs- und Interventionskonzepten.

Die Forschung im Competence Center leistet einen Beitrag zur Weiterentwicklung eines grundsätzlichen wissenschaftlichen Prozessverständnisses mit Hilfe von Feld- und Demonstrationsversuchen zur Entwicklung optimierter Erschließungs- und Nutzungskonzepte.

## 2031

SOLL ER GEFUNDEN SEIN:  
DER SICHERSTE STAND-  
ORT FÜR EIN ENDLAGER FÜR  
HOCHRADIOAKTIVE ABFÄLLE  
IM TIEFEN GEOLOGISCHEN  
UNTERGRUND  
IN DEUTSCHLAND



Geomechanische und bohrtechnische Experimente im Bedretto-Untergrundlabor in der Schweiz zur Ermittlung von hydraulischen Wegsamkeiten im Granitgestein



### KERNKOMPETENZEN

- Geomechanik
- Untertägige Erschließung
- Monitoring und Instrumentierung
- Gekoppelte geomechanische Modellierungen



### ZIELE

Unsere Entwicklungsziele sind der Aufbau einer Modellierungsgruppe für seismo-thermo-hydro-mechanisch gekoppelte Prozesse für Planungs- und Prognosemodelle sowie der Aufbau einer national und international vernetzten Forschungsinfrastruktur.

Geschäftsbereich 4

# Netze, Energie- & Verfahrenstechnik

Wir besetzen wichtige Themen zur Dekarbonisierung der Energieversorgung sowie von Industrieprozessen und entwickeln Technologien und Transformationspfade.«

Dipl.-Ing. Christoph Nolden  
Leitung des Geschäftsbereichs



In unserem Geschäftsbereich »Netze, Energie- und Verfahrenstechnik« mit den Competence Centern »Verfahrenstechnik«, »Erdgas-, Wasserstoff- & stoffliche Infrastrukturen«, »Wärmenetze 4.0« und »Thermodynamische Wandler« forschen wir an Transformationspfaden zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft und zum Umbau unserer Wärmeversorgungssysteme, zum Umgang mit CO<sub>2</sub> aus nicht vermeidbaren Emissionen und an Technologien zur Umsetzung der Wärmewende.

#### Was macht den Geschäftsbereich aus?

Die vier Competence Center vereint die Entwicklung von Transformationstechnologien und -strategien auf dem Weg zur langfristigen Dekarbonisierung, insbesondere in den Sektoren Strom-, Gas und Wärmeversorgung sowie in der Industrie. Dabei rücken die Analyse benötigter Infrastrukturen und die Sektorkopplung als zentrales Element in den Fokus. In den Competence Centern »Verfahrenstechnik« und »Thermodynamische Wandler« entwickeln wir Anlagen zur CO<sub>2</sub>-Luftabscheidung und Wärmepumpen zur Fern- und Prozesswärmebereitstellung. Im Competence Center »Erdgas-, Wasserstoff- & stoffliche Infrastrukturen« wird der Aufbau von Wasserstoff- und CO<sub>2</sub>-Transportketten unter Nutzung vorhandener Infrastrukturen untersucht. Der technologischen Einbindung von Wärmepumpen in Prozessketten widmet sich das Competence Center »Wärmenetze 4.0«. Neben den technischen Herausforderungen werden die ökonomischen Schranken stets adressiert.

#### Was macht die Arbeit am Fraunhofer IEG besonders?

Die Breite an Themen ermöglicht jedem Mitarbeitenden, seinen persönlichen Schwerpunkt zu finden und seinen Beitrag zum Erreichen der Klimaschutzziele zu leisten. Dabei kann

sich jeder Mitarbeitende das Competence Center frei aussuchen.

#### Auf welches Highlight blickst Du in den letzten zwei Jahren zurück?

Das eine Highlight im GB zu benennen, fällt mir nicht leicht. Wir können auf eine Reihe von Highlights zurückblicken. Was mich täglich beeindruckt, sind die Motivation und der Wille der Mitarbeitenden, einen Beitrag zum Umbau unserer Volkswirtschaft auf dem Weg in die Klimaneutralität leisten zu wollen. Mein persönliches Highlight ist die Bewilligung von FernWP zum 01.10.2021, genau zwei Jahre nach dem ersten Skizzengespräch am 01.10.2019, meinem ersten Arbeitstag für die Fraunhofer-Gesellschaft.

#### Wenn ihr drei Wünsche frei hättet, wie würde das Energiesystem im Jahr 2030 aussehen?

1. Die Ziele für den Ausbau erneuerbarer Energien und zur CO<sub>2</sub>-Minderung wurden übertroffen und der Ausstieg aus der Kohleverstromung ist bereits vollzogen.
2. In den (Fern)Wärmenetzen und in Industrieprozessen mit einem Temperaturbedarf bis 200 °C dominieren (Groß)Wärmepumpen.
3. In der Industrie werden 100 TWh grüner Wasserstoff zur Dekarbonisierung mit weiter steigender Tendenz eingesetzt.

#### Competence Center

Verfahrenstechnik	56
Erdgas-, Wasserstoff-, & stoffliche Infrastrukturen	60
Wärmenetze 4.0	64
Thermodynamische Wandler	68





Laborreaktor zur Synthese künstlicher geothermaler Fluide

LEDIGLICH  
**16,5%**  
DER BENÖTIGTEN ENDENERGIE  
ZUR BEREITSTELLUNG VON  
WÄRME UND KÄLTE IN  
DEUTSCHLAND STAMMEN BISHER  
AUS REGENERATIVEN QUELLEN

Als Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Technik ordnen die Expertinnen und Experten am Fraunhofer IEG neue Ideen ein, prüfen und bewerten die technische und wirtschaftliche Machbarkeit einer möglichen Integration in bestehende Prozesse. Sie entwickeln und betreiben passgenaue Versuchsanlagen, bilden reale Anlagenkomponenten sowie komplette Anlagen in eigenständigen Simulationen nach und entwerfen beispielsweise darauf basierende Regelungskonzepte komplexer Systeme.

Zu ihren Industriepartnern gehören Hersteller und Entwickler von Anlagenkomponenten sowie Anlagenbauer und -betreiber in den Bereichen der Grundstoff- und Chemieindustrie, aber auch der Kälte- und Klimatechnik.

Die Bandbreite der bearbeiteten technologischen Fragestellungen umfasst zum einen die Integration von Speichern, wie Salzkavernen, geothermale Reservoirs oder Fernwärmestrukturen, und thermodynamischen Wandlern, wie Solarthermie, Wärmepumpen oder Wärmetransformatoren, in chemische oder thermodynamische Prozesse. Ebenfalls relevant sind binäre Kraftwerksprozesse sowie stoffliche Fragestellungen bezüglich Wasserentsalzung, Gewinnung von Lithium aus geothermalen Fluiden oder der Trennung und Aufreinigung von Gasgemischen zur Bereitstellung von Kohlendioxid, Wasserstoff, Sauerstoff oder Methan.

thermodynamischer Prozesse in bestehende Großanlagen. Sie unterstützen von der ersten Idee bis zur Umsetzung: beim Anlagenentwurf (Basic Engineering), beim Anlagendesign, bei der Bauteildimensionierung (Detail Engineering), beim Anlagenbau, der Inbetriebnahme und bei der Betriebsoptimierung.

## Competence Center Verfahrenstechnik

Das Competence Center befasst sich mit verschiedenen verfahrenstechnischen Fragestellungen, wie der Integration von Speichern und thermodynamischen Wandlern in chemische und thermodynamische Prozesse sowie binären Kraftwerksprozessen. Hierbei unterstützen wir unsere Projektpartner von der ersten Idee über den Entwurf bis hin zur detaillierten Auslegung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen.

Derzeit sind industrielle Prozesse – für die Endverbraucher zumeist im Verborgenen – einer grundlegenden Transformation unterworfen: Sowohl fossile Primärrohstoffe als auch fossile Energieträger sind zu substituieren und zugleich nachhaltige Energiequellen einzubinden.

Die Ingenieurinnen und Ingenieure aus dem Competence Center »Verfahrenstechnik« am Fraunhofer IEG überführen in diesem Zuge wissenschaftliche Erkenntnisse in die Praxis. Ihr Wirkungskreis umfasst den Anlagenbau vom einfachen Prüfstand bis zur Integration neuer stofflicher oder



### KERNKOMPETENZEN

- ganzheitliche Analyse neuer und bestehender verfahrenstechnischer Prozesse zu deren Umstellung auf nachhaltige Energiequellen und Grundstoffe.
- stoffliche und energetische Prozessanalysen (u. a. PINCH-Analysen)
- Integration nachhaltiger Energiequellen in bestehende Prozesse und Anlagen
- Entwurf, Bau und Betrieb von Prüfständen und Pilotanlagen
- Prozessentwicklung, Prozesssimulation und CFD-Simulation einzelner Komponenten



### ZIELE

Unser Ziel ist es, die Transformation industrieller Prozesse durch Optimierung bestehender und Entwicklung neuer nachhaltiger verfahrenstechnischer Anlagen, Komponenten und Betriebsformen auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse voranzubringen.

## Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
08.2021 – 06.2022

**ZUSAMMENARBEIT:**  
K+S Minerals and Agriculture GmbH

**ZUSAMMENFASSUNG:**

- Detaillierte Verfahrensanalyse
- Einsparungspotenzial von Gas

**ANSPRECHPARTNER**

**Tilman Cremer**  
Leitung Verfahrenstechnik  
✉ [tilman.cremer@ieg.fraunhofer.de](mailto:tilman.cremer@ieg.fraunhofer.de)

**MEHR ZUM PROJEKT**

## Vorstudie am Werk Werra, der K+S Minerals and Agriculture GmbH »Mögliche Verfahren zur Dampfreduktion«

Die Dekarbonisierung industrieller Dampfprozesse ist eine der wesentlichen Herausforderungen der aktuellen Phase der Energiewende. Das Fraunhofer IEG zeigt durch Umsetzung realer Industrieprojekte wie dieser Herausforderung begegnet werden kann.



Die Zielsetzung des Projekts ist die Erarbeitung eines Konzepts zur Reduktion des Prozessdampfeinsatzes in einer bestehenden Industrieanlage mittels nachhaltig betriebener Wärmepumpen. Unter Nachnutzung der am Standort verfügbaren Abwärmeströme soll die Substitution von mindestens 25 t/h Prozessdampf erreicht werden.

Im Zuge des Projekts wurden bei einer Standort- und Verfahrensanalyse die Randbedingungen potentieller Wärmequellen und Wärmesenken aufgenommen und auf die Möglichkeit einer Verschneidung mit Wärmepumpen untersucht. Anschließend wurden alle Kombinationsmöglichkeiten systematisch strukturiert und bewertet.

Kriterien waren hierbei, neben der geforderten thermischen Leistung von ca. 16 MW und einer Vorlauftemperatur von 90 °C, auch die räumliche Distanz zwischen Wärmequelle und -senke, mögliche Auswirkungen auf den Produktionsprozess sowie das Aufstellungs- und Wartungskonzept. Auf Grundlage der erhobenen Daten und einer Abschätzung der resultierenden Leistungszahl (COP) jeder Kombinationsmöglichkeit wurden die zu erwartenden elektrischen Verbräuche ermittelt und ein Konzept zur Wärmepumpenintegration in den bestehenden Prozess herausgearbeitet. In Abstimmung mit den Wärmepumpenherstellern erfolgte die Auswahl eines am Markt verfügbaren und etablierten Wärmepumpensystems sowie die Auslegung der Anlagenperipherie wie Wärmetauscher und Rohrleitungen.

Mit Hinblick auf die Umsetzungsphase wurde eine detaillierte Konzeptbeschreibung inklusive Wärmeschaltbildern, Datenblättern und einer Kostenaufstellung für die benötigten Komponenten angefertigt. Die ökonomische und ökologische Bewertung schließt das Projekt ab.

# 25 TONNEN PROZESS- DAMPF

UND MEHR KÖNNEN PRO  
STUNDE DURCH DIE EFFIZIENTE  
AUFWERTUNG VON ABWÄRME  
EINGESPART WERDEN

Die Suche nach Alternativen zur fossilen Dampferzeugung ist ein wichtiger Aspekt der Dekarbonisierung industrieller Prozesse



## Competence Center Erdgas-, Wasserstoff- und stoffliche Infrastrukturen

Das Competence Center für »Erdgas-, Wasserstoff- und stoffliche Infrastrukturen« fokussiert sich auf energiesystemische Betrachtungen mit Bezug zu Wasserstoff, Erdgas oder CO<sub>2</sub> sowie auf techno-ökonomische Analysen im Bereich Dekarbonisierung bzw. Defossilierung von Energiesystemen.

Zum Erreichen der gesetzten Klimaschutzziele werden mittelfristig größere Mengen grünen Wasserstoffs nach Europa und Deutschland importiert werden müssen, da das hiesige Angebot an erneuerbaren Energien zur Nachfragedeckung nicht ausreicht. Das Competence Center erforscht, aus welchen Regionen der Welt und über welche Transportmittel, -routen und -medien Wasserstoff (inkl. seiner Derivate) zukünftig nach Europa gelangt und welche Veränderungen in den Energie- und Wasserversorgungssystemen damit in den Exportländern

einhergehen. Des Weiteren werden innereuropäische Wasserstoffherzeugungstechnologien sowie deren Allokation untersucht und die damit verbundenen Implikationen auf benötigte Infrastrukturen analysiert. Ebenso werden die für einen schnellen Wasserstoff-Markthochlauf zuträglichen Förderinstrumente und Rahmenbedingungen verglichen und diskutiert. Vor dem Hintergrund zukünftig notwendiger CO<sub>2</sub>-Abscheidungen, insbesondere aus Industrieprozessen (bspw. Zementherstellung), untersuchen und bewerten wir CO<sub>2</sub>-Transportoptionen.

**ÜBER  
500.000  
Km**  
LÄNGE DES HEUTIGEN ERDGASNETZES  
IN DEUTSCHLAND

Unter welchen Umständen ist die Umstellung von Industrie- prozessen auf synthetische Gase eine valide Zukunftsstrategie?

Das Competence Center erstellt Machbarkeitsstudien, insbesondere zu kommunalen Wärme- transformationsprozessen – oftmals in enger Kooperation mit anderen Bereichen des Fraunhofer IEG – und bringt die technische Expertise sowie ökonomische Kompetenz bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ein.

**Deutschland ist langfristig auf Energie-  
importe aus wind- und sonnenreichen  
Weltregionen angewiesen, um einen Großteil  
seines Bedarfes an grünem Wasserstoff  
und seiner Syntheseprodukte zu decken.«**

**Dipl.-Ing. Christoph Nolden**  
Leitung Erdgas-, Wasserstoff- & stoffliche Infrastrukturen



### KERNKOMPETENZEN

- Energiesystemische Modellierungen
- Analyse von Wasserstofftransportketten
- Infrastrukturelle Betrachtungen
- Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen
- Entwicklung und Bewertung von Dekarbonisierungsstrategien



### ZIELE

Die Dekarbonisierung und Defossilierung von Energieversorgungssystemen und energieintensiven Industrieprozessen stellen große Herausforderungen dar. Das Team möchte seinen Beitrag dazu leisten und durch Modellierungen, Untersuchungen und Analysen zeigen, wie die gesetzten Klimaschutzziele durch Treffen ökonomisch rationaler Entscheidungen und unter Beachtung sozialer Folgen erreicht werden können.

## Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
2021 – 2024

**FÖRDERUNG:**  
3,6 Millionen Euro durch das BMBF  
(Förderkennzeichen 03SF0620)  
Budget Fraunhofer IEG: 750.000 EUR

**ZUSAMMENARBEIT:**

- Fraunhofer ISI
- Fraunhofer ISE
- Deutsche Energie-Agentur (dena),
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
- Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE)
- Energy Systems Analysis Associates (ESA<sup>2</sup>)
- Institut für transformative Nachhaltigkeitsforschung (IASS)
- Lehrstuhl Umwelt-/Ressourcenökonomie und Nachhaltigkeit an der Ruhr-Universität Bochum

**ANSPRECHPARTNER**

**Prof. Dr. Mario Ragwitz**  
Leiter des Fraunhofer IEG  
✉ mario.ragwitz@ieg.fraunhofer.de

**Christoph Nolden**  
Leitung Erdgas-, Wasserstoff- und stoffliche Infrastrukturen  
✉ christoph.nolden@ieg.fraunhofer.de

**MEHR ZUM PROJEKT****FÖRDERKENNUNG**

## Projekt »HyPat«

Die gesicherte, ökonomische und ökologisch nachhaltige Versorgung mit Wasserstoff wird in dem Projekt »HyPat« erforscht. Dazu werden nachhaltige Standorte in der Welt für die grüne Wasserstoffwirtschaft von morgen untersucht. Die Ergebnisse werden in der Entwicklung eines Wasserstoffatlases kondensiert.



Deutschland wird langfristig einen Teil seines Energiebedarfs importieren müssen, welcher durch Wasserstoff und seine Syntheseprodukte gedeckt werden kann. Daher wird in dem Projekt »HyPat« durch das Fraunhofer IEG und seinen Projektpartnern ein globaler Wasserstoffatlas entwickelt. Dieser gibt einen umfassenden Überblick über zukünftige Wasserstoffproduktions- und Importländer, die unter Berücksichtigung techno-ökonomischer und sozio-ökonomischer Aspekte betrachtet werden. Das Projekt geht der Frage nach, wie Deutschland auch in Zukunft seinen Energiebedarf durch Importe von grünem Wasserstoff und Wasserstoff-Syntheseprodukten decken kann. Hierbei wird insbesondere die Bedeutung der Produktionsländer für eine gesicherte, ökonomische und ökologisch nachhaltige Versorgung betrachtet. »HyPat« liefert damit einen wesentlichen Beitrag zu den Zielsetzungen der deutschen Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) und steht in

**BIS ZU  
110  
TWh/a**

DEUTSCHER BEDARF AN  
WASSERSTOFF GEMÄß  
NATIONALER WASSER-  
STOFFSTRATEGIE

Einklang mit dem internationalen Übereinkommen zum Klimaschutz, den Sustainable Development Goals (SDG) sowie der aktuellen Wasserstoffstrategie der EU.

Das Fraunhofer IEG übernimmt in diesem Projekt die techno-ökonomische Modellierung der Wasserstoffproduktion und der Infrastrukturen in ausgewählten Ländern sowie der Wasserstofftransportketten nach Deutschland. Des Weiteren bestimmt es die potenziellen Eigenbedarfe der Exportländer.

Das HyPat-Projekt identifiziert globale Standorte zur nachhaltigen Produktion von grünem Wasserstoff

Ziel ist es, eine globale Angebots- und Nachfrageprognose bis 2050 zu entwickeln und einen wesentlichen Beitrag zur Bewertung der Lieferkosten von grünem Wasserstoff nach Deutschland und Europa zu leisten.

Dabei setzt das Fraunhofer IEG Erfahrungen, Wissen und Netzwerke aus vorangegangenen und laufenden Projekten über bestehende Gasinfrastrukturen, den Aufbau von Wasserstoffinfrastrukturen, Transportoptionen, Wasserstoff-erzeugung und -nutzung sowie Syntheseprodukte ein.

**Das Projekt »HyPat« entwickelt einen globalen Potenzialatlas, der nachhaltige Standorte für die Wasserstoffwirtschaft der Zukunft aufzeigt.«**

**Prof. Dr. Mario Ragwitz**  
Leitung des Fraunhofer IEG



## Competence Center Wärmenetze 4.0

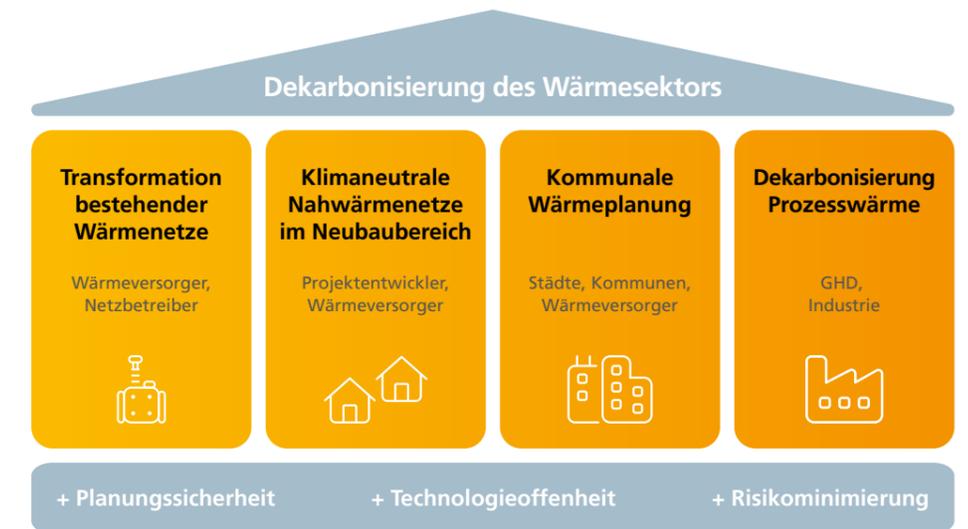
Das Competence Center erarbeitet Lösungen zur leitungsgebundenen Wärme- und Kälteversorgung in Bestands- und neugebauten Wärmenetzen. Unser Leistungsangebot reicht von der Unterstützung von Kommunen und Stadtwerken bei der kommunalen Wärmeplanung und der Entwicklung von Transformationsplänen bis hin zur Entwicklung neuer Konzepte multivalenter Versorgungssysteme und der Integration betrieblicher Abwärmequellen.

Das Aktionsfeld des Competence Centers »Wärmenetze 4.0« liegt in der Umsetzung einer »Grünen Wärmeversorgung« sowohl im Gebäude- als auch im Industriesektor. Das Competence Center erarbeitet Lösungen für aktuelle Fragestellungen, die mit der leitungsgebundenen Wärme- und Kälteversorgung einhergehen, und adressiert damit zentrale Herausforderungen der Wärmewende.

Wir unterstützen Wärmeversorger und Netzbetreiber im Fernwärmesektor bei der Entwicklung von Strategien für

die Transformation und Dekarbonisierung ihrer Bestandwärmenetze und liefern Grundlagen für eine langfristige sichere Planung. Hierbei wird ein technologieoffener Ansatz verfolgt. Darüber hinaus werden Konzepte und Lösungen für effiziente und zukunftsfähige Versorgungssysteme entwickelt, die auf der Grundlage »kalter« Nahwärme- und bidirektionaler Netze eine nachhaltige Wärme- und Kälteversorgung neu geplanter Gebäude und Quartiere erlauben. Um die finanziellen Risiken bei der Umsetzung innovativer Lösungen zu reduzieren, unterstützen wir unsere Partner

Sinnvolle Alternativen zur fossilen Wärmeerzeugung bieten die Solar- und die Gewässerthermie.



sowohl im Bereich der Bestandsnetze als auch im Neubaubereich durch ein umfangreiches Screening bei der Identifikation geeigneter regionaler und nationaler Fördermöglichkeiten. Das Competence Center berät Städte und Gemeinden bei der Planung der kommunalen Wärmeversorgung und erarbeitet Lösungen für eine wirtschaftliche und sozial verträgliche Umstellung der fossilen auf eine klimaverträgliche Wärmebereitstellung. Dabei werden lokale Akteursgruppen aktiv eingebunden. Für die Kunden aus dem Industrie- und Gewerbesektor werden Konzepte für die Bereitstellung und den effizienten Einsatz »Grüner Wärme« sowie die Verwertung von Abwärme entwickelt.

Das Hauptaugenmerk liegt auf der Integration und sinnvollen Kombination von erneuerbaren Wärme- und Kältequellen.

Als Alternativen zur fossilen Wärmeerzeugung werden beispielsweise die Erschließung geothermaler Ressourcen oder die Nutzung von Solar- und Gewässerthermie betrachtet, die mit Hilfe thermodynamischer Wandler in Wärmeversorgungssysteme eingebunden werden. Der intelligente Einsatz von Kurz- und Langzeitspeichern erlaubt es darüber hinaus, die Wärmequellen effizient zu nutzen.

Das Competence Center analysiert auch Potenziale zur Kopplung der Sektoren Strom und Wärme und entwickelt auf dieser Grundlage, intelligente Einsatzstrategien für Wärmeerzeuger. Diese sorgen für den effizienten und nachhaltigen Betrieb integrierter thermischer Netze, die neben der sicheren Wärmeversorgung auch Systemdienstleistungen für die Stromversorgung anbieten.



### KERNKOMPETENZEN

- Entwicklung von Transformationsplänen
- Entwicklung multivalenter Nahwärmekonzepte
- Kommunale Wärmeplanung
- Entwicklung von Konzepten zur Prozesswärmebereitstellung und Abwärmenutzung
- Förderscreening



### ZIELE

Der Wärmesektor wird sich in den kommenden Jahrzehnten einem kontinuierlichen Wandel unterziehen müssen, der mit großen Herausforderungen verbunden ist. Es ist unser Ziel, diesen Prozess durch die Entwicklung innovativer Lösungen zu begleiten und voranzutreiben. Die Übertragbarkeit unserer Ideen und Konzepte steht dabei im Vordergrund, so dass die Umsetzung einer »Grünen Wärmeversorgung« in der Breite Wirklichkeit werden kann.

## Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
10.2021-09.2025

**FÖRDERUNG:**  
4,5 Mio. €

**ZUSAMMENARBEIT:**

- Fraunhofer ISE,
- Fraunhofer ISI,
- Johnson Controls,
- AGFW,
- GESMEX,
- Stadtwerke Cottbus

**ANSPRECHPARTNER**

**Anja Hanßke**  
Leitung Wärmenetze 4.0  
✉ anja.hansske@ieg.fraunhofer.de

**MEHR ZUM PROJEKT****FÖRDERKENNUNG**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Projekt »FernWP«

Großwärmepumpen sind eine zentrale Technologie der Wärmewende. Ihrem großflächigen Einsatz stehen aktuell jedoch noch zahlreiche Hemmnisse im Wege. Diese zu adressieren und zu überwinden widmet sich das Projekt »FernWP«.

Der bis zum Jahr 2038 geplante Kohleausstieg leistet nicht nur einen wichtigen Beitrag zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, er wirkt auch unmittelbar auf die Wärmeversorgung. Kraftwerke, die heute noch Fern- und Prozesswärme bereitstellen, stehen in absehbarer Zeit nicht mehr zur Verfügung und müssen durch klimaneutrale Technologien ersetzt werden.

Großwärmepumpen (GWP) und Hochtemperaturwärmepumpen (HTWP) könnten diese Aufgabe in Zukunft übernehmen. Als Basistechnologie, die die Grundlage für die Integration von erneuerbaren Energien schafft, nehmen sie eine zentrale Rolle in der Energiewende ein.

Noch erschweren zahlreiche Hemmnisse und fehlende langjährige Erfahrungen die Verbreitung der Technologie und verhindern eine Durchdringung des Technologiemarkts.

**Aus technischer Sicht stellt die Wärmebereitstellung auf den benötigten hohen Temperaturniveaus bei gleichzeitig hoher Leistung und Effizienz noch immer eine Herausforderung dar.«**

**Anja Hanßke**  
Leitung Wärmenetze 4.0



Heizkraftwerk Cottbus

**120 °C**  
ALS VORLAUFTEMPERATUR  
IST KEINE SELTENHEIT  
IN BESTANDSWÄRMENETZEN

**ZIEL**

Das Projekt »Fern- und Prozesswärmeversorgung durch Wärmepumpen als Ersatz der Kohleverbrennung (FernWP)« widmet sich den technischen und ökonomischen Hemmnissen, die den breiten Einsatz von GWP aktuell noch erschweren. In diesem Zusammenhang liefert es Antworten auf wichtige Fragestellungen, die sich bei der Integration von GWP in die Fern- und Prozesswärmeversorgung ergeben:

- Welche erneuerbaren Temperaturquellen eignen sich für die Nutzung durch GWP und HTWP?
- Welche Anforderungen stellen die Fernwärmenetze an GWP?
- In welche Richtung müssen die Bauelemente von GWP konstruktiv weiterentwickelt werden?
- Welche Arbeitsmittel bieten sich für die Nutzung in GWP an?
- Wie kann die Wirtschaftlichkeit von GWP mit Hilfe geeigneter Betriebsstrategien verbessert werden?
- Was muss aus techno-ökonomischer Perspektive bei der Systemintegration von GWP Berücksichtigung finden?
- Welche Rahmenbedingungen stehen einer höheren Marktdurchdringung der GWP im Wege und können diese verändert werden?
- Welches Potenzial haben HTWP zur Bereitstellung von Prozesswärme und wie müssen diese technologisch weiterentwickelt werden?



Die Einbindung von Thermodynamischen Wandlern in Fernwärmesysteme zur Substitution fossiler Energieträger ist eine wesentliche Aufgabe der zukünftigen leitungsgebundenen Wärmeversorgung

CIRCA  
**130**  
**TWh/a**  
POTENTIAL FÜR  
WÄRMEPUMPEN FÜR  
INDUSTRIELLE KÄLTE UND  
WÄRME (BIS 200 °C)

Grubengebäude und Industrielle Niedertemperatur-Abwasserströme in Verbindung mit geeigneten Wärmepumpentechnologien näher untersucht. Dabei liegt der Fokus auf dem Einsatz umweltfreundlicher Kältemittel als ein wesentliches Forschungs- und Entwicklungsfeld.

## Competence Center

# Thermodynamische Wandler

Das Competence Center »Thermodynamische Wandler« forscht an Wärmepumpensystemen und thermischen Energiespeichersystemen zur Bereitstellung industrieller Prozesswärme sowie der Einspeisung in Fernwärmesysteme. Die Forschungsaktivitäten reichen von der Weiterentwicklung von Anlagenkomponenten bis hin zur Entwicklung von Konzepten zur Aufwertung von Abwärmeströmen zur Prozessintegration oder anderweitigen Nutzung.

Das Competence Center »Thermodynamische Wandler« konzipiert, simuliert und erprobt die Integration von Wärmepumpensystemen und thermischen Energiespeichersystemen in bestehende und zukünftige Fernwärmesysteme sowie industrielle Prozesse. Von besonderem Interesse ist dabei

die gekoppelte Bereitstellung von Wärme und Kälte mit Hilfe von elektrischer Energie zur Erhöhung des Nutzungsspektrums und Steigerung der Gesamteffizienz gekoppelter Wärmeprozesse. Dieser technologische Fokus ergänzt sich mit dem Themenschwerpunkt des Competence Center

»Wärmenetze 4.0«, der auf dem Wärmesystem als Ganzes inklusive der Verbraucherstruktur liegt. Zur Substitution der fossilen Wärmebereitstellung werden die Einsatzmöglichkeiten von Hochtemperaturwärmepumpen für bestehende Wärmenetze untersucht, bei denen eine Absenkung der Vorlauftemperatur kurzfristig aufgrund der Verbraucherstruktur nicht ohne weiteres möglich ist. Des Weiteren analysieren wir industrielle Prozesse hinsichtlich ihrer Restwärme und konzeptionieren Lösungen zur Aufwertung und Einbindung dieser ungenutzten Wärmepotentiale im Gesamtprozess. Für die zukünftige Entwicklung von Wärmenetzen werden die Einsatzpotenziale von regenerativen Wärmequellen wie zum Beispiel Seen und Flüsse, stillgelegte

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Nutzung solar- und geothermaler Ressourcen zur Wärmebereitstellung und bei ausreichendem Temperaturniveau auch zur Stromproduktion durch Organic-Rankine-Cycle-Verfahren. Die dafür benötigten Technologiebausteine aus den Bereichen der Kraftwerks- und Energiesystemtechnik wie Verdichter, Sorptions- und Expansionsmaschinen stellen ebenfalls wesentliche Forschungs- und Entwicklungsfelder für zukünftige Wärmepumpen- und Kältemaschinenanwendungen dar. Durch die Analyse und Umsetzung thermodynamischer Kreisprozesse zur Substitution der fossilen Wärmeversorgung wird eine effiziente Implementierung in bestehende und neu zu errichtende Wärme- und Kältesysteme sichergestellt.



### KERNKOMPETENZEN

- Integration thermodynamischer Wandler in Energiesysteme
- Entwicklung und Netzintegration von Energiespeichern
- Systemdienlicher Betrieb von Wärmeerzeugern
- Sorptions- und Kompressionswärmepumpen
- KWK-Anlagen
- ORC-Anlagen
- Verdichter und Expansionsmaschinen



### ZIELE

Unser Ziel ist es, Technologien und Verfahren zu entwickeln, erproben und zu implementieren, um alternative Wärmepotentiale aus Umwelt, Industrie und Kältebedarf effizient zu erschließen und nutzbar zu machen sowie Fluktuationen aufgrund der Notwendigkeit von regenerativem Strom durch intelligente lang- und kurzzeitigen Speicherlösungen zu kompensieren.

## Eckdaten

## LAUFZEIT:

Januar 2022 – September 2025

## FÖRDERUNG:

19 Mio. € Verbund,  
4 Mio. € Fraunhofer IEG,  
Gefördert durch das BMBF

## ZUSAMMENARBEIT:

- Linde GmbH

## ANSPRECHPARTNER

**Dr.-Ing. Clemens David Schneider**  
Leitung Thermodynamische Wandler  
✉ clemens.schneider@ieg.fraunhofer.de

**Ansgar Reimann**  
Thermodynamische Wandler  
✉ ansgar.reimann@ieg.fraunhofer.de

## MEHR ZUM PROJEKT



## FÖRDERKENNUNG



## Projekt

## »IntegrH2ate«

Die Wasserstoff-Elektrolyse ist ein Kernelement der Energiewende. Die Verwertung der bei der Elektrolyse entstehenden Nebenprodukte Wärme und Sauerstoff ist ein wesentlicher Faktor zur Steigerung des Nutzungsgrads und der Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen. Dieser Herausforderung widmet sich das Projekt »IntegrH2ate« simulativ und experimentell in einer Pilotanlage.

Der Produktion von grünem Wasserstoff als Ersatz für fossile Ressourcen wird große Bedeutung zur Erreichung der Klimaziele 2045 beigemessen. Bei der Wasserstoff-Elektrolyse mittels Protonenaustauschmembran (PEM) wird jedoch ungefähr ein Drittel der eingesetzten elektrischen Energie in Abwärme umgewandelt. Zudem bleibt der beim Elektrolyseprozess anfallende Sauerstoff meist ungenutzt. Im Projekt »IntegrH2ate« untersucht das Fraunhofer IEG zusammen mit dem Projektpartner Linde GmbH die Verwertung der Nebenprodukte der Wasserstoff-Elektrolyse: Wärme und Sauerstoff. Das Ziel der Untersuchungen ist die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Wasserstoffproduktion mittels PEM-Elektrolyseuren. Dabei bringt das Fraunhofer IEG seine Expertise in den Bereichen der Verfahrenstechnik, der thermodynamischen Wandler und der Systemintegration von energietechnischen Anlagen ein.

Die Verwendung der bei der Elektrolyse entstehenden Nebenprodukte erhöht den Anlagennutzungsgrad und die Wirtschaftlichkeit.«

**Dr. Clemens Schneider**  
Leitung Thermodynamische Wandler



Modulare Elektrolysecontainer zur Bereitstellung von Wasserstoff mit regenerativer Energie

ETWA  
**30%**  
DES ENERGIEEINSATZES FÄLLT  
BEI DER PEM-ELEKTROLYSE  
ALS ABWÄRME AN UND  
KANN ÜBER WÄRME-  
PUMPEN EFFEKTIV NUTZBAR  
GEMACHT WERDEN

Von der Fördersumme in Höhe von rund 19 Mio. Euro erhält das Fraunhofer IEG 4 Mio. Euro. Gefördert wird das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Die Laufzeit beträgt 45 Monate, das Projekt endet voraussichtlich im September 2025. Bei der PEM-Elektrolyse fällt die entstehende Abwärme üblicherweise bei einem Temperaturniveau von 50 bis 60 °C an. Durch den Einsatz von (Hochtemperatur-)Wärmepumpen kann diese Wärme von einem breiten Spektrum an Anwendungsfeldern genutzt werden.

Im Fokus des Projekts steht die Aufwertung und Nutzung dieser Wärme an einem Raffineriestandort. Die besondere

Herausforderung ist es, die dynamische Betriebsweise des Elektrolyseurs aufgrund des variablen Wasserstoffbedarfs und der Verfügbarkeit von Sonnen- und Windstrom mit dem trägeren System der Wärmepumpe und des Bedarfsprofils für Wärme zu koppeln. Ziel ist es, die simulativen und experimentellen Forschungsergebnisse im großtechnischen Labormaßstab (ca. 500 kW) auf eine Demonstrationsanlage im 100-MW-Bereich an einem Raffineriestandort des Projektpartners zu übertragen. Zudem werden Konzepte zur Aufwertung und Nutzung des Nebenprodukts Sauerstoff an Raffineriestandorten entwickelt.



Geschäftsbereich 5

# Speicher- & Untertagesysteme

Unser Geschäftsbereich »Speicher & Untertagesysteme« mit den Competence Centern »Bergbaufolgenutzung«, »Oberflächennahe Geothermie« und »Tiefengeothermie und Bohrlochsysteme« entwickelt innovative Lösungen für unter- und obertägige Gewinnungs- und Speichersysteme sowie deren Kopplung an lokale bis kommunale Versorgungsinfrastrukturen.

»Auch nach dem Ende des fossilen Energiezeitalters spielt der unterirdische Raum eine entscheidende Rolle. Wir wollen diesen effizient für zukünftige vernetzte Energieinfrastrukturen nutzen.«

**Dipl.-Geophys. Gregor Bussmann**  
Leitung des Geschäftsbereichs



**Was macht den Geschäftsbereich aus?**

Unsere Tätigkeiten sind sehr anwendungs- und umsetzungsorientiert. Wir begleiten konkrete Geothermieprojekte auf allen Skalierungsebenen für die Dekarbonisierung der Wärme-, Kälte- und Stromversorgung von der Machbarkeit bis hin zur Umsetzung und Monitoring. Der Untergrund bleibt hier das zentrale Element, wobei wir offene und geschlossene geothermische Systeme als Quellen, Senken und Speicher betrachten. Diese umfassen innovative oberflächennahe Geothermielösungen für Solitäre und Stadtquartiere, die Nutzbarmachung untertägiger Bergbauinfrastrukturen mit riesigen Speichervolumen und die Tiefengeothermie für die großmaßstäbliche netzgebundene Wärmeversorgung sowie Bereitstellung von industrieller Prozesswärme.

**Auf welches Highlight blickst Du in den letzten zwei Jahren zurück?**

Mit den Projekten »Kabel Zero« und »Heatstore« bearbeiten wir zwei spannende Projekte, die einen gewissen Leuchtturmcharakter für den Einsatz von Geothermie zur Wärmebereitstellung für Industrieprozesse und Kommunen haben. Aktuell haben wir eine Roadmap für die oberflächennahe Geothermie erarbeitet. Hier werden neben den Vorteilen von Erdwärmepumpensystemen aus Sicht des Nutzers, Betreibers und Energiesystems auch eine Abschätzung für das gesamtdeutsche Potenzial dargestellt, aber auch die Hemmnisse, die einer stärkeren Nutzung dieses

Potenzials entgegenstehen. Daraus abgeleitet werden kurz- und mittelfristige Handlungsempfehlungen »Roadmaps« präsentiert, um die Hemmnisse zu überwinden.

**Wenn ihr drei Wünsche frei hättet, wie würde das Energiesystem im Jahr 2030 aussehen?**

1. Insbesondere im Gebäudebestand ist ein deutlicher Ausbau der Wärme- und Kälteversorgung über oberflächennahe Geothermie unabdingbar. Im Jahr 2030 werden 3 Millionen Bestandsgebäude in Deutschland mittels Erdwärmepumpen versorgt.
2. Aktuell werden Wasserhaltungen sowie die zahlreichen gefluteten untertägigen Infrastrukturen und Hohlräume von Bergwerken nur in sehr wenigen Einzelfällen energetisch genutzt. Im Jahr 2030 erfolgt an allen sieben Grubenwasserhebungsstandorten der RAG AG im Ruhrgebiet eine thermische Nachnutzung der gehobenen Grubenwässer (95 Mio m<sup>3</sup>/a).
3. Die Tiefengeothermie könnte zu einem größeren Teil der netzgebundenen Wärmeversorgung beitragen. Im Untergrund vieler Metropolregionen befinden sich aussichtsreiche tiefengeothermische Reservoirs. Die staatlichen Förderungen für geothermische Erkundungen (Seismik/Pilotbohrungen) wurden frühzeitig entsprechend ausgeweitet, sodass in Deutschland im Jahr 2030 eine installierte thermische Leistung von 25 GW bzw. eine Jahresarbeit von 100 TWh mittels Geothermie bereitgestellt wird.

Competence Center

Bergbaufolgenutzung 74

Tiefengeothermie und Bohrlochsysteme 78

Oberflächennahe Geothermie 82





Darstellung des Türstockausbaus einer typischen Kleinzeche aus den Fünfzigerjahren

© Fraunhofer IEG

## Competence Center

# Bergbaufolgenutzung

Das Competence Center »Bergbaufolgenutzung« befasst sich mit der Analyse bestehender Bergwerksinfrastrukturen und deren Nutzung zur untertägigen Speicherung von Wärme- und Kälte. Auf Basis digitalisierter Grubenbilder werden dreidimensionale Bergwerksmodelle erstellt, Potenzialermittlungen durchgeführt und Konzepte zur Anbindung der ehemaligen Bergwerksinfrastrukturen an oberirdische Wärmesysteme entwickelt.

Der grundlegende Umbau der Energieversorgungssysteme in Deutschland bis zum Jahr 2045 stellt eine immense technologische und gesellschaftliche Herausforderung dar. Die Bundesregierung setzt dabei auf die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien und den effizienten Umgang mit Energie. Der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung erfordert die Bereitstellung großer elektrischer wie auch thermischer Speicherkapazitäten. Nur durch ein flexibles Management der Strom- und Wärmeversorgungsnetze und ein differenziertes

Angebot unterschiedlicher Speichertechnologien kann das Potenzial der volatilen erneuerbaren Energiequellen voll ausgeschöpft werden. Die Entwicklung innovativer Speichertechnologien stellt dabei eine zentrale Aufgabe zum weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland dar.

Das Competence Center »Bergbaufolgenutzung« befasst sich mit der Analyse bestehender Bergwerksinfrastrukturen und deren potenzielle Nutzbarmachung für Heiz- und Kühlzwecke.

**Aktuell werden über 50 % des deutschen Primärenergieverbrauchs für das Heizen und Kühlen verbraucht.«**

**Florian Hahn**  
Leitung Bergbaufolgenutzung

Hierfür werden Grubenbilder digitalisiert und ausgewertet und dreidimensionale Bergwerksmodelle erstellt. Auf diese Grundlage können Wärme- und Kältespeicherpotenziale bestimmt, Bohrpfade geplant und der Anschluss an oberirdische Verbraucher und Erzeugungssysteme konzipiert werden. Das Competence Center führt Potenzialbewertungen von Bergbauinfrastrukturen durch und entwickelt Konzepte zu deren systemischen Einbindung als Untergrundspeicher in Wärme- und Kältenetzen sowie der Integration von Grubenwässern.

Ein Schwerpunkt der Tätigkeiten des Competence Centers lag in dem Ausbau und Betrieb eines Grubenwärmespeichers auf dem Gelände des Fraunhofer IEG in Bochum. Dieser innovative Untergrundwärmespeicher wurde innerhalb einer ehemaligen Kleinzeche erstmalig während des »HEATSTORE«

Projekts erfolgreich umgesetzt und in Verbindung mit einer Solarthermieanlage getestet. Perspektivisch soll der Grubenwärmespeicher mit einer Hochtemperaturwärmepumpe verknüpft werden, um eine Einbindung in bestehende Fernwärme-Infrastrukturen zu ermöglichen.

**> 500 TWh/a**  
MÖGLICHES SPEICHERPOTENTIAL IN EHEM. STEINKOHLEBERGWERKEN



### KERNKOMPETENZEN

- Analyse bestehender Bergwerksinfrastrukturen
- Nutzung von Grubenwasser zu Heiz- und Kühlzwecken (inkl. Speicherung)
- Erstellung von Untergrundspeicherkonzepten
- Digitalisierung von Grubenbildern
- Erstellung von 3D-Bergwerksmodellen



### ZIELE

Für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien ist die Entwicklung von Speicherkapazitäten von hoher Priorität. Bisher ungenutzte Bergwerksstrukturen bieten, vor allem im Ruhrgebiet, ein vielversprechendes Potential für die Wärmespeicherung, da ein hohes Maß an saisonal ungenutzter Abwärme aus Kraftwerks- und Industrieprozessen, zur weiteren Nutzung bereitstünde. Daher müssen fundamentale Erkenntniswerte mit Bezug auf Wärmespeicherung in ehemaligen Bergwerksstrukturen gewonnen werden, um diese Technologie weiterzuentwickeln und langfristig etablieren zu können.

## Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
01.07.2018 – 30.11.2021

**FÖRDERUNG:**  
899.219 €

**DEUTSCHER PROJEKTPARTNER:**  
■ delta-h

**ANSPRECHPARTNER**

**Florian Hahn**  
Leitung Bergbaufolgenutzung  
✉ florian.hahn@ieg.fraunhofer.de

**MEHR ZUM PROJEKT**

**heatstore**  
High Temperature  
Underground Thermal Energy  
Storage

## Projekt »HEATSTORE«

In einem auf Erneuerbaren basierendem Wärmesystem tragen Wärmespeicher eine wesentliche Rolle bei. Eine besondere Option stellen hierbei insbesondere in ehemaligen Bergbauregionen Grubenwärmespeicher dar. Im Projekt »Heatstore« wird in einem Reallabor so ein Untergrundspeicher entwickelt und in ein Fernwärmesystem eingebunden.

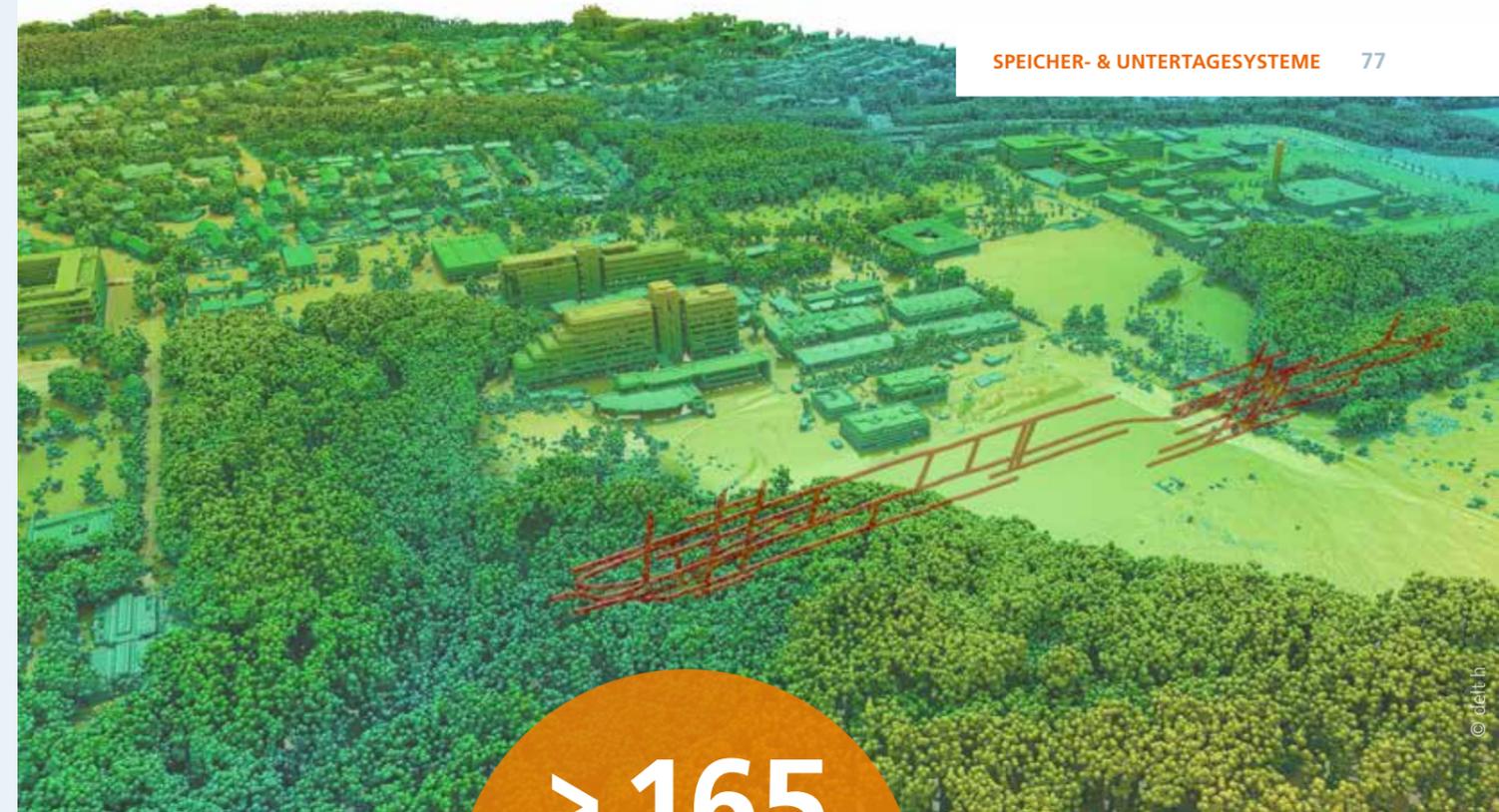


Das Projekt »Heatstore« dient der Entwicklung eines Untergrundspeichers innerhalb einer ehemaligen Kleinzeche in Kombination mit einer Hochtemperaturwärmepumpe zur Einbindung in bestehende Fernwärme-Infrastrukturen im Ruhrgebiet. Dazu werden die ehemalige und nicht mehr zugängliche Kleinzeche unter dem Campus des Fraunhofer IEG und das Fernwärmenetz Bochum-Süd genutzt.

Der Fokus der Pilotanlage liegt auf einer Test- und Betriebsphase des Grubenwärmespeichers sowie der Hochtemperatur-Wärmepumpe. Hierfür wird das Grubenwasser im gefluteten Bergwerk mittels einer Parabolspiegel- bzw. Concentrated-Solar-Power Anlage saisonal um mehrere Zehnergrade solarthermisch aufgeheizt. Die gewonnenen Daten sollen für die Weiterentwicklung von tiefen Untergrundwärmespeichern im Ruhrgebiet genutzt werden. Die Konzeptidee sieht vor, saisonal anfallende Überschusswärme innerhalb des Grubengebäudes im Sommer einzuspeichern

**Erfolgreicher  
Anlagenbetriebstest  
im November 2021  
konnte einen TRL  
von 7 bestätigen.»**

**Florian Hahn**  
Leitung Bergbaufolgenutzung



**> 165  
MWh/a**  
MÖGLICHES WÄRME-  
SPEICHERPOTENTIAL IN DER  
KLEINZECHEN UNTER DEM  
FRAUNHOFER IEG

und für die CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeversorgung im Winter zu nutzen.

Für die Erschließung des Grubengebäudes wurde die institutseigene Bohranlage Bo.Rex (Bochum Research and Exploration Drilling Rig) für alle drei Bohrungen genutzt. Die Produktions- und Injektionsbohrungen sind in einer Teufe von 64 m ab Geländeoberkante, in die tiefste Sohle der Kleinzeche gebohrt worden. Die bestehenden Grundwasser-Messstellen werden für ein dichtes Überwachungsnetzwerk während des Testbetriebs genutzt. Hierbei werden Druck- und Temperaturdaten seit Anfang des Projektbeginns aufgezeichnet.

**HINTERGRUND**

In den Jahren 1953 bis 1958 produzierte die Kleinzeche insgesamt 37.043 Tonnen Kohle. Bei einer Kohledichte von 1,35 g/cm<sup>3</sup> ergibt dies ein Hohlraumvolumen (ohne Strecken und Schächte) von 27.439 m<sup>3</sup>. Wird ein Resthohlraumvolumen von 10 % angenommen, so könnten innerhalb des Grubengebäudes bei einer Temperaturdifferenz von 50 K, eine Wärmemenge von 165 MWh/a im Grubenwasser eingespeichert werden. Dies entspricht dem jährlichen Wärmebedarfs des Fraunhofer IEG, der durch eingespeicherte solare Überschusswärme substituiert wird und somit eine CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmebereitstellung darstellen könnte.

Für die numerische Betrachtung der geplanten Wärmespeicherung ist das Streckensystem der ehemaligen Fraunhofer IEG Kleinzeche relevant. Dieses wurde im Rahmen des »HEATSTORE« Projekts anhand von Risswerken digitalisiert und in ein dreidimensionales Streckenmodell überführt

**PROJEKT-PARTNER**

Tiefgelegene geothermischer Potenziale werden durch spezielle Bohrverfahren erschlossen und mit geeigneten unter- und oberirdischen Anlagenkonzepten nutzbar gemacht.

© Sascha Krecklau

Competence Center

# Tiefengeothermie und Bohrlochsysteme

Das Competence Center »Tiefengeothermie & Bohrlochsysteme« erarbeitet Projektrealisierungen tiefengeothermaler Erzeugungsinfrastrukturen. Dabei werden gesamtheitliche Nutzungskonzepte der Geothermie mit Integration sämtlicher unter- und oberirdischen Daten und technischen Anforderungen fokussiert. Das Competence Center bietet Leistungen über alle Planungsphasen an – von Potenzial- und Machbarkeitsstudien der Tiefen Geothermie bis hin zum Projektmanagement und Projektumsetzung.

Die Tiefe Geothermie stellt aufgrund der Möglichkeit zur durchgängig verfügbaren Wärmebereitstellung und -speicherung sowie zur Stromerzeugung einen wichtigen Baustein zur Energiewende dar. Tiefe geothermische Systeme erschließen den Untergrund in Tiefen von ca. 400 bis 5.000 m über offene hydro- und petrothermale Tiefbrunnensysteme und geschlossenen Wärmetauschern (z. B. Tiefe Erdwärmesonden). In Mitteleuropa kann die Tiefe Geothermie insbesondere einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Wärmesektors liefern und eine wesentliche Komponente im Transformationsprozess für Fernwärmenetze, kommunale Wärmeversorgung und Bereitstellung industrieller Prozesswärme darstellen.

Das Competence Center »Tiefengeothermie & Bohrlochsysteme« arbeitet mit dem Ziel der Projektrealisierung tiefengeothermaler Erzeugungsinfrastrukturen. Dabei werden gesamtheitliche Nutzungskonzepte der Tiefen Geothermie mit Integration sämtlicher unter- und oberirdischen Daten und technischen Anforderungen fokussiert. Das Competence Center bietet alle Leistungen über alle Planungsphasen an – von Potenzial- und Machbarkeitsstudien der Tiefen

## 3.200 TONNEN CO<sub>2</sub>

KÖNNEN JÄHRLICH DURCH GEOTHERMALE WÄRMEPRODUKTION AM STANDORT MARK 51°7 IN BOCHUM EINGESPART WERDEN

Geothermie bis hin zum Projektmanagement und Projektumsetzung. Unser Aufgabenspektrum umfasst die Erfassung, Zusammenführung und Bewertung von geowissenschaftlichen Untergrunddaten, die Koordination von notwendigen Explorations-Testarbeiten, die technische und schutzgutbezogene Risikoanalyse sowie die Ermittlung der Anforderungen an die oberirdischen Energieabnehmerstrukturen. Diese gekoppelte Vorgehensweise bildet die Grundlage zum einen für die Ermittlung der technischen Energieertragspotenziale und zum anderen für die Skizzierung und Umsetzung des anlagentechnischen Konzepts. Letzteres umfasst sowohl die Darstellung der unterirdischen Anlagenkomponenten, inklusive der Dimensionierung der Bohrlochsysteme, der Auslegung des Thermalwasserkreislaufes und der Auswahl der Tiefpumpentechnik, als auch der oberirdischen Geothermieanlage, inklusive gegebenenfalls erforderlicher Wärmewandler und Wärmepumpen. Weitere Aufgaben sind das Genehmigungsmanagement, die Erstellung von Sensitivitäts- und Wirtschaftlichkeitsanalysen und das Monitoring des Anlagenbetriebes (z. B. Condition Monitoring der Tiefpumpensysteme). Zudem werden Kommunikationskonzepte und Bürgerbeteiligungen erstellt, koordiniert und begleitet.



### KERNKOMPETENZEN

- Projektmanagement über sämtliche Planungsphasen
- Kurzbewertung des Untergrundes & Potentialabschätzung
- Anlagenkonzeption: Modellierung des Gesamtsystems; Energieströme, technische Auslegung
- Tiefpumpensysteme, Thermalwasserkreislauf inkl. Condition Monitoring
- Risiko-, Sensitivitäts- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter »realen« Bedingungen
- Genehmigungsmanagement (Konzessionen; Betriebspläne)



### ZIELE

Unser Ziel ist es, den weiteren nachhaltigen Ausbau der Tiefen Geothermie und die Dekarbonisierung insbesondere des Wärmesektors massiv zu forcieren. Hierzu möchte das Competence Center durch Erkundung und Charakterisierung »neuer« bzw. unzureichend erforschter Lagerstätten, Optimierung der Anlagentechnik (Thermalwasserkreislauf und Pumpen), beschleunigte Umsetzung von Geothermieprojekten und Kommunikationstätigkeiten beitragen.

Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
2018 – 2023

**FÖRDERUNG:**  
14,4 Mio. Euro / 24 Mio. Euro  
Gesamtbudget  
■ Interreg North-West Europe (2014-2020)  
■ 5 Pilot Sites, über 20 Partner aus 7 Ländern

**ANSPRECHPARTNER**

**Gregor Bussmann**  
Leitung Tiefengeothermie und Bohrlochsysteme  
✉ gregor.bussmann@ieg.fraunhofer.de

**MEHR ZUM PROJEKT**



**FÖRDERKENNUNG**



# Projekt »D2 Grids«

Netzgebundene Niedertemperaturwärme- und Kältelösungen auf Basis von Grubenwässern ermöglichen einen nachhaltigen Beitrag zur Wärmewende. Das Projekt »D2Grids« setzt hier an und wendet dieses Konzept durch die Erschließung der ehemaligen Steinkohlezeche Dannenbaum auf Mark 51°7 in Bochum an.



Ziel des Projektes »D2Grids« ist der Aufbau eines Wärme- und Kältenetzes der 5ten Generation auf Mark 51°7, dem ehemaligen Opelgelände, in Bochum. Auf Basis von Grubenwasser der ehemaligen Zeche Dannenbaum wird die rund 70 ha große Fläche nachhaltig geothermisch versorgt.

Im Rahmen von »D2Grids« wird die unterirdische Erschließung des Standortes Mark 51°7 umgesetzt. Das Grubengebäude wurde über zwei Richtbohrungen hydraulisch erschlossen. Während die erste Bohrung in der 8. Sohle auf rund 820 m unter Tage niedergebracht wurde (Temperaturen von ca. 35 °C), erschließt die zweite Bohrung die 4. Sohle in einer Tiefe ca. 330 m unter der Erdoberfläche bei ca. 19 °C). Neben der Realisierung der beiden Bohrungen ist auch der Netzanschluss an einen ersten Pilotkunden und die entsprechende Wärmepumpe Teil des Projektes.

**PARTNERS**



**SUBPARTNERS**



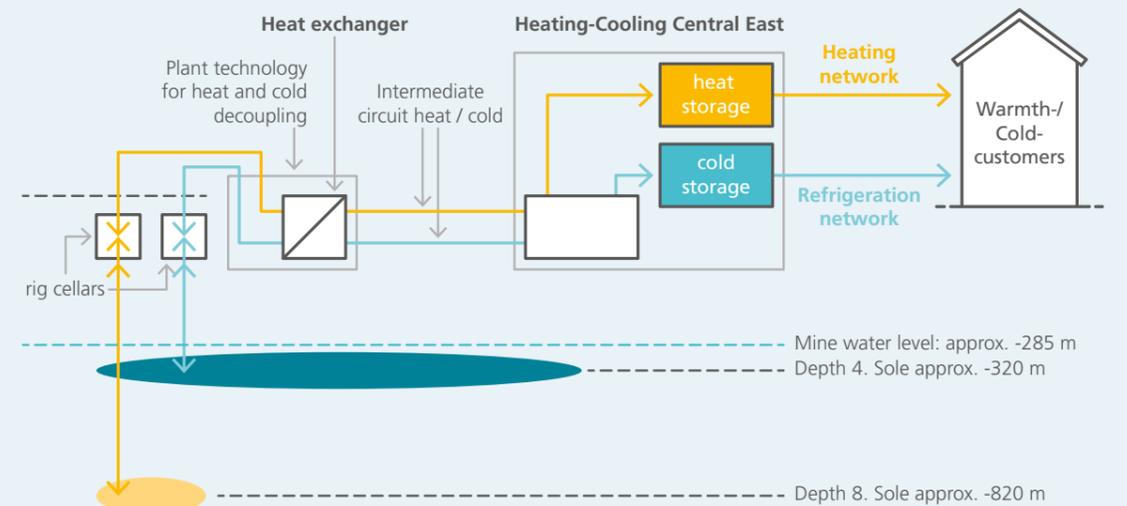
Luftbild von der Tiefbohranlage nebst Bohrplatz inmitten von Hochbauaktivitäten auf dem Gelände Mark 51°7 in Bochum.

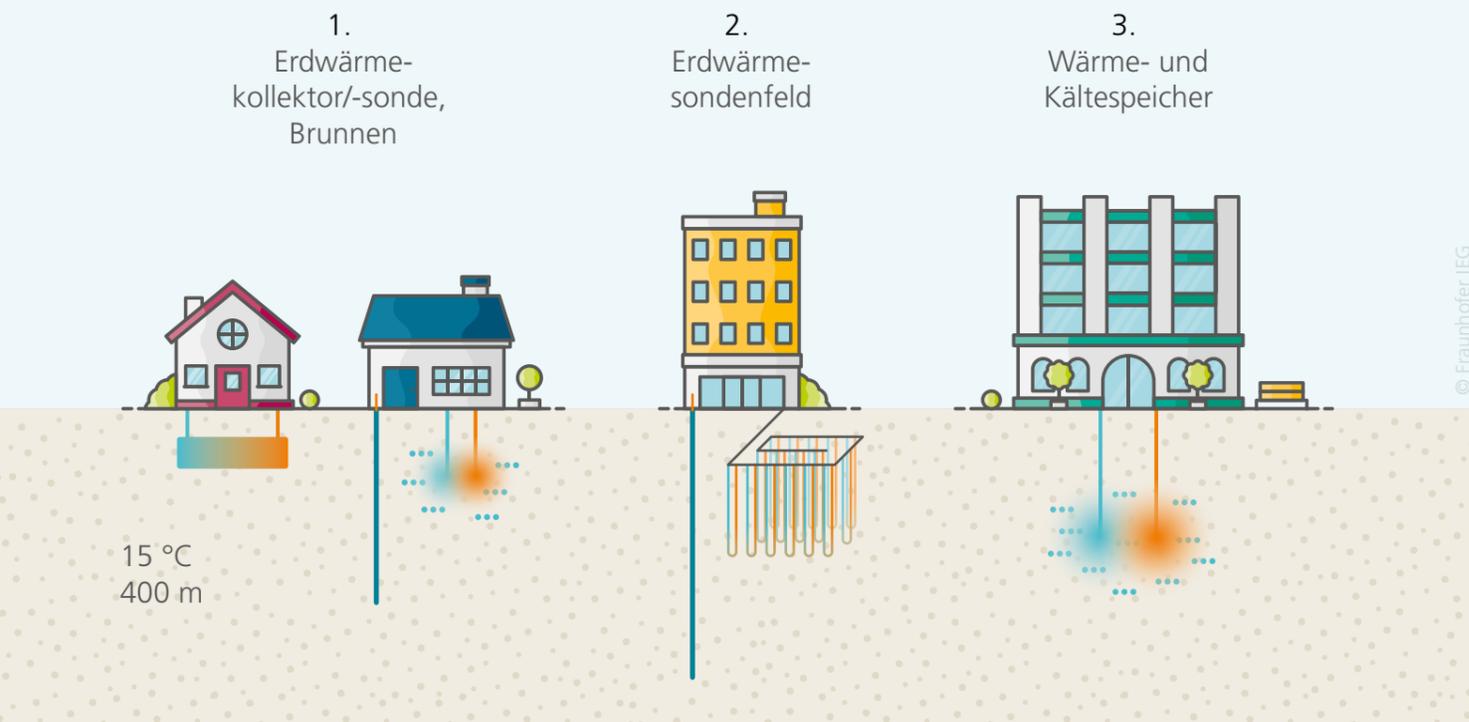
Betreiber und Eigentümer des Netzes sind die Stadtwerke Bochum und ihre Fernwärmetochter, die FUW GmbH. Fraunhofer IEG übernahm die hydrogeologische Simulation der alten Zeche, die bergrechtliche Genehmigungsplanung, die Konzeption der Bohrungen, die Überwachung der Bohrdurchführungen sowie die Beratung bei der Auslegung der Anlagentechnik für die Energiezentrale Ost. In 2022 werden die thermische und hydraulische Ergiebigkeit wissenschaftlich validiert.

Bei dem nachgelagerten Wärme- und Kältenetz handelt es sich um ein Netz der 5ten Generation. Bedarfsgesteuert,

bidirektional und auf geringem Temperaturniveau werden so Netzverluste minimiert und die Möglichkeit geschaffen, Energiekreisläufe zwischen den angeschlossenen Kunden zu schließen.

Insbesondere im Ruhrgebiet bieten die aufgelassenen Kohlebergwerke an einer Vielzahl weiterer Standorte ein großes Reservoir an warmem Grubenwasser. »D2grids« auf Mark51°7 stellt die Blaupause dar, um kurz- und mittelfristig weiter netzgebundene Niedertemperaturwärme- und Kältelösungen auf Basis von Grubenwässern realisieren zu können.





## Competence Center Oberflächennahe Geothermie

Das Competence Center »Oberflächennahe Geothermie« forscht an innovativen Verfahren zur Objekt- und netzgebundenen Energieversorgung durch oberflächennahe Geothermie.

Das Competence Center »Oberflächennahe Geothermie« bietet Leistungen und Service im Bereich innovativer, oberflächennaher geothermischer Versorgungssysteme an. Dies umfasst neben klassischen Erschließungs- und Nutzungskonzepten auch mitteltiefe Sondenkonfigurationen. Dabei werden etablierte, sichere, langlebige und effiziente Wärmepumpentechnologien mit Erdwärmesonden als Wärmequelle und saisonaler Speicherung kombiniert. Besonders die kombinierte Wärme- und Kälteversorgung mittels oberflächennaher Erdwärmesonden, das heißt Wärmeentzug in der Heizperiode

und Wärmeeinspeisung (Regeneration) in den Sommermonaten (Gebäudekühlung), bietet ein deutliches Potenzial für eine Dekarbonisierung der Wärmeversorgung Deutschlands.

Erdwärmesondenanlagen eignen sich hervorragend für die saisonale Speicherung von Wärme und/oder Kälte und bieten somit eine Effizienzsteigerung für das gesamte System. Im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Energien, steht die Geothermie ganzjährig und unabhängig von Jahres- und Tageszeiten sowie Witterungseinflüssen zur Verfügung.

Oberflächennahe Geothermie ist skalierbar und nahezu flächendeckend einsetzbar auch zur saisonal gekoppelten Wärme- und Kälteversorgung

Unser Portfolio für die Konzeptentwicklung und -validierung umfasst sowohl netz- als auch objektgebundene Projekte.

Das Competence Center plant und gestaltet die Einbindung von Wärmepumpensystemen für Heiz- und Kühlzwecke, deren Monitoring und Optimierung, die Integration weiterer erneuerbarer Energien/Sektorenkopplung (PV, PV-T, Solarthermie, Abwärme) sowie dem einhergehenden Lastmanagement und die dafür benötigte Messtechnik, Monitoring-Strategien und Prüfungen. Außerdem werden Projekte mit Numerik und Analytik sowie Multikriterienanalysen begleitet. Unterstützt werden Partner durch Innovationsberatung, Weiterbildung und Produktentwicklung. Dabei werden eine aktive Weiterentwicklung und Optimierung eigener und externer Technologien und Verfahren angestrebt (z. B. Messtechnik und Komponenten der Erdwärmesonden).



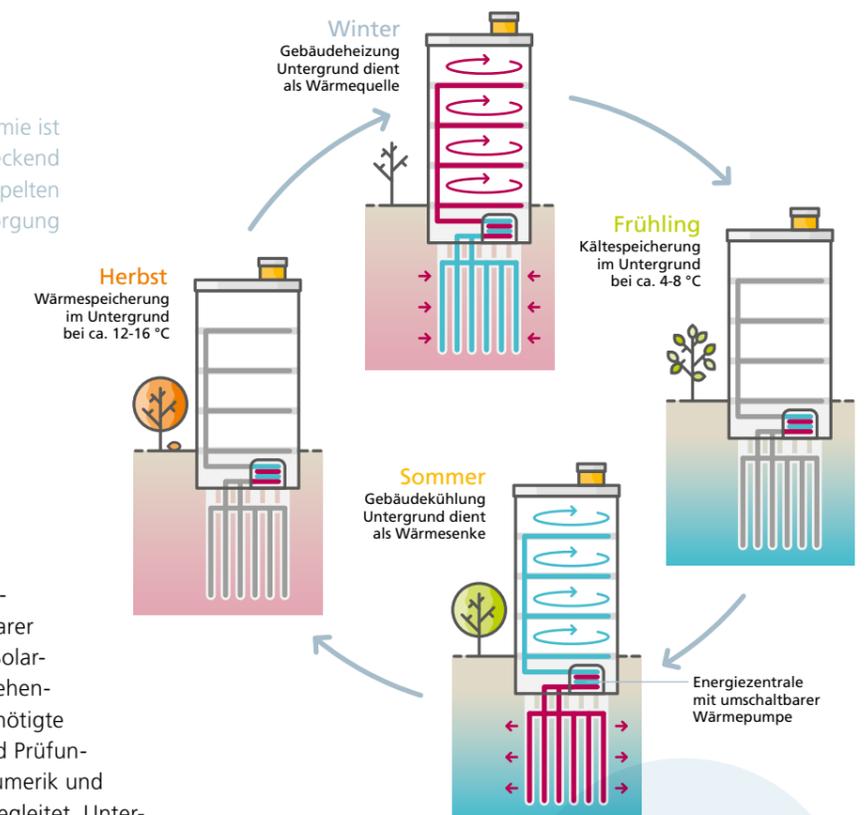
### KERNKOMPETENZEN

- Innovative oberflächennahe geothermische Energieversorgung
  - objekt- und netzgebundene Versorgung
- Systemische Betrachtung der Komponenten Erdwärmesonde, Wärmepumpe, Verteilssysteme sowie Kopplung mit weiteren Energiequellen
- Wärmepumpenanwendungen
  - Sektorenkopplung (PV, PV-T, Solarthermie, Abwärme), Lastmanagement
- Messtechnik / Prüfungen
  - Geothermal Response Test (GRT)
  - Groß-GRT für Sonden bis 1.000 m Tiefe und Netze
  - Prüfung nach AwSV
- Simulation und Modellierung
  - Analytische / numerische Analyse, Multikriterienanalyse
- Monitoring
  - Optimierung, Fehleranalyse, Konzeptentwicklung



### ZIELE

Unser Ziel ist die Förderung der Marktdurchdringung etablierter, sicherer und effizienter Wärmepumpensysteme in Kombination mit geothermischen Wärmequellen. Wir tragen zu der Erschließung neuer Anwendungsoptionen zur ganzheitlichen Umsetzung der Wärmewende bei.



# 600 TWh

WÄRME KÖNNTEN MIT OBERFLÄCHENNAHER GEOTHERMIE GESPEISTE ERDWÄRMEPUMPEN JEDES JAHR IM NEUBAU UND FÜR BESTANDSGEBÄUDE ERZEUGENQUASPELES

Eckdaten

**AUFTRAGGEBER:**

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV)

**ANSPRECHPARTNER**

**Timm Eicker**  
Leitung Oberflächennahe Geothermie  
✉ timm.eicker@ieg.fraunhofer.de

**MEHR ZUM PROJEKT**



# Projekt »Ermittlung relevanter Niedertemperaturquellen und -senken in NRW«

Die Bestimmung des Potenzials durch Kombination unterschiedlicher Niedertemperaturwärmequellen und -senken stellt eine systemische Herausforderung in der Wärmewende dar. Dieser begegnet eine Studie zur Bestimmung, Definition und Beschreibung relevanter Quellen und deren korrespondierenden Senken in einem Wärmesystem.



In einer vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) beauftragten Studie werden Potenziale unterschiedlicher Wärmebereitstellungssysteme in NRW ermittelt, indem Wärmequellen und -senken anhand ihrer Temperatur und Verfügbarkeit gegenübergestellt werden.

Der Fokus dabei ist die Bestimmung, die Definition und die Beschreibung der relevanten Niedertemperaturquellen und der dazu korrespondierenden Niedertemperatursenken. Ebenfalls werden die bei größeren Leistungsklassen notwendigen Einrichtungen zur Wärmeverteilung (Wärmenetze) und deren Eignung betrachtet, die identifizierten Quellen einzubinden. Abschließend werden die verschiedenen Quellen, Senken und Netztypen in einer Matrix vergleichend gegenübergestellt, um die kurz-, mittel- und langfristigen Potenziale der Systeme zur Wärmebereitstellung in NRW zu skizzieren.

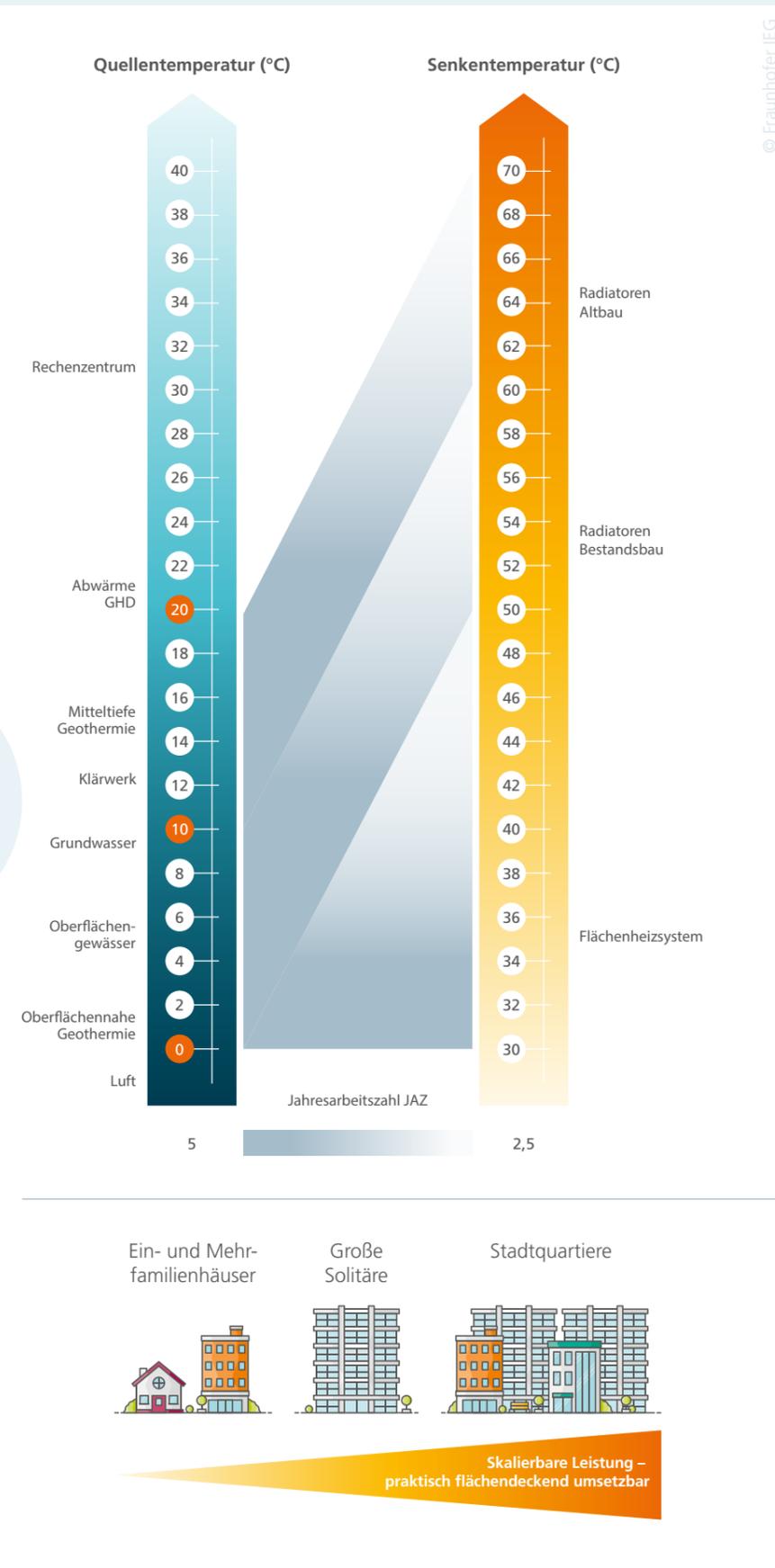
Wärmequellen und Wärmesenken zeichnen sich durch unterschiedliche Temperaturverläufe, Angebots- und Lastprofile im Jahresgang aus. Besonders die natürlichen Wärmequellen stehen in unterschiedlich starker Abhängigkeit zu den klimatischen Randbedingungen, als auch gegebenenfalls zum Lastprofil der Nutzung. Dies schlägt sich in der Bandbreite der bei der Nutzung zur Verfügung stehenden Quellentemperaturen nieder.

Einfluss der JAZ auf die mögliche Verschneidung verschiedener beispielhafter Wärmequellen und -senken

**> 200 MW**  
DAS ABWASSERWÄRMENUTZUNGSPOTENZIAL LIEGT ALLEIN IN NRW BEI ÜBER 200 MW

Die anthropogenen Quellen sind wenig bis gar nicht durch klimatische Einflüsse veränderlich, sondern vielmehr durch die thermische Nutzung.

Untersucht werden die natürlichen Niedertemperaturwärmequellen Umgebungsluft, oberflächennahe und mitteltiefe Geothermie (geschlossene und offene Systeme), Oberflächengewässer und solare Wärme sowie die anthropogene Niedertemperaturwärmequellen Abwasser, elektrische Erdkabel, Trinkwasser/Trinkwassernetze, Abwärme aus Gewerbe, Handel oder Dienstleistungen (GHD) und Abwärme aus Industrie (Kühlwasser, Kühltürme, Kälteanlagen und Abwasser).



Skalierbare Leistung – praktisch flächendeckend umsetzbar

Geschäftsbereich 6

# Steuerung, Regelung, Automatisierung & Betriebsführung



In unserem Geschäftsbereich »Steuerung, Regelung, Automatisierung & Betriebsführung« mit dem Competence Center »Monitoring und KI« entwickeln wir neue Lösungen für die Transformation heutiger Energiesysteme von einer vertikalen zu einer sektorenübergreifenden Architektur. Dies erfordert tiefgreifende Veränderungen in der Systemführung. Für diese Herausforderungen entwickeln wir moderne Methoden und Werkzeuge, die künstliche Intelligenz mit modernen Konzepten der Automatisierung, Regelung und Leittechnik verbinden.

»Mit vorausschauenden Regelungs-, Automatisierungs- und Monitoring-Lösungen wollen wir den Weg bereiten für den breiten Einsatz nachhaltiger Energietechnologien, wie etwa für Wärmepumpen, Geothermie-Anlagen und Wasserstoff-Elektrolyseure.«

Prof. Dr.-Ing. Johannes Schiffer  
Leitung des Geschäftsbereichs



**Was macht den Geschäftsbereich aus?**

Alle Energiesysteme sind im Wandel. Statt großer, zentraler Kraftwerke liefern in Zukunft viele dezentrale Anlagen Energie ins Netz. Zudem kommen mit Elektroautos, Elektrolyseuren und Wärmepumpen neuartige Verbraucher hinzu, die sich lokal abstimmen müssen. Der zuverlässige und effiziente Betrieb der kommenden Energieflüsse braucht neue methodische und systemische Lösungsansätze – insbesondere auch um Flexibilisierungspotentiale zwischen Energiesektoren zu heben. Wir begegnen diesen Herausforderungen durch einen ganzheitlichen Forschungsansatz, der neue Methoden der künstlichen Intelligenz mit modernen Konzepten der Automatisierung, Regelung und Leittechnik verbindet.

**Auf welches Highlight blickst Du in den letzten zwei Jahren zurück?**

Auf fachlicher Ebene vereint das Fraunhofer IEG auf einzigartige Weise alle Kernkompetenzen, die für den Umbau der heutigen Energiesysteme hin zu integrierten Energieinfrastrukturen benötigt werden. Das hierfür am Fraunhofer IEG bereits in der jetzigen Aufbauphase vorhandene Know-How beeindruckt mich immer wieder neu. Gleichzeitig haben wir durch unsere flachen Hierarchien, einfache und schnelle Kommunikationswege und einen

tollen Teamspirit ein ausgesprochen dynamisches und kreatives Arbeitsumfeld. Das macht Spaß und bietet unglaubliches Potential.

**Auf welches Highlight blickt ihr in den letzten zwei Jahren zurück?**

Da möchte ich gerne unser innovatives Bohrberatungssystem von »OPTIDRILL« hervorheben. Es basiert auf einer Kombination aus erweiterten Überwachungssystemen und mehreren datengesteuerten Modulen des maschinellen Lernens, von denen jedes entweder für die Analyse, Vorhersage oder Optimierung eines Aspekts des Bohr- oder Fertigstellungsprozesses verantwortlich ist. Das »OPTIDRILL«-Konzept wurde entwickelt, um die Probleme beim Bohren nach geothermischen Ressourcen anzugehen und zu lösen, die die Unsicherheit und die Kosten für den Bohrlochbau erhöhen. Das »OPTIDRILL«-Konsortium besteht aus sehr erfahrenen Bohrern, Bohrprojektmanagern, Ingenieuren und Betreibern, die jeweils über unterschiedliche, sich jedoch ergänzende Fachkenntnisse in Bezug auf unterschiedliche geologische Bedingungen, Betriebsparameter und Produktionsziele verfügen. Sie stellen uns Daten von verschiedenen Bohrungen auf der ganzen Welt zur Verfügung. Somit haben die Erkenntnisse aus »OPTIDRILL« auch eine weltweite Reichweite.

Competence Center

Monitoring und Künstliche Intelligenz 88





Competence Center

# Monitoring und Künstliche Intelligenz

In dem Competence Center »Monitoring und Künstliche Intelligenz« werden neue Lösungen für die Transformation heutiger Energiesysteme von einer vertikalen zu einer sektorenübergreifenden Architektur entwickelt. Dies erfordert tiefgreifende Veränderungen in der Betriebsführung, Regelung und Automatisierung sowohl auf Anlagen- und Komponentenebene als auch auf Systemebene. Diese Transformation wird nur mit Hilfe zunehmender (verteilter) Intelligenz, Vernetzung und Digitalisierung möglich sein. Somit sind die Erforschung und Entwicklung flexibler Betriebs-, Regelungs- und Monitoringstrategien auf Basis verteilter, intelligenter und digital vernetzter Teilsysteme für die angestrebte Umsetzung der Sektorenkopplung unumgänglich. Gleichzeitig werden neue integrierte Konzepte für die Automatisierung und Leittechnik benötigt, die es ermöglichen, den Betrieb sektorenübergreifender Energiesysteme effizient, sicher und flexibel zu koordinieren und zu überwachen. Das Competence Center bildet diese Herausforderungen durch einen ganzheitlichen Forschungsansatz ab, der neue Methoden der künstlichen Intelligenz mit modernen Konzepten der Automatisierung, Regelung und Leittechnik verbindet. Im Themengebiet »Monitoring und Künstliche Intelligenz« erforscht das Team innovative KI- und Monitoring-Methoden für verschiedene Felder der Energieinfrastrukturen und geothermalen Energiesysteme. Mit Fokus auf den Einsatz und die Entwicklung von Methoden zur Prozessoptimierung, Big Data, Merkmalsextraktion, automatische Muster- und Anomalieerkennung sowie prädiktiven Instandhaltungen werden KI-basierte Anwendungen entwickelt und angewendet.



## KERNKOMPETENZEN

- Verteilte, koordinative und prädiktive Regelungs- und Optimierungsverfahren
- Lernende und datenbasierte Verfahren
- Multi-Agenten-Strategien
- Ko-Optimierung von Energieinfrastrukturplanung und -betrieb
- KI-Methoden zur Prozessoptimierung großer Datensätze für Merkmalsextraktion, automatische Mustererkennung, Erkennung von Anomalien und prädiktiver Instandhaltung sowie deren Anwendung auf Energieinfrastrukturen und geothermische Systeme
- Prozessqualitätssicherung und Qualitätskontrolle (QA & QC)



## ZIELE

Unser Ziel ist die Transformation der heutigen Energiesysteme von einer vertikalen hin zu einer sektorenübergreifenden Architektur. Dafür entwickeln wir neue Regelungs-, Automatisierungs- und Monitoringlösungen.



TRANSFORMATION  
DER HEUTIGEN  
ENERGIESYSTEME  
DURCH  
DIGITALISIERUNG,  
AUTOMATISIERUNG  
UND KÜNSTLICHE  
INTELLIGENZ

## Eckdaten

**LAUFZEIT:**  
2021-2023

**FÖRDERUNG:**  
EU Horizon 2020, Budget ca. 4 Mio. €

**KOORDINATION:**  
Fraunhofer IEG

**IN ZUSAMMENARBEIT MIT:**

- Bestec GMBH
- British Geological Survey
- EnBW Energie Baden-Württemberg AG
- Geolorn Ltd.
- Geothermal Engineering Limited
- On Power
- Precision Varionic Ltd
- Radial Drilling Europe b.v.
- Technovative Solutions Ltd
- Well Guidance BV

**ANSPRECHPARTNER**

**Dr. Shahin Jamali**  
Leitung Monitoring und künstliche Intelligenz  
✉ shahin.jamali@ieg.fraunhofer.de

**MEHR ZUM PROJEKT**

## Projekt »OPTIDRILL«

Das Gesamtziel des »OptiDrill«-Projekts besteht darin, ein Bohrberatungssystem zu entwickeln, das neuartige Sensor- und maschinelle Lernmethoden zur Vorhersage von ROP, Lithologie, Bohrproblemen, Bohrlochkomplettierung und -verbesserung einsetzt und vereint. Dies ermöglicht eine Optimierung des Bohrprozesses und intelligente Entscheidungsfindung.



Geothermische Energiegewinnung ist aktueller denn je. Jedoch sieht sich die Industrie für Geothermiebohrungen mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert, die einen schnellen, kostengünstigen Ausbau bremsen. Dazu zählen bspw. eine geringe Gesamtbohrsicherheit und -leistung sowie eine mangelnde Kenntnis der Bohrlochsohle. Dies führt zu unproduktiven Stillstands- und Auslösezeiten. Das Konzept von »OPTIDRILL« wurde gezielt entwickelt, um genau diese Herausforderungen beim Bohren nach geothermischen Ressourcen anzugehen und zu lösen. Das innovative Bohrberatungssystem von »OPTIDRILL« basiert auf einer Kombination aus erweiterten Überwachungssystemen und mehreren datengesteuerten Modulen auf Grundlage des maschinellen Lernens. Jedes der Teilmodule ist entweder für die Analyse, Vorhersage oder Optimierung eines Aspekts des Bohr- oder Fertigstellungsprozesses verantwortlich.

Dabei nutzt das erweiterte Überwachungssystem Echtzeit-Measurements-While-Drilling (MWD)-Systeme sowie akustische und Vibrationssensoren. Die automatisierten maschinellen Lernanalysemethoden werden Bohrparameter vorhersagen, wobei ein Echtzeit-Überwachungs- und Optimierungswerkzeug als einheitliches System eingesetzt wird. Dieses System kombiniert bestehende Daten und die neu entwickelten Methoden.

Das Ziel ist es, die Bohrbetreiber zu beraten und sie dabei zu unterstützen, fundierte Entscheidungen auf der Basis von Echtzeitdaten zu treffen. Dadurch können viele der mit dem Bohren verbundenen Unsicherheiten reduziert werden. Dies führt zu geringeren Stillstandszeiten, da die Bohrung leichter optimiert werden kann. Zudem wird eine gute



Penetrationsrate und eine gute Bohrlochkontrolle ermöglicht. So können Bohrprobleme identifiziert werden, bevor der Betrieb beeinträchtigt wird.

Das »OPTIDRILL«-Konsortium besteht aus Fachkräften mit sehr viel Bohrerfahrung, Bohrprojektmanagern, Ingenieuren und Betreibern, die jeweils über unterschiedliche, sich ergänzende Fachkenntnisse in Bezug auf verschiedene geologische Bedingungen, Betriebsparameter und Produktionsziele verfügen.

Im Rahmen des Projekts »OptiDrill« werden das Monitoring und die Optimierung von Bohrprozessen weiterentwickelt.«

**Dr. Shahin Jamali**  
Leitung Monitoring und künstliche Intelligenz

**ROADMAP**



## Geschäfts- & Servicebereich 7

# Labore

**Dr.-Ing. Thomas Reinsch**  
Leitung des Geschäfts-  
und Servicebereichs

Die Forschungsinfrastrukturen des Fraunhofer IEG sind einem eigenen Geschäfts- und Servicebereich »Labore« zugeordnet und stehen den wissenschaftlichen Bereichen sowie externen Nutzern offen. Der Geschäfts- und Servicebereich stellt Einrichtungen, Ressourcen und Dienstleistungen zur Verfügung und sichert mit spezifischen Kompetenzen die sachgerechte Errichtung, Betrieb und Nutzung der einzelnen Infrastrukturen bis in den Maßstab von Reallaboren. Hierzu zählen Laboratorien, wissenschaftliche (Groß-)Geräte sowie Datenbanken. Im Gespräch mit dem Team um Thomas Reinsch beschreiben die Mitarbeitenden, worauf es Ihnen bei der Ausgestaltung des Laborbetriebs ankommt, wie sie mit den großen Datenmengen umgehen und wie der Ausbau der Forschungsinfrastruktur an den verschiedenen Standorten vorangetrieben wird.

### Das Fraunhofer IEG ist über verschiedene Standorte in Deutschland verteilt. Gibt es an allen Standorten Laborinfrastruktur?

**Thomas Reinsch:** Der Aufbau der Laborinfrastrukturen erfolgt an so vielen Standorten wie notwendig, um die spezifischen Kompetenzen und Möglichkeiten der Standorte optimal nutzen zu können. Da der Betrieb von komplexer Laborinfrastruktur immer auch den Auf- und Ausbau von Personal mit hochspezialisierten Kompetenzen und Befähigungen bedingt, versuchen wir die Standorte dabei möglichst komplementär aufzustellen. Der dezentrale Ausbau erlaubt uns dabei von den Besonderheiten der einzelnen Standorte zu profitieren und lokale Fachkräfte an das Fraunhofer IEG zu binden, die unsere Kompetenzen strategisch ergänzen. Zielbild beim Ausbau der Labore ist dabei der sichere dezentrale Betrieb von Versuchständen bei zentraler Informations- und Datenbereitstellung. Derzeit betreiben und erweitern wir Infrastrukturen am Standort in Bochum, bauen aktiv am Standort in Cottbus und sind in der Planungsphase für die Standorte Weisweiler und Zittau.

Aktuell sind die Infrastrukturen am Standort in Bochum am weitesten entwickelt und haben einen Fokus auf die Transformation urbaner Wärmesysteme unter Nutzung des geologischen Untergrundes. Wir betreiben dort energietechnische Forschungsinfrastrukturen zur Integration von Hochtemperatur-Wärmepumpen. Hinzu kommen geophysikalische Labore von der Mikro- bis in die Makroskala. Diese sind insbesondere für unsere Partner und Geschäftsbereiche mit geologischem Fokus bedeutsam. Unter anderem studieren wir dort neuartige Technologien, die in Form von Großdemonstratoren in die Anwendung gebracht werden sollen.

### Welche Fragestellungen können denn konkret in Bochum experimentell untersucht werden?

**Mathias Nehler:** In den geowissenschaftlichen Laboren können wir petrologische, geochemische und petrophysikalische Untersuchungen durchführen. Das bedeutet, dass wir die für uns relevanten Eigenschaften von sowohl Feststoffen und Flüssigkeiten als auch perspektivisch Gasen einzeln und in der Interaktion miteinander bestimmen können. So bestimmen wir beispielsweise die mechanischen und thermischen Eigenschaften von Gesteinen und Baumaterialien, die wichtige Eingangsparameter für die Auslegung technischer Anlagen sind.

**Stefan Hohage:** Im Geotechnikum können Experimente und Analysen an Gesteinsproben in der Größe von Dezimeter bis Meter durchgeführt werden. Die Infrastruktur dieses Labors fungiert als Bindeglied zwischen Labor- und Feldskala und ermöglicht den Lückenschluss zur Skalierung von Erkenntnissen aus dem geowissenschaftlichen Labor in die Feldskala. Zentraler Bestandteil des Labors ist die match. BOGS (match-»borehole and geofluid simulator«), welche es ermöglicht, für die schonende Erschließung und nachhaltige Nutzung geogener Ressourcen relevante Prozesse unter in-situ Bedingungen physisch zu simulieren.

**Jonas Güldenhaupt:** Die Weiterentwicklung von Aufschluss- und Nutzungstechnologien, sowie die Erkundung des geologischen Untergrundes benötigen den Zugang zu geologischen Horizonten sowie Untersuchungen auf einer Längenskala von mehreren Metern bis 100er Metern. Hierfür betreibt das Fraunhofer IEG einen wissenschaftlichen Bohrbetrieb mit Bohranlagen für onshore- und near-shore-Bohrungen. Als Infrastruktur steht hierfür vor allem die Bohranlage BO.REX (Bochum Research and Exploration Drilling Rig) zur Verfügung. Die BO.REX ist eine konventionelle, mobile 40-Tonnen-Bohranlage, mit welcher bisher zu Forschungszwecken mehr als 10.000 Bohrmeter bis in Teufen von 800 m abgeteuft wurden.



### Wie sieht es mit den anderen Standorten aus?

**Thomas Reinsch:** Wir erwarten gerade in den nächsten Monaten spannende Entwicklungen an den verschiedenen Standorten. Zusammen mit GB4 wird derzeit am Standort in Cottbus ein Versuchsstand für Großwärmepumpen errichtet, der die Weiterentwicklung und Optimierung dieser Technologie für die kommunale Wärmewende ermöglichen soll. Testkapazitäten für Wärmepumpen bis 120 °C und Leistungen bis in die Megawattklasse sollen ab Ende 2022 verfügbar sein. Am Standort in Zittau planen wir den Aufbau eines Teststandes zur sektorübergreifenden Kopplung von Wärme, Strom und Gas (siehe Projekt IntegrH2ate).

Am Standort in Weisweiler werden wir im nächsten Jahr eine 1.500 m Explorationsbohrung abteufen und mit den Planungen für eine großangelegte Explorationskampagne beginnen. Aber auch auf dem Gelände des Fraunhofer IEG in Bochum gehen die Entwicklungen weiter: Auf unserem Gelände befindet sich eine ehemalige Steinkohlezeche, die wir in dem Projekt »HEATSTORE« zu einem Wärmespeicher umgebaut haben. Im Frühjahr 2023 werden wir zu der bestehenden CSP-Anlage dann eine 500 kW Großwärmepumpe an die Zeche anschließen und mit der gespeicherten Energie in das Fernwärmenetz Bochum Süd einspeisen. Gleichzeitig planen wir eine Infrastruktur für Untersuchungen zur stofflichen Speicherung von H<sub>2</sub> im Untergrund in Betrieb zu nehmen (siehe Projekt H2Sponge).

Man könnte also zusammenfassend sagen, beim Fraunhofer IEG entstehen gerade Forschungsinfrastrukturen für unterschiedliche Fragestellungen rund um die Wärmewende mit einem verstärkten geotechnischen Fokus.

Die Integration des geologischen Untergrundes in Wärmesysteme ist einer der Forschungsschwerpunkte des Fraunhofer IEG. Wir bauen Laborinfrastrukturen auf, um diesen ganzheitlich, also sowohl konzeptionell, systemanalytisch als auch experimentell abzudecken. Der Begriff Wärmesystem subsumiert dabei nicht nur kommunale Versorgungssysteme, sondern auch Gebäude- und Quartierslösungen sowie Prozesswärmeanwendungen in der Industrie. Aber auch für den Themenkomplex der Sektorkopplung werden wir in Zittau Versuchsanlagen aufbauen und somit Fragestellungen untersuchen, die über die reine Wärmewende hinausgehen. Wir beschreiben es gerne als Forschungsinfrastrukturen für die klimaneutralen Energiesysteme der Zukunft.

### Was sind die Herausforderungen bei dem Betrieb einer solchen diversen Forschungsinfrastruktur?

**Nina Bachmann:** Bei der Konzeptionierung und dem Betrieb der Forschungsinfrastruktur steht für uns die Sicherheit für Mitarbeitende und Umwelt im Vordergrund. Die Prüf- und Teststände des Fraunhofer IEG sind in häufig wechselnden Anwendungsszenarien im Betrieb und haben oft ein hohes



Beim Betrieb der Forschungsinfrastruktur steht die Sicherheit für Mitarbeitende und Umwelt an erster Stelle.«

**Nina Bachmann**  
Managerin für Betriebssicherheit

Für eine effiziente Zusammenarbeit ist der Wissenstransfer zwischen Fachdisziplinen und Standorten essentiell.«

**Dr. Sandra Schröter**  
Datenmanagement



Gefahrenpotential. Die unterschiedlichen Themen, die am Fraunhofer IEG bearbeitet werden, implizieren in der Regel einen Umgang mit hohen Temperaturen, hohen Drücken und für Versuchsaufbauten vergleichsweise hohen Volumina. In einer Organisation einer hoch-dynamischen Zusammenarbeit und individuell angepassten Versuchsabläufen bedarf es dabei eines klaren Organisationskonzeptes für die Arbeitssicherheit. Wir stellen uns dieser Herausforderung jeden Tag aufs Neue, um Akteure aus Wissenschaft und Industrie ein verlässlicher Partner bei der Demonstration vor-industrieller Technologien sein zu können. Perspektivisch planen wir diese Kompetenz weiter auszubauen, um unsere Partner beim nächsten Schritt in die industrielle und kommerzielle Anwendung bestmöglich zu unterstützen.

**Sandra Schröter:** Ein weiterer wichtiger Aspekt bei den vielen Forschungsstandorten und unterschiedlichen Forschungsfeldern ist die Sicherstellung eines effektiven Datenmanagements und Wissenstransfers. Am Fraunhofer IEG werden zahlreiche, thematisch äußerst weit gefächerte Untersuchungen durchgeführt. Um Daten leicht wiederauffindbar zu machen und fachübergreifend synergetisch nutzen zu können, haben wir frühzeitig mit der Planung eines einheitlichen Datenmanagementsystems (DMS) begonnen. Hiermit kann am Institut nicht nur das hauseigene Datenmanagement und der Wissenstransfer verbessert, sondern den Forschenden auch das Nachkommen von Aufbewahrungs- und Anzeigepflichten erleichtert werden. Bei geologischen Daten gibt es hierfür gesetzliche Vorgaben. Aber auch öffentliche Fördermittelgeber setzen diese häufig voraus.

### Erfolgt ein solcher Wissenstransfer auch hinaus aus der Institution?

**Sandra Schröter:** Zukünftig sollen die Erfahrung und das Wissen, welche in der Aufbauphase des DMS in Kooperation mit verschiedenen nationalen und europäischen Initiativen angereichert werden, nicht nur dem Fraunhofer IEG, sondern auch Akteuren in den Regionen zugutekommen, in denen das Fraunhofer IEG aktiv ist. Hierzu ist geplant, konkrete Unterstützungsangebote, z. B. in Form von Schulungen oder Beratungsleistungen zu konzipieren, um für einen nachhaltigeren Umgang mit Daten zu sensibilisieren.

Competence Center

Mehr Informationen zu unseren Laborinfrastrukturen erfahren Sie auf unserer Webseite:





Geschäfts- & Servicebereich 8

# Transfer & Kommunikation

PD Dr. Frank Strozyk  
Leitung des Geschäfts- und Servicebereichs

Um einen effizienten Transfer von Forschungsergebnissen, Technologien und Ideen in die Gesellschaft, Politik und Unternehmen zu gewährleisten, betreibt das Fraunhofer IEG den Geschäfts- und Servicebereich »Transfer & Kommunikation«. Dieser unterstützt die übrigen Geschäftsbereiche bei der Kommunikation und Außendarstellung, erschließt Projekt-Fördermöglichkeiten, knüpft und pflegt Kontakte zu Unternehmen, Behörden und öffentlichen Trägern und gestaltet Aus- und Weiterbildungskonzepte entlang der Wertschöpfungskette zahlreicher Themenfelder der Energiewende. Der Geschäftsbereich dient dabei als zentraler Ansprechpartner für die Vernetzung innerhalb des Fraunhofer IEG und der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Arbeit ist auf vier Competence Center aufgeteilt.

## Competence Center Transfer & Strategieentwicklung

Mit dem Ziel neue Technologien, Verfahren, Strategien und technisches Wissen zusammen mit Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zu entwickeln und für eine erfolgreiche Energiewende in Anwendung zu bringen, arbeitet das internationale Team von Transfermanagern und Transfermanagerinnen an der Übertragung von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen sowie neuer Technologien zur strategischen und systemischen Einbindung in die zukünftige Energieversorgung. Dabei konzipieren und realisieren sie mit den Partnern individuelle Lösungen von maßgeschneiderten, bilateralen Projekten bis hin zu branchenübergreifenden Konsortien für eine gemeinsame wirtschaftliche Verwertung im nationalen und im internationalen Raum.

## Competence Center Wissenschafts- kommunikation & Fachinformations- management

Mit seiner anwendungsnahen Forschung arbeitet das Fraunhofer IEG an der Schnittstelle von Wissenschaft und Gesellschaft. Der Transfer von Wissen aus der akademischen Welt in die Öffentlichkeit bereitet den Weg für Technologien an den Markt. Dabei gilt es, die jeweiligen Besonderheiten der Technologiefelder in den Kommunikationskonzepten zu beachten: Von dem Austausch unter Fachleuten, über Medienkontakte bis zum Dialog mit der Bürgergesellschaft, vom Fachartikel, über die Pressemeldung bis zur Postwurfsendung reicht der kommunikative Werkzeugkasten für Forschungsprojekte. Je nach Projektphase liegen die Schwerpunkte auf Wissensvermittlung, Meilensteinkommunikation oder etwa dem gesellschaftlichen Dialog. Als Teil der globalen Wissenschaftsgemeinschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft ist das Fraunhofer IEG der Exzellenz der Forschung verpflichtet und treibt den Stand des Wissens und der Technik signifikant voran. Es misst seinen Beitrag zu Forschung und Lehre mithilfe von konkreten Wissenschaftsindikatoren.

## Competence Center Corporate & Public Relations

Die Forschungsthemen des Fraunhofer IEG stehen in enger Beziehung zu Anspruchsgruppen auf unterschiedlichsten Ebenen, was eine vielfältige und professionelle Darstellung und Ansprache erfordert. Das Team aus erfahrenen Public-Relations-Managern und -Managerinnen konzipiert und visualisiert die Aktivitäten und Projekte des Fraunhofer IEG für eine maßgeschneiderte Außenwirkung. Zudem identifiziert es die richtigen Formate für die Außendarstellung und setzt Informationsveranstaltungen, öffentliche Ausstellungsformate sowie themenspezifische Materialien wie Webseiten, Soziale Medien, Messestände und Medienarbeit um.

## Competence Center Aus- & Weiterbildung

Das Fraunhofer IEG hat sich das Ziel gesetzt, die nationale und internationale Aus- und Weiterbildung von Fachkräften, Ingenieurinnen und Ingenieuren, Forschenden und Wirtschaftlern und Wirtschaftlerinnen für den sich wandelnden Energiemarkt aufzunehmen und zu entwickeln. Die Implementierung unterschiedlicher Lernmethoden in Form von interaktiven und audiovisuell ansprechenden Schulungsinhalten bildet die Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung innovativer Weiterbildungsmaßnahmen im Online- und Präsenzbereich. Die Exposition der eigenen Großdemonstratoren und Reallabore soll die Aus- und Weiterbildung neuer Fachkräfte insbesondere in den Kohleausstiegsgebieten auf den Arbeitsmarkt zukünftiger Energiesysteme vorbereiten.

Competence Center

Alle Informationen zu den  
Competence Centern finden  
Sie auf unserer Webseite:



# Organigramm

Geschäftsbereiche				Geschäftsbereiche		Geschäfts- & Servicebereiche	
<b>GB-1</b> <b>110 – Integrierte Planung von Infrastrukturen, Quartieren &amp; Gebäuden</b> Dr. Benjamin Pfluger	<b>GB-2</b> <b>120 – Georessourcen</b> Prof. Florian Wellmann, PhD bis 2021: Prof. Dr. Peter Kukla	<b>GB-3</b> <b>120 – Geotechnologien</b> Dirk Boernecke	<b>GB-4</b> <b>120 – Netze, Energie- &amp; Verfahrenstechnik</b> Christoph Nolden	<b>GB-5</b> <b>120 – Speicher- &amp; Untertagesysteme</b> Gregor Bussmann	<b>GB-6</b> <b>120 – Steuerung, Regelung, Automatisierung &amp; Betriebsführung</b> Prof. Dr.-Ing. Johannes Schiffer	<b>GSB-7</b> <b>700 – Labore</b> Dr.-Ing. Thomas Reinsch	<b>GSB-8</b> <b>800 – Transfer &amp; Kommunikation</b> PD Dr. Frank Strozyk
Competence Center				Competence Center			
<b>111</b> Integrierte Energieinfrastrukturen	<b>121</b> Exploration und Reservoirsimulation	<b>131</b> Innovative Bohrverfahren	<b>141</b> Verfahrenstechnik	<b>151</b> Bergbaufolgenutzung	<b>161</b> Monitoring und Künstliche Intelligenz	<b>710</b> Datenmanagement	<b>810</b> Transfer und Strategieentwicklung
<b>112</b> Integrierte Quartiersplanung / ODH	<b>122</b> Geothermale Geologie	<b>132</b> Tiefbohrtechnik und Completion	<b>142</b> Erdgas-, Wasserstoff-, und stoffliche Infrastrukturen	<b>152</b> Tiefengeothermie und Bohrlochsysteme		<b>720</b> Reallabore	<b>820</b> Corporate und Public Relations
<b>113</b> Integrierte Gebäudeenergie-technik ab 2022	<b>123</b> Globale Georessourcen	<b>133</b> Reservoir Engineering	<b>143</b> Wärmenetze 4.0	<b>153</b> Oberflächennahe Geothermie		<b>730</b> Geowissenschaftliche Labore	<b>830</b> Wissenschafts-kommunikation und Fachinformations-management
<b>114</b> Geschäftsmodelle der Systemtransformation und Technologietransfer		<b>134</b> Georisiken und Risikomanagement ab 2022	<b>144</b> Thermodynamische Wandler			<b>740</b> Geotechnikum	<b>840</b> Aus- und Weiterbildung
						<b>750</b> Energietechnik	
						<b>760</b> Bohrbetrieb	

# Das Institut in Zahlen

gegründet am  
**01.12.2019**

**71%** externe Erträge (2021)

**7** Standorte

**8** Geschäfts- & Servicebereiche

**19** wissenschaftliche Competence Center

über 100 Projekte in 2020/21 bearbeitet

Top 15 % der Institute in der Fraunhofer Wissenschafts-indikatorik

**15** Hochschulkooperationen

**37** Lehrende

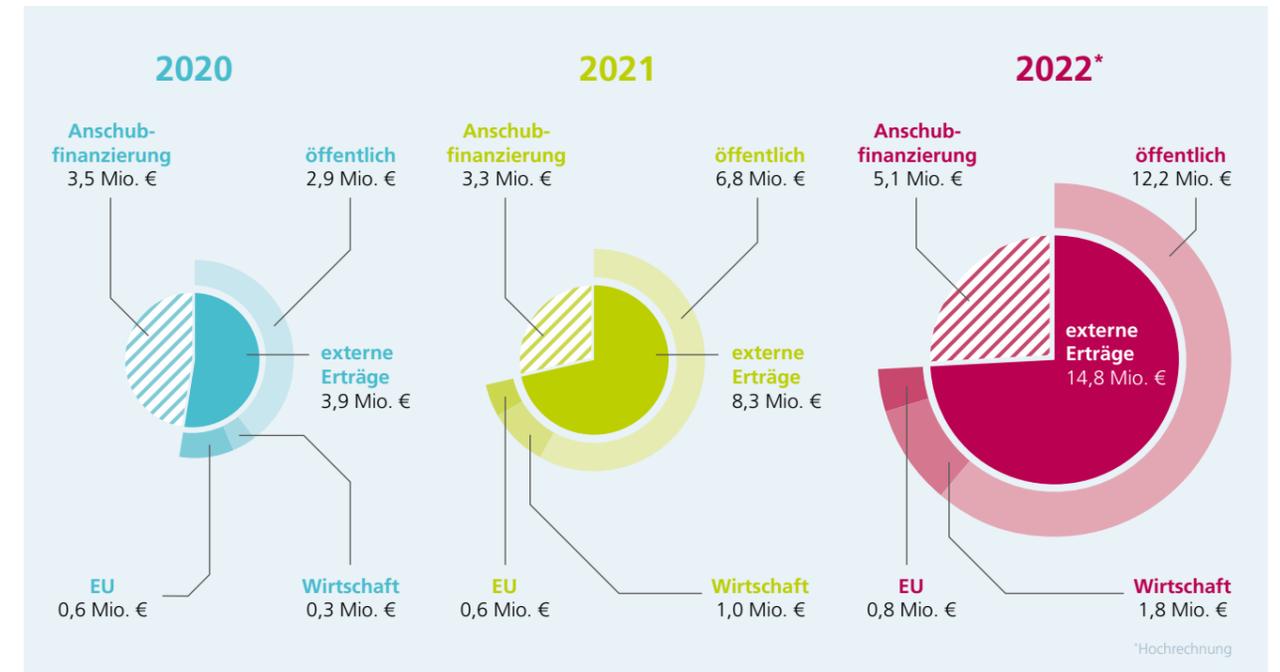
**172** Mitarbeitende

**2** Institutsleiter

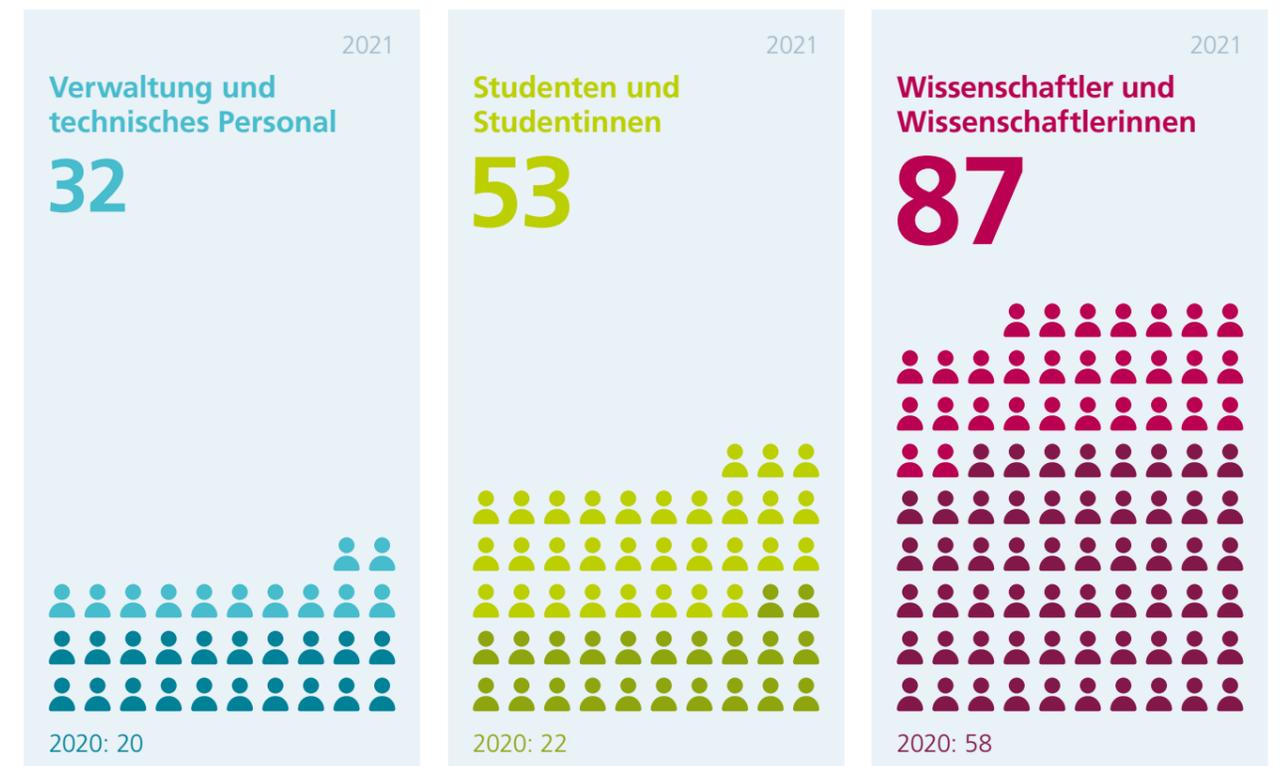
**11** Promovierende

**39** Masteranden & Masterandinnen

## Finanzierung



## Personal



# Akademische Vernetzung

## Hochschule Bochum

- Professur für Reservoir-Engineering
- Professur für Gebäudeenergie-technik
- Professur für Energieverfahrenstechnik (im Verfahren)

## Ruhr Universität Bochum

- Professur für Geothermische Energiesysteme (IL)
- Professur für Sediment- & Isotopengeologie

## IU Internationale Hochschule

- Professur für Wirtschaftsingenieurwesen

## RWTH Aachen

- Professur für Geologie / Geologisches Institut
- Professur für Computational Geoscience, Geothermics and Reservoir Geophysics
- Professur für Ingenieurgeologie

## FH Aachen

- Professur für Regenerative Energietechnik

## Universität Freiburg

- Professur für Energie- und Klimapolitik (IL)

## Technische Universität Berlin

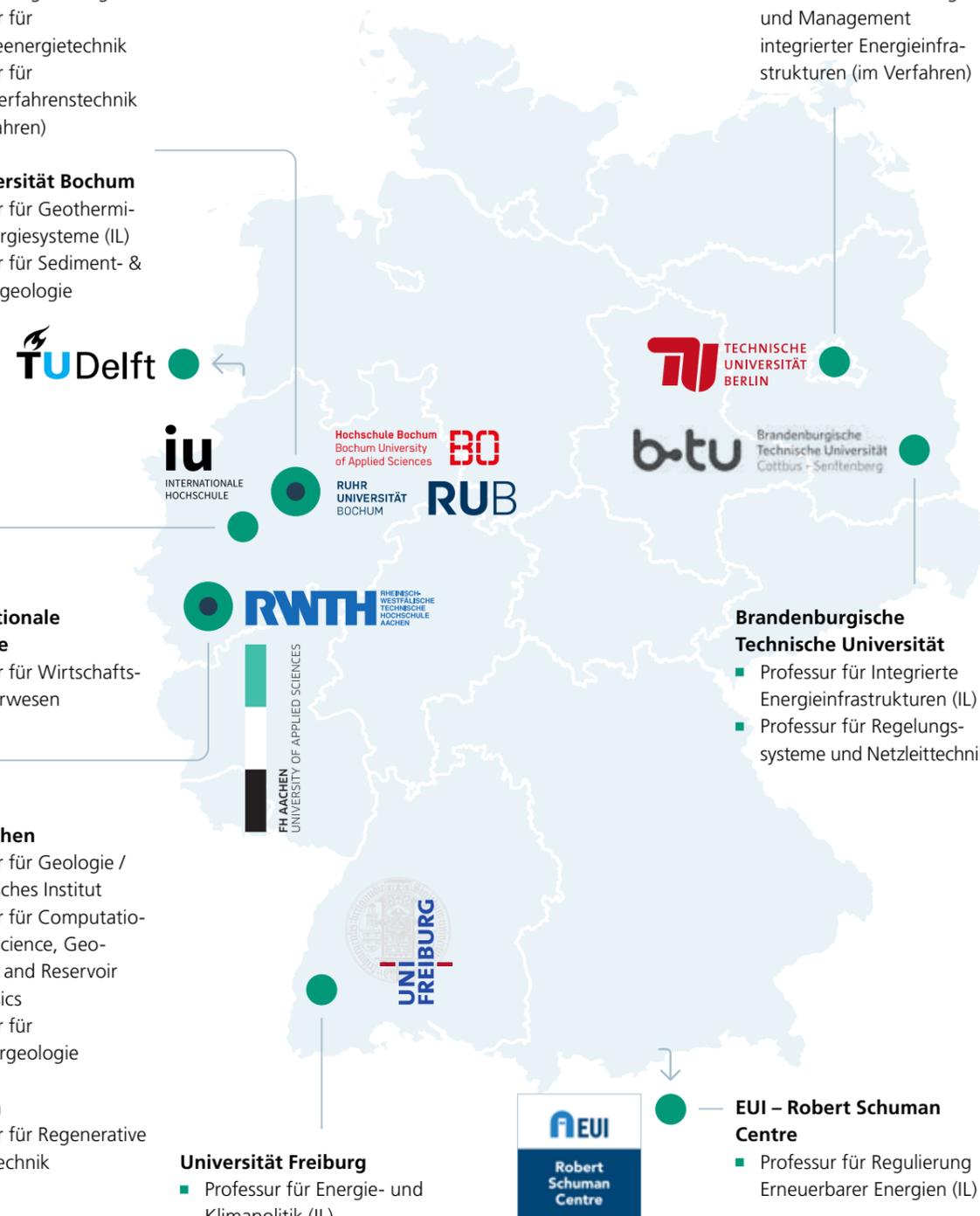
- Professur für Technologien und Management integrierter Energieinfrastrukturen (im Verfahren)

## Brandenburgische Technische Universität

- Professur für Integrierte Energieinfrastrukturen (IL)
- Professur für Regelsysteme und Netzleittechnik

## EUI – Robert Schuman Centre

- Professur für Regulierung Erneuerbarer Energien (IL)



# Kuratorium

## 1. Katrin Bartsch

Geschäftsführerin, Stadtwerke Weißwasser GmbH

## 2. Sven Becker

Sprecher der Geschäftsführung, Trianel GmbH

## 3. Dipl.-Ing. Christoph Bieniek

Geschäftsbereichsleiter, Strom- und Wärmeerzeugung, Stadtwerke München GmbH

## 4. Dr. Dirk Biermann

Geschäftsführer, 50 Hertz Transmissions GmbH

## 5. Rolf Buch

Vorstandsvorsitzender, Vonovia SE

## 6. Dr.-Ing. Frank-Detlef Drake

Managing Director, E.ON Energy Research Center gGmbH

## 7. Dr. Andrea Hoppe

Vertreterin der Abteilungsleitung für Klimaschutz und Landesplanung und Referatsleiterin Strategische Leitprojekte und Kommunikation im Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

## 8. Dr. Torsten Jeworrek

Vorstandsmitglied, Munich RE

## 9. Steve Kazalla

Referent in der Grundsatzabteilung Forschung des Sächsischen Staatsministeriums für Wissenschaft, Kultur und Tourismus

## 10. Dr. Stephan Lowis

Geschäftsführer, envia Mitteldeutsche Energie AG

## 11. Stefanie Peters

Geschäftsführende Gesellschafterin, NEUMAN & ESSER GROUP

## 12. Dr. Maren Petersen

Geschäftsbereichsleitung Erzeugung und Systemintegration, BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft

## 13. Christoph Schlamkow

Verantwortlicher Angelegenheiten der Fraunhofer Gesellschaft (FhG) einschließlich der Wirtschaftsplan- und Haushaltsangelegenheiten im Ministerium für Kultur und Wissenschaft MKW des Landes Nordrhein-Westfalen

## 14. Dr. Inge Schlotzhauer

Referatsleiterin Außeruniversitäre Forschung im Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur MWFK Land Brandenburg

## 15. Michael Wechsung

Principal Expert, Dampfturbinen F&E, Siemens Energy Global GmbH & Co. KG

## 16. Bernd Wenzel

Leiter des Kompetenzzentrums für Klimaschutz in energieintensiven Industrien KEI

# Impressum

---

## Herausgeber

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen  
und Geothermie IEG  
Am Hochschulcampus 1, 44801 Bochum  
Gulbener Straße 23, 03046 Cottbus

Internet: [www.ieg.fraunhofer.de](http://www.ieg.fraunhofer.de)  
E-Mail: [info@ieg.fraunhofer.de](mailto:info@ieg.fraunhofer.de)

Das Fraunhofer IEG ist eine rechtlich nicht selbstständige  
Einrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e. V.  
Hansastraße 27c  
80686 München  
[www.fraunhofer.de/de/impressum.html](http://www.fraunhofer.de/de/impressum.html)

## Rechtlicher Hinweis

Alle Rechte an Texten, Bildern und Darstellungen liegen beim  
Herausgeber, soweit nicht anders angegeben. In diesem  
Jahresbericht wiedergegebene Bezeichnungen können Marken  
sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die  
Rechte der Inhaber verletzen kann.

## Redaktion

Dr. Meral Fero  
Marcus Mollwitz  
Dr. Thorsten Spillmann  
Dr. Alexander Heim

[presse@ieg.fraunhofer.de](mailto:presse@ieg.fraunhofer.de)

## Berichtszeitraum

1. Januar 2020 bis 31. Dezember 2021  
Redaktionsschluss 12. Oktober 2022

## Lektorat

Marcus Mollwitz  
Dr. Alexander Heim  
Dr. Frank Strozyk

## Bildredaktion

Marcus Mollwitz

## Satz & Layout

con|energy agentur gmbh, Essen  
[www.conenergy-agentur.de](http://www.conenergy-agentur.de)

## Bildquellen

Bildquellen und Copyrightangaben sind in diesem Bericht  
direkt unter oder neben den Bildern angeben. Wenn diese  
aus optischen Gründen weggelassen wurden, werden diese  
hier aufgeführt:

**Titel & Rückseite** istock.com/MF3d

## Kontakt

---

Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen  
und Geothermie IEG  
Am Hochschulcampus 1, 44801 Bochum  
Gulbener Straße 23, 03046 Cottbus

Internet: [www.ieg.fraunhofer.de](http://www.ieg.fraunhofer.de)

E-Mail: [info@ieg.fraunhofer.de](mailto:info@ieg.fraunhofer.de)



QR-Code  
Presse/Medien

Fraunhofer IEG-Newsletter & Presseverteiler  
Informationen über unsere kostenfreien  
Online-Abos:

[www.ieg.fraunhofer.de/de/formulare/newsletter](http://www.ieg.fraunhofer.de/de/formulare/newsletter)  
[www.ieg.fraunhofer.de/de/formulare/presseverteiler](http://www.ieg.fraunhofer.de/de/formulare/presseverteiler)