

KOMPETENZATLAS

WASSERSTOFF

IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

Stand: Mai 2020



KOMPETENZATLAS

WASSERSTOFF

IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

Die deutsche Gesellschaft stellt sich der großen Herausforderung, die Energiewende zu realisieren. Dieses Ziel muss unter Wahrung der industriellen Basis der Volkswirtschaft mit ihrer stark entwickelten Industrieproduktion erreicht werden.

Die Herstellung, Speicherung, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff und darauf basierenden chemischen Energieträgern aus erneuerbaren, kohlenstoffneutralen Quellen weisen ein großes Potential auf, um zu einem zukünftigen Energiesystem beizutragen. Die angestrebte CO₂-Reduktion von 95 % für das Jahr 2050 erfordert eine großskalige Einführung von Wasserstofftechnologien. Wasserstoff ermöglicht dann eine wesentlich stärkere Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Industrie und Mobilität und saisonale Energiespeicherung. Die großskalige, industrielle Umsetzung dieser Technologien bedarf jedoch noch intensive Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen.

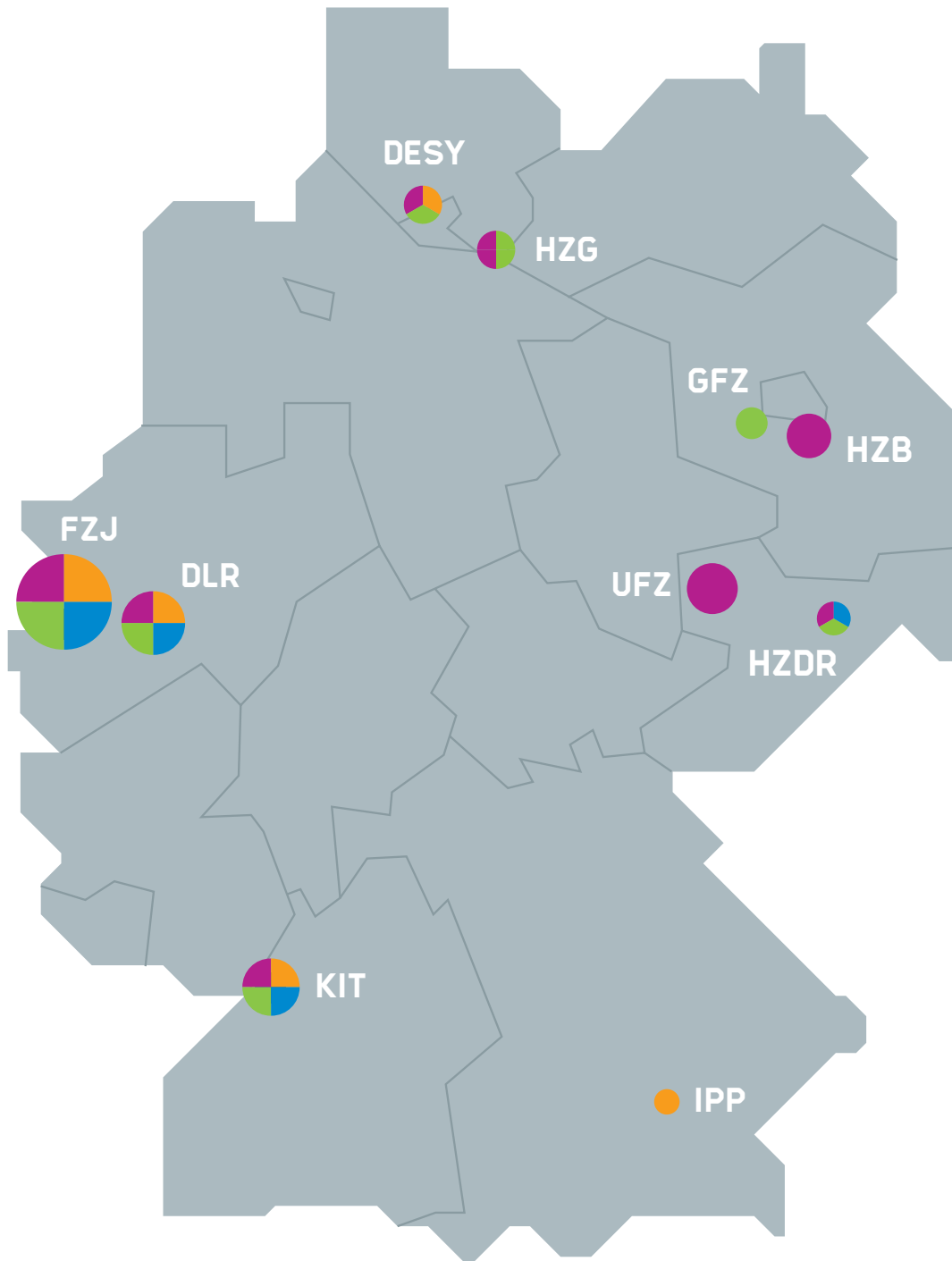
Die Helmholtz-Gemeinschaft arbeitet mit einem langfristigen, ganzheitlichen Ansatz an Lösungen für die großen Herausforderungen der Gesellschaft. Hierzu zählt die interdisziplinäre Spitzenforschung für die Energiewende in Deutschland. Seit mehreren Jahrzehnten forschen die Mitgliedseinrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft zum Thema Wasserstoff. Das Forschungsspektrum reicht von den Grundlagen bis zur Anwendung. Die technologische Forschung wird von systemanalytischer und sozioökonomischer Forschung ergänzt, um das Energiesystem einschließlich aller gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Aspekte zu optimieren. Die Helmholtz-Gemeinschaft leistet mit rund 600 MitarbeiterInnen im Bereich der Wasserstoffforschung einen großen Beitrag zur Lösung der Herausforderungen auf diesem Feld der Energiewende.

Die Aktivitäten innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft konzentrieren sich auf die Entwicklung von Materialien und effizienten Technologien für die Erzeugung, Umwandlung, Speicherung, Konditionierung und Nutzung von Wasserstoff, um die Lücke zwischen der fluktuierenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und der Nachfrage auf verschiedenen Zeitskalen zu überbrücken sowie Wasserstoff zur Dekarbonisierung industrieller Prozesse (wie die Stahl- und Zementherstellung, Chemieindustrie) bereit zu stellen. Um die Sektorenkopplung zu realisieren, werden neue Prozess- und Wertschöpfungsketten für Wasserstoff und abgeleitete chemische Energieträger unter Nutzung erneuerbarer Energien entwickelt. Dies dient auch dazu, nachhaltige Alternativen zu fossil-basierten Produktionswegen und Mobilitätskonzepten zu schaffen. Zur Erarbeitung von übergreifenden Lösungen wird eine intelligente Integration und Vernetzung der verschiedenen Technologien und Komponenten für ein ressourceneffizientes und resilientes Energiesystem erforscht.

Die anwendungsorientierte Grundlagenforschung der Helmholtz-Gemeinschaft adressiert die Aufgaben und Herausforderungen des 7. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung, die Hydrogen Roadmap Europe und trägt zur Umsetzung der Wasserstoffstrategie der Bundesregierung bei. Die Wasserstoffforschung erfolgt im Verbund mit Partnern aus der Wirtschaft und Wissenschaft.

Im Folgenden werden die wasserstoffbezogenen Forschungsaktivitäten der einzelnen Helmholtz-Zentren in kurzer Form dargestellt.

WASSERSTOFFATLAS



Helmholtz-Zentren mit Beteiligung an Wasserstoffforschung:

Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ)
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)
Helmholtz-Zentrum Geesthacht – Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH (HZG)
Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e. V. (HZDR)
Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP)

Die Größe der Kreise symbolisiert, wie viele MitarbeiterInnen im jeweiligen Zentrum an Wasserstofftechnologien forschen.

- Produktion
- Speicherung & Verteilung
- Nutzung
- Systemanalyse

FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH (FZJ)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Harald Bolt h.bolt@fz-juelich.de
Prof. Dr. Olivier Guillon o.guillon@fz-juelich.de

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes **Personal** (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **140 grundfinanziert + 125 drittmittelfinanziert**

Die Energieforschung des FZJ stellt sich den globalen Herausforderungen des Klimawandels und der Transformation des Energiesystems. Das Zieldreieck basiert auf dem Nachhaltigkeitsansatz und umfasst die soziale und wirtschaftliche Tragfähigkeit sowie die Dekarbonisierung des Energiesystems, einhergehend mit einer Umsetzung fortschrittlicher Dezentralisierungs- und Digitalisierungsstrategien. Dabei spielt die Entwicklung von Technologien für Wasserstoff seit 30 Jahren eine bedeutende Rolle. Zu den einzigartigen Merkmalen des Instituts für Energie- und Klimaforschung (IEK) gehören ein ganzheitlicher Ansatz in den Material- und Ingenieurwissenschaften mit Rückkopplung von der Anwendung zur Grundlagenforschung, eine herausragende Expertise in der theoretischen und experimentellen Elektrochemie und ein vollumfängliches Prozessverständnis in Bezug auf die zur Energiewende beitragenden Schlüsseltechnologien. Zudem verfügt das IEK über eine herausragende Expertise im Systemverständnis, um technisch-naturwissenschaftliche, gesellschaftliche und wirtschaftliche Aspekte in einem integrativen Nachhaltigkeitsansatz zu bewerten. Die Verbindung von Energie- und Klimaforschung erlaubt die ganzheitliche Behandlung nachhaltiger und damit zukunftsweisender Wirkungszusammenhänge.

Expertise zu Wasserstoff

Mit 12 beteiligten Instituten (inkl. Helmholtz Institut Erlangen-Nürnberg) fokussiert sich die Expertise vom FZJ auf die Bereiche Materialdesign, -synthese und -verarbeitung, Elektrochemie und Elektrokatalyse, multimodale Operando-Charakterisierung, Multiskalenmodellierung und -simulation sowie technoökonomische und sozioökonomische Systemanalyse. Die Aktivitäten zu Wasserstoff strecken sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette (von Materialien, Zellen, Stacks bis hin zum System) und beinhaltet die Integration von Wasserstofftechnologien in das Energiesystem:

Wasserstoffsynthese

Niedertemperaturelektrolyse (alkaline Elektrolyse, PEM Elektrolyse), Hochtemperatur-Elektrolyse und Ko-Elektrolyse, photokatalytische Wasserspaltung, Reformierung von Mitteldestillaten und dieselähnlichen Biokraftstoffen, Wasserstoffreinigung aus Gasgemischen mittels Trennmembranen.

Speicherung und Transport

Speicherung insbesondere in flüssigen Medien (Liquid Organic Hydrogen Carriers), Wasserstoffsicherheit und Analytik (Ionenstrahlanalytik, Simulation von Wasserstofffreisetzungsszenarien, Transport von H₂ in Materialien).

Energetische Nutzung

Protonenleitende, ionische Flüssigkeiten in PEFC-Membranen für den Einsatz im Temperaturbereich um 120 °C, Entwicklung von anoden- und metallgestützten Festoxidzellen und Stacks für den Einsatz im Temperaturbereich 400–850 °C. Bordstromversorgungssysteme mit Hoch- und Niedertemperatur-Brennstoffzellentechnologien, Werkstoffe für Gasturbinen auf H₂-Betrieb.

Stoffliche Nutzung

Elektro- bzw. thermokatalytische Umwandlung von Wasserstoff und Kohlendioxid in flüssige, chemische Energieträger (Kraftstoffe) und chemische Grundstoffe: Werkstoffe, Komponenten und integrierte Technologien zur Prozessintensivierung.

Systemanalyse und -integration

Modellprädiktive Regelung einer Wasserstoffinfrastruktur auf Campus-Level; Potenzialanalyse, konzeptioneller Entwurf und Betriebsoptimierung für die Wasserstoff-basierte Dekarbonisierung energieintensiver Industrien; Nachhaltigkeitsbewertung von Wasserstoffbereitstellung und -nutzung und Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA).

Die Wasserstoffforschung erfolgt im nationalen und internationalen Verbund mit Partnern aus der Wirtschaft und Wissenschaft. FZJ koordiniert beispielsweise gemeinsam mit der RWTH Aachen und der DECHEMA das BMBF Kopernikus-Projekt „Power-to-X“ und ist am Exzellenzcluster „The Fuel Science Center“ an der RWTH Aachen und der Helmholtz – National Renewable Energy Laboratory (NREL/USA) – Solarinitiative beteiligt.

Im Rahmen vom BMBF-geförderten Projekt „H₂ POWER-AFRICA“ arbeitet das FZJ mit afrikanischen Partnern zusammen, um die Potenziale der grünen Wasserstofferzeugung im westlichen und südlichen Afrika unter Berücksichtigung des lokalen Energiebedarfs und der Verfügbarkeit von Land- und Wasserressourcen zu erforschen.

FZJ engagiert sich in der „Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking“, „Sunergy“ Coordination and Support Action, dem „Hydrogen Europe“ und der „International Association of Hydrogen Safety (IA HySafe)“.

Leistungen

Das FZJ entwickelt und betreibt im Langzeittest Wasser-Elektrolysesysteme, autotherme Dieselreformer sowie Hoch- und Niedertemperaturbrennstoffzellen, um die Langzeitstabilität und Alterungsmechanismen zu untersuchen sowie die Systemtauglichkeit nachzuweisen. So wurde ein SOFC-Stack mit Schutzschicht 100.000 Stunden betrieben und demonstrierte damit eine kommerzialisierbare Lebensdauer. Neue Stacktests ergaben extrem geringe Degradationsraten ($\leq 0,2 \text{ \%}/1000\text{h}$) aufgrund optimierter Werkstoffe und Schichtsysteme.

Für die Hochtemperatur-Elektrolyse sowie den dynamischen DMFC-Systembetrieb wurden Betriebszeiten von bis zu 20.000h nachgewiesen. Ein reversibel arbeitendes Hochtemperatursystem mit Festoxidzellen konnte bislang 9.000-Stunden betrieben werden.

Ein autothermer Dieselreformer erreichte die für mobile Anwendungen relevante Lebensdauervoranforderung von 10.000 Betriebsstunden. Durch Verifikation eines Bordstromversorgungsmoduls mit Brennstoffzelle wird das DoE-Leistungsdichteziel erreicht.

Für die PEM-Wasserelektrolyse wurden Investitionskosten zwischen etwa 350 und 500 €/KW_{HHV} ab 2030 ermittelt.

Am FZJ unterstützen hochpräzise Diagnosemethoden, theoretische Modellierungen und computer-gestützte Simulation von elektrokatalytischen Prozessen und Transportphänomenen in komplexen Elektroden- und Elektrolytmaterialien die Entwicklung von Herstellungsverfahren und Materialien für Brennstoffzellen und Elektrolyseure. Dies ermöglicht beschleunigte Alterungstests zur Bestimmung von dynamischen Betriebsfenstern sowie für Lebensdauervorhersagen. Im Labormaßstab konnte im Jahr 2019 ein Weltrekord bei der Leistung von metallgestützten Festoxidbrennstoffzellen für mobilen Anwendungen erzielt werden. Die Modellierung dient ebenso zur Quantifizierung von operando Wasserstoffrückhaltung in Metallen.

Für die großskalige Wasserelektrolyse konnten Polymermembran-Elektroden-Einheiten (MEA) mit erhöhtem Wirkungsgrad bei gleichzeitig verringerter Katalysatorbeladung entwickelt werden. Das sequentielle Foliengießen wird für die kostengünstige und kontrollierte Herstellung von Festoxidzellen weiterentwickelt und die Optimierung von Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsverfahren für eine reproduzierbare, großskalige MEA-Fertigung vorangetrieben.

Mittels Dünnschichtsiliziumsolarzellen konnte für die photokatalytische Wasserspaltung ein Rekordwirkungsgrad erzielt werden. Die Aufskalierung eines integrierten photoelektrochemischen Bauelements erfolgte auf 64 cm² (Innovationspreis des Landes NRW 2018) und gelang auf 10 m² innerhalb eines Europäischen Konsortiums (PECSYS).

Das FZJ hat eine strategische Zusammenarbeit mit Hydrogenious Technologies GmbH, Erlangen, dem Technologieführer auf dem Gebiet der infrastrukturkompatiblen Wasserstoffspeicherung mit flüssigem organischem Wasserstoff Trägersystemen (LOHC). Die Firma PRECORS, ein Spin-Off des FZJ, vermarktet korrosionsbeständige und elektrisch leitfähige Bauteilbeschichtungen zur Erhöhung der Leistungsdichte von Brennstoffzellen.

Zur übergreifenden Systembetrachtung werden am FZJ Studien zu kosteneffizienten und klimarechten Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050 sowie Simulationsmodelle für Nachhaltigkeitsbewertungen erstellt. Im Mittelpunkt stehen hierbei Simulationsansätze für Prozessketten und Lebenszyklusbetrachtungen sowie multikriterielle Bewertungen und Akteursperspektiven.

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

Als Herstellungsinfrastruktur dienen das 2016 gebaute Membranzentrum für anorganische Membranen und operando Charakterisierung von Materialien und Komponenten, Jülich Coats (spezifische Nassbeschichtungstechnologien für elektrochemische Zellen) und das im Jahr 2019 eingeweihte Jülich Thermal Spray Center für funktionelle Beschichtungen.

Zur Charakterisierung werden die PC-Labor (Multimodale, mehrskalige physikalisch-chemische Charakterisierung von Elektrolyse- und Brennstoffzellen), ECT (Elektrochemische Prüfeinrichtung für Elektrolyse- und Brennstoffzellen), Teile der Helmholtz Energy Materials Foundry, der Helmholtz Energy Materials Characterization Plattform sowie der Plasmaanlagen (PSI-2, Jule-PSI) und Ionenstrahlanalytik intensiv genutzt. Für die Wasserstoffsicherheitsforschung wird ein Wasserstofflabor mit Behälter- und Strömungsreaktoranlagen eingesetzt.

Die Reallabore im FZJ umfassen die Forschungsplattform Energy Lab 2.0 für intelligent vernetzte Energiesysteme auf der Basis erneuerbarer Energiequellen sowie das Living Lab Energy Campus (LLEC), eine integrierte Infrastruktur auf der Basis dezentraler und erneuerbarer Energien, der die Echtzeitanalyse, den Entwurf und die Betriebsoptimierung von Energiesystemen ermöglicht.



DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E. V. (DLR)

Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer Karsten.Lemmer@dlr.de
Prof. Dr. André Thess Andre.Thess@dlr.de

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes **Personal** (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **48 grundfinanziert + 68 drittmittelfinanziert**

Als einer der größten nicht-industriellen Wasserstoffnutzer in Deutschland besitzt das DLR langjährige Kompetenzen in der Entwicklung, Nutzung und Integration von Wasserstofftechnologien. Die Forschungsaktivitäten decken hierbei die gesamte Route von der solaren und elektrochemischen Produktion von grünem Wasserstoff über die energetische Umsetzung in Brennstoffzellen oder Gasturbinen von Wasserstoff bis hin zur stofflichen Nutzung, Speicherung und der Systemintegration ab, ebenso Fragen zur Gasinfrastruktur. Forschung zu Nutzungsszenarien und zur bestmöglichen Integration von Wasserstoff in das Energiesystem ergänzen das Portfolio.

Das Forschungsspektrum reicht von grundlagenbasierter Simulation über Projekte in Klein- und Großforschungsanlagen bis hin zu industrienahen Prototypen.

Das DLR erweitert seine Kompetenzen in Wasserstofftechnologien über zwei neue Institute. Das Institut für CO₂-arme Industrieprozesse untersucht die Dekarbonisierung von Industrieprozessen über die stoffliche Nutzung von Wasserstoff. Am Institut für Maritime Energiesysteme wird die maritime Anwendung von Wasserstoff in energieeffizienten und emissionsarmen Schiffsantrieben erforscht. Mit seinen vier Schwerpunkten Energie, Verkehr, Luftfahrt und Raumfahrt forscht das DLR insbesondere auch an der Systemintegration von Wasserstofftechnologie in mobile Anwendungen, wie LKWs, Schiffe, Flugzeuge, und Raketenantriebe. Durch diese integrative Betrachtung kann das DLR wesentlich zur Weiterentwicklung der Wasserstoffmobilität beitragen.

Expertise zu Wasserstoff

Herstellung über Elektrolyse

Weiterentwicklung und Kostensenkung verschiedener Elektrolyseverfahren (alkalische Wasserelektrolyse, Polymerelektrolytmembran-Elektrolyse, Hochtemperatur-Elektrolyse), Entwicklung reversibler Brennstoffzellen zur systemdienlichen Betriebsführung am Strommarkt

Solare Herstellung & Import

Entwicklung von Komponenten und Verfahren zur großskaligen thermochemischen Wasserstoffherzeugung, Entwicklung einer Strategie zum Einsatz der Technologie im Sonnengürtel (Export der Technologie) mit anschließendem Import des Wasserstoffs (-> Task-Force „Import klimaneutraler Energieträger“)

Speicherung & Transport

Kavernenspeicher, Einspeisung Gasnetz, Wasserstoff-Reinheit in der Versorgungskette, Gasinfrastruktur

Dekarbonisierung von Industrieprozessen

stoffliche Nutzung von grünem Wasserstoff als Reduktionsmittel (Dekarbonisierung der Stahlherstellung) oder zur Ammoniaksynthese;

Alternative Kraftstoffe

Weiterverarbeitung zu flüssigen Kraftstoffen wie Methanol, DME, OME und anderen Kohlenstoff-basierten Kraftstoffen wie Benzin, Kerosin oder Diesel z.B. mittels Fischer-Tropsch-Verfahren.

Energetische Nutzung

Hoch- und Niedrigtemperatur Brennstoffzellen für den stationären und mobilen Einsatz, Mikro-/ Gasturbinen inkl. Kraft-Wärme-Kopplung, Retrofitmaßnahmen zur Nutzung von reinem Wasserstoff

Nachhaltigkeit

Reduktion/Substitution von kritischen Ressourcen wie Edelmetallen in Elektrolyseuren und Brennstoffzellen

Systemintegration in Verkehr & Luftfahrt

Integration von H₂ in Lastenräder, Autos, Busse, Nutzfahrzeuge, Züge, Flugzeuge, Raketen; Optimierte Produktionskette für alternative Brennstoffe; Untersuchung der Kraftstoffe u.a. in Flugkampagnen.

Energiesystemintegration

Integration von Wasserstofftechnologien in sektorenggekoppelte Energiesysteme (Strom, Wärme, Mobilität); Einspeisung von Wasserstoff in bestehende Gasnetze.

Systemanalyse

Szenarientwicklungen und -bewertung, Entwicklung von sektorenübergreifenden Gesamtsystemmodellen für die nationale und europäische Ebene unter Einbindung von Wasserstofftechnologien, multikriterielle Bewertung von Wasserstofftechnologien unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte

Leistungen

- **Solare Wasserstoff-Herstellung**
Hydrosol-Plant- größter solare Wasserstoffreaktor (750 kWth)
Doktoranden Preis 2019 der Helmholtz-Gemeinschaft – Materialentwicklung von Perowskiten zur Wasserstoffherstellung
- **Elektrolyse**
Erste Hochtemperaturelektrolyse mit solarthermisch erzeugtem Dampf
- **H₂-Gasturbinen**
FloxBrenner für 100 % H₂ Verbrennung in Gasturbinen
- **Maritime Wasserstoff-Nutzung**
HiSeas – weltweit erste Wasserstoff betriebene Hochseefähre
- **Systemintegration**
HY4 – erste viersitzige Passagierflugzeug, das ausschließlich mit einem Wasserstoff-Brennstoffzellen-Batteriesystem angetrieben wird

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

- größte künstliche Sonne „SynLight“ zur Erprobung der solaren Wasserstoffherstellung
- Hydrosol-Plant – größter solarer Wasserstoffreaktor
- Gasturbinen-Teststände zur Untersuchung Brennstoff-flexibler Gasturbinen
- Teststände für Hoch- und Niedrigtemperatur Brennstoffzellen

KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Oliver Kraft oliver.kraft@kit.edu
Prof. Dr.-Ing. Thomas Jordan thomas.jordan@kit.edu

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes **Personal** (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **32 grundfinanziert + 60 drittmittelfinanziert**

In mehr als 12 Instituten forscht das KIT auf dem Querschnittsthema Wasserstoff und deckt dabei ein weites Spektrum von Grundlagen, z.B. bezüglich kompatibler Materialien und Katalyse, bis hin zur Anwendung ab. Die Schwerpunkte der Arbeiten liegen dabei auf innovativen, effizienten und nachhaltigen Prozessen zur Herstellung und Nutzung von Wasserstoff auf industrie-relevanten Skalen (z.B. Herstellung synthetischer Treibstoffe und Power-to-X generell), flexible Energiespeicherung und -transport (z.B. mit flüssigem Wasserstoff in Verbindung mit damit gekühlten supraleitenden Magneten), effiziente Energiewandlung in Brennstoffzellen und Verbrennungsmotoren, sowie auf der Bewertung von gesellschaftlichen und insbesondere technischen Risiken, die mit dem Energieträger Wasserstoff und innovativen Lösungen verbunden sind.

Expertise zu Wasserstoff

Produktion

Methan-Pyrolyse in Flüssigmetall, Mikroreformer, Biomassen-Reformierung im überkritischen Wasser, Katalyse, Hochtemperatur-(Ko-)Elektrolyse (SOEC) und alkalische Hochdruckelektrolyse.

Speicher/Transport

Entwicklung von Leichtmetall-Hydridspeichern, Grundlagenforschung zu Materialdesign, Sicherheitsanalysen von Speicher- und Transportlösungen einschließlich verdichtetem und/oder kryogenem flüssigen Wasserstoff.

Nutzung

Flüssigwasserstoff-gekühlte Supraleiter als hybride Energiespeicher- oder Energie-transportssysteme für den stationären als auch mobilen Einsatz (z.B. maritime Anwendungen oder elektrisch betriebene Flugzeuge), Syntheseprozesse, Nieder- (PEM-) und Hochtemperatur-Brennstoffzellen, motorische Verbrennung und Abgasbehandlung.

Systeme

Alleinstellende Position bezüglich Sicherheitsbewertung von Komponenten und Systemen, Test von Elektrolyse- und Brennstoffzellensystemen, Analyse von intelligent gekoppelten Energiesystemen und der Nachhaltigkeitsbewertung einschließlich gesellschaftlicher Aspekte.

Insbesondere bei der Untersuchung von Wasserstoffsystemen und dem damit verbundenen breit gefächerten Themenkomplex bewährt sich die tradiert interinstitutionelle und interfakultative Arbeitsweise am KIT mit seinen Partnern (hier insbesondere EIfER, DVGW und Share) auch zur Förderung von Lehre und Innovation.

Leistungen

Seit 2013 werden am KIT für den Busshuttle-Service eine Wasserstofftankstelle und Wasserstoff-Brennstoffzellen-Hybridbusse erfolgreich betrieben. Mehr als 70.000 Fahrgäste jährlich erleben direkt die Vorteile einer Wasserstoffmobilität. Die Erfahrungen werden in andere Vorhaben nutzbringend übertragen.

Die Vergasung von Biomasse oder biomassestämmigen Zwischenprodukten (z.B. Bioethanol) konnte in der Pilot-Anlage VERENA unter den Bedingungen des überkritischen Wassers erfolgreich demonstriert werden. In einem einzigen Prozessschritt kann hierbei sehr effizient ein wasserstoffreiches Produktgas (bis zu 96 Vol.-% H₂) erzeugt werden.

Ende 2018 wurde dem Flüssigmetalllabor KALLA des KIT der Innovationspreis der Deutschen Gaswirtschaft für ein Verfahren zur Pyrolyse von Methan in einem Flüssigmetall-Blasensäulenreaktor verliehen. Hierdurch wird die Herstellung von Wasserstoff aus Bio- und Erdgas ohne Entstehung von CO₂ möglich.

Die Ausgründung INERATEC setzt Maßstäbe mit einer innovativen, modularen chemischen Reaktortechnologie, mit der Wasserstoff und CO₂ im dezentralen Maßstab in flüssige Energieträger oder chemische Wertprodukte umgewandelt werden können.

Das KIT koordiniert mehrere internationale Projekte zum Themen Wasserstoff, z.B. HYSAFE, H2FC, HELMETH, PRESLHY, NETTOOLS oder H2SHIPS, und ist aktiv in wichtigen Gremien wie z.B. der IEA Hydrogen, Normierung (ISO/IEC, CEN/GENELEC, DIN), FCH JU etc.

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

Das H-Labor und das CryoMak erlauben Grundlagenforschung an modifizierten Wasserstoff-Speichermaterialien sowie zur Wasserstoff-Versprödung auch unter tiefkalten Bedingungen.

Das Wasserstoffversuchszentrum HYKA bietet bezüglich Prüfdrücke und Volumina einzigartige Versuchsanlagen für experimentelle Untersuchungen von Wasserstoffverteilung und -verbrennung (bis hin zu Explosionen) in komplexen großen Geometrien zur Risikobewertung, Unfallverhütung und pre-normative Testentwicklung.

Das FCTestLab ermöglicht den Test von stationären Brennstoffzellensystemen zur Hausenergieversorgung (μ CHP-Systeme zur Kraft-Wärme-Kopplung in der Leistungsklasse < 10 kW_{el}).

Das Energylab bietet ein flexibles Umfeld zur Erprobung und Optimierung von Wasserstofftechnologie im Zusammenspiel mit anderen Energie- und Stoffströmen (Stichwort: Sektorenkopplung).

HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG GMBH (UFZ)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Georg Teutsch
Prof. Dr. Andreas Schmid

georg.teutsch@ufz.de
andreas.schmid@ufz.de

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes **Personal** (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **35 grundfinanziert + 25 drittmittelfinanziert**

Schwerpunkt (rund $\frac{3}{4}$ der Ressourcen) ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Produktion von Wasserstoff aus Wasser mittels bioartifizieller Photosynthese, basierend auf kontinuierlichen Kapillarreaktoren mit wasserstoffproduzierenden Cyanobakterien. Daneben stehen Power-to-X-Ansätze (X = fuels, chemicals, gas) als Anknüpfung an (elektro-)biotechnologische Konversionsprozesse und die Gasaufarbeitung im Zentrum der Aktivitäten.

Expertise zu Wasserstoff

Kernkompetenz ist die strategisch verzahnte Biotechnologie, Bioverfahrenstechnik, Biochemie und Prozessentwicklung zur cyanobakteriellen Produktion von Wasserstoff. Diese Kompetenz wird mit Power-to-X-Ansätzen, anaeroben Fermentationsprozessen und der Kopplung elektrochemischer und mikrobieller Prozesse zur Produktion von Plattformchemikalien und Kohlenstoff-basierten Energieträgern verschränkt. Ergänzt wird dies durch Expertise auf den Gebieten der (Thermo-)Chemie, Physik und Modellierung. Ziel der Entwicklung von Konzepten bis hin zum Technikumsmaßstab und der Verfahrenstechnik ist ein definierter Übergabepunkt (TRL 4 – 5) an Akteure in Gesellschaft und Wirtschaft. Synergien und ein Alleinstellungsmerkmal ergeben sich aus der fundierten (mikro-)biologischen und verfahrenstechnischen Expertise am UFZ (insgesamt rund 110 FTE), gepaart mit einer exzellenten Geräteausstattung. Dies ermöglicht die umfassende Einbettung der Wasserstoffforschung, die der gesamtgesellschaftlichen Relevanz Rechnung trägt.

Leistungen

Ein wissenschaftlicher Meilenstein ist die Entwicklung von bisher nicht gentechnisch veränderten Cyanobakterienstämmen, die Wasserstoff direkt aus Wasser freisetzen können. Die Schlüsseltechnologie für eine Anwendung ist die am UFZ entwickelte kontinuierliche Kultivierung phototropher Cyanobakterien in Mikrokapillarreaktoren. Auf dem noch jungen Forschungsgebiet elektrobiotechnologischer Synthese ist das UFZ weltweit eine der führenden Einrichtungen. Dabei sollen konventionelle Verfahren auf Basis von H_2 fossiler Quellen durch den kombinierten Einsatz mikrobieller und elektrochemischer Synthesen ersetzt werden. Beispiel dafür ist die Produktion von Drop-in-Fuels aus organischen Abfallströmen und elektrischer Energie. Das Capraferm[®]-Verfahren zur Produktion von mittelkettigen Carboxylaten aus Biomasse liefert als weiteres Produkt Wasserstoff. Der Prozess kann in Biogasanlagen integriert werden und erweitert deren Produktportfolio. Das UFZ hält ein Patent zur Plasma-basierten Wasserspaltung.

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

Ergänzend zu Mitteln aus Helmholtz-Gemeinschaft-Rekrutierungsinitiative und Impuls- und Vernetzungsfonds befindet sich das Wasserstoffzentrum H_2 Saxony, gefördert mit EFRE-Mitteln, im Aufbau (Umfang: 3,3 M €; auf geplanten 1077 m² Labor- und 600 m² Bürofläche in UFZ-Neubau). In Kooperation mit dem DBFZ werden Fermentationen im Labormaßstab bis 15 L durchgeführt, Gasfermentationen in größerem Maßstab sind mit dem KIT geplant.

HELMHOLTZ-ZENTRUM BERLIN FÜR MATERIALIEN UND ENERGIE (HZB)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Bernd Rech

bernd.rech@helmholtz-berlin.de

Prof. Dr. Roel van de Krol

roel.vandekrol@helmholtz-berlin.de

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes **Personal** (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **24 grundfinanziert + 25 drittmittelfinanziert**

Am HZB werden Materialien und integrierte Bauelemente entwickelt, die eine dezentrale CO₂-freie Wasserstoffproduktion aus Wasser und Sonnenlicht ermöglichen. Für diesen innovativen Ansatz zur „künstlichen Photosynthese“, der sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium befindet, ist eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz zu erwarten. Er kann insbesondere auch bei der Wasserstoff-basierten Mobilität zum Einsatz kommen.

Expertise zu Wasserstoff

Das HZB ist eines der führenden Zentren für die künstliche Photosynthese. Basierend auf seiner umfangreichen Expertise in diesem Bereich und in der Halbleitertechnik entwickelt das HZB neuartige Stapelzellen auf der Basis von photovoltaischen Materialien und neuartigen, chemisch stabilen Lichtabsorbern, die beim Eintauchen in Wasser Wasserstoff oder Sauerstoff entwickeln können. Zur weiteren Steigerung des Wirkungsgrades und zum Schutz vor Degradation werden edelmetallfreie Katalysatoren und anorganische Schutzschichten entwickelt. Ein Alleinstellungsmerkmal ist die Entwicklung und Nutzung fortschrittlicher elektrochemischer und Synchrotron-basierter Röntgenmethoden, um ein Verständnis der relevanten Reaktions- und Korrosionsmechanismen auf atomarer Ebene zu gewinnen. Darüber hinaus werden Prototypen autonomer solarbetriebener Wasserstoffgeneratoren im Labormaßstab entworfen, gebaut und getestet.

Leistungen

Das HZB hat ein breites Portfolio an neuartigen Lichtabsorbern erforscht und entwickelt und ist eine international führende Forschungseinrichtung auf dem Gebiet der Metalloxid-Photokatalysatoren. Im Jahr 2013 demonstrierte das HZB die weltweit erste autonome, solarbetriebene Wasserspaltungsvorrichtung auf der Basis einer neuartigen Metalloxid-Photoelektrode, die einen Wirkungsgrad von 5% zeigte. In Zusammenarbeit mit Kollegen aus Südkorea konnte der Wirkungsgrad bis 2016 auf 7,7 % gesteigert werden. Diese ersten Demonstrationen betrafen kleinflächige Bauelemente (< 1 cm²), aber 2019 demonstrierte das HZB eine 50 cm² große autonome Wasserspaltungsvorrichtung. Die Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen großflächigen Architekturen für eine direkte solare Wasserspaltung wurden untersucht und die Kriterien für die Hochskalierung herausgearbeitet.

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

Das HZB verfügt über eine breite Palette von Abscheidungsverfahren zur Herstellung von Dünnschicht-Photoelektroden und Elektrokatalysatoren für die solare Wasserspaltung. Als Partner der Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF) betreibt es modernste Testanlagen für Photoelektroden, Katalysatoren und Wasserstoffgeneratoren im Labormaßstab. Darüber hinaus verfügt das HZB am Speicherring BESSY II über weltweit führende Anlagen für grundlegende Untersuchungen von Fest-Flüssig-Grenzflächen mit Synchrotronstrahlung unter in situ- und operando-Bedingungen.

HELMHOLTZ-ZENTRUM GEESTHACHT – ZENTRUM FÜR MATERIAL- UND KÜSTENFORSCHUNG GMBH (HZG)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Matthias Rehahn matthias.rehahn@hzg.de
Prof. Dr. Thomas Klassen thomas.klassen@hzg.de

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes **Personal** (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **15 grundfinanziert + 13 drittmittelfinanziert**

Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH (HZG) betreibt experimentelle und computergestützte Materialforschung für die Wasserstofftechnologie und leistet wesentliche Beiträge zu kritischen Komponenten für die nachhaltige Wasserstoffgewinnung, -aufbereitung und -speicherung.

Expertise zu Wasserstoff

Kernkompetenzen am HZG umfassen: (i) Metallhydride zur kompakten und sicheren H₂-Speicherung in mobilen und stationären Anwendungen sowie zur effizienten und wartungsarmen H₂-Kompression; (ii) Neuartige Polymer-Membranen als Ionenleiter in Elektrolyse- und Brennstoffzellen sowie für effiziente Gasseparation; (iii) effiziente Elektroden und Zelldesign für die Photoelektrochemische H₂-Gewinnung aus Solarenergie. Zu allen Aktivitäten ergeben sich Synergien mit den anderen Helmholtz-Zentren im Rahmen von HEMCP und HEMF, insbesondere zur in situ Charakterisierung der Materialien und Prozesse. HZG ist in internationale Kooperationen und Netzwerke eingebunden, wie z.B. IEA und FCH-JU.

Leistungen

HZG hat wesentlich zum grundlegenden Verständnis von Reaktionen mit Wasserstoff beigetragen und hält weltweit zentrale Patente zur Thermodynamik, Kinetik und Katalyse der Metall-Wasserstoffreaktion sowie zu Komponentendesign und Prozesstechnik. Neben neuen Materialien und Technologien für hohe Effizienz steht auch die wissenschaftliche Analyse der Langzeitstabilität im Fokus. HZG arbeitet dabei mit den weltweit führenden Forschungsinstitutionen und Industrieunternehmen zusammen. Wesentliche Ergebnisse sind kostengünstige Katalysatoren, Reaktive Hydrid-Komposite mit inhärentem Energiemanagement, in Polymermatrix eingebettete Hydride mit hoher Langzeitstabilität und Verunreinigungstoleranz, nanostrukturierte Oberflächen durch Beschichten mittels kinetischen Spritzens, sowie neuartige Membranen für die Abtrennung von H₂ aus Gasgemischen, z.B. zur Aufreinigung oder selektiven Entnahme von H₂ aus dem Erdgasnetz.

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

Für die Forschung stehen spezielle Anlagen zur Verfügung, zur Herstellung und Analyse der Materialien, Module und Prozesse sowie des Langzeitverhaltens in entsprechenden Anwendungen bis hin zum Pilotmaßstab. Außerdem betreibt HZG einzigartige Messeinrichtungen zur in situ Charakterisierung von Membranen, Trennprozessen und von Metall-Wasserstoff-Reaktionen unter Drücken bis 1.000 bar.



DEUTSCHES ELEKTRONEN-SYNCHROTRON DESY

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Edgar Weckert
Prof. Dr. Gerhard Grübel

edgar.weckert@desy.de (DESY Photon Science)
gerhard.gruebel@desy.de (CMWS)

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes **Personal** (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **14 grundfinanziert + 6 drittmittelfinanziert**

DESY entwickelt neue Analysemethoden und grüne Verfahren im Bereich der Wasserstoffforschung. Schwerpunkte sind die Grundlagenforschung zur Wasserspaltung, nachhaltige Wasserstoff-basierte Synthese-Verfahren und die Optimierung von Wasserstoffspeichertechniken. Dafür betreibt und entwickelt DESY experimentelle Infrastrukturen. Der Fokus liegt auf Röntgenexperimenten, bei denen analytische Methoden die Basis für Innovationen auf dem Gebiet der nachhaltigen Energieforschung bilden.

Expertise zu Wasserstoff

Produktion

Intermediäre und in situ H₂-Generierung, organische Hydrierungs-Reaktionen und Methanol-Synthese

Transport

Organische Festkörpernetzwerke, wie metallo-organische Netzwerke und Gele, und organische Flüssigkeiten als mögliche variable Matrizen

Umwandlung/Nutzung inkl. Brennstoffzellen

Protonen-Austausch-Membranen oder schwermetallfreie Brennstoffzellen

Power-to-X

Chalkogenit-basierte Batterien (Perowskite, Magnetite; Cobaltate)

Chemische Energieträger

Wasser, Nano- oder organische Energiespeichermedien

Kernkompetenzen

Analysemethoden an Synchrotronstrahlungsquellen (Speicherringe und Freie-Elektronen-Laser), Kopplung zu modernsten Laboranalysen, Entwicklung neuartiger Instrumentierung und von Lichtquellen im Attosekundenbereich

Alleinstellungsmerkmale

Entwicklung und Betrieb hochpräziser Röntgenapparaturen und ergänzender Instrumentierung zur Charakterisierung und Analyse komplexer Materialien mit hoher räumlicher, zeitlicher und energetischer Auflösung.

Synergien

Geplantes „Center for Molecular Water Science“ (CMWS) bei DESY bündelt Expertise zur molekularen Wasserforschung von DESY und Partnern. DESY kooperiert mit Universitäten (z.B. FAU Erlangen, TU Hamburg) und Industriepartnern (z.B. VW-Batteriewerk Salzgitter).

Leistungen

Beispiele für Leistungen sind Optimierung und Entwicklung fotoaktiver Perowskit-Systeme für die Wasserspaltung, Synthese von neuartigen Katalysatoren für Wasseraufspaltung und -speicherung in ultrakleinen Palladium Nanoteilchen, Studien zur ultraschnellen Dynamik von foto-angeregten Zuständen in Katalysatoren, welche die Umwandlungseffizienz von Wasser in Wasserstoff bestimmt. Forschungsarbeiten in den Bereichen Wasserspaltung, Energieträger und Methodenentwicklung wurden bzw. sind geplant patentiert zu werden.

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

Spezialisierte Anlagen an den Röntgenlichtquellen PETRA III und FLASH (betrieben von DESY) und dem benachbarten European XFEL; DESY NanoLab, Laser- und andere Labore, z.B. im CMWS.

HELMHOLTZ-ZENTRUM DRESDEN-ROSSENDORF E. V. (HZDR)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Sebastian M. Schmidt s.schmidt@hzdr.de
Dr. Gunter Gerbeth g.gerbeth@hzdr.de

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes **Personal** (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **8 grundfinanziert + 5 drittmittelfinanziert**

Am HZDR sind alle drei Institute des Forschungsbereichs Energie in die Wasserstoffforschung involviert. Die Aktivitäten umspannen den Bereich von Grundlagen- und angewandten Forschungen zur Optimierung von Elektrolyseprozessen bis hin zu systemischen Untersuchungen mit dem Ziel, zur Dekarbonisierung der Wirtschaft und zur Effizienzsteigerung entsprechender industrieller Prozesse beizutragen.

Expertise zu Wasserstoff

Am HZDR werden Grundlagenuntersuchungen zur Wasserstoffentwicklung in Elektrolyseprozessen durchgeführt, um zu einem verbesserten Verständnis des physikalisch-chemischen Prozesses der Gasentwicklung zu gelangen. Ziel der Untersuchungen ist die Erhöhung der maximalen Stromdichte sowie des Wirkungsgrades von (alkalischen) Elektrolyseuren. Weiterhin werden gemeinsam mit Partnern Untersuchungen zur Entwicklung von tubularen Hochtemperatur-Elektrolyseuren mit integrierter Kohlenwasserstoffsynthese ausgeführt. Hier werden aufskalierbare technologische Power-to-X-Lösungen entwickelt, die gleichzeitig zur Dekarbonisierung von Industrieprozessen beitragen können. Es besteht eine umfassende Expertise in strömungsmechanischen Simulationsmethoden und Messtechniken für Mehrphasenströmungen. Weiterhin erfolgen Simulationen zum Spezies-Transport in Untergrundspeichern sowie systemische Untersuchungen zur energie- und ressourcenmäßigen Gesamtbilanz z.B. beim Einsatz von grünem Wasserstoff in der Stahlproduktion oder zur effizienten Nutzung des bei Elektrolyseprozessen anfallenden Sauerstoffs.

Leistungen

- Elektrochemische und strömungsmechanische Analyse und Optimierung von Wasserstoffentstehung und -transport in Elektrolyseprozessen
- Untersuchungen zur Kopplung von Prozessen (Dekarbonisierung, Sauerstoff)
- Verbesserung reaktiver Transportmodelle im Hinblick auf Untergrundspeicher (wissenschaftliche Koordination des BMBF-Projektverbundes „ResKin“)
- Simulationen zur Systemintegration

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

- Labore für elektrochemische und strömungsmechanische Untersuchungen von Elektrolyse-Prozessen
- Strömungsmechanische Messtechnik für großskalige Mehrphasenströmungen (Tomografie)
- Oberflächenanalytische Laborausstattung (Interferometriemikroskopie, μ CT mit GeoPET) zur Analyse von Veränderungen des Porenraums von Reservoirgesteinen
- Simulationsmodelle zur energie- und ressourcentechnischen Bewertung und Auslegung komplexer Industrieprozesse

DEUTSCHES GEOFORSCHUNGSZENTRUM (GFZ)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Dr. h.c. Reinhard Hüttl reinhard.huettl@gfz-potsdam.de
Prof. Dr. Michael Kühn michael.kuehn@gfz-potsdam.de

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes **Personal** (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **5 grundfinanziert + 3 drittmittelfinanziert**

Das GFZ ist auf eine wirtschaftliche Nutzung des geologischen Untergrundes zur Speicherung von Wasserstoff als Teil der Wertschöpfungskette fokussiert. Der Einsatz von H₂ in großen Volumina für die Stahlindustrie, Petrochemie oder den Verkehrssektor erfordert Speicherung im TWh-Maßstab, die nur in geologischen Speichern möglich ist. Für die Realisierung dieser Speicherlösungen forscht das GFZ an multidisziplinären Erschließungs- und Überwachungskonzepten, in synergetischer Zusammenarbeit von Fachdisziplinen aus 4 Departments.

Expertise zu Wasserstoff

Speicher/Transport

Experimente zur Wechselwirkung von H₂ mit Reservoirfluiden, Speicher- und Deckgesteinen als Grundvoraussetzung für die Modellierung von Speicher- und Transporteigenschaften sowie Kalkulation möglicher Diffusionsverluste in Kavernen oder Porenspeichern, H₂-Diffusionsverhalten in Gestein und Werkstoffen, tomographisches Monitoring von unterirdischem Speicherraum, Analyseverfahren zu mikrobiellen Gasumwandlungsprozessen, Anwendung von numerischen Simulatoren zur Prognose des Langzeitverhaltens von geologischen Speichern.

Leistungen

Praktische Umsetzung von Untertage-Laboren in regionalen Strukturen mit multidisziplinären Partnern aus Wissenschaft und Industrie sowie in enger Zusammenarbeit mit zuständigen Behörden und der lokalen Bevölkerung. Schaffung von öffentlicher Akzeptanz für die stoffliche Aquiferspeicherung am CO₂-Pilotstandort Ketzin.

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

Ein zertifiziertes Wasserstoffforschungslabor erlaubt Experimente mit 100 % Wasserstoff bei Drücken bis 300 bar. Labore für Gasanalytik und Geomikrobiologie zur Bestimmung von speicherrelevanten Parametern.

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK (IPP)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. S. Günter sibylle.guenter@ipp.mpg.de
Prof. Dr. U. Fantz ursel.fantz@ipp.mpg.de

Im Jahr 2019 mit Wasserstoff beschäftigtes Personal (in Vollzeitäquivalent, Selbstangabe der Zentren): **3,5 grundfinanziert**

Die Arbeitsgruppe „Plasma for Gas Conversion“ (P4G) untersucht seit 2017 die physikalischen Grundlagen der Anwendung von Plasmaverfahren zur CO₂ Verwertung mittels erneuerbarer Energien. Dabei soll CO₂ in höherwertige Chemikalien umgewandelt werden, was für die Entwicklung chemischer Energiespeicher („solar fuels“) von entscheidender Bedeutung ist. In 2021 wird die Gruppe auf 14,5 FTE anwachsen (davon 6,5 an unseren universitären Partnern Stuttgart und Augsburg).

Expertise zu Wasserstoff

Die Arbeitsgruppe verfügt über eine Kernkompetenz im Bereich der CO₂-Umwandlung für Energieträger mittels Plasmaverfahren, die Teil des Themas Power-to-X und chemische Energieträger ist. Eine Erweiterung des Themas in Richtung „trockene“ Methanreformierung ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 2 \text{CO} + 2 \text{H}_2$) ist geplant.

Leistungen

Ein wichtiger Aspekt der Plasmaverfahren, insbesondere im Vergleich mit thermischen Verfahren, ist die flexible und reaktionsschnelle Betriebsbereitschaft (Plasma on Demand) die mit geringen Wärmeflüssen hergestellt werden. Zum Beispiel liegen schon bei niedrigeren Gasströmen von 10 slm die derzeit erreichten Konversionsraten des Kohlendioxids bei 40 %.

Wasserstoff-relevante Forschungsinfrastruktur

Basierend auf den Explosionsschutz-Vorschriften kann die verfügbare Anlage mit bis zu 30 slm erzeugtem Wasserstoff umgehen. Im Rahmen der Anbindung an die Helmholtz-Zentren (KIT, FZJ) kann das Plasmaverfahren (auch in Kombination mit Katalysatoren) in der Wertschöpfungskette als Teilbaustein erprobt und bewertet werden.

AUSBLICK

Die Forschungsaktivitäten der Helmholtz-Gemeinschaft bilden eine wesentliche Grundlage für den Aufbau einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft. Zukünftige Entwicklungen in der Helmholtz-Gemeinschaft sollen die Rolle der Gemeinschaft bei Innovationsprozessen, beispielhaft in Regionen des Strukturwandels stärken. Dies betrifft das Vorhaben „Helmholtz-Cluster für nachhaltige und infrastrukturkompatible Wasserstoffwirtschaft (HC-H₂), Jülich“, das „Innovationszentrum für nachhaltige elektrochemische Wertschöpfungsketten (iNEW)“ oder das neue DLR Institut „Future Solar Fuels“. Im Hinblick auf den Strukturwandel in der Automobilindustrie wird die Einrichtung eines „Kompetenzzentrums für Wasserstoffmobilität“ vorgeschlagen.

Ergänzend zur institutionellen Förderung in der POF-IV sind Programm- und Forschungsbereichsübergreifende Förderinitiativen erforderlich, um:

- die interdisziplinäre Zusammenarbeit für die ganzheitliche Betrachtung komplexer Forschungsthemen, beispielsweise die Sektorkopplung mittels Wasserstoff, zu verstärken und Synergien besser auszuschöpfen
- die Kompetenzen zur Materialcharakterisierung, zur Materialentwicklung, -Modellierung und -Herstellungsverfahren synergetisch zu ordnen, um die Entwicklungen entlang der Wertschöpfungskette zu beschleunigen
- den Einsatz von Supercomputing und die Integration von Künstlicher Intelligenz für die Energiematerialentwicklung und die Planung und Steuerung komplexer, dezentraler Energiesysteme durch die Kooperation zwischen dem Forschungsbereich Information und den Forschungsbereich Energie weiterzuentwickeln und Entwicklungszyklen von Materialien und Technologien bis zur Marktreife zu verkürzen
- den Ausbau von Forschungsinfrastrukturen, beispielsweise von Reallaboren der Energiewende und den Auf- und Ausbau von Demonstrationsprojekten und Pilotanlagen für eine zeitnahe Hochskalierung von Technologien zur Überführung vom Labormaßstab in die großtechnische Anwendung und den Markt voranzutreiben
- im Rahmen von Kooperationen mit der Industrie sowie mit nationalen und internationalen Partnern in paralleler Bearbeitung von Forschungsaufgaben die Entwicklung von Wasserstofftechnologien von der Invention zur Innovation zu beschleunigen und den Transfer in den Markt vorzubereiten
- Perspektiven der nachhaltigen Wasserstoffgewinnung außerhalb Deutschlands zu eröffnen, d.h. solar- und windbasierte Wasserstoffherstellung sowie Transportoptionen und Logistik zu ermöglichen
- Bildung & Ausbildung gemeinsam mit Universitäten, Fachhochschulen, Industrie- und Handelskammern etc. voranzubringen.

KONTAKT

Vizepräsident und Koordinator des Forschungsbereichs Energie der Helmholtz-Gemeinschaft

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

E-Mail: holger.hanselka@kit.edu
Karlsruher Institut für Technologie
Postfach 3640
76021 Karlsruhe

Wissenschaftliche Ansprechpartner der beteiligten Zentren

DESY – Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY

Prof. Dr. Gerhard Grübel
E-Mail: gerhard.gruebel@desy.de

DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.

Prof. Dr. André Thess
E-Mail: Andre.Thess@dlr.de

FZJ – Forschungszentrum Jülich GmbH

Prof. Dr. Olivier Guillon
E-Mail: o.guillon@fz-juelich.de

GFZ – Deutsches GeoForschungsZentrum

Prof. Dr. Michael Kühn
E-Mail: michael.kuehn@gfz-potsdam.de

HZB – Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie

Prof. Dr. Roel van de Krol
E-Mail: roel.vandekrol@helmholtz-berlin.de

HZDR – Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf e. V.

Dr. Gunter Gerbeth
E-Mail: g.gerbeth@hzdr.de

HZG – Helmholtz-Zentrum Geesthacht – Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH

Prof. Dr. Thomas Klassen
E-Mail: thomas.klassen@hzg.de

IPP – Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

Prof. Dr. Ursel Fantz
E-Mail: ursel.fantz@ipp.mpg.de

KIT – Karlsruher Institut für Technologie

Prof. Dr.-Ing. Thomas Jordan
E-Mail: thomas.jordan@kit.edu

UFZ – Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH

Prof. Dr. Andreas Schmid
E-Mail: andreas.schmid@ufz.de

IMPRESSUM

Herausgeber: Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V.

Redaktion: Prof. Dr. O. Guillon, Dr. M. Cyperek; Forschungszentrum Jülich GmbH

Design: Grafische Medien, Forschungszentrum Jülich GmbH

Stand: Mai 2020