

## Wasserstoff: Wesentlicher Baustein der Energiewende

Deutschland und die Europäische Union streben spätestens für das Jahr 2050 an, klimaneutral zu werden. Dabei soll die Bevölkerung sicher mit Energie versorgt werden und die Industrie wettbewerbsfähig bleiben. Damit Deutschland das Ziel der Energiewende erreicht, müssen Technologien entwickelt und in großem Maßstab marktgängig werden, mit denen sich Wasserstoff (H<sub>2</sub>) produzieren, speichern, verteilen und nutzen lässt. Denn:

- Wasserstofftechnologien können die **Lücke zwischen der schwankenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und der Nachfrage schließen**. Das gilt für Lücken, die sich ansonsten für Stunden, Tage, Wochen oder gar Monate auftun würden. Somit stellen Wasserstofftechnologien sicher, dass die Verbraucher:innen ganzjährig bedarfsgerecht mit Energie versorgt werden.
- Wasserstofftechnologien ermöglichen es, die oft getrennt betrachteten **Energiesektoren (Strom, Wärme), Industrie und Verkehr zu koppeln** und umfassend zu optimieren. Beispielsweise kann die Industrie bei einem Überangebot an erneuerbarem Strom mit Hilfe dieses Stroms Wasserstoff herstellen, der dann zum Antrieb von Brennstoffzellen-Fahrzeugen verwendet wird.
- Wasserstoff ist wesentlich, um bei industriellen Produktionsprozessen – etwa bei der **Herstellung von Stahl oder chemischer Grundstoffe** – ohne kohlenstoffhaltige Energieträger auszukommen.
- Bei **Produktionsprozessen**, bei denen die Bildung von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) unvermeidlich ist, kann die Industrie die Emissionen abfangen und mit Hilfe von Wasserstoff in nutzbare Stoffe wie synthetische Kraftstoffe und Chemikalien umwandeln.

## Kompetenz und Infrastruktur der Helmholtz-Gemeinschaft

Die Energiewende gehört zu den großen Herausforderungen der Gesellschaft, für die Helmholtz Lösungen erarbeitet – und zwar mit einem langfristigen und ganzheitlichen Ansatz. An Wasserstofftechnologien forschen **rund 600 Mitarbeiter:innen in zehn Zentren**. Die Forschung umfasst dabei das ganze Spektrum von den Grundlagen bis zur Anwendung und die gesamte Wertschöpfungskette. Helmholtz-Wissenschaftler:innen betreiben aber **nicht nur technologische Forschung, sondern führen auch systemanalytische und sozioökonomische Studien** durch, um das Energiesystem im Hinblick auf die technologische Ausrichtung und einschließlich aller gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Aspekte zu optimieren.

Die Helmholtz-Zentren entwickeln zudem **neue Prozess- und Wertschöpfungsketten für Wasserstoff** einschließlich der resultierenden chemischen Energieträger. So schaffen sie nachhaltige Alternativen zu Produktionswegen und zu Verkehrskonzepten, die derzeit noch auf fossilen Rohstoffen beruhen. Sie forschen an der intelligenten Vernetzung der verschiedenen Technologien und Komponenten, um ein Energiesystem zu gestalten, das effizient mit den Ressourcen umgeht und widerstandsfähig gegenüber Störungen ist.

Helmholtz verfügt über viele, oft **einzigartige Einrichtungen**, um Wasserstofftechnologien zu entwickeln, zu analysieren, zu testen sowie ihren praktischen Einsatz zu erproben. Zu dieser Forschungsinfrastruktur zählen beispielsweise große Einrichtungen, um funktionelle Beschichtungen, Schichtsysteme und ganze Bauteile herzustellen. Materialien für Wasserstofftechnologien können an weltweit führenden Röntgenlichtquellen analysiert und andernorts unter tiefkalten Bedingungen grundlegend untersucht werden. Für Brennstoffzellen und Elektrolyseure existieren Teststände und spezialisierte Einrichtungen zur elektrochemischen Charakterisierung. Weiterhin betreiben Helmholtz-Wissenschaftler:innen die weltweit größte künstliche Sonne, um die solare Wasserstoffherstellung zu erproben, sowie eine Einrichtung für Wasserstoff-Sicherheitsversuche im Industriemaßstab.

## Forschung für Innovationen

Helmholtz hat in den letzten Jahren seine Rolle bei **Innovationsprozessen** insbesondere in **Regionen des Strukturwandels** gestärkt: Das „Helmholtz-Cluster für nachhaltige und infrastrukturkompatible Wasserstoffwirtschaft (HC-H2)“ entwickelt wegweisende Konzepte für eine innovative und nachhaltige Wasserstoffwirtschaft und -infrastruktur. Die Erforschung und Entwicklung neuartiger und leistungsfähiger Elektrolyseverfahren zur Anwendung in nachhaltigen Power-to-X (P2X) Lösungen ist Aufgabe des „Inkubators Nachhaltige Elektrochemische Wertschöpfungsketten (iNEW 2.0)“. Das DLR-Institut für Future Fuels zielt auf Materialien, Komponenten und Verfahren für klimaneutrale Brennstoffe.

Der **Ausbau von Forschungsinfrastrukturen** ist Voraussetzung, um Wasserstofftechnologien baldmöglichst in die großtechnische Anwendung und in den Markt zu bringen. Dazu zählen insbesondere die Reallabore der Energiewende sowie Demonstrationsprojekte, Pilotanlagen, Großversuchsinfrastrukturen und ein Forschungsschiff. Forschende aus Helmholtz sind hierfür an den drei Wasserstoff-Leitprojekten des BMBF H2Giga, H2Mare und Transhyde wesentlich beteiligt. In den Projekten geht es um die Serienfertigung von Elektrolyseanlagen zur Herstellung grünen Wasserstoffs mit regenerativ gewonnener elektrischer Energie und die Möglichkeiten, grünen Wasserstoff und seine Folgeprodukte direkt auf See zu produzieren. Dazu braucht es neue Technologien und Lösungen für den Wasserstofftransport. In einem Innovationspool-Projekt arbeiten Helmholtz-Zentren zusammen, um die Reinheit und den Druck von solarem Wasserstoff zu erhöhen und damit unnötige Aufbereitungsschritte zu vermeiden. Die Entwicklung neuartiger Katalysatormaterialien insbesondere für die Erzeugung von grünem Wasserstoff hat CatLab, die gemeinsame Forschungsplattform von Helmholtz, Max-Planck sowie der Humboldt-Universität zu Berlin, im Fokus.

Helmholtz ist es ein Anliegen, den **Weg von der Erfindung zum Transfer in den Markt** durch Kooperationen mit der Industrie sowie mit nationalen und internationalen Partnern schneller zurückzulegen und auch Perspektiven der nachhaltigen Wasserstoffgewinnung außerhalb Deutschlands zu eröffnen.

Im Fokus steht ebenso die Bildung und Ausbildung, die gemeinsam mit Universitäten, Fachhochschulen sowie Industrie- und Handelskammern ausgebaut und vorangebracht werden soll.

### KONTAKT/IMPRESSUM

Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e. V.  
Holger Hanselka | Vizepräsident für Energie  
E-Mail: holger.hanselka@kit.edu  
c/o Koordinationsstelle Helmholtz-Forschungsbereich Energie  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Postfach 6980  
76049 Karlsruhe

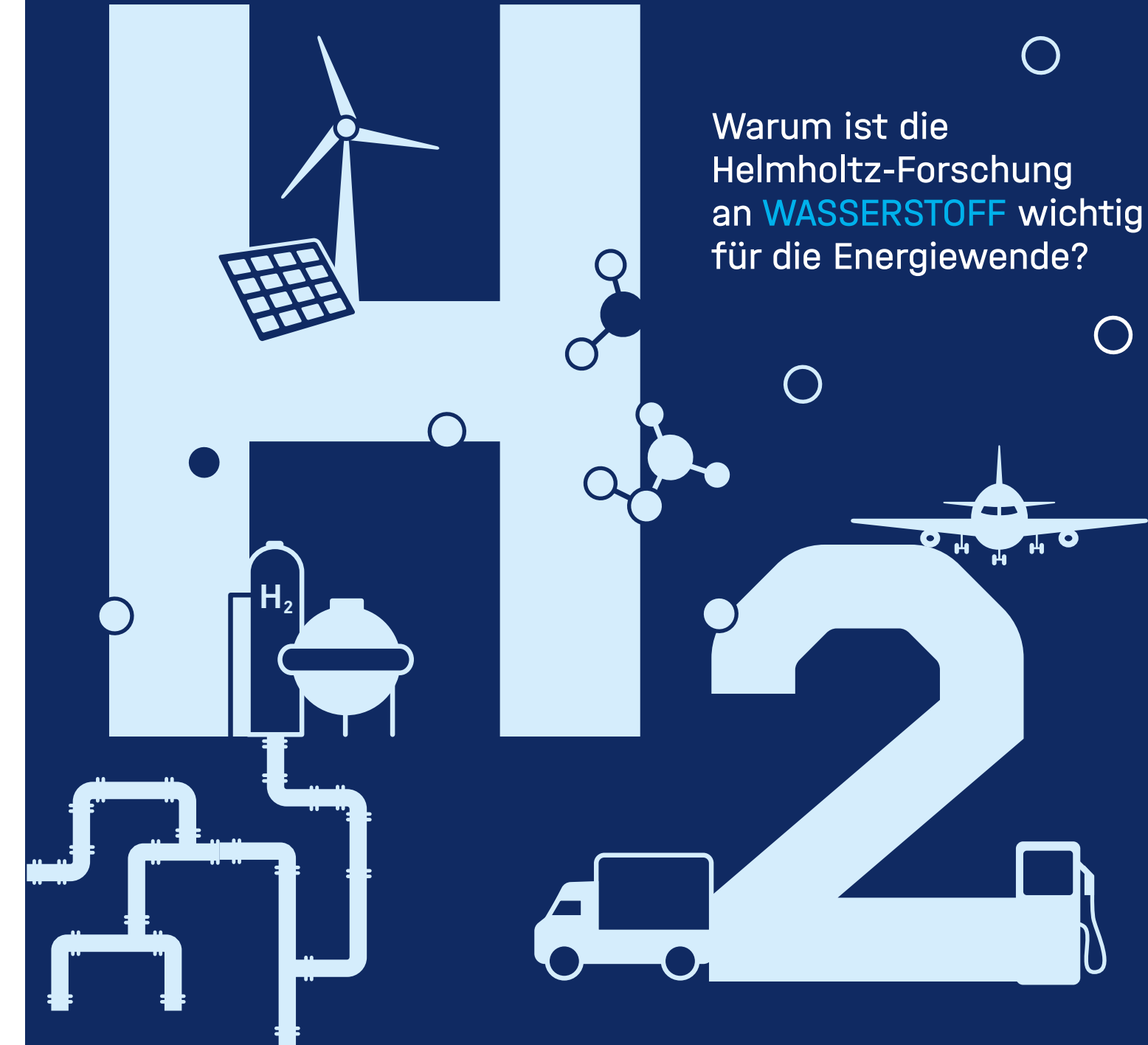
### WISSENSCHAFTLICHE ANSPRECHPARTNER:INNEN DER BETEILIGTEN ZENTREN

DESY:	Gerhard Grübel	E-Mail: gerhard.gruebel@desy.de
DLR:	André Thess	E-Mail: andre.thess@dlr.de
FZJ:	Olivier Guillon	E-Mail: o.guillon@fz-juelich.de
GFZ:	Michael Kühn	E-Mail: michael.kuehn@gfz-potsdam.de
HZB:	Roel van de Krol	E-Mail: roel.vandekrol@helmholtz-berlin.de
HZDR:	Gunter Gerbeth	E-Mail: g.gerbeth@hzdr.de
Hereon:	Thomas Klassen	E-Mail: thomas.klassen@hzg.de
IPP:	Ursel Fantz	E-Mail: ursel.fantz@ipp.mpg.de
KIT:	Thomas Jordan	E-Mail: thomas.jordan@kit.edu
UFZ:	Andreas Schmid	E-Mail: andreas.schmid@ufz.de

Weitere Informationen:  
helmholtz.de/forschung/im-fokus/wasserstofftechnologien  
Stand: August 2022



## HELMHOLTZ



Warum ist die Helmholtz-Forschung an **WASSERSTOFF** wichtig für die Energiewende?

# Kompetenzatlas WASSERSTOFF



# Produktion

## Kostengünstig und nachhaltig

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, Wasserstoff herzustellen. Die Helmholtz-Wissenschaftler:innen arbeiten daran, etablierte Produktionsverfahren wie etwa die **Elektrolyse kostengünstiger, nachhaltiger und zuverlässiger** zu machen. Ein Schwerpunkt besteht darin, die **Ergebnisse vom Labor auf Demonstrationsanlagen im industriellen Maßstab zu übertragen**. Daneben erforschen die Wissenschaftler:innen auch **junge, wenig ausgereifte Technologien**, wie etwa die **biokatalytische Herstellung von Wasserstoff**.

### HIGHLIGHTS

- 400 kW Niedertemperaturelektrolyseur im dynamischen Betrieb (FZJ)
- 20.000 Stunden Betrieb eines Hochtemperatur-Elektrolyseestacks (FZJ)
- Entwicklung des weltweit größten solaren Wasserstoffreaktors (DLR)
- Entwicklung von Methanpyrolyse und Reformierung im überkritischen Wasser zur CO<sub>2</sub>-freien Wasserstoffherstellung (KIT)
- Entwicklung von Cyanobakterien-Biokatalysatoren, die Wasserstoff direkt aus Wasser freisetzen können (UFZ)
- Wirkungsgrad-Rekord für die künstliche Photosynthese mit Silizium-Solarzellen (FZJ)
- Demonstration eines 50 Quadratzentimeter großen künstlichen Blatts zur solaren Wasserstoff-Herstellung, basierend auf Metall-Oxiden (HZB)
- Charakterisierung an Synchrotronstrahlungsquellen von neuartigen Katalysatoren zur Aufspaltung von Wasser (DESY)



Polymerelektrolytmembran-basierte Stack-Kombination bei der Charakterisierung im Elektrolysesteststand (FZJ)



# Speicherung & Verteilung

## Vielfältige Möglichkeiten

Wasserstoff kann Vorteile wie die bedarfsgerechte Verfügbarkeit und die Sektorenkopplung nur dann ausspielen, wenn er sicher gespeichert wird, bis er gebraucht wird, und zuverlässig dorthin transportiert wird, wo er gebraucht wird. Künftig werden unter anderem **Speicher für große Mengen Wasserstoff benötigt**.

Helmholtz-Wissenschaftler:innen erkunden, inwieweit als Gasspeicher **unterirdische Lagerstätten oder bereits vorhandene Erdgasspeicher** in Frage kommen. Gasförmiger Wasserstoff könnte über das Erdgasnetz transportiert werden, das in Deutschland gut ausgebaut ist.

Wasserstoff lässt sich aber auch in Feststoffe einlagern. Beim Erwärmen setzen diese sogenannten **Hydridspeicher** den Wasserstoff wieder frei. Wasserstoff kann außerdem mit ungesättigten organischen Verbindungen zu einer energiereichen Flüssigkeit reagieren, die dann ähnlich wie Erdöl gelagert oder transportiert wird. Die Wissenschaftler:innen entwickeln solche **LOHC-Technologien** (liquid organic hydrogen carrier) und Hydridspeicher weiter.

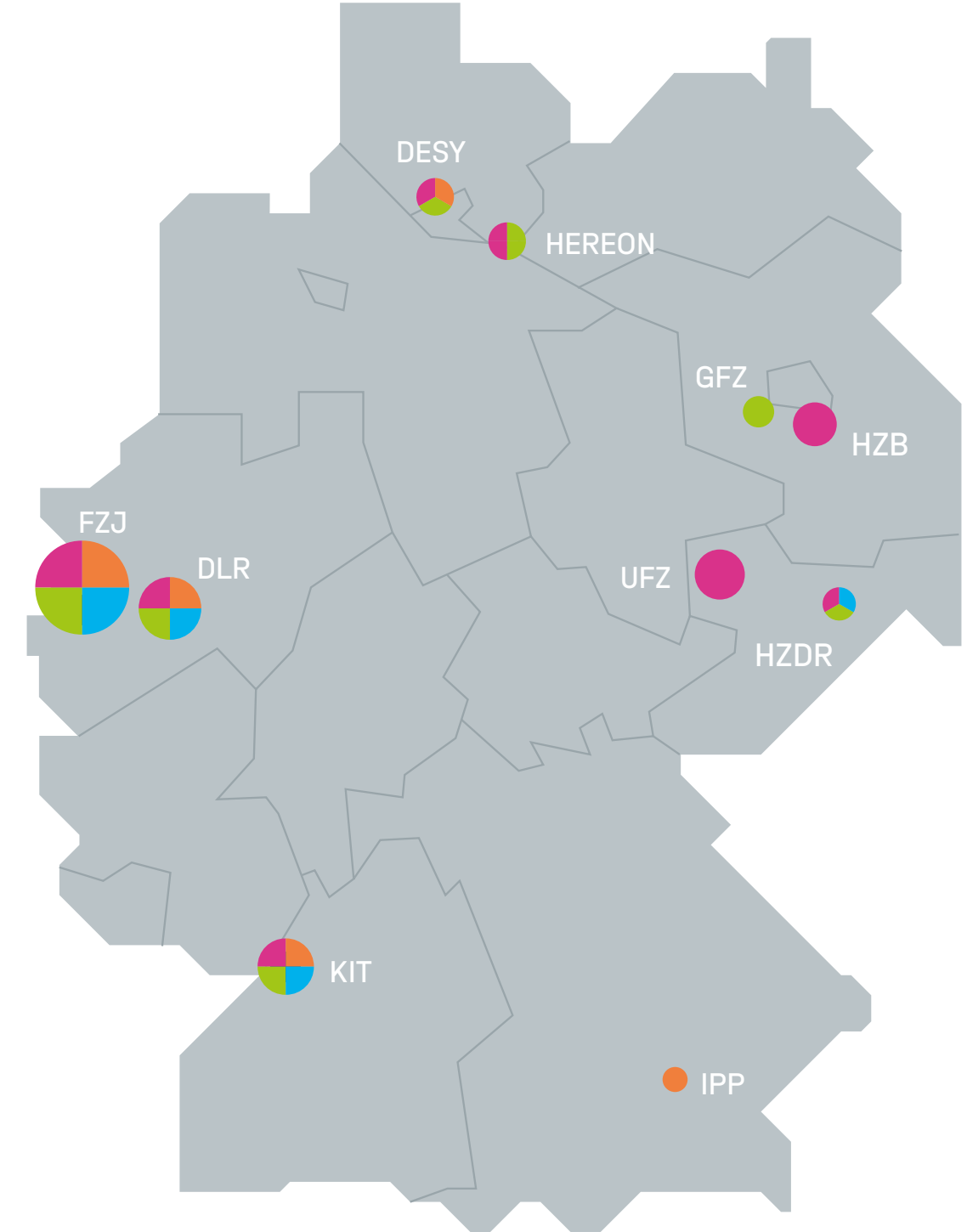
### HIGHLIGHTS

- Experimente und Modellierung zur sicheren und effizienten Speicherung von H<sub>2</sub> in Feststoffspeichern, vom Labor bis zur technischen Umsetzung (Hereon)
- Wasserstoffsicherheits-Testzentrum zur Entwicklung von neuen Teststandards und Optimierung von Sicherheitstechnik (KIT)
- LOHC-Demonstrationsanlagen (FZJ)



Wasserstoffsicherheits-Testzentrum zur Entwicklung von neuen Teststandards und Optimierung von Sicherheitstechnik (KIT)

# Kompetenzatlas Wasserstoff



- 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 Hereon (Hereon)
  - Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)
  - Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)
  - Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)
  - Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP)

Die Größe der Kreise symbolisiert, wie viele Mitarbeiter:innen im jeweiligen Zentrum an Wasserstoff-Technologien forschen.

- Produktion
- Speicherung & Verteilung
- Nutzung
- Systemanalyse

## Brennstoffzellen und synthetische Kraftstoffe

Helmholtz-Wissenschaftler:innen arbeiten daran, den Wirkungsgrad, die **Langlebigkeit** und die **Leistungsfähigkeit** von Brennstoffzellen zu verbessern. Brennstoffzellen wandeln Wasserstoff direkt in elektrische Energie um und sind für zahlreiche Anwendungen interessant: für den elektrischen Antrieb oder die Bordstromversorgung von Lastwagen, Bussen, Flugzeugen, Schiffen, Gabelstaplern und PKW, für Blockheizkraftwerke sowie für die Stromversorgung netzferner Geräte. Es gibt verschiedene Zelltypen, die aufgrund ihrer Eigenschaften und Betriebsbedingungen unterschiedlich gut zu den jeweiligen Anwendungen passen.

Wasserstoff lässt sich außerdem nutzen, um daraus **synthetische, flüssige Kraftstoffe** sowie Grundchemikalien zu gewinnen. Die Forschenden entwickeln entsprechende Verfahren bis hin zum industriellen Maßstab.

### HIGHLIGHTS

- 100.000 Stunden Dauerbetrieb eines Festoxid-Brennstoffzellenstacks (FZJ)
- Kompaktes Brennstoffzellenmodul zur Bordstromversorgung mobiler Anwendungen (FZJ)
- Weltweit erste Wasserstoff-betriebene Hochseefähre (DLR)
- Entwicklung von Brennern für Gasturbinen, in denen reiner Wasserstoff verbrannt werden kann (DLR)
- Entwicklung chemischer Reaktortechnologien, mit denen Wasserstoff und CO<sub>2</sub> dezentral in synthetische Energieträger und chemische Wertstoffe umgewandelt werden kann (KIT, FZJ)



HY4 – erstes, viersitziges Passagierflugzeug, das ausschließlich mit einem Wasserstoff-Brennstoffzellen-Batteriesystem angetrieben wird (DLR)

## Das Energiesystem der Zukunft

Entscheidungen in der Energiewirtschaft, der Energiepolitik und der Forschungsförderung wirken sich über lange Zeiträume hinweg aus und sind bedeutsam für fast alle gesellschaftlichen Bereiche. Um vorausschauend zu handeln, die Chancen neuer Technologien frühzeitig zu erkennen und die Risiken für Umwelt und Wirtschaft zu verringern, benötigt man systemanalytisches Wissen. So entwickeln Helmholtz-Wissenschaftler:innen **sektorenübergreifende Modelle des deutschen, des europäischen und des globalen Energiesystems** und binden dabei Wasserstofftechnologien ein. Sie bewerten diese Technologien und berücksichtigen dabei **sicherheitsrelevante, ökonomische, ökologische und soziale Aspekte**. Sie entwerfen Konzepte, um energieintensive Industriebranchen mit Wasserstoff zu dekarbonisieren, also auf kohlenstoffarme oder kohlenstofffreie Produktionsprozesse umzustellen. Weiterhin entwerfen sie Wasserstoffversorgungssysteme und analysieren großtechnische Speichermöglichkeiten.

### HIGHLIGHTS

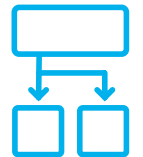
- Studie: Wege für die deutsche Energiewende bis 2050 (FZJ)
- Reallabore für intelligent vernetzte Energiesysteme auf der Basis erneuerbarer Energiequellen (FZJ, KIT, DLR)



Darstellung einer nachhaltigen vernetzten Energieinfrastruktur (FZJ)



# Nutzung



# Systemanalyse