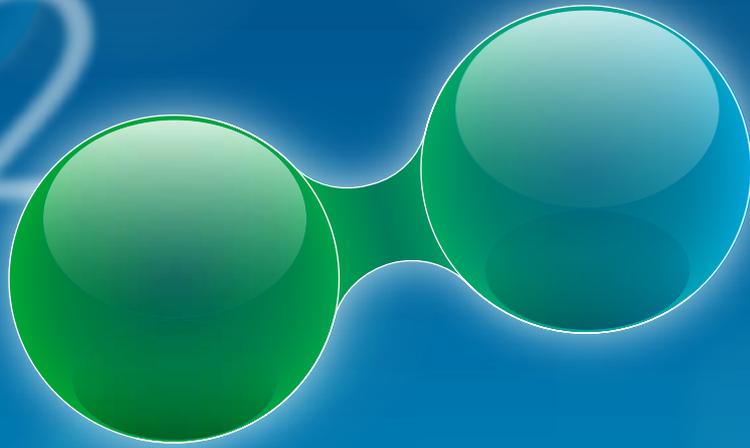
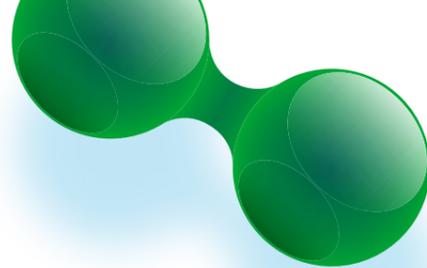


H₂



WASSERSTOFF-FORSCHUNG IM DLR

Jetzt die Weichen stellen für ein klimaneutrales Energie- und Verkehrssystem



WASSERSTOFF-FORSCHUNG IM DLR

Wegbegleiter in eine klimaneutrale Zukunft

Nachhaltig und wirtschaftlich erzeugter „grüner“ Wasserstoff ist ein zentraler Baustein, um den Ausstoß von Treibhausgasen in den Bereichen Energie, Verkehr und Industrie massiv zu senken und dem Klimawandel zu begegnen. Wasserstofftechnologien werden in Deutschland schon lange und erfolgreich erforscht. Nun sind mutige Ansätze gefragt, Wasserstoff in großem Maßstab zu erzeugen und einzusetzen. Hier kann Deutschland eine globale Vorreiterrolle einnehmen und damit einen Beitrag für unser Klima sowie den Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort leisten. Es gilt, massiv in Wasserstoffforschung und -technologien zu investieren sowie die Rahmenbedingungen für eine breite Markteinführung zu schaffen.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist in allen Bereichen der Wasserstoffforschung aktiv – von der Herstellung bis zur Nutzung. Mit der Erfahrung aus mehreren Jahrzehnten arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler daran, Wasserstoff gemäß dem Bedarf von Gesellschaft und Wirtschaft umfassend nutzbar zu machen.

So forscht das DLR an der Erzeugung von „grünem“ Wasserstoff durch solarthermische und photoelektrochemische Verfahren sowie durch Elektrolyse, am Transport und der Verteilung via Pipeline, Schiff oder LKW sowie an der Speicherung in Kavernen und Tanks. Vom DLR entwickelte Energiewandler wie Brennstoffzellen können in Zügen, Schiffen, Straßenfahrzeugen und in Flugzeugen eingesetzt werden. Darüber hinaus treibt Wasserstoff als Brennstoff Gasturbinen und Raketen an und findet eine stoffliche Anwendung in industriellen Prozessen, zum Beispiel bei der Stahlherstellung, Ammoniaksynthese und der Produktion alternativer Treibstoffe.

Mit seinen Technologieentwicklungen treibt das DLR die Systemintegration von Wasserstoff voran und ist damit in der Lage, die gesamte Prozesskette bezüglich Effizienz, Sicherheit und Effektivität zu optimieren. Durch Technologiebewertungen werden auch ökologische, gesellschaftliche und ökonomische Faktoren berücksichtigt.

Das DLR nutzt seine infrastrukturellen Möglichkeiten und Großanlagen, um technische Lösungen vom Labormaßstab bis in industrielle Größenordnungen zu etablieren. Langjährige Kooperationen mit der Industrie erlauben eine anwendungsnahe Entwicklung, einen raschen Transfer sowie eine direkte Rückkopplung zurück in die Forschung. Darüber hinaus werden Produkte auch über Ausgründungen in den Markt gebracht. Insgesamt trägt das DLR wesentlich zur Entwicklung einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft in Deutschland bei.

Neben den bestehenden Instituten erweitern und verstärken Neugründungen die Aktivitäten des DLR in der Wasserstoffforschung. Sie untersuchen die Dekarbonisierung von Industrieprozessen, die solare Herstellung synthetischer Kraftstoffe auf Wasserstoffbasis sowie die Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff für energieeffiziente und emissionsarme Antriebe.

Das DLR stellt Wissen bereit, damit Entscheidungsträger eine Balance zwischen den heutigen technischen und ökonomischen Möglichkeiten und den zu erwartenden langfristigen Entwicklungsperspektiven finden.



Erzeugung

- 1 Elektrolyse Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff mithilfe elektrischen Stroms
- 2 Solare Wasserstofferzeugung Nutzung der Sonnenenergie zur Wasserspaltung über einen thermochemischen Prozess

Transport/Speicherung

- 3 Pipeline Wasserstofftransport mithilfe neuer oder modifizierter Gasnetze
- 4 Speicherkaverne Ausgleich saisonaler Nachfrage mit großen Wasserstoffspeichern im Untergrund
- 5 Tankschiff Import von grünem Wasserstoff mithilfe von Tankschiffen
- 6 Tank Wasserstoffverteilung über das Straßennetz
- 7 Tankstelle Wasserstoffbereitstellung für den mobilen Einsatz (PKW, LKW, Zug, Flugzeug, Schiff)

Nutzung

- 8 Gebäude Nutzung von Wasserstoff für Strom und Wärme in Gebäuden
- 9 Industrie Wasserstoff für Strom und Wärme, als Reduktionsmittel und Bestandteil von Produkten
- 10 Kraftwerk Stromerzeugung mit Wasserstoff als Brennstoff unter Nutzung der Abwärme
- 11 Raffinerie Herstellung von synthetischen Kraftstoffen auf Wasserstoffbasis
- 12 ÖPNV Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb im öffentlichen Personennahverkehr
- 13 Lastenrad Wasserstoff als Antrieb in Lastenrädern
- 14 PKW Brennstoffzellen als Antriebstechnologie in PKW
- 15 LKW Wasserstoffbetriebene Schwerlastfahrzeuge
- 16 Schiff Wasserstoff als Treibstoff für die maritime Nutzung
- 17 Flugzeug Nutzung von Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen in der Luftfahrt
- 18 Zug Einsatz von Brennstoffzellen-Zügen auf nicht-elektrifizierten Strecken
- 19 Rakete Wasserstoff als Raketentreibstoff



ERZEUGUNG

Elektrolyse und solarthermische Verfahren

Eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft mit einem hohen Energiebedarf lässt sich nach heutigem Kenntnisstand nur mit „grünem“ Wasserstoff erreichen, bei dessen Produktion Wasser und klimaneutrale Energie eingesetzt werden. Entsprechende Herstellungsverfahren stellen einen Forschungsschwerpunkt des DLR dar. Im Fokus stehen die Kostensenkung und Effizienzsteigerung der Wasserelektrolyse und die Entwicklung solarthermischer Verfahren.

Die **Elektrolyse** ist eine bekannte und kommerziell verfügbare Technologie. Ihr Prinzip ist nicht neu: Wasser wird mithilfe von Strom in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Drei Verfahren stehen hier im Mittelpunkt, deren Weiterentwicklung das DLR vorantreibt: die klassische alkalische Elektrolyse, die Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse und die Hochtemperatur-Elektrolyse. In Deutschland ist die aus erneuerbarem Strom gespeiste Elektrolyseleistung aktuell noch gering. Für den Umstieg in eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft müssen die Kapazitäten massiv ausgebaut und die Effizienz der Elektrolyse gesteigert werden. Auch eine starke Kostensenkung und ein zuverlässiger Betrieb werden durch die neuen Anforderungen benötigt.

Solarthermische Verfahren zur Wasserstoffproduktion versprechen attraktive Wirkungsgrade. In solarthermischen Kraftwerken wird die Sonnenstrahlung konzentriert. Mit dieser Wärmeenergie lässt sich Wasserstoff produzieren, indem Wasser thermochemisch gespalten wird. Solche Kraftwerke bieten sich vor allem in sonnenreichen Regionen der Erde an. Das DLR entwickelt Komponenten und Verfahren weiter, um diese Anlagen möglichst effizient, langlebig und industrietauglich zu gestalten. Erste Pilotanlagen sind bereits in Betrieb. Bis zur Marktreife der solaren Wasserstoffherstellung wird es noch einige Jahre dauern.

Neben der heimischen Produktion von Wasserstoff spielt der Import aus sonnenreichen Ländern eine große Rolle. Von besonderer Bedeutung für potenzielle Importe von Wasserstoff oder aus Solarwasserstoff hergestellten synthetischen Brennstoffen sind Nordafrika und der Nahe Osten. Das DLR entwickelt technologische Lösungen, die eine kostengünstige Erzeugung von Wasserstoff im sogenannten Sonnengürtel der Erde im großtechnischen Maßstab ermöglichen. Damit können erhebliche Mengen für den weltweiten Bedarf erzeugt werden.



SPEICHERUNG UND VERTEILUNG

Zuverlässig, sicher und wirtschaftlich sind Attribute, die neben der Produktion auch für den Transport und die Speicherung von Wasserstoff in einer Wasserstoffwirtschaft entscheidend sind. Es geht um die Transportwege von global verteilten Produktionsorten über die Knotenpunkte in den Abnehmerländern bis hin zum einzelnen Endnutzer. Je nach Distanz könnte der Wasserstoff entweder direkt oder nach einer Umwandlung als Ammoniak, Methan oder in Form anderer flüssiger, organischer Form per Schiff, LKW und Pipelines transportiert werden. Im Moment steht noch nicht fest, welcher dieser Ansätze der wirtschaftlichste und sicherste sein wird. Dies wird im DLR intensiv erforscht.

Das DLR arbeitet an Möglichkeiten, das bestehende Erdgas- in ein Wasserstoffverteilnetz zu überführen. Das deutsche Transport- und Verteilnetz für Gas verfügt bereits über die Möglichkeit, ein Gemisch aus Gas und Wasserstoff zu transportieren. Um den Anteil an Wasserstoff deutlich zu erhöhen, sind zunächst Materialien, Komponenten, Betriebsweise, Anlagentechnik, Nutzungsanforderungen und Transformationsstrategien genauer zu untersuchen und

zu optimieren. Hier kann das DLR auf seine Erfahrung mit Raumfahrtinfrastrukturen zurückgreifen, die im Rahmen von Technologietransferprojekten übertragen wird. Darüber hinaus entwickelt das DLR Konzepte für den Import von Wasserstoff über Tankschiffe sowie die dafür benötigte Hafeninfrastruktur.

Als speicherbarer Energieträger spielt Wasserstoff eine wichtige Rolle. Ein wesentlicher Bestandteil der gesamten Wasserstoffinfrastruktur werden große Speicher sein. Für die technologische Umsetzung kommen in Deutschland vor allem Untergrundspeicher in künstlichen Salzkavernen in Betracht. Das DLR untersucht die Sicherheit, die Wasserstoffqualität und die Beständigkeit der eingesetzten Materialien solcher Speicheranlagen sowie deren bestmögliche Integration in den Betrieb des gesamten Energiesystems.

Neben der stationären Wasserstoffspeicherung ist die Speicherung des Gases in Mobilitätsanwendungen eine Schlüsseltechnologie. So nutzt das DLR beispielsweise Synergien zwischen der Raumfahrt und der Luftfahrt, um die Speicherung von flüssigem Wasserstoff aus Raketen in Luftfahrzeuge zu transferieren.



DAS WASSERSTOFF-SYSTEM

Wichtige Vorteile einer Wasserstoffwirtschaft liegen unter anderem in den Möglichkeiten des flexiblen Betriebs von Elektrolyseanlagen, der Rückverstromung von gespeichertem Wasserstoff in Zeiten unzureichender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sowie der Nutzung von Fernleitungsnetzen für den Energietransport. Nur wenn die Sektoren Verkehr, Stromerzeugung, Wärme und Industrie umfassend miteinander gekoppelt sind, kann „grüner“ Wasserstoff sein volles Potenzial entfalten und neben Strom aus erneuerbaren Ressourcen die zweite Säule eines nachhaltigen Energiesystems werden. Voraussetzung hierfür ist, dass Betriebsführung und Infrastrukturen aller Sektoren vor dem Hintergrund eines soliden Gesamtsystemverständnisses aufeinander abgestimmt werden. Dazu gehören alle Speicherungs-, Transport-, Konversions- und Nutzungstechnologien. Das DLR betrachtet die gesamte Prozesskette inklusive der systemtechnischen Integration von Wasserstoffanlagen in Energiesysteme.

Im DLR werden grundlegende Ansätze zur Anbindung und Gestaltung von Schnittstellen der Sektoren erforscht. Ein Beispiel dafür sind bodengebundene Brennstoffzellenfahrzeuge: Sie nutzen Wasserstoff zur Stromgewinnung für den Elektromotor. Das DLR arbeitet daran, regenerativ erzeugte Energieträger wie Wasserstoff

für den Antrieb unterschiedlicher Fahrzeuge nutzbar zu machen. Neben dem Aufbau einer Tankinfrastruktur ist ein wichtiges Ziel, dass die Fahrzeuge den Strom bei Bedarf auch ins Netz einspeisen können. Ein weiteres Beispiel sind Elektrolyseanlagen zur Wasserstoffproduktion, deren Abwärme in Nahwärmenetzen zum Einsatz kommt.

Das DLR entwickelt Szenarien, wie Wasserstoff im Energie- und Verkehrssystem eingesetzt werden kann und arbeitet an Markteinführungsstrategien. Außerdem erforscht es Geschäftsmodelle für die Produktion und Lagerung von Wasserstoff, zum Beispiel in Salzkavernen, und analysiert Standortpotenziale. Die liegen vor allem im Norden Deutschlands, der sich aus geologischen Gründen besonders für solche Infrastrukturen eignet.

Durch vorausschauendes aktives Handeln können Chancen neuer Wasserstofftechnologien rechtzeitig erkannt und mögliche negative Auswirkungen heutiger Entscheidungen auf Umwelt und Gesellschaft reduziert werden.



NACHHALTIGE MOBILITÄT

Zu Lande, zu Wasser, in der Luft und darüber hinaus

Wo heute Benzin, Diesel, Kerosin oder Schweröl zum Einsatz kommen, ist „grüner“ Wasserstoff eine nachhaltige Alternative für die Mobilität der Zukunft. Gegenüber Batteriekonzepten haben wasserstoffbasierte Antriebslösungen deutliche Vorteile, wenn es um den Transport schwerer Lasten über weite Strecken geht. Neben großen Reichweiten bieten sie den gewohnten Komfort schneller Tankvorgänge. Außerdem verursachen die verwendeten Brennstoffzellen im Betrieb außer Wasserdampf fast keine Emissionen.

Das DLR entwickelt bedarfsgerecht nachhaltige Brennstoffzellen, Wasserstoff-Direktantriebe und neuartige Wasserstofftanks für den mobilen Einsatz und integriert sie in die jeweiligen Gesamtsysteme, also in PKW, Busse, LKW, (Lasten-)Fahrräder, Züge, aber auch in Flugzeuge und Schiffe.

Das DLR entwickelt Szenarien für den Markthochlauf von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen und bewertet die damit verbundene Emissions- und Verkehrsentwicklung einschließlich gesellschaftlicher und ökonomischer Auswirkungen

Straße, Schiene und die See

Für den Individualverkehr sind bereits Brennstoffzellenfahrzeuge auf dem Markt erhältlich. Das DLR analysiert deren Markt- und Einsatzpotenziale für eine nachhaltigere Mobilität. Züge mit Brennstoffzellenantrieb sind auf Strecken ohne Oberleitung eine umweltfreundliche Alternative zu Dieseltriebwagen. Gemeinsam mit einem Schienenfahrzeughersteller hat das DLR den weltweit ersten Brennstoffzellenantriebszug entwickelt. Für die Nutzung auf der Straße forscht das DLR an Brennstoffzellen mit der entsprechenden Leistung.

Für die Nutzung von Wasserstoff in der Schifffahrt untersucht das DLR gemeinsam mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen maritime Energiesysteme, die neben Strom auch Wärme und Kälte liefern. Aspekte sind hier Lebensdauer, Alltagstauglichkeit und die Integration der Systeme an Bord. So wird zum Beispiel Strom für den Schiffsantrieb und zugleich Kälte für die Kühlung der Fracht gebraucht – Bedarfe, die kombiniert werden können.

Fliegen – in Luft und All

Brennstoffzellen und elektrische Antriebe für die Luftfahrt von morgen stellen eine besonders komplexe technische Herausforderung dar. Sie versprechen leise, effizient und emissionsarm zu sein. Das DLR ist ein Pionier in der Anwendung von Wasserstoff-Brennstoffzellen in Flugzeugen und baut seine Testinfrastruktur aus, die es ermöglicht, in den Megawatt-Leistungsbereich vorzustoßen. Außerdem kann Wasserstoff künftig als Treibstoff in modifizierten Gasturbinen zum Einsatz kommen. Dies ist besonders für Regional- bis hin zu Mittelstreckenflugzeugen interessant und erfordert die Entwicklung luftfahrttauglicher Wasserstoffspeicher und neuer Brennkammern, bei deren Entwicklung geeignete Werkstoffe ein wichtiger Faktor sind.

Auch flüssige synthetische Treibstoffe, die auf Wasserstoff basieren, bieten einen Vorteil: Man kann sie überall dort einsetzen, wo sich konventionelle Antriebe nicht ohne Weiteres durch klimafreundlichere Alternativen wie Batterien oder Brennstoffzellen ersetzen lassen. Bestehende Antriebskomponenten und Infrastrukturen müssen meist nur geringfügig angepasst werden. Institutsübergreifend werden im DLR die chemisch-physikalischen Eigenschaften von klimaneutralen Treibstoffen sowie deren Leistung, Zusammensetzung und Produktionswege untersucht. Die Quantifizierung und Bewertung der Umwelt- und Klimafolgen neuer Wasserstoffantriebe – insbesondere der verstärkten Wolkenbildung – ist eine Herausforderung für die Wissenschaft und eine Voraussetzung für die strategische Ausrichtung des zukünftigen nachhaltigen Luftverkehrs. Das DLR liefert hier eine ganzheitliche Betrachtung neuer Technologien von der Entwicklung bis zur Nachhaltigkeitsanalyse.

Der Einsatz von Wasserstoff als Treibstoff erfordert neue Designwege und Fertigungskonzepte, um die Wasserstofftanks in die Struktur zu integrieren. Ziel dabei ist es, die Zulassungsanforderungen zu erfüllen, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Auch neue Leichtbaumaterialien und -strukturen können zum umweltverträglichen und kostengünstigen Fliegen beitragen.

Wasserstoff hat in energieintensiven Anwendungen eine Zukunft und zugleich seinen Ursprung: Seit mehreren Jahrzehnten ist Wasserstoff ein fester Bestandteil der Raumfahrt. Das DLR arbeitet daran, den gesamten Prozess von regenerativ erzeugtem Wasserstoff über die Entwicklung neuartiger Treibstoffe bis hin zum Test in Raketenantrieben abzubilden. So wird ein wichtiger Beitrag zur Sicherung der zukünftigen und nachhaltigen Raumfahrt geleistet und das Know-how im Umgang mit Wasserstoff in die Sektoren Energie und Mobilität transferiert.



ALLROUND-TALENT FÜR DEN ENERGIESEKTOR

Wasserstoff für Strom, Wärme und die Industrie

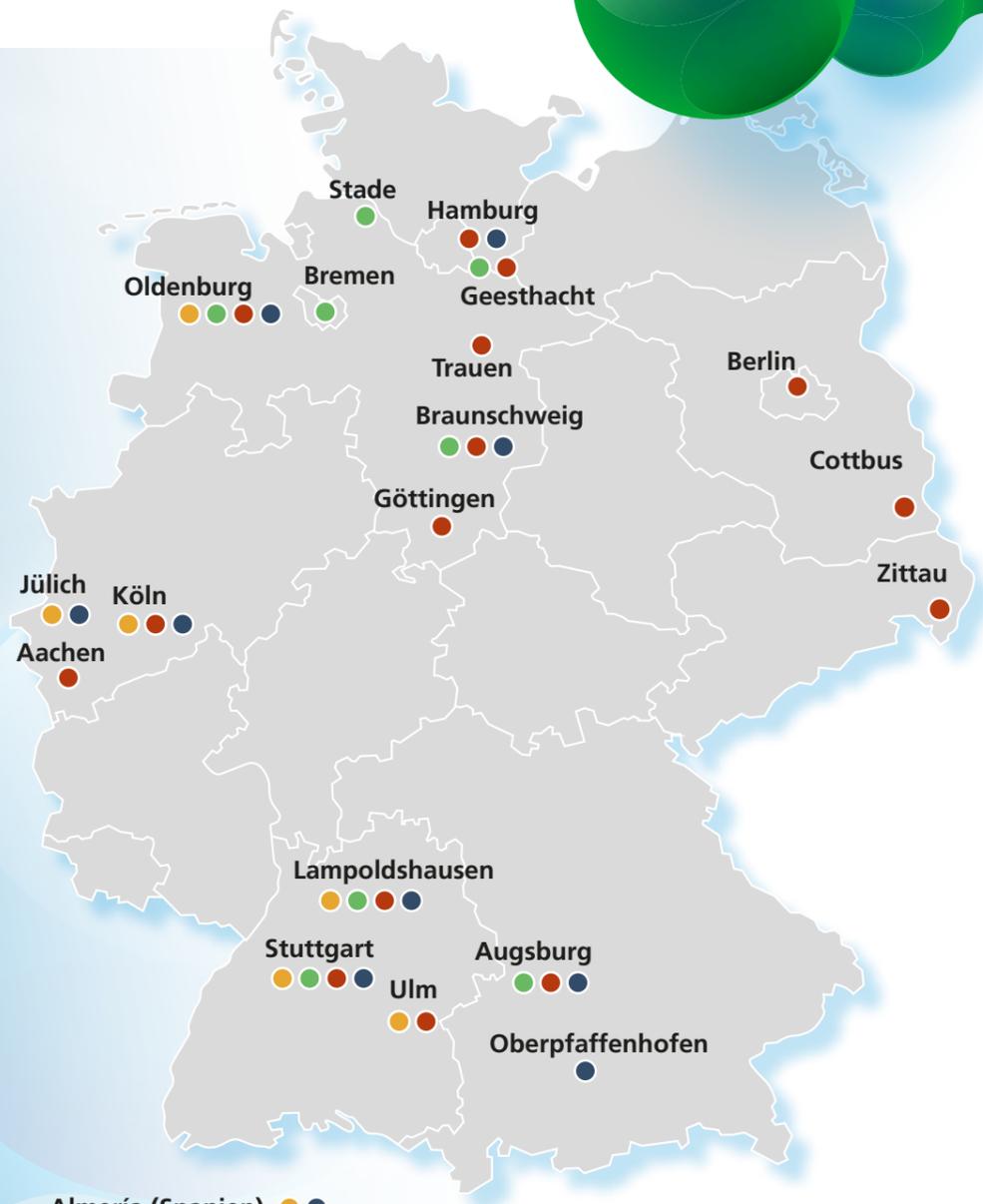
Mit Brennstoffzellen und Gasturbinen lassen sich regelbarer Strom und regelbare Wärme erzeugen. Beides ist im Energiesystem, das auf schwankenden erneuerbaren Energiequellen beruht, eine zentrale Voraussetzung. Überkapazitäten gehen nicht verloren. Sie können gespeichert werden, um bei Bedarf Verbrauchsspitzen auszugleichen.

Für die Umrüstung von bereits sehr effizient arbeitenden Gaskraftwerken auf reinen Wasserstoff sind Anpassungen notwendig. Aktuell forscht das DLR gemeinsam mit Turbinen- und Kraftwerksherstellern an der Brennstoffflexibilität im Megawattmaßstab und entwirft Konzepte, wie Gemische aus Erdgas und Wasserstoff möglichst stabil und schadstoffarm verbrennen. Insbesondere in der Übergangszeit mit limitierter Verfügbarkeit von Wasserstoff stellt die flexible Nutzung solcher Gasgemische eine entscheidende

Brückentechnologie dar.

Das DLR beschäftigt sich mit der Industriefähigkeit von weiteren Wasserstofftechnologien: Zur Versorgung von energieintensiven industriellen Prozessen mit Strom und Wärme kann regenerativ hergestellter Wasserstoff fossile Reduktionsmittel bei der Stahlherstellung ersetzen. Hier ersetzt Wasserstoff den Koks, der zur Erzeugung des Roheisens benötigt wird, sowie das Erdgas für die Herstellung des Ammoniaks. Ebenso wird „grüner“ Wasserstoff in Raffinerien oder auch für CCU-Technologien (Carbon Capture and Use) benötigt, mit denen Abgas-CO₂ zu chemischen Grundstoffen weiterverwertet werden soll.

DLR-STANDORTE mit Wasserstoff-Aktivitäten



Almería (Spanien) ●●

ERZEUGUNG:
ELEKTROLYSE &
SOLARTHERMISCHE VERFAHREN

SPEICHERUNG & VERTEILUNG

NUTZUNG

SYSTEM-/MARKTANALYSE,
TECHNOLOGIEBEWERTUNG,
NACHHALTIGKEIT



ELEKTROLYSE & SOLARTHERMISCHE VERFAHREN

Schwerpunkt	Institut
Entwicklung von Systemen (Prozessen und Komponenten) zur solarthermochemischen und photoelektrochemischen Wasserstoffherzeugung	Institut für Future Fuels
Solare Herstellung – Betrieb und Weiterentwicklung der Infrastruktur zur solarthermischen oder gekoppelten thermisch/elektrochemischen Erzeugung	Institut für Solarforschung
Elektrolyse, Grundlagenforschung	Institut für Technische Thermodynamik
Materialentwicklung für Wasserstoffherzeugung	Institut für Werkstoff-Forschung
Betrieb einer F&D-Elektrolyseanlage (PEM) in Kooperation mit einem Energiekonzern, Integration eines H ₂ -Verflüssigers in bestehende H ₂ -Anlagen	Institut für Raumfahrtantriebe



SPEICHERUNG & VERTEILUNG

Schwerpunkt	Institut
Wasserstoffspezifische Leichtbautankstrukturen und deren Integration in Raum-, Luft- und Bodenfahrzeuge inkl. Produktionstechnologien, Bauteil-, Crash- und Impacttests und Zulassungsverfahren	Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie
Entwicklung Fahrzeugtechnologien: Speicher, kryogene Komponenten Kühlung, Energierückgewinnungssysteme, Metallhydridspeicher zur Wärme- & Kälteerzeugung	Institut für Fahrzeugkonzepte
Auslegung, Fertigung, Integration von Wasserstofftanks, Zulassung und Qualitätskontrolle	Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik
Entwicklung und Integration von Energiespeichern für den maritimen Einsatz, Import von Wasserstoff über Tankschiffe inkl. Hafeninfrastuktur	Institut für Maritime Energiesysteme
Entwicklung und Test von Komponenten und Versorgungssystemen für Raumfahrtantriebe sowie für Wasserstofftechnologien (LH ₂ , GH ₂ bis 800 Bar)	Institut für Raumfahrtantriebe
Treibstoffhandhabung in kryogenen Tanksystemen	Institut für Raumfahrtssysteme
Wasserstoffspeicher für mobile Anwendungen	Institut für Technische Thermodynamik
Numerische Bestimmung der Wasserstoffdiffusivität komplexer Werkstoffe für Speicherung und Transport	Institut für Test und Simulation für Gasturbinen
Speicherkavernen, Gasnetzinfrastruktur, Gasreinheit	Institut für Vernetzte Energiesysteme
Materialentwicklung für Wasserstofftanks und deren Isolation	Institut für Werkstoff-Forschung



NUTZUNG

Schwerpunkt	Institut
Wasserstoff in Gasturbinen und Flugantrieben	Institut für Antriebstechnik
Bauweisen und Werkstoffe für wasserstoffbetriebene Gasturbinen, hybridelektrische Antriebe und Raumfahrtantriebe inkl. Produktionstechnologie, Bauteil- und Impacttests und Zulassungsverfahren	Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie
Wasserstoff für die CO ₂ -Reduktion in der Industrie	Institut für CO ₂ -arme Industrieprozesse
Einbindung und Nutzung von Brennstoffzellen für die Elektrifizierung von Luftfahrtantrieben	Institut für Elektrifizierte Luftfahrtantriebe
Systemintegration in bodengebundene Fahrzeuge, Schnittstelle Tanksäule/Gebäude zu Fahrzeug, Fahrzeugkomponenten	Institut für Fahrzeugkonzepte
Untersuchung von Instandhaltungskonzepten für Flugzeuge mit Wasserstoffantrieb und deren Systemarchitekturen	Institut für Instandhaltung und Modifikation
Brennstoffzellensysteme in Schiffen, Bereitstellung von Strom, Wärme und Kälte an Bord	Institut für Maritime Energiesysteme
Tests von Raumfahrtantrieben, CO ₂ -neutrale Wärme- und Stromversorgung, modulare Testumgebung für Wasserstofftechnologien	Institut für Raumfahrtantriebe
Auslegung, Integration und Bewertung von Flugzeugen mit Wasserstoffantrieb	Institut für Systemarchitekturen in der Luftfahrt
Komponentenentwicklung und Diagnostik für Brennstoffzellen, hybridisierte Brennstoffzellensysteme, Systemintegration und simulationsgestützte Auslegung und Design	Institut für Technische Thermodynamik
Hochtemperaturschädigung von Werkstoffen und Bauteilen durch Wasserstoffdirektverbrennung	Institut für Test und Simulation für Gasturbinen
Integration und Test von Hybridantrieben für die allgemeine Luftfahrt	Einrichtung Technologien für Kleinflugzeuge
Entwicklung von innovativen Brennkammerkonzepten, Fuel Design	Institut für Verbrennungstechnik
Betriebsstrategien für die Wasserstoffnutzung in der Mobilität	Institut für Verkehrssystemtechnik
Wasserstoff im Verkehrssystem: Nutzungspotenziale, Markthochlauf-Szenarien, Verteilung von Wasserstoff-tankstellen im Verkehrsnetz	Institut für Verkehrsforschung
Systemdienliche Einbindung von Wasserstofftechnologien in das Energiesystem	Institut für Vernetzte Energiesysteme
Werkstoffe, additive Verfahren, Schichtsysteme, Sensortechnologien und thermoelektrische Generatoren für die Wasserstoffdirektverbrennung und für Raumfahrtantriebe	Institut für Werkstoff-Forschung



SYSTEMANALYSE

Schwerpunkt	Institut
Gesamtsystemanalyse und -bewertung von wasserstoffbetriebenen Gasturbinen und Flugantrieben	Institut für Antriebstechnik
Numerische Methoden, integriertes Datenmanagement und Maschinenlernen zur Bewertung der Effizienz von wasserstoffspezifischen Leichtbaustrukturen	Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie
Bedarfs- und Wirtschaftlichkeitsszenarien, Betankungsanalysen, Betriebsprozesse	Institut für Fahrzeugkonzepte
Integration in Flughafenprozesse, Überprüfung der ökonomischen Effizienz von Wasserstoff in der Luftfahrt, Prognose und Bewertung	Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr
Marktanalyse und -bewertung des weltweiten Potenzials zur solaren Wasserstoffherstellung	Institut für Future Fuels
Ökonomische und ökologische Lebenszyklusanalysen und -bewertungen von Luftfahrzeugen mit Wasserstoffantrieb	Institut für Instandhaltung und Modifikation
Emissionsmessung, Klimamodellierung, strategische Beratung der Luftfahrtindustrie zu Umweltfolgen und Nachhaltigkeit	Institut für Physik der Atmosphäre
Werkzeuge zur techno-ökonomischen Analyse solarthermischer Technologien	Institut für Solarforschung
Systemanalyse von Raketenantriebssystemen und wasserstoffführenden Antriebssystemen	Institut für Raumfahrtantriebe
Methodenentwicklung zur Kostenschätzung, Effizienz-berechnung und Umweltwirkung von Prozessketten	Institut für Vernetzte Energiesysteme
Numerische und experimentelle Lebensdauerbewertung wasserstoffführender Komponenten und Heißgasbauteile der Wasserstoffverbrennung	Institut für Test und Simulation für Gasturbinen
Multidisziplinäre Technologiebewertung und Roadmapping für synthetische Kraftstoffe sowie für Wasserstoff in Brennkammern und Kraftwerkssystemen	Institut für Verbrennungstechnik
Ökonomische, gesellschaftliche Systembewertung, Transformationspfade für alternative Antriebe und Kraftstoffe aus Nutzerperspektive	Institut für Verkehrsforschung
Wasserstoff im Energiesystem: Technologiebewertung, Gesamtsystemmodellierung, Transformationsszenarien und Marktdesign	Institut für Vernetzte Energiesysteme
Numerische Methoden, integriertes Datenmanagement und Maschinenlernen für Materialdaten	Institut für Werkstoff-Forschung

Fachliche Ansprechpersonen im DLR zu Wasserstoffthemen finden Sie [hier!](#)

