

Technologies de l'hydrogène

Panorama des institutions de recherche et politiques des Länder

Rédaction : Julien Potier (SST Berlin)
Mis à jour le 04/05/21

Table des matières

I. Organisation de la recherche en Allemagne	3
1) Typologie des acteurs institutionnels de recherche	3
2) Rôle des Länder dans la politique de recherche de l'Allemagne fédérale	4
II. Carte des Etats fédérés/Bundesländer	5
III. Le centre de recherche de Jülich (FZJ), les instituts du centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR) et l'institut technologique de Karlsruhe (KIT)	6
1) Le centre de recherche de Jülich (FZJ).....	6
2) Le centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR).....	7
3) L'institut technologique de Karlsruhe (KIT).....	9
IV. Paysage institutionnel de la recherche par Länder	11
1) Rhénanie du Nord-Westphalie / Nordrhein-Westphalen (RNW/NRW).....	12
2) Bade-Wurtemberg / Baden-Württemberg (BW).....	15
3) Saxe / Sachsen	18
4) Basse-Saxe / Niedersachsen	20
5) Berlin	21
6) Bavière / Bayern	22
7) Saxe-Anhalt.....	24
8) Schleswig-Holstein.....	25
9) Hesse / Hessen	26
10) Hambourg / Hamburg	26
11) Mecklembourg-Poméranie-Occidentale / Mecklenburg-Vorpommern	27
12) Rhénanie-Palatinat / Rheinland-Pflatz	27
13) Thuringe / Thüringen.....	27
14) Brandebourg / Brandenburg	28
15) Sarre / Saarland	28
16) Brême / Bremen	28
Annexe 1 : Tableau des institutions de recherche par catégorie et ordre d'apparition (Länder) .	29
Annexe 2 : Cartographie hydrogène de la communauté Helmholtz	34
Annexe 3 : Cartographie hydrogène de la société Fraunhofer	35

I. Organisation de la recherche en Allemagne

1) Typologie des acteurs institutionnels de recherche

L'Allemagne dispose d'un paysage de recherche polycentrique extra-universitaire, universitaire et industriel bénéficiant d'un fort soutien public et privé. Le financement public est particulièrement important dans la recherche fondamentale et les grandes infrastructures de recherche. Il soutient aussi (surtout sur appel à projet) la recherche appliquée et le transfert de l'innovation à l'industrie.

La **recherche extra-universitaire** s'organise en quatre réseaux de recherche, disposant chacun à la fois d'une autonomie de gestion et de financements conjoints entre l'Etat fédéral, les Länder et - surtout pour les instituts Fraunhofer - du secteur privé. La **société Max Planck** est orientée vers la recherche fondamentale, avec 1,8 Md€ de budget en 2018, assuré à 80% par le financement institutionnel public, à 20% par les ressources propres. La **communauté Helmholtz** regroupe les grandes infrastructures de recherche, avec un budget 2018 de 4,8 Mds€ financé à 70% par l'Etat fédéral et les Länder, à 30% par les ressources propres. Au sein de la communauté Helmholtz, le DLR se distingue comme un « sous-réseau » d'instituts présent sur l'ensemble du territoire et bénéficiant d'un financement privé plus marqué. La **société Fraunhofer** tire près de 84% de son budget de 2,8 Mds€ du financement sur projets, dont 70% de contrats avec l'industrie, et 30% avec le secteur public. La contribution totale du secteur public au financement des instituts Fraunhofer s'élève à 22%. Enfin, la **communauté Leibniz** rassemble des instituts de recherche appliquée à l'ancrage local marqué, dans les thèmes de recherche souvent liés aux enjeux d'environnement, d'agriculture et de sciences humaines. Son budget 2019 s'élevait à 2,1 Mds€, dont les 2/3 proviennent du financement institutionnel public, assumé à parité par l'Etat fédéral et les Länder, 1/3 des contrats, principalement publics¹.

La **recherche universitaire** concerne en plus des universités généralistes différents types d'institutions. Les **universités techniques (TU)** sont les universités spécialisées dans les sciences de l'ingénieur. Les 9 universités techniques « historiques » constituent le réseau TU9. Les **universités de sciences appliquées (FH)**, désignées sous les appellations de « Fachhochschule », « Hochschule für angewandte wissenschaften » ou encore « Technische Hochschule », disposent de capacités de recherche appliquée et forment aux métiers techniques. Elles peuvent être considérées comme équivalent aux instituts universitaires de technologie français, tout en offrant de plus en plus de formations longues. Le financement des universités est assuré par les Länder, qui leur garantissent (constitutionnellement) une pleine liberté dans la définition des priorités de recherche. L'Etat fédéral s'implique aussi de façon indirecte mais croissante via des initiatives dédiées (universités d'excellence et FH-Invest).

Les capacités de recherche des **acteurs industriels** se trouvent souvent en synergie avec les institutions de recherche « parapubliques » décrites ci-dessus autour de projets communs. Les acteurs privés se regroupent également entre eux au sein d'associations de recherche industrielle.

Ce chapitre établit un panorama des institutions de recherche sur les technologies de l'hydrogène en Allemagne, de leurs spécialisations et de leurs interactions. Le champ de recherche concerné est large, à la fois en termes de niveaux variés de TRL que de disciplines scientifiques et de secteurs d'application.

¹ <https://curiexplore.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fiche/DEU>

2) Rôle des Länder dans la politique de recherche de l'Allemagne fédérale

L'Allemagne est un Etat fédéral où les « régions » (Bundesländer ou Länder, littéralement « Etats fédérés ») jouent un rôle important à la fois dans le financement institutionnel de la recherche et dans la définition de priorités, par l'appui à la structuration des réseaux et le financement de projets.

L'enjeu du développement des technologies de l'hydrogène a été investi par des **agences gouvernementales régionales** préexistantes, comme l'agence de l'énergie de Rhénanie du Nord-Westphalie (*EnergieAgentur.NRW*), ou l'agence pour l'électromobilité du Bade-Wurtemberg (*e-mobilBW*). Les Länder ont favorisé via ces agences ou indépendamment l'émergence de **réseaux régionaux de recherche et d'innovation** spécialisés sur l'hydrogène, rassemblant institutions publiques, parapubliques et industrielles. C'est le cas des réseaux « Pile à combustible, hydrogène et électromobilité » en Rhénanie du Nord-Westphalie (*Netzwerk Brennstoffzelle, Wasserstoff & Elektromobilität NRW*), « Pile à combustible » en Bade-Wurtemberg (*Cluster Brennstoffzelle BW*), du H2.B en Bavière et du H2wo en Saxe.

Les Länder **financent les universités** et leur garantissent une pleine liberté dans la définition de leurs priorités de recherche. Comme indiqué ci-dessus, ils participent également au financement institutionnel de la **recherche extra-universitaire**, à hauteur de 48% pour les instituts Max Planck, 10% pour les centres Helmholtz, 48% pour les centres Leibniz et 16% pour les instituts Fraunhofer. Les Länder jouent aussi un rôle important dans le **financement de projets**. Ils bénéficient souvent dans ce cadre de l'appui du fond européen de développement régional (FEDER). La Rhénanie du Nord-Westphalie estime fin 2020 avoir déjà financé plus de 130 projets hydrogène pour un total de 150 M€, industrie et recherche confondus. Le Bade-Wurtemberg a annoncé en mars 2021 le financement d'un programme de démonstrateurs territoriaux pour l'hydrogène vert (*Modellregion Grüner Wasserstoff*) financé à hauteur de 35 M€ sur 2021-2027. Le ministère bavarois de l'économie a financé ces dernières années plusieurs projets menés par des acteurs de la recherche et de l'industrie (AniMem, BioH2).

Une partie des Länder ont déjà publié, pour certains sans attendre la stratégie nationale de juin 2020, leur propre **stratégie hydrogène régionale** : les Länder d'[Allemagne du nord](#) (Brême, Hambourg, Mecklenburg-Poméranie-Occidentale, Basse-Saxe et Schleswig-Holstein) en novembre 2019, la [Bavière](#) en mai 2020, la [Rhénanie du Nord-Westphalie](#) en octobre 2020, le [Bade-Wurtemberg](#) en décembre 2020. D'autres Länder disposent de documents-cadres prévoyant l'élaboration d'une stratégie hydrogène. Ainsi, la [Saxe-Anhalt](#) a produit un livre blanc sur l'hydrogène en novembre 2020, la [Thuringe](#) a déterminé les points principaux de sa future stratégie. La [Saxe](#) a aussi entamé un processus d'élaboration d'une stratégie. Dans le cas du [Brandebourg](#), de [Berlin](#), de la [Hesse](#), de la [Rhénanie-Palatinat](#) et de la [Sarre](#), l'opportunité et les modalités d'une éventuelle stratégie sont encore en discussion. Ces stratégies régionales se concentrent sur l'enjeu du déploiement des technologies, mais esquissent aussi les grandes orientations du soutien régional à la recherche. Le gouvernement fédéral a annoncé dans le cadre de la stratégie nationale hydrogène la création d'un **groupe de travail hydrogène mixte entre le niveau fédéral et les Länder** (*Bund-Länder-Arbeitskreises*).

Les **communes** jouent aussi un rôle dans la structuration de réseaux et le financement de la recherche au niveau local. Les villes de Cologne, Brühl, Düren et Hürth sont par exemple à l'initiative du réseau territorial HyCologne (*HyCologne - Wasserstoff Region Rheinland*), qui associe les capacités de recherche du FZJ, du DLR et des universités de sciences appliquées de Cologne (TH Köln) et Bonn (H-BRS) à celles des groupes industriels développer et déployer les technologies de l'hydrogène dans le territoire. Il finance dans ce sens plusieurs projets (H2R, HyPipCo, H2Pro3). Les communes jouent aussi un rôle essentiel en tant que parties-prenantes des projets à l'initiative des Länder ou du niveau fédéral, aux côtés des institutions de recherche, des entreprises et des acteurs de la société civile.

II. Carte des Etats fédérés/Bundesländer

Note : cliquez sur le nom du Land d'intérêt (liens hypertextes) pour vous déplacer sur sa description. A la fin de chaque description vous trouverez un lien de retour à cette carte.



1. [Centre de recherche de Jülich \(FZJ\)](#) 
2. [Centre allemand de recherche aérospatiale et spatiale \(DLR\)](#) 
3. [Institut technologique de Karlsruhe \(KIT\)](#) 

III. Le centre de recherche de Jülich (FZJ), les instituts du centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR) et l'institut technologique de Karlsruhe (KIT)

Si le paysage de la recherche allemand diffère de la centralisation française par son caractère polycentrique, **trois institutions de recherche se distinguent** par leur présence sur l'ensemble de la chaîne technologique de l'hydrogène et sur ses différents niveaux de TRL, par leurs effectifs mobilisés supérieurs aux autres institutions, par leurs infrastructures importantes (toutes trois sont membres de la communauté Helmholtz), et - surtout pour le DLR - par leur présence géographique sur le territoire allemand. Le centre de recherche de Jülich (FZJ), le centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR) et l'institut technologique de Karlsruhe (KIT) sont structurants par leur forte présence dans les projets de développement des technologies de l'hydrogène à l'échelle nationale et européenne, dans le partage de leur infrastructure de recherche, par leur participation à des réseaux de compétence et leur identification par les acteurs de la recherche français et internationaux. La plateforme Kaila, qui recense l'ensemble des **projets européens de recherche**, donne une idée à la fois de l'asymétrie entre les paysages de recherche français et allemand et du poids de ces trois institutions. Deux institutions se distinguent en France en nombre de projets européens : le CEA (70) et le CNRS (65). Selon ce critère la première institution allemande est le DLR (43), suivi de l'ensemble des instituts Fraunhofer (33), du KIT (24), du FZJ (22) et de l'ensemble des instituts Max Planck (22) ([annexe](#)). Suivent deux acteurs privés : l'industriel français Air liquide (16) et le cabinet de conseil allemand Ludwig-Boelkow-Systemtechnik (15) côté allemand. Les trois institutions FZJ, DLR et KIT sont donc traitées à part et de manière plus détaillée ci-dessous, avant le panorama des sites de recherche par Länder.

Le **DLR** est présenté **comme une institution unique** malgré l'éclatement de ses instituts, car il est considéré comme tel en tant que membre de la communauté Helmholtz, au même titre que le FZJ et le KIT. Il reste aussi, dans le domaine de l'énergie, concentré géographiquement en Rhénanie du Nord-Westphalie et en Bade-Wurtemberg. Le DLR aurait pu être considéré comme un réseau d'instituts à l'image de la société Max Planck ou de la société Fraunhofer, ou plus justement comme un « sous-réseau » au sein de la communauté Helmholtz.

1) Le centre de recherche de Jülich (FZJ)

a. Présentation générale

Le centre de recherche de Juliers/Jülich (*Forschungszentrum Jülich - FZJ*) situé près d'Aix-la-Chapelle en Rhénanie du Nord-Westphalie est une institution de droit privé (*GmbH*) membre de la **communauté Helmholtz**. Le FZJ est un des plus grands centres d'Europe par le nombre d'instituts, de laboratoires, et de domaines de recherche couverts. Fondé en 1956, il se concentre d'abord sur la recherche nucléaire, avant de diversifier ses activités dans les domaines de l'énergie, de la santé, du quantique et des sciences du végétal. Le centre de recherche de Jülich comprend aussi un des principaux opérateurs de projets du gouvernement fédéral (*Projektträger Jülich - PtJ*), opérateur référent dans le domaine de l'énergie². Le FZJ emploie **6 446 personnes**, dont 2 471 scientifiques, parmi lesquels 654 scientifiques invités de 59 pays. Son budget s'élève à **731 M€**, dont 316 M€ de ressources propres. Le financement institutionnel public est assuré à 90% par le gouvernement fédéral et à 10% par le Land de Rhénanie du Nord-Westphalie. L'énergie est un thème de recherche central du centre de Jülich, en particulier à travers son institut de recherche sur l'énergie et le climat (FZJ IEK).

² <https://www.foerderinfo.bund.de/de/projekttraeger-982.php>

b. Capacités de recherche sur les technologies de l'hydrogène

En 2019, le centre de recherche de Jülich employait sur l'hydrogène **140 ETP (équivalent temps plein)** en emplois directs, auxquels s'ajoutent **125 ETP** financés par des sources extérieures³.

La recherche sur les technologies de l'hydrogène implique 12 instituts du centre de Jülich. Son expertise porte sur les quatre segments de la chaîne de valeur hydrogène. Dans la **production** d'hydrogène, le centre de Jülich est spécialisé sur l'électrolyse à membrane PEM et l'électrolyse haute température SOEC. Il est aussi positionné sur la co-électrolyse haute température et l'utilisation du CO₂ dans la production de produits chimiques « dérivés ». Le FZJ travaille également sur la photocatalyse (ou photosynthèse artificielle). Dans le domaine du **stockage et transport**, le centre est spécialisé sur la technologie LOHC (*Liquid Organic Hydrogen Carrier*). Sur l'**utilisation**, il développe les technologies de pile céramique haute température (SOFC), pile réversible à oxyde solide (rOEC), et pile au méthanol (DMFC). Dans l'**analyse des systèmes**, le centre de Jülich réalise la régulation prédictive d'une infrastructure hydrogène à l'échelle d'un campus (*Living Lab Energy Campus*) et explore le sujet du système énergétique mondial de l'hydrogène, en coopération avec des établissements d'enseignement supérieur en Afrique de l'ouest et en Afrique australe⁴.

Le centre de recherche de Jülich dispose d'**infrastructures** de production de composants, dont le *Membranzentrum* pour les membranes inorganiques, le centre *Jülich Coats* (2016) pour la technologie des revêtements en peinture liquide et les cellules électrochimiques et le *Jülich Thermal Spray Center* (2019) pour les revêtements fonctionnels. Il comprend des laboratoires de test comme le *PC-Labor* (caractérisation physicochimique) et l'*ECT* (essais électrochimiques) et a accès à d'autres infrastructures communes à la communauté Helmholtz. Le centre compte aussi, sur le site de Jülich, le « laboratoire en conditions réelles » (ou Reallabore) *Living Lab Energy Campus*, qui intègre les solutions hydrogène à un système énergétique décentralisé.

c. Localisation, implication dans les projets fédéraux et points de contact

Localisations

L'essentiel de l'activité : Jülich (Rhénanie du Nord-Westphalie)

Technologie de stockage et transport LOHC : Erlangen-Nürnberg (Bavière)

Projets au niveau fédéral

Kopernikus P2X, H2Giga, PowerMem, H2Meer, SOC-Degradation_2, WirLebenSOFC

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

[Retour](#) à la carte des Länder

2) Le centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR)

a. Présentation générale

Le centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - DLR*) est une institution de recherche de droit privé (eV) créée en 1997 de la fusion d'institutions préexistantes. Une des particularités du DLR est d'être à la fois un centre de recherche rattaché à la **communauté Helmholtz** et l'**agence spatiale** allemande. Il comprend, comme le centre

³ https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/01_forschung/01_Energie/Wasserstoffatlas_Mai2020.pdf

⁴ <https://www.fz-juelich.de/portal/DE/Forschung/EnergieUmwelt/wasserstoff/node.html>

de recherche de Jülich, un des principaux opérateurs de projets fédéraux (*DLR ProjektTräger - DLR-PT*), opérateur référent dans le domaine du numérique, ainsi que deux opérateurs dédiés au domaine spatial⁵. Le DLR a connu une expansion importante ces dix dernières années, progressant de 22 à 50 instituts de recherche entre 2010 et 2020. Le DLR emploie **8 444 personnes** dont 4 845 chercheurs. Son budget annuel s'élève pour 2018 à **3,8 Mds€**. La moitié seulement de son budget de recherche provient de financements institutionnels publics. D'abord centré sur la **recherche spatiale et aéronautique**, le centre a développé une expertise dans le domaine de l'**énergie**, dont le budget dédié s'élevait en 2018 à 83 M€ - et dans lequel la place des technologies de l'hydrogène progresse rapidement - et dans le domaine des **mobilités**, doté de 79 M€, incluant des activités de recherche sur l'hydrogène. Son expansion relativement récente dans le domaine de l'énergie (notamment par l'intégration de l'institut *Next Energy* d'Oldenburg en 2017) explique une présence éclatée sur l'ensemble du territoire allemand.

b. Capacités de recherche sur l'hydrogène

En 2019, le DLR employait dans la recherche sur l'hydrogène **48 ETP** en emplois directs, auxquels s'ajoutent **68 ETP** financés par des sources extérieures⁶.

La recherche sur les technologies de l'hydrogène implique 20 instituts du DLR répartis sur 18 sites différents. Le DLR intervient sur les quatre segments de la chaîne de valeur de l'hydrogène. Dans le domaine de la **production**, le centre est présent sur les trois principales technologies d'électrolyse : alcaline, PEM et haute température SOEC. Il se distingue surtout par son activité de recherche sur la technologie de thermolyse à partir d'énergie solaire, et sur la cogénération. Dans le domaine du **stockage et transport**, le DLR dispose de capacités de recherche sur le stockage en réservoir et le stockage souterrain, avec une analyse prospective des sites potentiels de stockage. Sur l'**utilisation**, le DLR est spécialisé dans la mobilité, incluant à la fois l'intégration des piles à combustible et les carburants de synthèse dérivés de l'hydrogène, sur le large spectre des mobilités routière, ferroviaire, maritime et aérienne. Il dispose par ailleurs d'une expertise sur l'hydrogène liquide utilisé dans le domaine spatial, et travaille sur l'adaptation à l'hydrogène des turbines à gaz. Le DLR est aussi concerné par l'**analyse des systèmes** énergétiques.⁷

Du point de vue des **infrastructures**, le DLR dispose avec l'*Hydrosol* du plus grand réacteur solaire mondial destiné à la production d'hydrogène. Le « soleil artificiel » *Synlight* et la *SolarTurm Jülich* (depuis juillet 2020) soutiennent aussi l'activité de recherche sur la thermolyse. Le DLR dispose d'un *Kryo-Labor* permettant d'expérimenter sur les gaz à très basse température (-253 °C). Il compte aussi deux unités de test pour les turbines à gaz et pour les piles à combustible basse et haute température.

c. Localisation, implication dans les projets fédéraux et points de contact

Localisations

Thermolyse : Cologne/Köln, Jülich (Rhénanie-du-Nord-Westphalie) et Almeria (Espagne)

Carburants de synthèse : Jülich (Rhénanie du Nord-Westphalie)

Mobilité routière : Stuttgart (Bade-Wurtemberg) et Berlin

Mobilité aérienne : Aix-la-Chapelle/Aachen, Merzbrück (Rhénanie du Nord-Westphalie) et Hambourg

Mobilité maritime : Geesthacht (Schleswig-Holstein)

Spatial (et cogénération) : site de Lampoldshausen (Bade-Wurtemberg)

Turbines à gaz : site de Stuttgart (Bade-Wurtemberg)

Analyse des réseaux énergétiques : site d'Oldenburg (Basse-Saxe)

⁵ <https://www.foerderinfo.bund.de/de/projekttraeger-982.php>

⁶ https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/01_forschung/01_Energie/Wasserstoffatlas_Mai2020.pdf

⁷ <https://www.dlr.de/content/de/artikel/dossier/wasserstoff/wasserstoff-forschung-im-dlr.html>

Projets au niveau fédéral

Kopernikus P2X, Kopernikus Ariadne, NAMOSYN, ARCADE (**fr-all**), SOC-Degradation_2

Contact : Prof. Dr. André Thess andre.thess@dlr.de

[Retour](#) à la carte des Länder

3) L'institut technologique de Karlsruhe (KIT)

a. Présentation générale

L'institut technologique de Karlsruhe (*Karlsruher Institut für Technologie - KIT*) est le centre de recherche d'une **université technique (TU)**, à la fois membre de la **communauté Helmholtz** et du réseau d'universités techniques TU9. En 2019, le KIT compte **9 300 employés** dont 5 180 chercheurs et accueille 24 400 étudiants suivant des cursus orientés vers la recherche, pour un budget total de **951 M€**. Le financement institutionnel public est assuré à 310 M€ par le gouvernement fédéral, à 270 M€ par le Land de Bade-Wurtemberg et à 370 M€ par les financements privés. Le KIT est spécialisé sur les domaines de l'énergie, des mobilités et de l'information. Il dispose aussi de capacités de recherche sur les sciences de la nature et la biologie.

b. Capacités de recherche sur les technologies de l'hydrogène

En 2019, le KIT employait dans la recherche sur l'hydrogène **32 ETP** en emplois directs, auxquels s'ajoutent **60 ETP** financés par des sources extérieures⁸.

Le KIT compte 12 instituts positionnés sur les technologies de l'hydrogène. Contrairement à l'éclatement géographique des instituts du DLR, les capacités de recherche sur l'hydrogène du KIT sont concentrées à Karlsruhe. Le KIT est présent, comme le DLR et le FZJ, sur les quatre segments de la chaîne de valeur de l'hydrogène. Dans la **production**, le KIT est spécialisé sur l'électrolyse alcaline haute pression, la pyrolyse du méthane et le reformage de biomasse. Dans le domaine du **stockage**, il est spécialisé sur le stockage cryogénique et la maîtrise du risque d'explosion. Dans le domaine de l'**utilisation**, il est positionné sur les piles à combustible PEM (usage résidentiel) et PEM haute température, et dans l'utilisation de l'hydrogène liquide pour le refroidissement de supraconducteurs. Le KIT est présent dans l'**analyse des systèmes**, principalement sur la sécurité des composants et l'intégration de l'hydrogène dans le système énergétique.

Le KIT dispose d'**infrastructures** permettant la recherche sur les vecteurs chimiques permettant le transport de l'hydrogène avec le *H-Labor*, et sur le stockage sous conditions cryogéniques avec le *CryoMak*. Le *centre d'essai HYKA* permet de mener des recherches expérimentales sur la distribution et la combustion de l'hydrogène, notamment sur le risque d'explosion. Il permet une évaluation des risques et de leur prévention en vue d'apporter une contribution à l'établissement de normes de sécurité. Inauguré en 2004, le *FCTestLab* permet de tester des systèmes stationnaires de pile à combustible pour l'usage résidentiel. Il s'agit du plus ancien laboratoire de l'institut européen de recherche sur l'énergie (EIFER), centre de recherche commun au KIT et à EDF. Le KIT accueille près de Karlsruhe le démonstrateur *Energie Lab 2.0*, infrastructure commune partagée avec le FZJ et le DLR.

c. Localisation, implication dans les projets fédéraux et points de contact

⁸ https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/01_forschung/01_Energie/Wasserstoffatlas_Mai2020.pdf

Localisations

Production, stockage, utilisation : Karlsruhe (Bade-Wurtemberg)

Analyse des systèmes (*Energie Lab 2.0*): Eggenstein-Leopoldshafen (Bade-Wurtemberg)

Technologie PEM haute température : Ulm (*HIU*) (Bade-Wurtemberg)

Projets au niveau fédéral

Carbon2Chem, Kopernikus ENSURE, NAMOSYN, ARCADE (**fr-all**), SOC-Degradation_2, WirLebenSOFC, InnoSyn

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

[Retour](#) à la carte des Länder

IV. Paysage institutionnel de la recherche par Länder

Cette partie du rapport a pour objectif de présenter un paysage institutionnel relativement complet de la recherche sur les technologies de l'hydrogène pour l'année 2020. Pour des raisons d'accès restreint à l'information, la recherche industrielle n'apparaît que dans la mesure où elle est associée aux acteurs de la recherche parapublique. Du fait de la multiplicité des institutions de recherche sur l'ensemble du territoire, ce paysage institutionnel ne prétend pas à l'exhaustivité. Le dynamisme de la recherche sur l'hydrogène est par ailleurs susceptible de le faire évoluer rapidement. Le panorama [Energy Storage & Fuel Cell Systems](#) produit en 2011 par *Germany Trade & Invest* donne une idée de l'évolution sur 10 ans de ce paysage. Ce second document complète aussi l'information par l'inclusion de capacités de recherche peu visibles en 2021 et celle d'universités de sciences appliquées moins présentes dans les activités de recherche scientifique et dans les projets fédéraux.

La richesse du tissu de recherche sur les technologies de l'hydrogène est variable en fonction des Länder, dont l'importance dans le financement de la recherche a été évoquée précédemment. Le développement des technologies de l'hydrogène est fortement lié aux capacités industrielles et de recherche historiques des territoires. Se distinguent ainsi l'héritage de l'industrie lourde dans la Ruhr (Rhénanie du Nord-Westphalie), le poids de l'industrie automobile dans la région de Stuttgart (Bade-Wurtemberg), l'importance de la recherche fondamentale à Berlin et l'influence des fonds de changement structurel à destination des régions houillères en transition⁹. Les spécialisations des Länder sont parfois liées à des facteurs purement géographiques, comme leur caractère maritime. Le premier niveau de classification choisi est donc celui des Länder, ordonnés suivant leurs capacités globales de recherche (critères de nombre, taille et variété des institutions).

Pour chacun des Länder, les institutions sont ensuite classées par type : en premier lieu la recherche extra-universitaire, par ordre croissant de TRL (Max Planck, Helmholtz, Leibniz, Fraunhofer), puis la recherche universitaire (universités généralistes, universités techniques et universités de sciences appliquées), et enfin les sites de recherche multi-acteurs, sites de recherche semi-industriels et réseaux de recherche régionaux. Cette dernière partie permet d'inclure dans ce panorama certains des nombreux projets de recherche régionaux. Dans chacune des sous-catégories, les institutions sont classées par ordre décroissant d'importance en termes d'ETP (estimé ou connu) et d'implication dans des projets de niveau fédéral.

Ce panorama est lié à la carte des Länder. Pour un retour à la carte [cliquez ici](#).

Chaque institution est identifiée dans sa description par un sigle (en général de 3 lettres). Cette identification standardisée est très répandue en Allemagne et facilite dans ce document la recherche Ctrl+F. Un tableau compile [en annexe](#) l'ensemble des institutions de recherche identifiées par leur sigle, leur nom allemand et la traduction française. La description des institutions de recherche inclut dans la plupart des cas de nom des projets de niveau fédéral auxquels elles participent, indiqués entre parenthèses.

Le nom des villes est indiqué en allemand, à l'exception des villes de Cologne, Aix-la-Chapelle, Hambourg, Brême et Dresde.

⁹ https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaefigung.pdf?__blob=publicationFile&v=4

1) Rhénanie du Nord-Westphalie / Nordrhein-Westphalen (RNW/NRW)

Le Land de Rhénanie du Nord-Westphalie apparaît comme le premier Land pour la recherche sur l'hydrogène en Allemagne. Cette situation est d'une part naturelle pour une région qui abrite à elle seule 23% de la population et 22% du PIB de l'Allemagne. Sa présence sur les technologies de l'hydrogène est renforcée par le poids de l'industrie lourde, notamment la sidérurgie et l'industrie de la chimie. Elle bénéficie aussi la volonté politique fédérale d'accompagner les anciens bassins houillers, dont la Ruhr, dans leur transition énergétique et industrielle.

a. Société Max Planck : la recherche fondamentale

L'institut Max Planck pour la conversion chimique de l'énergie à Mülheim-an-der-Ruhr (MPI CEC) compte trois groupes de travail sur la spectroscopie inorganique, la catalyse moléculaire et les réactions hétérogènes. En plus de ses activités de recherche fondamentale, le Max Planck CEC est impliqué sur plusieurs projets de recherche appliquée pour l'utilisation d'hydrogène renouvelable pour la production de produits chimiques (Carbon2Chem, CatVIC). L'institut est né de la volonté de Robert Schlögl, directeur de l'institut Max Planck Fritz-Haber de Berlin, de disposer d'un institut de recherche dans le bassin de la Ruhr. Robert Schlögl est une personnalité de premier plan de la recherche sur l'hydrogène en Allemagne. Il est membre du conseil national pour l'hydrogène et coordonne pour le ministère de la recherche le programme Kopernikus. Contacts : Prof. Dr. Robert Schlögl robert.schloegl@cec.mpg.de, Prof. Dr. Serena DeBeer serena.debeer@cec.mpg.de et Prof. Dr. Walter Leitner walter.leitner@cec.mpg.de. Actualité : [Caractérisation d'un catalyseur pour la synthèse de méthanol](#) le 04.08.20

L'institut Max Planck pour la recherche sur le charbon à Mülheim-an-der-Ruhr (MPI KoFo) est spécialisé dans la recherche fondamentale sur les catalyseurs et sur le stockage en phase solide. D'implantation plus ancienne, il est très lié à l'institut Max Planck CEC, avec lequel il est impliqué sur le projet Carbon2chem. Contact : Prof. Dr. Tobias Ritter ritter@kofo.mpg.de. Actualité : [Découverte d'un nouveau catalyseur pour l'électrolyse](#) le 23.02.21

L'institut Max Planck pour la recherche sur l'acier de Düsseldorf (MPIE) étudie l'usage de l'hydrogène dans la sidérurgie, notamment par l'utilisation d'analyses structurales et de microscopie électronique de l'acier produit. La recherche porte sur les applications d'injection d'hydrogène dans les hauts fourneaux et de réduction directe de l'acier (DRI). Contacts : Prof. Dr. Christina Scheu scheu@mpie.de et Dr Baptiste Gault b.gault@mpie.de. Actualité : [Annonce du projet H2BS](#) le 22.06.20

b. Communauté Helmholtz : les grandes infrastructures de recherche

Les activités du centre de recherche de Jülich (FZJ) sont détaillées [ci-dessus](#).

Ces activités du FZJ sont concentrées à Jülich dans 11 instituts, dont principalement l'**institut pour la recherche sur l'énergie et le climat (FZJ IEK)**. Les principales infrastructures de recherche sur l'hydrogène sur le site Jülich sont le *Membranzentrum* et le *Living Energy Lab Campus*.

Les activités du centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR) sont détaillées [ci-dessus](#). Le DLR compte en Rhénanie du Nord-Westphalie plusieurs sites actifs sur l'hydrogène:

L'institut DLR pour la recherche en énergie solaire à Cologne/Köln et Jülich se répartit entre son centre de Cologne et un site secondaire spécialisé sur les technologies de l'hydrogène à Jülich, qui

précède l'implantation l'institut pour les carburants du futur. Il abrite le « soleil artificiel » *Synlight* depuis 2017. Actualité : [Synlight, le plus grand « soleil artificiel » au monde](#) le 23.03.17

L'institut DLR pour les carburants du futur à Jülich est spécialisé sur la thermolyse de l'hydrogène. Sa création s'est accompagnée de la naissance de la *SolarTurm Jülich*. Contact : Prof. Dr. Christian Sattler +49 2203 601-2868. Actualité : [Création de l'institut](#) le 08.07.20

Le site DLR pour l'aviation légère à Aix-la-Chapelle/Aachen et Merzbrück est né de la volonté du DLR de développer la mobilité aérienne urbaine et l'aviation légère électrique en explorant plusieurs technologies dont la pile à combustible à hydrogène. Contact : Dr. Christian Eschmann +49 2203 601-5110. Actualité : [Nouveau programme « Vol électrique »](#) le 01.07.20

c. Société Fraunhofer : la recherche appliquée

L'institut Fraunhofer pour l'environnement, la sécurité et l'énergie à Oberhausen (UMSICHT) travaille à l'industrialisation de l'électrolyse. Il développe et produit électrodes, plaques bipolaires *thermoplast* et catalyseurs. L'institut est aussi présent sur l'usage dans la chimie (Carbon2Chem) et la sidérurgie (MACOR). Contact : Prof. Dr.-Ing. Christian Doetsch christian.doetsch@umsicht.fraunhofer.de. Actualité : [Création du Campus hydrogène d'Oberhausen](#) le 25.02.21

L'institut Fraunhofer pour les infrastructures énergétiques et la géothermie à Aix-la-Chapelle/Aachen (IEG) est spécialisé sur l'intégration des technologies de l'hydrogène au système énergétique, associé à ce titre à plusieurs projets de grande ampleur. Contact : Dr. Mario Ragwitz mario.ragwitz@ieg.fraunhofer.de. Actualité : [Participation au projet TransHyDe](#) 01.13.21

L'institut Fraunhofer pour les technologies de production à Aix-la-Chapelle (IPT) est présent sur l'industrialisation de la production de piles à combustible, en lien avec une expertise principale sur la fabrication de batteries. Contact : Dr.-Ing. Christoph Baum christoph.baum@ipt.fraunhofer.de. Actualité : [Projet de production en série de piles à combustible bon marché](#) le 10.09.19

L'institut Fraunhofer pour les technologies laser à Aix-la-Chapelle (ILT) est associé plus indirectement par l'utilisation des techniques de production industrielle laser dans la fabrication des composants des technologies de l'hydrogène. Contact : Dr.-Ing. Arnold Gillner arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de. Actualité : [Colloque laser hydrogène](#) le 09.09.20

d. Universités : ponts entre formation, recherche fondamentale et recherche appliquée

L'université technique de Rhénanie-Westphalie d'Aix-la-Chapelle/Aachen (RWTH Aachen), membre du réseau TU9, fait partie des principales universités techniques du pays. Associé à de nombreux projets (Kopernikus, Carbon2Chem, NAMOSYN) et réseaux de recherche, ses compétences sont nombreuses mais parfois difficiles à distinguer de celles de ses partenaires régionaux. La chaire pour les moteurs à combustion (RWTH VKA) travaille sur l'intégration de la pile à combustible à la mobilité routière. La RWTH Aachen est étroitement liée au centre de recherche de Jülich (FZJ). Contacts : Prof. Dr. Stefan Pischinger +49 (0) 2 41 80 48000 et Dr.-Ing. Felix Kunz kunz_f@vka.rwth-aachen.de. Actualité : [Projet hydrogène lauréat du concours Cluster4Future](#) le 08.02.21

L'université de la Ruhr à Bochum (RUB) se distingue surtout par sa recherche sur la production d'hydrogène par biophotosynthèse à l'aide de microalgues. Elle mène par ailleurs une activité de recherche fondamentale en électrochimie, permettant des avancées sur les catalyseurs et les matériaux destinés à l'infrastructure de transport de l'hydrogène. Elle est impliquée avec l'industrie

de la chimie dans des projets fédéraux (Carbon2Chem, NaMoSyn). Contact : Prof. Dr. Viktor Scherer scherer@leat.ruhr-uni-bochum.de. Actualité : [Développement de catalyseurs complexes](#) le 18.02.21

L'université de Duisburg-Essen (UDE) est étroitement liée le centre pour la technologie et de la pile à combustible à Duisburg (ZBT) d'une institution de recherche de premier plan dans la recherche appliquée à la fabrication des piles à combustibles et des batteries. Le ZBT soutient directement la chaire pour les techniques de l'énergie de l'UDE. Angelika Heinzl dirige à la fois la chaire et le ZBT. Contact : Prof. Dr. Angelika Heinzl a.heinzl@zbt.de. Actualité : [Production Power-to-X et utilisation d'ammoniac pour l'alimentation en énergie des antennes de téléphonie mobile](#) le 08.07.20

e. Sites de recherche multi-acteurs, semi-industriels et industriels, réseaux régionaux

Le Cluster Helmholtz pour une économie de l'hydrogène durable à Jülich (*Helmholtz-Cluster für nachhaltige und infrastrukturkompatible Wasserstoffwirtschaft*), créé en janvier 2020 dans le cadre de la loi de renforcement structurel des régions minières (*Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen*) est un nouveau site de recherche dépendant directement de la communauté Helmholtz, impliquant différents partenaires membres de l'organisation.

Le centre pour la technologie de la pile à combustible à Duisburg (ZBT) est un des principaux centres de recherche européens sur la pile à combustible. Fondé en 2001 sous la forme de société de droit privé (GmbH), soutenu par un investissement important du gouvernement de Rhénanie du Nord-Westphalie et des fonds régionaux européens, il est racheté en 2005 par l'université de Duisburg-Essen (UDE). Ses 8 départements scientifiques, forts d'environ 100 ETP, couvrent différents niveaux technologiques autour du système pile à combustible, de la pile elle-même, de ses composants et des matériaux. Le ZBT étudie aussi les différents vecteurs énergétiques permettant le transport de l'hydrogène. Enfin, il étudie les aspects techniques et commerciaux d'une activité de production de pile à combustible (administratif, fabrication, organisation de la production, apport du numérique). Le centre travaille par ailleurs sur les technologies de batteries. Son objectif de production industrielle lui permet d'être soutenu dans le cadre du programme national d'innovation (NIP) par le ministère fédéral des transports (BMVI) ou du programme ZIM par le ministère fédéral de l'économie (BMWi). Il coopère étroitement avec les acteurs régionaux : le RWTH Aachen, le FZJ, le MPI CEC et les instituts Fraunhofer. Contacts : Prof. Dr. Angelika Heinzl a.heinzl@zbt.de et Dr.-Ing. Peter Beckhaus p.beckhaus@zbt.de. Actualité : [Projet DynaCell](#) le 01.03.21

L'aciérie Thyssenkrupp AG à Duisburg est le principal démonstrateur en Allemagne pour l'utilisation de l'hydrogène dans l'industrie chimique et la sidérurgie. Dans le cadre du projet Carbon2Chem, qui associe l'industriel Thyssenkrupp à une grande partie des acteurs de la recherche régionaux et à plusieurs partenaires industriels, une partie des émissions de l'aciérie sont valorisées - en association à une production d'hydrogène renouvelable - en produits chimiques. Par ailleurs, associé au producteur d'énergie STEAG, et avec le soutien du Land et de la ville de Duisburg, Thyssenkrupp travaille à l'injection d'hydrogène dans les hauts fourneaux, et à terme à leur remplacement par la technologie de réduction directe de l'acier (DRI), alimentée par STEAG en hydrogène renouvelable.

Le « Cluster du futur hydrogène » associe le FZJ et RWTH, réunis dans l'**alliance de recherche JARA**. Le réseau, lauréat du concours Cluster4Future, rassemble 24 instituts des deux institutions de recherche, 47 partenaires industriels et 16 autres organisations, autour de dix projets pour le développement de l'électrolyseur, de la pile à combustible, du stockage haute-pression, des procédés de séparations hybrides et du moteur hydrogène à combustion. Si aucun site propre n'est évoqué, le projet précise une assise territoriale du cluster sur le **bassin houiller rhénan** (*Rheinischen Revier*). Contact : Prof. Stefan Pischinger +49 (0) 2 41 80 48000. Actualité : [Deux Clusters de l'alliance JARA récompensés par le concours Cluster4Future](#) le 03.02.21

Le réseau « Pile à combustible, hydrogène et électromobilité » de Rhénanie du Nord-Westphalie (*Brennstoffzelle, Wasserstoff & Elektromobilität NRW*) fait partie de l'agence de l'énergie du Land (*EnergieAgentur.NRW*). Il joue un rôle de mise en relation des acteurs de l'électromobilité et de l'hydrogène dans la région et finance des projets avec le soutien du Land et des fonds régionaux européens. Les projets financés couvrent à la fois le déploiement des technologies (RH₂INE : corridor de transport Allemagne-Pays-Bas) et les activités de recherche (ASTOR : recherche sur la thermolyse).

[Retour](#) à la carte des Länder

2) Bade-Wurtemberg / Baden-Württemberg (BW)

Le Bade-Wurtemberg bénéficie d'un écosystème de recherche sur l'hydrogène très dense, marqué par le poids économique des industriels de l'automobile (Daimler, Mercedes-Benz) et des biens d'équipement (Bosch). Sa recherche est orientée en grande partie vers l'usage dans la mobilité, guidée par des synergies fortes avec l'écosystème industriel et la recherche sur les batteries. La société Max Planck est absente de ce paysage institutionnel dominé par la recherche appliquée.

a. Communauté Helmholtz : les grandes infrastructures de recherche

Les activités de l'institut technologique de Karlsruhe (KIT) sont détaillées [ci-dessus](#).

Les technologies de l'hydrogène mobilisent **12 instituts** du KIT, tous situés à **Karlsruhe**. Le site compte plusieurs infrastructures de recherche pertinentes sur le stockage (*H-Labor, CryoMak*), la sécurité du stockage et du transport (*HYKA*) l'usage et l'analyse du système énergétique (*Energie Lab 2.0*). Il est aussi présent à **Ulm**, via l'**institut Helmholtz pour le stockage électrochimique de l'énergie (HIU)**.

Les activités du centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR) sont détaillées [ci-dessus](#). Le DLR compte en Bade-Wurtemberg plusieurs sites actifs sur l'hydrogène:

L'institut DLR de thermodynamique à Stuttgart et Ulm travaille sur le développement de la pile à combustible pour la mobilité. Il dispose en particulier de compétences sur l'analyse du système pile à combustible, et pile-véhicule. L'institut travaille en coopération étroite avec l'université de Stuttgart. Contacts : Prof. Dr. André Thess andre.thess@dlr.de, Prof. Dr. Kaspar Andreas Friedrich andreas.friedrich@dlr.de et Dr. Rémi Costa remi.costa@dlr.de. Actualité : [Utilisation de l'informatique quantique pour les performances de la pile à combustible](#) le 21.02.21

L'institut DLR des technologies de combustion à Stuttgart est spécialisé dans la recherche sur les turbines à gaz et l'utilisation de nouveaux carburants, dont l'hydrogène. Il dispose de compétences sur la simulation et caractérisation de la combustion, notamment haute pression. Contact : Dr. Wolfgang Meier +49 711 6862-397. Actualité : [Projet sur la production de kérosène de synthèse](#) le 27.01.21

L'institut DLR de propulsion spatiale à Lampoldshausen est principalement spécialisé sur la liquéfaction de l'hydrogène et sa cryogénéisation, pour une utilisation dans la propulsion des fusées. Dans le cadre du projet H2orizon, le site s'est doté depuis 2016 d'un électrolyseur PEM relié à des capacités d'énergie renouvelables. Contact : Thorben Andersen +49 6298 28-733. Actualité : [Financement de la recherche sur l'hydrogène par le Land](#) le 09.07.20

b. Société Fraunhofer : la recherche appliquée

L'institut Fraunhofer pour les technologies de la chimie à Pfinztal (ICT) travaille sur le développement piles à combustibles et de ses composants, pour des applications mobiles et stationnaires. Il dispose en particulier de capacités de caractérisation et de production pour différents types de piles à combustible à membrane. L'institut est présent sur le stockage haute-pression et la simulation de systèmes énergétiques urbains. Contact : Wilhelm Eckl wilhelm.eckl@ict.fraunhofer.de. Actualité : [Entretien avec Karsten Pinkwart de l'ICT sur l'hydrogène comme vecteur énergétique](#) le 29.06.20

L'institut Fraunhofer pour les systèmes d'énergie solaire à Freiburg (ISE) est actif dans la recherche sur la production d'hydrogène intégrée au photovoltaïque (H2Demo) sur la technologie PEM utilisée dans la mobilité (FC-RAT). Il est présent sur la synthèse de produits chimiques dérivés (Kopernikus P2X, StoRelH2). L'institut coordonne le réseau Fraunhofer sur l'hydrogène H2D. Contact : Prof. Dr. Christopher Hebling christopher.hebling@ise.fraunhofer.de. Actualité : [Le directeur du Fraunhofer ISE nommé à la tête de l'association de recherche pour les EnR](#) le 01.03.21

L'institut Fraunhofer pour la mécanique des matériaux à Freiburg (IWM) travaille sur les interactions de l'hydrogène avec les matériaux, principalement métaux et céramiques. Il développe des matériaux robustes pour des applications dans l'électrolyse haute température, les piles à combustible et les turbines à gaz. Contact : Prof. Dr. Matthias Scherge matthias.scherge@iwm.fraunhofer.de. Actualité : [Un nouveau revêtement protège l'acier contre la pénétration de l'hydrogène](#) le 03.12.20

L'institut Fraunhofer pour les techniques physiques de mesure à Freiburg (IPM) est spécialisé sur les technologies de contrôle et mesure de l'infrastructure gazière, dont l'enjeu d'injection d'hydrogène dans le réseau. Contact : Prof. Dr. Jürgen Wöllenstein juergen.woellenstein@ipm.fraunhofer.de. Actualité : [Nouvelle technologie de mesure pour l'hydrogène](#) le 11.01.21

L'institut Fraunhofer pour la physique du bâtiment à Stuttgart (IBP) dispose de compétences sur la collecte, l'analyse de données et la définition de normes, sur l'ensemble de la chaîne technologique de l'hydrogène, et avec un focus particulier sur le bilan carbone. Contact : Dr.-Ing. Robert Ilg robert.ilg@ibp.fraunhofer.de. Actualité : [Evaluation de la durabilité de véhicules à hydrogène](#)

L'institut Fraunhofer pour la recherche sur les systèmes et l'innovation à Karlsruhe (ISI) est impliqué sur l'intégration de l'hydrogène dans le système énergétique et l'étude prospective des solutions d'importation d'hydrogène pour l'Allemagne (HYPAT). Contact : Prof. Dr. Martin Wietschel martin.wietschel@isi.fraunhofer.de. Actualité : [Quels enjeux d'importation d'hydrogène ?](#) le 07.12.20

Membres de l'alliance hydrogène de la société Fraunhofer, l'institut Fraunhofer Ernst Mach à Freiburg (EMI), l'institut Fraunhofer pour l'ingénierie industrielle à Stuttgart (IAO) et l'institut Fraunhofer pour les techniques de production et d'automatisation à Stuttgart (IPA) sont impliqués de façon plus indirecte sur l'hydrogène, respectivement sur la mobilité, la logistique, l'industrialisation de la production.

c. Universités : ponts entre formation, recherche fondamentale et recherche appliquée

L'université de Stuttgart (Universität Stuttgart), membre du réseau TU9, est active dans la recherche sur l'usage de l'hydrogène dans la mobilité, notamment sur les systèmes de propulsions adaptés à la pile à combustible et la production de carburants de synthèse. Elle est aussi présente sur la photocatalyse. Ses instituts d'ingénierie automobile (IFS), d'électronique de puissance (ILEA) et d'essai des matériaux (MPA) sont particulièrement impliqués sur les technologies de l'hydrogène. L'université coordonne le projet Kopernikus Synergie et coopère étroitement avec le DLR. Contacts : Dipl.-Ing.

Hans-Jürgen Berner hans-juergen.berner@ifs.uni-stuttgart.de et Steffen Bintz steffen.bintz@ilea.uni-stuttgart.de. Actualité : [Des mesures précises permettent d'alléger les composants](#) le 24.02.21

L'université Albert-Ludwig de Freiburg (Uni Freiburg) mène avec son institut IMTEK une activité de recherche en électrochimie. Elle travaille notamment sur les membranes pour la technologie PEM, les matériaux pour la technologie AEM (AEMReady) et pour la pile à combustible adaptée au transport routier lourd (CORAL-HD). L'université est aussi impliquée sur le développement de composants pour la technologie de photocatalyse de l'hydrogène. Contact : Severin Vierrath severin.vierrath@imtek.uni-freiburg.de. Actualité : [Implication dans la recherche sur des composants pour la photocatalyse](#) le 28.10.20

L'université d'Ulm (Universität Ulm) dispose d'importantes capacités de recherche fondamentale en chimie, davantage appliquées aux batteries qu'à la pile à combustible. L'institut pour les usages et le stockage de l'énergie mène une recherche davantage appliquée sur la pile à combustible, notamment dans son utilisation pour la mobilité aérienne. L'institut entretient des liens étroits avec le DLR Contact : Prof. Dr.-Ing. Josef Kallo josef.kallo@uni-ulm.de. Actualité : [Présentation de la 6^{ème} génération de groupe motopropulseur électrique pour la mobilité aérienne](#) le 11.12.20

d. Sites de recherche multi-acteurs, semi-industriels et industriels, réseaux régionaux

Le centre pour l'énergie solaire et la recherche sur l'hydrogène à Ulm et Stuttgart (ZSW) a été créé en 1988 par l'université de Stuttgart et le DLR, rejoints plus tard par l'université d'Ulm. Il est soutenu par le gouvernement du Land et par des industriels régionaux, dont Daimler et Bosch. Positionné dès sa création sur les technologies de l'hydrogène, le centre emploie 260 personnes sur ses deux sites. Stuttgart abrite le siège administratif, la recherche sur le système énergétique et l'intégration de la conversion chimique de l'électricité. Ulm accueille les activités de recherche appliquée pour les différentes étapes de fabrication de piles à combustible, notamment PEM. Le ZSW compte des capacités de recherche sur les matériaux et sur les techniques de production. En plus des technologies de l'hydrogène, le centre est spécialisé dans la recherche sur les batteries, avec un *eLab* dédié à l'expérimentation des techniques de production. Le ZSW prévoit la construction à Ulm d'une unité de fabrication de pile à combustible, le *HyFab (Forschungsfabrik für Wasserstoff und Brennstoffzellen)*, qui doit entrer en service en 2022. Contact : Prof. Dr. Frithjof Staiß frithjof.staiß@zsw-bw.de, Prof. Dr. Markus Hölzle markus.hölzle@zsw-bw.de et Dr. Ludwig Jörissen ludwig.joerissen@zsw-bw.de. Actualité : [Inauguration du HyFab à Ulm](#) le 10.02.21

L'institut européen de recherche sur l'énergie à Karlsruhe (EIFER) est un centre de recherche d'EDF et du KIT présent sur les technologies de l'hydrogène depuis 2005. Il comprend trois laboratoires partagés avec le KIT et l'institut Fraunhofer ICT : l'*ENERMAT Platform* pour le développement des matériaux, composants et procédés, l'*EIFER/ICT Lab* pour le test de l'électrolyse/pile à combustible haute température SOC, des technologies alcaline et PEM, le *FCTestLab* pour les systèmes pile à combustible à usage résidentiel (électricité et chaleur). L'EIFER soutient le développement de projets industriels et territoriaux pilotes pour en analyser les données, avec notamment l'installation de stations-service hydrogène à Karlsruhe, Sarreguemines et Nantes. Contact : Pascal Terrien pascal.terrien@edf.fr et Dr. Mathieu Marrony mathieu.marrony@eifer.org. Actualité : [Conclusion du projet COSMHYC](#) le 24.02.21

L'institut de recherche pour l'ingénierie automobile et les moteurs de véhicules à Stuttgart (FKFS) est une institution fondée en 1930 sous le statut d'association de droit privé à but non lucratif qu'il garde aujourd'hui. Il est lié à l'institut IFS de l'université de Stuttgart et compte aussi de nombreux partenaires privés. Compétent sur une grande partie des technologies de la construction automobile, il dispose d'un grand nombre d'infrastructures de test, dont un banc d'essai pour les moteurs à

hydrogène et plusieurs pour le véhicule électrique. Il est par ailleurs présent sur le développement de moteurs à combustion hydrogène (NaMoSyn). Contact : Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Berner Hans-Juergen.Berner@fkfs.de. Actualité : [Rencontre du consortium NaMoSyn](#) le 15.11.19

Le réseau « Pile à combustible Bade-Wurtemberg » (*Cluster Brennstoffzelle BW*) rassemble les industriels membres du réseau régional e-mobilBW présents sur les technologies de l'hydrogène. Il permet une mise en relations des acteurs et participe directement au financement de projets de recherche communs associant le monde de l'industrie et de la recherche. Soutenu dans ce cadre, le projet PtG-BW mobilise par exemple les institutions de recherche ZSW, DLR et Fraunhofer ISE, les industriels McPhy et Energiedienst, des associations et des collectivités locales.

[Retour](#) à la carte des Länder

3) Saxe / Sachsen

La Saxe (officiellement Etat libre de Saxe) est dotée d'un tissu de recherche sur les technologies de l'hydrogène important, résultat d'une volonté politique forte du Land et du financement fédéral pour la transition structurelle des anciens bassins houillers. La Saxe est marquée par son héritage de grande région industrielle intégrée à l'ex-RDA, dont les capacités industrielles et de recherche ont souffert de la réunification puis de la sortie du charbon, et où les pouvoirs publics restent très présents.

a. Société Max Planck : la recherche fondamentale

L'institut Max Planck pour la physique chimique des solides à Dresde/Dresden (MPI CPFS) dispose de capacités de recherche en chimie des métaux et des solides, et en physique des matériaux quantiques (PQM). L'institut étudie notamment les catalyseurs pour la production d'hydrogène. Contact : Prof. Dr. Prof. Dr. Claudia Felser claudia.felser@cpfs.mpg.de. Actualité : [Découverte d'un nouveau catalyseur solide l'électrolyse de l'eau](#) le 25.02.21

b. Communauté Helmholtz: les grandes infrastructures de recherche

Le centre Helmholtz pour la recherche sur l'environnement à Leipzig (UFZ) est spécialisé dans la recherche sur les procédés biotechnologiques de production de l'hydrogène (TRL 4-5). Les 3/4 de ses ressources dédiées à l'hydrogène (40 ETP) sont consacrées au développement d'une technologie de production utilisant des réacteurs capillaires et exploitant les capacités de synthèse d'hydrogène de cyanobactéries. Des procédés électro-biologiques sont aussi explorés, ouvrant la voie à une solution Power-to-X. L'UFZ coopère avec le **centre allemand pour la recherche sur la biomasse (DBFZ) à Leipzig** sur des cuves de production de 15 litres, et avec le KIT pour une production à plus grande échelle. L'UFZ prévoit une extension qui constituera le futur centre de recherche *H₂Saxony*. Contacts : Prof. Dr. Georg Teutsch georg.teutsch@ufz.de et Prof. Dr. Andreas Schmid andreas.schmid@ufz.de. Actualité : [Nomination de Katja Bühler de l'UFZ au conseil national hydrogène](#) le 11.01.21

Le centre Helmholtz de Dresde-Rossendorf (HZDR) dispose de compétences d'analyse sur l'électrolyse alcaline et l'électrolyse haute température tubulaire destinée à la production directe d'hydrocarbures. Dans le cadre du projet ResKin, il est aussi impliqué dans la recherche sur les techniques de stockage souterrain de l'hydrogène. Contacts : Prof. Dr. Sebastian M. Schmidt s.schmidt@hzdr.de et Dr. Gunter Gerbeth g.gerbeth@hzdr.de. Actualité : [Le HZDR et la TU Dresden lauréats du prix d'innovation du groupement allemand des entreprises gazières](#) le 09.11.20

c. Société Fraunhofer : la recherche appliquée

L'institut Fraunhofer pour les techniques de production et la recherche sur les matériaux à Dresde/Dresden (IFAM) développe des composants, revêtements et cellules pour l'électrolyse alcaline (AEL) et l'électrolyse à membrane échangeuse d'anions (AEM). L'institut est aussi spécialisé sur l'enjeu du stockage, d'une part haute pression et d'autre part sous forme solide (hydrures métalliques, *powerpaste*). L'institut construit avec Zeiss une unité pilote de production de *powerpaste* qui doit entrer en service au cours de 2021. Contact : Dr. Lars Röntzsch lars.roentzsch@ifam-dd.fraunhofer.de +49 351 2537-411. Actualité : [Opportunités de développement de la *powerpaste*](#) le 01.02.21

L'institut Fraunhofer pour les technologies céramiques à Dresde (IKTS) travaille sur les matériaux de l'électrolyseur et la pile à combustible, avec une spécialisation sur la production d'hydrogène pour les usages dans l'industrie lourde, dont la sidérurgie (MACOR). Son activité de recherche sur les matériaux porte aussi sur la mesure et la surveillance des pipelines dédiés à l'hydrogène. Contact: Dr.-Ing. Matthias Jahn matthias.jahn@ikts.fraunhofer.de. Actualité : [Participation au projet MACOR](#) le 22.10.20

L'institut Fraunhofer pour les machines-outils et les techniques de formage à Chemnitz (IWU) est spécialisé sur les techniques de production appliquées aux technologies de l'hydrogène, dans le montage des plaques bipolaires, stacks et cellules pour les électrolyseurs et piles à combustibles. Contact : Dr.-Ing. Ulrike Beyer ulrike.beyer@iwu.fraunhofer.de. Actualité : [L'IWU prévoit une production en série de pile à combustible à Chemnitz](#) le 04.01.21

d. Universités : ponts entre formation, recherche fondamentale et recherche appliquée

L'université technique de Dresde (TU Dresden), membre du réseau TU9, dispose de capacités de formations et de recherche en chimie, en science des matériaux et en ingénierie industrielle. L'université compte une chaire pour la recherche sur l'énergie nucléaire et l'hydrogène. Elle coopère avec le HZDR sur l'électrolyse et dispose de capacités de recherche sur la pile à combustible dans son usage pour la mobilité. Contact : Prof. Dr.-Ing. Antonio Hurtado antonio.hurtado@tu-dresden.de. Actualité : [Recherche sur la sécurité du véhicule à pile à combustible](#) le 16.02.21

e. Sites de recherche multi-acteurs, semi-industriels et industriels, réseaux régionaux

Le réseau d'innovation pour la pile à combustible et la technologie de l'hydrogène de Saxe (HZwo) rassemble les instituts Fraunhofer IWU, IAP et ENAS, les universités TU Dresden et TU Chemnitz, et de nombreuses PME régionales. Basé à Chemnitz et soutenu par le Land de Saxe, il vise à rassembler les acteurs locaux de la filière hydrogène autour de projets communs. Le réseau finance actuellement 7 projets de R&D qui bénéficient de soutiens régionaux, nationaux et européens.

L'association Energy Saxony, institution partenaire du HZwo, rassemble l'université de sciences appliquées de Zittau/Görlitz (HSZG) et plusieurs industriels dont la DB (*Deutsche Bahn*), Ontras et Sunfire. Il est en charge pour le Land de Saxe du développement de l'hydrogène renouvelable, avec une mission de mise en relation des acteurs et de prospective sur de nouveaux usages de l'hydrogène.

[Retour](#) à la carte des Länder

4) Basse-Saxe / Niedersachsen

La Basse-Saxe se distingue par plusieurs projets industriels pionniers (Alstom dans le ferroviaire, Salzgitter AG dans la sidérurgie, DOW dans la chimie). Ses capacités de recherche académiques sont diverses, avec une spécialisation sur l'intégration de l'hydrogène à la production éolienne et aux réseaux d'énergie. Ces compétences pourraient bénéficier du développement futur de l'éolien en mer.

a. Communauté Helmholtz

Les activités du centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR) sont détaillées [ci-dessus](#). Le DLR compte en Basse-Saxe un site actif sur l'hydrogène:

L'institut DLR pour les réseaux énergétiques intégrés à Oldenburg, anciennement *Next Energy*, a rejoint récemment (2017) la communauté des instituts DLR. Il s'intéresse aux technologies de l'hydrogène comme solutions pour renforcer la flexibilité des réseaux énergétiques dans le cadre d'une production d'énergie renouvelable. L'institut est spécialisé sur l'intégration de l'hydrogène au réseau d'électricité par le Power-to-X et le stockage souterrain (HyCAVmobil). Contact : Prof. Dr. Carsten Agert +49 441 99906-100. Actualité : [Projet de plateforme de simulation pour développer la flexibilité des réseaux énergétiques](#) le 17.12.20

b. Société Fraunhofer

L'institut Fraunhofer pour les systèmes d'énergie éolienne à Bremerhaven (IWES) travaille sur le couplage entre la production d'électricité renouvelable d'origine éolienne et la production d'hydrogène par électrolyse. Il dispose d'un démonstrateur composé de deux électrolyseurs alcalin (AEL) et PEM, qui doit accueillir une unité d'hydrogénation/déshydrogénation en vue de tester le vecteur de transport LOHC. Avec le *DyNaLab (Dynamic Nacelle Testing Laboratory)*, il dispose de capacités d'analyse de régulation sur l'intégration de l'hydrogène au réseau d'électricité. Contact : Nora Denecke nora.denecke@iwes.fraunhofer.de. Actualité : [Projet « Hydrogène vert pour Bremerhaven »](#) le 01.03.20

L'institut Fraunhofer pour l'ingénierie de surface et des couches minces à Braunschweig (IST) développe des matériaux pour les électrolyseurs et piles à combustible. Contact : Dr.-Ing. Marko Eichler marko.eichler@ist.fraunhofer.de. Actualité : [L'IST membre du réseau Fraunhofer hydrogène](#) le 13.01.20

c. Universités

L'université technique de Clausthal (TU Clausthal) abrite une activité de recherche sur l'hydrogène répartie sur deux centres de recherche. Le centre de recherche pour le stockage de l'énergie comprend des activités de recherche fondamentale sur les matériaux et d'étude de l'intégration du Power-to-X dans le système énergétique. Le centre CUTEC est spécialisé dans la production d'hydrogène par reformage de la biomasse et par électrolyse haute température SOEC et la production de produits chimiques dérivés. Contact : Prof. Dr. Hans-Peter Beck hans-peter.beck@tu-clausthal.de et Dr.-Ing. Daniel Goldmann goldmann@aufbereitung.tu-clausthal.de. Actualité : [Sélection pour les projets hydrogène du Land de Basse-Saxe](#) le 17.06.20

L'université Leibniz à Hannover/Hanovre (LU Hannover) est impliquée dans la recherche sur la pile à combustible PEM (PowerMem, FemtoPEM). Ses équipes travaillent à la mise au point d'une soufflante de recirculation pour pile à combustible et sur le développement d'un moteur à combustion hydrogène. Contacts : Prof. Dr.-Ing. Richard Hanke-Rauschenbach hanke-rauschenbach@ifes.uni-

hannover.de et Prof. Dr. Friedrich Dinkelacker dinkelacker@itv.uni-hannover.de. Actualité : [Participation à l'appel à projets hydrogène du Land de Basse-Saxe](#) le 17.11.20

L'université technique de Braunschweig (TU Braunschweig), membre du réseau TU9, participe à plusieurs projets sur l'usage de l'hydrogène dans la mobilité, sur l'application de la pile à combustible pour la mobilité routière (ECatPEMFCplus) et la production de carburants de synthèse pour les mobilités routière et aérienne. L'université participe aussi au projet fédéral Kopernikus Synergie. Contact : Prof. Dr.-Ing. Jürgen Köhler n.lemke@tu-braunschweig.de. Actualité : [Développement d'un poids lourd à hydrogène équipé d'un dispositif de ravitaillement mobile](#) le 12.06.20

d. Sites de recherche multi-acteurs, semi-industriels et industriels, réseaux régionaux

L'aciérie Salzgitter AG à Salzgitter s'est allié à plusieurs industriels dans le projet SALCOS d'utilisation de l'hydrogène pour une production bas-carbone d'acier. Salzgitter AG envisage à terme le remplacement des hauts fourneaux par la réduction directe de l'acier (DRI), couplé des capacités d'électrolyse alimentées par l'énergie éolienne. Le projet MACOR, qui allie l'acteur industriel régional Salzgitter Mannesmann Forschung aux instituts Fraunhofer extrarégionaux IKTS, ISI et UMSICHT, a étudié de 2017 à 2020 la faisabilité du concept SALCOS. L'aciérie de Salzgitter accueille depuis décembre 2020 le plus grand électrolyseur haute température au monde (GrInHy2.0). Une nouvelle étape a été franchie en mars 2021 avec le financement pour 50 M€ de l'installation de nouveaux électrolyseurs et de la construction d'éoliennes (Wind hydrogen Salzgitter - WindH2).

Le réseau hydrogène de Basse-Saxe (Niedersächsische Wasserstoff-Netzwerk) a été créé en juillet 2020 par le ministère de l'environnement et l'agence de l'énergie du Land, avec pour but de fédérer les acteurs du secteur. Il s'adresse en particulier aux acteurs de l'initiative fédérale Reallabore der Energiewende (BMW) et du réseau fédéral HyLand (BMVI) et annonce son intention de financer ses propres projets. Il semble davantage orienté sur le déploiement des technologies que sur la recherche.

[Retour](#) à la carte des Länder

5) Berlin

Le Land-capitale de Berlin compte plusieurs sites de recherche de pointe sur la recherche fondamentale en chimie, en particulier sur l'enjeu de catalyse. Il dispose aussi d'un synchrotron et de bonnes synergies dans la recherche sur les matériaux pour les énergies renouvelables, les batteries et les technologies de l'hydrogène. La capitale bénéficie d'un fort soutien de l'Etat fédéral.

a. Société Max Planck

L'institut Max Planck Fritz Haber à Berlin (MPI FHI), nommé d'après le chimiste inventeur au début du XX^{ème} siècle du procédé dit *Haber-Bosch* de synthèse de l'ammoniac, mène des activités de recherche fondamentale en chimie et électrochimie, notamment sur la catalyse. Il préexiste à l'institut Max Planck CEC, créé par son directeur Robert Schlögl et plus spécifiquement dédié aux technologies de l'hydrogène par une recherche plus appliquée. Contact : Prof. Dr. Gerard Meijer meijer@fhi-berlin.mpg.de. Actualité : [Apport de l'oxyde de zinc dans la synthèse de méthanol](#) le 04.03.21

b. Communauté Helmholtz

Le centre Helmholtz pour les matériaux et l'énergie de Berlin (HZB), fort de 1500 chercheurs (environ 50 ETP sur l'hydrogène) est une des institutions de recherche pionnières sur la production d'hydrogène

par photocatalyse (ou photosynthèse artificielle). Il dispose avec le *HEMF (Helmholtz Energy Materials Foundry)* d'une infrastructure lui permettant de produire et caractériser les photo-électrodes et catalyseurs nécessaires à ces recherches. Le HZB est impliqué dans le germano-américain DEPECOR, sur la valorisation grâce à la photocatalyse des émissions de CO₂ industriel. Le HZB dispose d'importantes capacités de recherche fondamentale sur les matériaux, et intègre le synchrotron *BESSY II*. Le HZB coopère sur l'hydrogène et la recherche sur les matériaux avec les instituts Max Planck FHI et CEC, et le site DLR de Berlin-Adlershof. Contacts : Prof. Dr. Bernd Rech bernd.rech@helmholtz-berlin.de et Prof. Dr. Roel van de Krol roel.vandekrol@helmholtz-berlin.de. Actualité : [Hydrogène solaire : de nouvelles photo-anodes promettent des rendements élevés](#) le 26.01.21

c. Universités

L'université technique de Berlin (TUB), membre du réseau TU9, dispose de capacités de recherche en électrochimie. Elle étudie l'utilisation de nouveaux matériaux pour la catalyse et développe la technologie d'électrolyse de l'eau salée (H2Meer). La TUB est aussi présente en ingénierie, avec un projet sur le moteur à combustion hydrogène. Contact : Prof. Dr. Peter Strasser pstrasser@tu-berlin.de Actualité : [Publication dans Nature Energy sur l'électrolyse de l'eau salée](#) le 05.18.20

d. Sites de recherche multi-acteurs, semi-industriels et industriels, réseaux régionaux

La plateforme de recherche sur la catalyse de Berlin (CatLab) est une structure de recherche commune aux instituts Max Planck CEC et FHI, au HZB et à l'université Humboldt de Berlin, créée en 2020 et soutenue par le ministère fédéral de la recherche, dans l'objectif de fédérer une alliance berlinoise de la recherche sur l'hydrogène. L'industriel de la chimie BASF y participe également.

Le réseau de recherche *Unifying Systems in Catalysis (UniSysCat)* est un réseau de recherche rassemblant 4 universités (TUB, FU Berlin, Humboldt Berlin et Universität Potsdam) et 2 instituts Max Planck (institut Fritz Haber et institut pour les colloïdes et interfaces) à Berlin et dans le Brandenburg. Labellisé « Cluster d'excellence », il mobilise un total de 250 chercheurs de disciplines variées (chimie, physique, biologie, ingénierie) avec l'objectif de permettre une analyse transdisciplinaire complète du phénomène de catalyse. Actualité : [Nouveau laboratoire commun sur la catalyse](#) le 17.02.21

L'institut fédéral de recherche et d'essai sur les matériaux à Berlin (BAM) dépend directement du ministère de l'économie et de l'énergie. Fort de 1660 employés, il a pour mission de déterminer les exigences de sécurité dans les domaines des technologies et de la chimie des matériaux. Il dispose d'un centre de compétence pour la sécurité des technologies de l'hydrogène compétent sur l'évaluation des matériaux et des systèmes de stockage pour le transport, l'évaluation des méthodes de mesures pour les mélanges de gaz, l'élaboration de règles, normes et standards pour les technologies de Power-to-X et l'évaluation de la sécurité des infrastructures, dont celles de production d'énergie éolienne. Contacts : Dr. Kai Holtappels kai.holtappels@bam.de et Dr.-Ing. Georg Mair georg.mair@bam.de. Actualité : [Présentation du rôle du BAM dans la sécurité des technologies de l'hydrogène](#) le 10.06.20

[Retour](#) à la carte des Länder

6) Bavière / Bayern

La Bavière (ou Etat libre de Bavière) dispose de capacités de recherche sur l'hydrogène limitées par rapport à son poids économique, qui peut être attribué à une faible présence des industries lourdes, ainsi qu'aux choix stratégiques et à une internalisation forte de la recherche sur ce sujet de la

part de l'industrie automobile régionale. Le développement du stockage par LOHC à Erlangen-Nürnberg a permis renforcement d'une recherche essentiellement universitaire.

a. Communauté Helmholtz

Les activités du centre de recherche de Jülich (FZJ) sont détaillées [ci-dessus](#).

Le FZJ compte un site en Bavière, l'**institut Helmholtz d'Erlangen-Nürnberg pour les énergies renouvelables (HI ERN)**, spécialisé d'une part sur l'électrolyse, dont l'étude des matériaux pour la technologie PEM, d'autre part sur le stockage chimique de l'hydrogène, en particulier le développement de la technologie LOHC (*Liquid Organic Hydrogen Carrier*). Il coopère étroitement avec l'université Friedrich-Alexander d'Erlangen-Nürnberg (FAU) et le centre Helmholtz de Berlin (HZB). Contact : Anja Kraus a.kraus@fz-juelich.de. Actualité : [Publication dans Nature sur les polymères conducteurs de protons](#) le 22.12.20

b. Universités

L'**université technique de Munich/München (TUM)**, membre du réseau TU9, développe des catalyseurs non nobles pour l'électrolyse haute température. L'université a constitué un groupe pluridisciplinaire sur le développement du Power-to-X, pour la production d'hydrogène, de méthanol, de carburants de synthèse et d'autres produits chimiques et leur intégration au réseau d'énergie (Kopernikus P2X, SynErgie et Ariadne, NaMoSyn). Contact : Dr.-Ing. Sebastian Fendt ptx@mse.tum.de. Actualité: [La TUM renforce ses capacités de recherche sur l'hydrogène vert](#) le 28.12.20

L'**université Friedrich-Alexander d'Erlangen-Nürnberg (FAU)** est une institution pionnière sur le stockage de l'hydrogène par LOHC. Son activité de recherche se concentre sur l'ensemble de la chaîne technologique des LOHC : la catalyse pour l'hydrogénation/déshydrogénation, le développement de nouvelles molécules de stockage, les méthodes de contrôle de qualité du LOHC et le développement de piles à combustible LOHC. La FAU est à l'origine de l'entreprise « spin-off » Hydrogenious LOHC Technologies. Contact : Dr. Andreas Bösmann andreas.boesmann@fau.de. Actualité : [Alliance entre la FAU et la TUM dans la recherche sur l'hydrogène](#) le 02.06.20

L'**université de sciences appliquées de Regensburg (OTH)** est spécialisée dans la recherche sur les produits dérivés de l'hydrogène, en particulier dans la production de carburants de synthèse (NaMoSyn). L'OTH est aussi présente sur la « méthanisation biologique » (couplage d'un électrolyseur et d'un bioréacteur pour la production de méthane). Elle étudie plus largement l'intégration de l'hydrogène dans le système énergétique (LivingH2, Wasserstoffatlas-D). Contact : Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Rabl hans-peter.rabl@oth-regensburg.de et Prof. Dr.-Ing. Oliver Brückl oliver.brueckl@oth-regensburg.de. Actualité : [Regensburg accueille le centre bavarois de R&D sur l'hydrogène](#) le 23.03.21

c. Sites de recherche multi-acteurs, semi-industriels et industriels, réseaux régionaux

Le **centre hydrogène de Bavière (H2.B)** est un réseau de compétence régional fondé en 2019, conjointement à l'**alliance bavaroise de l'hydrogène (Wasserstoffbündnis)** comprenant la FAU, le HI ERN, des collectivités locales, plusieurs grands groupes industriels (BMW, Siemens...) et de nombreuses PME régionales, dont Hydrogenious LOHC Technologies, « spin-off » du HI ERN. L'association est placée sous la direction de Veronika Grimm, également membre du conseil national de l'hydrogène. Elle a pour mission la mise en relation des acteurs et le pilotage de la stratégie hydrogène bavaroise. Actualité : [Lancement du « Dialogue sur l'hydrogène » dans le cadre de la NürnbergMesse](#) le 01.20.20

[Retour](#) à la carte des Länder

7) Saxe-Anhalt

La Saxe-Anhalt se distingue par l'importance de la recherche appliquée. Le principal marqueur de son paysage de recherche est le lien étroit avec l'industrie de la chimie. Le Land se distingue aussi par l'association de la recherche sur l'hydrogène au domaine de la bioéconomie.

a. Société Fraunhofer

L'institut Fraunhofer pour la microstructure des matériaux et des systèmes à Halle et Leuna (IMWS) est compétent sur l'analyse et le développement de matériaux pour l'électrolyse et sur l'évaluation d'électrolyseurs à l'échelle industrielle. Il est impliqué dans la plateforme de test d'électrolyse à Leuna (ELP). L'institut participe à deux projets de stockage d'hydrogène, sur le réservoir haute pression et le stockage souterrain. Contact : Dominik Härle dominik.haerle@imws.fraunhofer.de. Actualité : [Projet de réservoir haute pression pour le stockage et le transport de l'hydrogène vert](#) le 17.04.19

L'institut Fraunhofer pour l'opération et l'automatisation des usines à Magdebourg (IFF) est compétent sur l'analyse et le développement de solutions optimisées d'approvisionnement en hydrogène pour l'industrie. Il travaille notamment sur le couplage de la production de biogaz et d'hydrogène renouvelable (usine pilote de Gommern) et sur l'utilisation industrielle de l'oxygène coproduit par l'électrolyse. Contact : Dr.-Ing. Torsten Birth torsten.birth@iff.fraunhofer.de. Actualité : [Présentation des projets hydrogène de l'IFF](#) le 02.04.20

b. Universités

L'université Otto-von-Guericke à Magdeburg (OVGU) développe une pile à combustible réversible PEM-URFC en coopération avec l'institut Fraunhofer ICT (RE-FLEX). L'OVGU travaille notamment sur la fabrication du prototype. Contact : Prof. Dr. Martin Wolter martin.wolter@ovgu.de. Actualité : [Présentation de la recherche sur l'hydrogène et du projet RE-FLEX](#) le 08.12.20

c. Sites de recherche multi-acteurs, semi-industriels et industriels, réseaux régionaux

Le parc industriel de chimie à Leuna accueille la construction d'une plateforme de test et d'essai d'électrolyse (ELP) impliquant d'une part l'institut Fraunhofer IWMS et d'autre part le centre Fraunhofer pour les procédés de la chimie et des biotechnologies de Leuna (CBP), rattaché lui-même à l'institut Fraunhofer IGB de Stuttgart. Le démonstrateur ELP doit porter à l'échelle industrielle la production conjointe par électrolyse d'hydrogène et d'oxygène à destination de l'industrie de la chimie. L'ELP sera complété par la mise en service en 2024 d'un électrolyseur de 100 MW dans le cadre du projet GreenHydroChem (initiative *Reallabore der Energiewende*). Contact : Dr. Ulrike Junghans +49 3461 43-9128. Actualité : [Construction de la plateforme d'électrolyse ELP à Leuna](#) le 06.08.20

Le parc industriel de chimie à Bitterfeld-Wolfen bénéficie, pour le développement d'une infrastructure de stockage et de distribution de l'hydrogène basé des canalisations en plastique haute densité, de l'appui du programme HYPOS. Ce projet associe l'université de sciences appliquées de Leipzig (HTWK Leipzig) aux entreprises MITNETZ GAS (*Mitteldeutschen Netzgesellschaft Gas*) et DBI. Le site fait l'objet d'une étude faisabilité pour la production de produits chimiques à partir d'hydrogène renouvelable et d'émission industrielles de CO₂ (CarbonCycleMeOH). Actualité : [Inauguration du « village hydrogène vert » de Bitterfeld-Wolfen](#) le 11.03.20

[Retour](#) à la carte des Länder

8) Schleswig-Holstein

Le Schleswig-Holstein dispose avec le HZG d'une institution de premier plan dans la recherche fondamentale sur les technologies de l'hydrogène. D'autre part, sa géographie a favorisé le développement d'une recherche appliquée dans la production d'hydrogène liée à l'éolien en mer et dans la mobilité maritime.

a. Communauté Helmholtz

Le centre Helmholtz pour les matériaux et la recherche côtière de Geesthacht (HZG) est spécialisé dans la recherche sur les matériaux. Il travaille principalement sur le stockage solide de l'hydrogène dans des hydrures métalliques et sur la production d'hydrogène par photocatalyse. Son expertise sur les matériaux l'amène à coopérer avec le MPIE sur l'utilisation d'hydrogène dans la sidérurgie (H2BS). Contacts : Prof. Dr. Matthias Rehahn matthias.rehahn@hzg.de et Prof. Dr. Thomas Klassen thomas.klassen@hzg.de. Actualités : [Avancées du HZG dans la recherche sur la photocatalyse de l'hydrogène](#) le 06.07.20

Les activités du centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR) sont détaillées [ci-dessus](#). Le DLR compte au Schleswig-Holstein un site actif sur l'hydrogène:

L'institut DLR pour les systèmes énergétiques maritimes à Geesthacht, créé en 2020, est hébergé dans les locaux du HZG. Les deux institutions travaillent en coopération sur le développement de piles à combustible pour les navires, et sur les solutions de stockage à terre et en mer des carburants de synthèse. Le DLR prévoit la construction d'un laboratoire de test, puis d'un navire de recherche. Contact : +49 441 99906-0. Actualité : [Création de l'institut DLR](#) le 23.06.20

b. Universités

L'université de sciences appliquées/Fachhochschule Westküste à Heide (FH Westküste) comprend des formations et un institut de recherche spécialisés sur la transformation des systèmes énergétiques. Soutenu par le Land et l'UE, l'institut de recherche est impliqué dans le projet Westküste 100 (initiative *Re labore der Energiewende*). La FH Westküste est le seul partenaire non-privé de ce projet, auquel participe aussi le groupe EDF. Elle participe également au projet fédéral ENSURE. Contact : Prof. Dr.-Ing. Michael Berger berger@fh-westkueste.de. Actualité : [Validation des financements du BMWi pour le projet Westküste 100](#) le 05.08.20

c. Sites de recherche multi-acteurs, semi-industriels et industriels, réseaux régionaux

Le complexe industriel de Heide accueille le projet Westküste 100, qui prévoit le raccordement d'un parc éolien en mer à une capacité d'électrolyse de 30 MW, le développement de capacités de stockage souterrain et la mise en place d'un réseau de distribution d'hydrogène renouvelable à destination d'une raffinerie et d'une cimenterie. Le projet, coordonné par la raffinerie de Heide, rassemble un large consortium composé des entreprises Hynamics (filiale d'EDF), Thyssenkrupp Industrial Solutions, Holcim, OGE, Ørsted, Thüga, de la ville et la région de Heide et de la Fachhochschule Westküste. Via la participation d'Hynamics, le centre de recherche EIFER est également impliqué. Le projet Westküste 100 est soutenu au niveau fédéral par l'initiative Reallabore der Energiewende. Actualité : [EIFER mobilisé avec Hynamics dans le projet Westküste 100 en Allemagne](#) le 17.11.20

L'île d'Heligoland doit accueillir à l'horizon 2035 un parc éolien en mer pilote doté d'une capacité d'électrolyse de 10 GW et relié au continent une infrastructure de distribution d'hydrogène. Ce projet, nommé Aquaventus, implique un large consortium composé principalement d'industriels (dont RWE, Shell, E.ON, Siemens, Vattenfall), de collectivités locales et de l'institut Fraunhofer IFAM. Actualité : [Infographie sur le projet Aquaventus](#) le 07.08.20

[Retour](#) à la carte des Länder

9) Hesse / Hessen

La Hesse est un Land riche disposant de capacités de recherche en chimie et sur les matériaux liés à un écosystème de R&D dynamique dans le domaine médical. Sa présence sur les technologies de l'hydrogène tient surtout aux industriels de la chimie et à la proximité géographique de la Rhénanie de Nord-Westphalie et du bassin de la Ruhr.

a. Société Fraunhofer

L'institut Fraunhofer d'économie de l'énergie et de technologie des systèmes énergétiques à Kassel (IEE) est spécialisé sur la gestion du réseau d'électricité. Il compte une plateforme de test Power-to-Gaz d'une capacité d'électrolyse de 50 kW. Etabli sur le site de l'ancien institut Fraunhofer ISET il est issu sous sa forme actuelle de la division « technologie des systèmes énergétiques » de l'institut Fraunhofer IWES (Bremerhaven). Contact : Jochen Bard jochen.bard@iee.fraunhofer.de. Actualité : [Webinaire sur le rôle de l'hydrogène vert dans la production de chaleur](#) le 28.05.20

b. Universités

L'université technique de Darmstadt (TU Darmstadt) bénéficie d'une spécialisation forte sur l'énergie. Elle est impliquée dans la recherche sur l'hydrogène d'une part par ses travaux sur les matériaux, en particulier sur les catalyseurs métalliques, d'autre part par ses travaux sur les systèmes énergétiques. L'université mène aussi des recherches sur la dégradation des composants, revêtements et réservoirs au contact de l'hydrogène. Elle participe aux projets Kopernikus SynErgie et Ariadne, ainsi qu'au NaMoSyn, sur l'usage de l'hydrogène dans l'industrie chimique. Contact : Prof. Dr.-Ing. Matthias Oechsner oechsner@mpa-ifw.tu-darmstadt.de. Actualité : [Publication du position paper « Des solutions thermochimiques pour la transition énergétique »](#) le 08.07.20

[Retour](#) à la carte des Länder

10) Hambourg / Hamburg

La ville de Hambourg se distingue depuis plusieurs années par une activité importante dans le déploiement des technologies de l'hydrogène. Relativement à la visibilité d'une « métropole hydrogène » pionnière sur le déploiement des mobilités hydrogène (bus, navette fluviale), les capacités de recherche de Hambourg dans le domaine apparaissent limitées.

a. Communauté Helmholtz

Les activités du centre allemand de recherche aéronautique et spatiale (DLR) sont détaillées [ci-dessus](#). Le DLR compte à Hambourg un site actif sur l'hydrogène:

L'institut DLR de thermodynamique compte à Hambourg un groupe de recherche travaillant sur l'intégration de la pile à combustible à la mobilité aérienne. Il est intégré au centre pour la recherche aéronautique appliquée (ZAL). Contact : Prof. Dr.-Ing. Josef Kallo +49 711 6862-672

Le synchrotron allemand à électrons à Hambourg (DESY) mène des activités de recherche fondamentale, avec une spécialisation sur l'étude de la molécule H₂O. Le synchrotron est surtout recensé comme une infrastructure utilisée par les chercheurs pour des travaux de caractérisation. La TU Darmstadt l'utilise pour l'examen par rayons X de piles à combustible complètes. Contacts : Prof. Dr. Edgar Weckert edgar.weckert@desy.de et Prof. Dr. Gerhard Grübel gerhard.gruebel@desy.de

b. Universités

L'université des sciences appliquées de Hambourg (HAW) est présente sur les technologies de l'hydrogène à travers son centre de compétence pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique (CC4E). Le CC4E est spécialisé en particulier sur l'intégration de l'hydrogène au réseau énergétique, et coordonne sur ce thème le Norddeutsche Reallabore (initiative *Reallabore der Energiewende*). Il coopère avec le Fraunhofer IWES sur la construction d'un démonstrateur d'électrolyse à Hamburg-Bergendorf. Contact : Prof. Dr. Werner Beba werner.beba@haw-hamburg.de. Actualité : [Le CC4E devient une entité scientifique inter-facultés de la HAW](#) le 11.02.2021

[Retour](#) à la carte des Länder

11) Mecklembourg-Poméranie-Occidentale / Mecklenburg-Vorpommern

L'institut Leibniz pour la catalyse de Rostock (LIKAT) mène une activité de recherche fondamentale sur la catalyse, incluant l'étude des polymères et des catalyseurs bio-inspirés. Un groupe de recherche porte sur la catalyse appliquée aux technologies de l'énergie (électrolyse, photocatalyse, stockage chimique de l'hydrogène, pile à combustible). Le LIKAT travaille également sur la synthèse de produits chimiques dérivés (InnoSyn). L'institut a participé au projet d'électrolyseur d'APEX Energy sur le site industriel de Rostock Laage. Contact : Prof. Dr. Matthias Beller matthias.beller@catalysis.de. Actualité : [Développement du stockage d'hydrogène par le vecteur méthanol](#) le 05.10.20

[Retour](#) à la carte des Länder

12) Rhénanie-Palatinat / Rheinland-Pflatz

L'institut Fraunhofer pour la micro-ingénierie et les microsystèmes à Mayence/Mainz (IMM) travaille à l'amélioration de la technique du reformage des carburants et gaz par l'utilisation de composants microstructurés. L'institut est compétent sur le système de reformage complet, y compris la possible intégration d'une pile à combustible. L'institut a participé à la mise au point d'une pile à combustible haute température à ammoniac pour la mobilité maritime (ShipFC). Contact : Prof. Dr.-Ing. Gunther Kolb gunther.kolb@imm.fraunhofer.de. Actualité : [Développement de la pile à combustible haute température à ammoniac](#) le 01.03.21

[Retour](#) à la carte des Länder

13) Thuringe / Thüringen

L'université technique d'Ilmenau (TU Ilmenau) est spécialisée dans la recherche fondamentale, en particulier sur le développement de la photocatalyse. Elle participe dans ce cadre au projet germano-américain DEPECOR pour la production d'hydrogène et de produits chimiques dérivés. Contact : Prof. Dr. Peter Schaaf peter.schaaft@tu-ilmenau.de. Actualité : [Présentation de la recherche sur la photosynthèse artificielle](#) le 24.06.20

[Retour](#) à la carte des Länder

14) Brandebourg / Brandenburg

Le centre allemand de recherche en géosciences à Potsdam (GFZ) mène une activité de recherche prospective sur les solutions de stockage souterrain de l'hydrogène. Cette compétence encore très fondamentale pourrait être amenée à se développer dans les prochaines années. Contacts : Prof. Dr. Reinhard Hüttel reinhard.huettl@gfz-potsdam.de et Prof. Dr. Michael Kühn michael.kuehn@gfz-potsdam.de. Actualité : [Papier prospectif sur le besoin de recherche dans le stockage souterrain de l'hydrogène](#) le 28.01.21

[Retour](#) à la carte des Länder

15) Sarre / Saarland

L'institut pour les systèmes énergétiques du futur à Sarrebruck/Saarbrücken (IZES) est rattaché à l'école technique de Sarre (HTW des Saarlandes), en partenariat avec l'université de Sarre, le Land et plusieurs PME locales. L'institut est spécialisé sur l'étude des systèmes énergétiques et de leur développement sur le territoire sarrois. Il est impliqué sur le projet HydroHub Fenne d'électrolyse PEM de la centrale STEAG GmbH de Fenne (initiative *Reallabore der EnergieWende*).

[Retour](#) à la carte des Länder

16) Brême / Bremen

L'institut Fraunhofer pour les techniques de production et la recherche sur les matériaux à Brême (IFAM) est le site principal de l'institut Fraunhofer dont le site de Dresde est spécialisé sur l'hydrogène. Par sa compétence sur les matériaux fonctionnels, en particulier les métaux, son domaine de recherche concerne directement les technologies de l'hydrogène. Il est aussi positionné sur les technologies de l'électro-mobilité. Contact : Prof. Dr. Matthias Busse matthias.busse@ifam.fraunhofer.de.

[Retour](#) à la carte des Länder

Annexe 1 : Tableau des institutions de recherche par catégorie et ordre d'apparition (Länder)

Sigle	Nom d'institution de recherche en allemand	Nom d'institution de recherche en français	Ville
MPG	Max-Planck-Gesellschaft	Société Max Planck	
MPI CEC	Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion	Institut Max Planck pour la conversion chimique de l'énergie	Mühlheim-an-der-Ruhr
MPI KoFo	Max-Planck-Institut für Kohlenforschung	Institut Max Planck pour la recherche sur le charbon	Mühlheim-an-der-Ruhr
MPIE	Max-Planck-Institut für Eisenforschung	Institut Max Planck pour la recherche sur l'acier	Düsseldorf
MPI CPFS	Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe	Institut Max Planck pour la physique chimique des solides	Dresde/Dresden
MPI FHI	Fritz Haber Institut	Institut Max Planck Fritz Haber	Berlin
WGL	Leibniz Gemeinschaft	Communauté Leibniz	
LIKAT	Leibniz-Institut für Katalyse	Institut Leibniz pour la catalyse	Rostock
HGF/HZ	Helmholtz Gemeinschaft/Helmholtz-Zentren	Communauté Helmholtz/Centres Helmholtz	
FZJ	Forschungszentrum Jülich	Centre de recherche de Jülich	Jülich
KIT	Karlsruher Institut für Technologie	Institut technologique de Karlsruhe	Karlsruhe
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	Centre allemand de recherche aéronautique et spatiale	Cologne/Köln
UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung	Centre Helmholtz pour la recherche sur l'environnement	Leipzig
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige	Centre allemand pour la recherche sur la biomasse	Leipzig
HZDR	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf	Centre Helmholtz de Dresde-Rossendorf	Rossendorf
HZB	Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie	Centre Helmholtz pour les matériaux et l'énergie	Berlin
HZG	Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung	Centre Helmholtz pour les matériaux et la recherche côtière	Geesthacht
DESY	Deutsches Elektronen-Synchrotron	Synchrotron allemand à électrons	Hambourg
GFZ	Deutsches GeoForschungsZentrum	Centre allemand de recherche en géosciences	Potsdam

Sigle	Nom d'institution en allemand	Nom d'institution en français	Ville
HGF/HZ	Helmholtz Gemeinschaft/Helmholtz-Zentren	Communauté Helmholtz/Centres Helmholtz	
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	Centre allemand de recherche aéronautique et spatiale	Cologne/Köln
	DLR-Institut für Solarforschung	Institut DLR pour la recherche en énergie solaire	Cologne/Köln
	DLR-Institut für Future Fuels	Institut DLR pour les carburants du futur	Jülich
	DLR-Institut für Technische Thermodynamik	Institut DLR de thermodynamique	Stuttgart, Ulm et Hambourg
	DLR-Einrichtung Technologien für Kleinflugzeuge	Site DLR pour l'aviation légère	Aix-la-Chapelle/Aachen et Merzbrück
	DLR-Institut für Verbrennungstechnik	Institut DLR des technologies de combustion	Stuttgart
	DLR-Institut für Raumfahrtantriebe	Institut DLR de propulsion spatiale	Lampoldshausen
	DLR-Instituts für Vernetzte Energiesysteme	Institut DLR pour les réseaux énergétiques intégrés	Oldenburg/Oldenburg
	DLR-Institut für Maritime Energiesysteme	Institut DLR pour les systèmes énergétiques maritimes	Geesthacht
FZJ	Forschungszentrum Jülich	Centre de Recherche de Jülich	Jülich
FZJ HI ERN	Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien	Institut Helmholtz d'Erlangen-Nürnberg pour les énergies renouvelables	Erlangen et Nürnberg
KIT	Karlsruher Institut für Technologie	Institut Technologique de Karlsruhe	Karlsruhe
KIT HIU	Helmholtz-Institut Ulm	Institut Helmholtz d'Ulm	Ulm

Le DLR, le FZJ et le KIT se distinguent par l'importance de leurs capacités de recherche dans les domaines des technologies de l'hydrogène et l'existence de capacités de recherche délocalisées conséquentes.

Sigle	Nom d'institution en allemand	Nom d'institution en français	Ville
FhG	Fraunhofer Gesellschaft	Société Fraunhofer	
UMSICHT	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik	Institut Fraunhofer pour l'environnement, la sécurité et l'énergie	Oberhausen
IEG	Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie	Institution Fraunhofer pour les infrastructures énergétiques et la géothermie	Aix-la-Chapelle/Aachen
IPT	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie	Institut Fraunhofer pour les technologies de production	Aix-la-Chapelle/Aachen
ILT	Fraunhofer-Institut für Lasertechnik	Institut Fraunhofer pour les technologies laser	Aix-la-Chapelle/Aachen
ICT	Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie	Institut Fraunhofer pour les technologies de la chimie	Pfinztal
ISE	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme	Institut Fraunhofer pour les systèmes d'énergie solaire	Freiburg
IWM	Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik	Institut Fraunhofer pour la mécanique des matériaux	Freiburg
IPM	Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik	Institut Fraunhofer pour les techniques physiques de mesure	Freiburg
IBP	Fraunhofer-Institut für Bauphysik	Institut Fraunhofer pour la physique du bâtiment	Stuttgart
ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung	Institut Fraunhofer pour la recherche sur les systèmes et l'innovation	Karlsruhe
IFAM	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung	Institut Fraunhofer pour les techniques de production et la recherche sur les matériaux	Dresde/Dresden et Brême/Bremen
IKTS	Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme	Institut Fraunhofer pour les technologies céramiques	Dresde/Dresden
IWU	Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik	Institut Fraunhofer pour les machines-outils et les techniques de formage	Chemnitz
IWES	Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme	Institut Fraunhofer pour les systèmes d'énergie éolienne	Bremerhaven
IST	Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik	Institut Fraunhofer pour l'ingénierie de surface et des couches minces	Braunschweig
IMWS	Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen	Institut Fraunhofer pour la microstructure des matériaux et des systèmes	Halle et Leuna
IFF	Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung	Institut Fraunhofer pour l'opération et l'automatisation des usines	Magdebourg
ELP	Fraunhofer-Elektrolyseplattform	Plateforme Fraunhofer de test et d'essai d'électrolyse	Leuna
CBP	Fraunhofer-Zentrum für Chemisch-Biotechnologische Prozesse	Centre Fraunhofer pour les procédés de la chimie et des biotechnologies	Leuna
IEE	Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik	Institut Fraunhofer d'économie de l'énergie et de technologie des systèmes énergétiques	Kassel
IMM	Fraunhofer-Institut für Mikrotechnik und Mikrosysteme	Institut Fraunhofer pour la micro-ingénierie et les microsystèmes	Mayence/Mainz

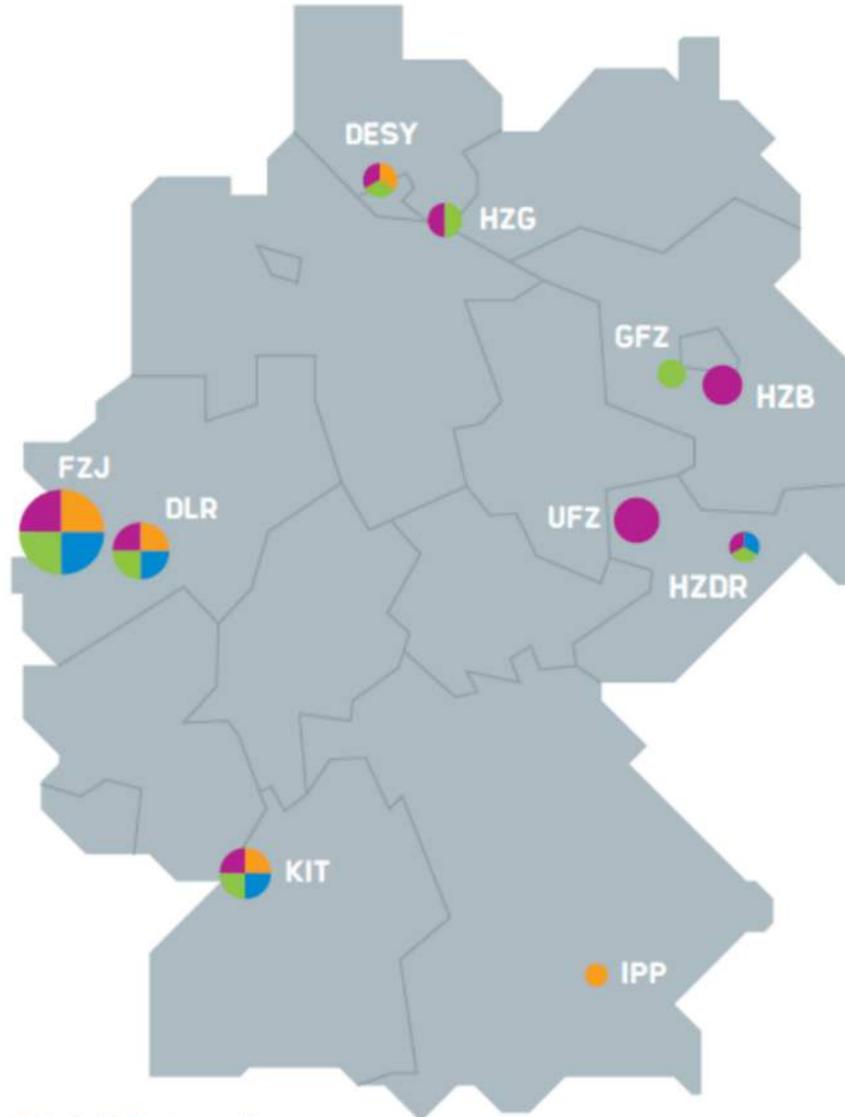
Sigle	Nom d'institution en allemand	Nom d'institution en français	Ville
Universitäten/Universités			
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (TU)	Université technique de Rhénanie-Westphalie	Aix-la-Chapelle/Aachen
RUB	Ruhr-Universität Bochum	Université de la Rhur	Bochum
UDE	Universität Duisburg-Essen	Université de Duisburg-Essen	Duisburg et Essen
/	Universität Stuttgart (TU)	Université de Stuttgart	Stuttgart
/	Universität Ulm	Université d'Ulm	Ulm
Uni Freiburg	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	Université Albert-Ludwig de Freiburg	Freiburg
TU Dresden	Technische Universität Dresden (TU)	Université technique de Dresde	Dresde/Dresden
TU Clausthal	Technische Universität Clausthal (TU)	Université technique de Clausthal	Clausthal
LUH	Leibniz Universität Hannover	Université Leibniz à Hanovre	Hanovre/Hannover
TU Braunschweig	Technische Universität Braunschweig (TU)	Université technique de Braunschweig	Braunschweig
TUB	Technische Universität Berlin (TU)	Université technique de Berlin	Berlin
TUM	Technische Universität München (TU)	Université technique de Munich	Munich/München
FAU	Friedrich-Alexander Universität	Université Friedrich-Alexander	Erlangen et Nürnberg
OTH	Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg (FH)	Université de sciences appliquées de Ratisbonne	Ratisbonne/Regensburg
OVGU	Otto-von-Guericke Universität	Université Otto-von-Guericke	Magdeburg
FH Westküste	Fachhochschule Westküste (FH)	Université de sciences appliquées Westküste	Heide
TU Darmstadt	Technische Universität Darmstadt (TU)	Université technique de Darmstadt	Darmstadt
HAW Hamburg	Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (FH)	Université de sciences appliquées de Hambourg	Hambourg
TU Ilmenau	Technische Universität Ilmenau (TU)	Université technique d'Ilmenau	Ilmenau

Sigle	Nom d'institution en allemand	Nom d'institution en français	Ville
Centres de recherche multi-acteurs et instituts indépendants			
ZBT	Zentrum für BrennstoffzellenTechnik	Centre pour la technologie de la pile à combustible	Duisburg
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung	Centre pour l'énergie solaire et la recherche sur l'hydrogène	Ulm et Stuttgart
EIFER	Europäisches Institut für Energieforschung	Institut européen de recherche sur l'énergie	Karlsruhe
FKFS	Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart	Institut de recherche pour l'ingénierie automobile et les moteurs de véhicules de Stuttgart	Stuttgart
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	Institut fédéral de recherche et d'essai sur les matériaux	Berlin
IZES	Institut für ZukunftsEnergieSysteme	Institut pour les systèmes énergétiques du futur	Sarrebruck/Saarbrücken

[Retour](#) à la carte des Länder

[Retour](#) au début du paysage institutionnel par Länder

Annexe 2 : Cartographie hydrogène de la communauté Helmholtz



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)

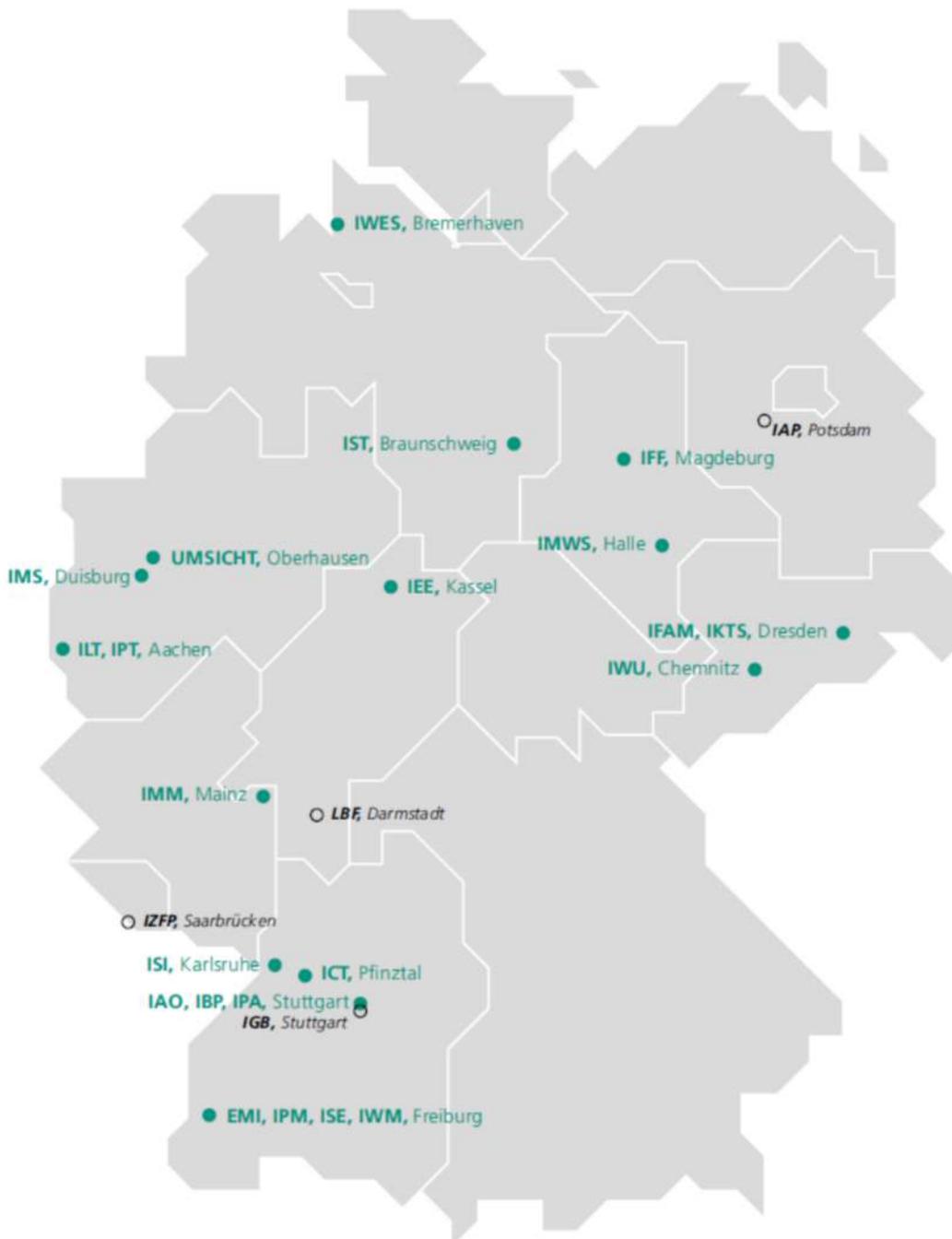
Die Größe der Kreise symbolisiert, wie viele MitarbeiterInnen im jeweiligen Zentrum an Wasserstofftechnologien forschen.

- Produktion
- Speicherung & Verteilung
- Nutzung
- Systemanalyse

Source : Helmholtz Gemeinschaft, *Kompetenzatlas Wasserstoff in der Helmholtz Gemeinschaft*, mai 2020

[Retour](#) à la carte des Länder

Annexe 3 : Cartographie hydrogène de la société Fraunhofer



Source : Fraunhofer Gesellschaft, *Kompetenz für das Wasserstoff-Zeitalter*, 2020

[Retour](#) à la carte des Länder