



Dispensieren einer Dichtung auf eine metallische Bipolarplatte
Dispensing of a sealant onto a metallic bipolar plate

© Foto: ZBT

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) The Hydrogen and Fuel Cell Center

Das Zentrum für BrennstoffzellenTechnik (ZBT) wurde im Jahr 2001 als GmbH und An-Institut der Universität Duisburg gegründet, verknüpft über den Lehrstuhl Energietechnik in den Ingenieurwissenschaften unter der Leitung von Prof. Angelika Heinzl. Das Institut hat heute mehr als 100 Mitarbeiter*innen und ist seit 2014 Mitglied der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft.

The Hydrogen and Fuel Cell Center (ZBT) was founded in 2001 as an affiliated institute of the University of Duisburg-Essen, linked via the Chair of Energy Technology in Engineering Sciences under the direction of Prof. Angelika Heinzl. Today, the institute has more than 100 employees and has been a member of the Johannes Rau Research Association since 2014.

Die Forschung des ZBT fokussiert sich auf die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie mit den Schwerpunkt-Anwendungen im Bereich der Elektromobilität und der stationären Energieversorgung. Der Einsatz von Wasserstoff in der Synthese CO₂-freier oder CO₂-neutraler Energieträger gewinnt zunehmend an Bedeutung. Zudem arbeitet eine Gruppe an der Verbesserung moderner, umweltfreundlicher Batterien, wie z.B. der Lithium-Schwefelbatterie.

Den emissionsfreien, elektrochemischen Energiewandlungsprozessen, die in der Elektrolyse von Wasser zur Wasserstoffherzeugung, in der Brennstoffzelle aber auch in den Batterien genutzt werden, kommt im Kontext des Klimaschutzes eine immer größere Bedeutung zu. Auch der Einsatz von Wasserstoff in industriellen Prozessen und Synthesen, wie z.B. der Stahl- und der Kunststoffherstellung, wird derzeit der Weg geebnet, damit die ehrgeizigen Ziele der Vermeidung von CO₂-Emissionen erreicht werden können.

Mit diesen Forschungsschwerpunkten adressiert das ZBT wichtige Themen der Energietechnik im Kontext der Energiewende und des Klimaschutzes.

Forschung

Brennstoffzellenfahrzeuge können in Ergänzung zu Batteriefahrzeugen die Anwendungen mit großen Reichweiten und schnellen Tankzeiten abdecken, und werden für PKW, Busse, LKW und Züge bereits eingesetzt. Insbesondere in Korea, Japan und China sind Produktionslinien entstanden. Daher gewinnen die Entwicklung von Produktionsprozessen und die Qualitätssicherung zunehmend an Bedeutung, auch in den F&E-Arbeiten und Dienstleistungen des ZBT. Die Brennstoffzellentechnologie für Fahrzeugantriebe hat spezielle Anforderungen an die Leistungsdichte, eine kompakte Bauweise ist wichtig insbesondere für die Integration in einen PKW. Das ZBT hat inzwischen für und mit verschiedenen Partnern Brennstoffzellenstapel für automotiv Anwendungen entwickelt und getestet. Entscheidend ist hier das Zusammenspiel zwischen komplexer Medienführung und hoher Leistungsdichte einerseits und Herstellbarkeit und Kostenstruktur andererseits.

The main research fields of the ZBT are fuel cell and hydrogen technology with a focus on applications in the field of electromobility and stationary energy supply. The use of hydrogen in the synthesis of CO₂-free or CO₂-neutral energy carriers is becoming increasingly important. In addition, one group is working on the improvement of modern, environmentally friendly batteries, such as the lithium sulphur battery.

The emission-free, electrochemical energy conversion processes, which are used in the electrolysis of water to produce hydrogen in both the fuel cell and in batteries, are becoming ever more important in the context of climate protection. The use of hydrogen in industrial processes and syntheses, such as steel and plastics production, is also paving the way towards achieving the ambitious goals of avoiding CO₂ emissions.

With these research priorities, the ZBT addresses important energy technology topics in the context of the energy transition and climate protection.

Research

Fuel cell vehicles, in addition to battery vehicles, are especially suitable for applications with long ranges and fast refuelling times, and are already being used for cars, buses, trucks and trains. Production lines have been established in Korea, Japan and China in particular. As a result, the development of production processes and quality assurance are becoming increasingly important; in the R&D work and services of the ZBT too. Fuel cell technology for vehicle drives has special requirements for power density – a compact design is crucial for integration into a passenger car. The ZBT has now developed and tested fuel cell stacks for automotive applications for and with various partners. The decisive factor here is the interaction between complex media flow and high power density on the one hand and manufacturability and cost structure on the other. The focus of the work at the ZBT is on bipolar plates, which supply the reaction zone with the fuels, the sealing technology and the membrane electrode assemblies (MEA) where the reactions takes place. The



Schwerpunkt der Arbeiten im ZBT sind dabei die Bipolarplatte, die die Reaktionszone mit Medien versorgt, die Dichtungstechnik und die Membran-Elektroden-Einheiten (MEA), an denen die eigentliche Reaktion stattfindet. Die MEA ist ein Schichtsystem aus Anode, Kathode und polymerem Festelektrolyt und wird jeweils zwischen zwei Bipolarplatten angeordnet. Die Forschung im Bereich der Brennstoffzellentechnologie ist extrem vielfältig und reicht von der Verbesserung der Komponenten im Brennstoffzellenstapel bis zur Untersuchung von Systemaspekten im realen Betrieb. Dementsprechend gehören diverse unterschiedliche Charakterisierungsverfahren und speziell entwickelte und von Mitarbeiter*innen des ZBT konzipierte und aufgebaute Teststände zum Portfolio. Durch diese langjährige Erfahrung kann das ZBT oft spezielle Dienstleistungen anbieten, die mit kommerziellen Testständen

MEA is a layer system of anode, cathode and solid polymer electrolyte and is arranged between two bipolar plates. Research in the field of fuel cell technology is extremely diverse and ranges from improving the components in the fuel cell stack to investigating system aspects in real operation. Accordingly, the portfolio includes various characterisation methods and specially developed test rigs designed and set up by ZBT staff. Due to this long-standing experience, the ZBT can often offer special services that would not be possible with commercial test rigs. Electrochemical characterisation methods for fuel cells, batteries and electrolyzers, methods for modelling and simulation, for flow optimisation and a compound pilot plant are established in this way.

Another focus of the ZBT's work is the construction of a hydrogen test field comprising electrolysis for hydrogen generation, compression and storage as well as a research filling station. Additionally, the establishment of a hydrogen analysis laboratory is being realised in which compliance with the strict quality requirements for hydrogen purity can be checked at the filling stations. The challenge here is to upgrade commercially available analytical equipment to such an extent that the low limits of the standard can actually be measured reproducibly. In cooperation with the Centre for Solar Energy and Hydrogen Research ZSW in Ulm, the analytical methods will be evaluated and the results compared, thus creating two qualified laboratories in Germany. In order to be able to fulfil the task of checking hydrogen quality in practice, a sampling system has also been developed with which quality tests can be carried out at the almost 80 hydrogen filling stations in Germany. Even more important, however, are the following subjects:

- the clarification of the question regarding damage mechanism and potential of individual contaminants,
- the control of the necessity of thus keeping low levels of the concentration limits,
- the development of a sensor system (in cooperation with the Heinrich Heine University of Düsseldorf) that can provide suitable protection for fuel cell vehicles, and adapted operating and maintenance strategies.

nicht realisierbar wären. Elektrochemische Charakterisierungsverfahren für Brennstoffzellen, Batterien und Elektrolyseure, Verfahren zur Modellierung und Simulation, zur strömungstechnischen Optimierung sowie ein Compound-Technikum sind etabliert.

Ein weiterer Fokus der Arbeiten des ZBT zeigt sich im Aufbau eines Wasserstofftestfeldes von der Elektrolyse bis zu einer Forschungstankstelle und die Einrichtung eines Wasserstoffanalytiklabors, in dem die Einhaltung der strengen Qualitätsanforderungen an die Wasserstoffreinheit an den Tankstellen überprüft werden kann. Die Herausforderung ist hier, kommerziell verfügbare Analysengeräte soweit zu ertüchtigen, dass die niedrigen Grenzwerte der Norm tatsächlich reproduzierbar gemessen werden können. Gemeinsam mit dem Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoffforschung in Ulm werden die Analyseverfahren bewertet und die Ergebnisse verglichen, so dass zwei qualifizierte Laboratorien in Deutschland entstehen. Um der Aufgabe, die Wasserstoffqualität überprüfen zu können, auch praktisch nachzukommen, wurde zudem ein Probennahmesystem entwickelt, mit dem an den knapp 80 Wasserstofftankstellen in Deutschland Qualitätsuntersuchungen durchgeführt werden können. Noch wichtiger ist jedoch noch die Klärung der Frage nach dem Schädigungspotential einzelner Verunreinigungen und der Notwendigkeit der Höhe der gesetzten Grenzwerte, die Entwicklung einer Sensorik (in Kooperation mit der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf), die Brennstoffzellenfahrzeuge geeignet schützen kann und angepassten Betriebs- und Wartungsstrategien.

Kooperationen und internationales

Da das ZBT in etwa 50 Forschungsprojekte parallel bearbeitet, finden Forschungsk Kooperationen auf vielen Ebenen statt. Naheliegend ist die Zusammenarbeit mit anderen Lehrstühlen der Universität Duisburg-Essen aus den Ingenieurwissenschaften und der Chemie, aber es existiert auch eine gute Zusammenarbeit mit der Ruhr-Universität Bochum. Aktiv gefördert wird die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Instituten der



Wissenschaftliche Direktorin/Scientific Director: Prof. Dr. Angelika Heinzl

Cooperation and international projects

Since the ZBT is working on about 50 research projects simultaneously, research cooperation takes place on many levels. While cooperation with other chairs of the University of Duisburg-Essen in the fields of engineering and chemistry of course exists, there is also good cooperation with the Ruhr University Bochum and cooperation between the different institutes of the Johannes Rau Research Association, e.g. IUTA, DST, AMO in Aachen and the Wuppertal Institute, is actively promoted. Contact with chairs at RWTH Aachen University has also intensified, as interest in fuel cell and hydrogen technology is growing there. At the scientific



Brennstoffzellenstapel, bestehend aus 150 Zellen mit metallischen Bipolarplatten
Fuel cell stack consisting of 150 cells with metallic bipolar plates



Testfeld mit Elektrolyseanlagen, Speicher und Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerk
Test field: electrolyser, hydrogen storage and fuel cell combined heat and power unit

© Foto: ZBT

level, the ZBT also cooperates with partners with project-specific expertise, both from the fuel cell and hydrogen sector (DLR Oldenburg and Stuttgart, Fraunhofer ISE and ZSW) and with basic research institutes with complementary expertise (such as the Max Planck Institute for Coal Research, INP in Greifswald). Similar constellations of project partnerships have been established in order to successfully apply for EU projects. Important partners include companies like Nedstack in the Netherlands, Johnson Matthey (UK), and research partners such as CEA (France), VTT (Finland) and Sintef (Norway).

Demand for industrial R&D services is increasing, particularly in the field of electromobility with fuel cell drives. Orders are coming both directly from the automotive industry and from suppliers and component manufacturers.

Transfer and sustainability

The application-related R&D work of the ZBT has never been better demonstrated than in the last two years, in which many collaborative projects with strong industrial involvement were launched and the volume of orders directly from industry reached a new peak. With 1.4 million euros in orders, the volume in 2019 exceeded the ZBT's basic funding for the first time. The ZBT has issued licenses for the production of highly conductive, carbon-containing compounds, which – following their successful development for fuel cell applications – can now also demonstrate their excellent properties (thermal conductivity, chemical resistance, processability in injection moulding) in many other fields of application. The next transfer will focus on the design and application of seals, when the limits of the small series production of several thousand units possible at the ZBT premises will be exceeded.

Outlook

The ZBT and its staff have now gained more than 15 years of experience in the field of hydrogen and fuel cell technology and are well known, also internationally, for application-oriented research. The topic is gaining more and more public attention, and the German federal

Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft, z.B. dem IUTA, dem DST, dem AMO in Aachen und dem Wuppertal-Institut. Auch die Kontakte zu Lehrstühlen der RWTH Aachen haben sich intensiviert, da dort das Interesse an der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie zunimmt. Auf wissenschaftlicher Ebene arbeitet das ZBT auch mit Partnern mit projektspezifischem Know-how zusammen, sowohl aus der Brennstoffzellen- und Wasserstoffszene (DLR Oldenburg und Stuttgart, Fraunhofer ISE und ZSW) als auch mit Grundlagenforschungsinstituten mit ergänzendem und komplementärem Know-how (Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, INP in Greifswald). Ähnliche Konstellationen von Projektpartnerschaften wurden aufgebaut, um erfolgreich EU-Projekte beantragen zu können, wichtige Partner sind z.B. die Firma Nedstack in den Niederlanden, Johnson Matthey (UK), Forschungspartner wie CEA (Frankreich), VTT (Finnland) und Sintef (Norwegen). Insbesondere im Feld der Elektromobilität mit Brennstoffzellenantrieben steigert sich die Nachfrage nach F&E-Dienstleistungen der Industrie. Aufträge kommen sowohl direkt aus der Automobilindustrie aber auch von Zulieferern und Komponentenherstellern.

Transfer und Nachhaltigkeit

Der Anwendungsbezug der F&E-Arbeiten des ZBT hat sich noch nie besser gezeigt als in den letzten zwei Jahren, in denen viele Verbundprojekte mit starker industrieller Beteiligung angelaufen sind und das Auftragsvolumen direkt aus der Industrie ein erneutes Maximum erreicht hat. Mit 1,4 Mio. Euro an Aufträgen hat das Volumen in 2019 erstmals die Höhe der Grundfinanzierung des ZBT überstiegen. Das ZBT hat Lizenzen vergeben zur Fertigung hochleitfähiger, Kohlenstoff-haltiger Compounds, die nun – nach der erfolgreichen Entwicklung für die Brennstoffzellenanwendung auch in vielen anderen Einsatzfeldern ihre hervorragenden Eigenschaften (Wärmeleitfähigkeit, chemische Beständigkeit, Verarbeitbarkeit im Spritzgießverfahren) ausspielen können. Der nächste Transfer steht an zur Thematik der Auslegung und Applikation von Dichtungen, wenn die Grenzen der am ZBT möglichen

Ausgewählte Publikationen | Selected Publications

Bredol, M., A. Szydlo, I. Radev, W. Philippi, R. Bartholomäus, V. Peinecke, A. Heinzel (2018): How the colloid chemistry of precursor electrocatalyst dispersions is related to the polymer electrolyte membrane fuel cell performance. *J. Power Sources* 402, 15–23, doi: 10.1016/j.jpowsour.2018.09.005

Gößling, S., S. Stypka, M. Bahr, B. Oberschachtsiek (2018): Proton Exchange Membrane Water Electrolysis Modelling for System Simulation and Degradation Analysis. *Chemie Ingenieur Technik* 90 (10), 1437–1442.

Heinzel, A., M. Cappadonia, U. Stimming, K. Kordesch, J. Oliveira (2018): Fuel Cells in Ullmann's Enzyklopedia of Industrial Chemistry. Weinheim, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14356007.a12_055.pub3

Heinzel, A., P. Beckhaus, J. Karstedt (2019): Membrane Fuel Cells. *Chemie Ingenieur Technik* 91 (6), 734–743, doi: 10.1002/cite.201800194.

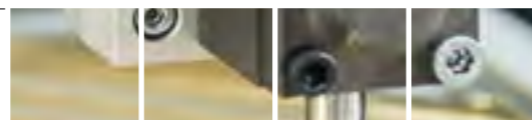
Misz, U., A. Talke, G. Konrad, A. Heinzel, D. Klemp, R. Wegener (2018): Influence of urban air on proton exchange membrane fuel cell vehicles – Long term effects of air contaminants in an authentic driving cycle. *J. of Power Sources* 400, 556–565.

Misz, U., A. Talke, A. Heinzel, P. Beckhaus (2018): Effects, damage characteristics and recovery potential of traffic-induced nitric oxide emissions in PEM fuel cells under variable operating conditions, 6th European PEFC & Electrolyzer Forum (2017), *Fuel Cells* 18 (5), 594–601

Pilaski, M., S-H. Sun, G. Dura, J. Wartmann, F. Letzkus, A. Heinzel (2019): Micro Alkaline Fuel Cell supported by MEMS-based Backbone. *Journal of Physics: Conference Series* 1407 012006, doi:10.1088/1742-6596/1407/1/012006

Radev, I., V. Peinecke (2019): First PEM fuel cell based on ligand-free, laser generated platinum nanoparticles, Elsevier, *Applied Surface Science* 467–468, 486–492.

Stypka, S., B. Oberschachtsiek, I. Radev, A. Heinzel (2018): Testing Field for PEM, Alkaline and Solid Oxide Electrolysis Technology. *Chemie Ingenieur Technik* 90 (10), 1–4.



© Foto: www.eventfotograf.in/©JRF e.V.

Haupt-Laborhalle für Untersuchungen an Brennstoffzellen und Prozesstechnik
Main laboratory hall for testing of fuel cells and process technologies

Wissenschaftler*innen | Researchers

Wissenschaftliche Direktorin:

Prof. Dr. Angelika Heinkel

Abteilungsleiter/Division managers:

Dipl.-Ing. Michael Steffen

(Energieträger und Prozesse/Fuels and processes)

Dr. Christian Spitta

(Wasserstoff-Infrastruktur/Hydrogen infrastructure)

Dipl.-Ing. Bernd Oberschachtsiek

(Elektrolyse und Batterien/Electrolysis and Batteries)

Dr. Ulrich Misz

(Brennstoffzellensysteme/Fuel Cells Systems)

Dr. Jörg Karstedt

(Brennstoffzellen und Stapel/Fuel cells and stacks)

Dr. Volker Peinecke,

(Elektrochemie und Schichttechnik/Electrochemistry and Coating)

Dipl.-Ing. Jens Wartmann

(Neue Materialien und Technologien/New materials and technologies)

64 wissenschaftliche Mitarbeiter*innen in den Abteilungen

states and government are developing hydrogen strategies. The allocation of funding in this area is appropriate, and with good ideas and a good network a project can usually be financed. This favourable situation naturally also inspires other institutions to act, and competition in this field is thus constantly growing. Based on its many years of experience, right down to the details of the technology, the ZBT is also able to hold its own against competitors in the field of well-funded research. It is therefore important for the ZBT to have German industry and in particular flexible medium-sized companies from the field as partners.

Kleinserienfertigung von einigen tausend Stück gesprengt werden.

Zukunftsperspektiven

Das ZBT und seine Mitarbeiter*innen haben nun mehr als 15 Jahre Erfahrung im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie gesammelt und sind in der Szene auch international bestens bekannt für anwendungsnahe Forschung. Das Thema wird immer stärker in die öffentliche Wahrnehmung gerückt, die Länder und der Bund erarbeiten Wasserstoffstrategien. Die Allokation von Fördermitteln in diesem Bereich ist angemessen, mit guten Ideen und einem guten Verbund ist ein Projekt in der Regel auch finanzierbar. Diese günstige Situation weckt natürlich auch in anderen Einrichtungen Begehrlichkeiten, so dass die Konkurrenz in diesem Bereich beständig wächst. Auf Basis der langjährigen Erfahrung bis in die Details der Technologie kann das ZBT auch gegen Mitbewerber aus dem Bereich der gut grundfinanzierten Forschung bestehen. So ist es für das ZBT wichtig, die deutsche Industrie und hier insbesondere flexible mittelständische Unternehmen der Szene als Partner zu haben.

Kontakt | Contact

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik (ZBT)

Geschäftsführung | Managing Director

Prof. Dr. Angelika Heinkel



Handlungsbevollmächtigte | Authorised Representative

Dr. Peter Beckhaus,

Dipl.-Ing. Joachim Jungsbluth

ZBT GmbH

Carl-Benz-Str. 201

47057 Duisburg

☎ +49 0203 7598 0

@ info@zbt.de

🌐 www.zbt.de