

*Dezember 2021*

## Wasserstoff in intelligenten Energiesystemen



Am Fraunhofer IISB wurde in den letzten zehn Jahren eine umfangreiche Wasserstoffinfrastruktur aufgebaut, die bei der Erforschung mobiler und stationärer Anwendungen zum Einsatz kommt. Die Verfahrens- und Systemkompetenzen des IISB umfassen dabei sowohl die klassischen Wasserstofftechnologien – wie Speichersysteme, Elektrolyseur, Brennstoffzelle oder Abgasverwertung – als auch funktionale Sicherheit, Leistungselektronik und Optimierung. Da das Institut neben Büroräumen auch Reinräume und Labore mit hohem Energieverbrauch betreibt, ist es hervorragend als Reallabor für Energiesystemlösungen für mittelständische Unternehmen und Industriebetriebe geeignet. Optimierungsmaßnahmen sind dabei nicht nur auf die einzelnen Energiesektoren Wärme, Strom und Kälte bezogen, sondern haben über die Kopplung der Sektoren auch das Gesamtenergiesystem im Blick. Das Bild (Kurt Fuchs / Fraunhofer IISB) zeigt die LOHC-Forschungsplattform am Fraunhofer IISB. (LOHC: Liquid Organic Hydrogen Carrier)

**Bitte lesen Sie weiter auf Seite 2**

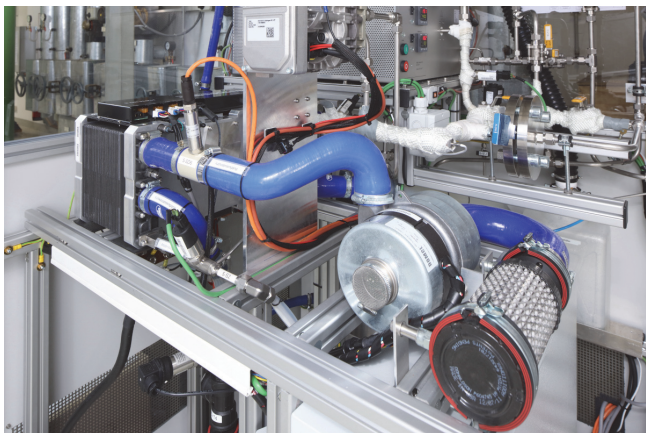
Mehr zum Thema unter: [www.iisb.fraunhofer.de/wasserstoff](http://www.iisb.fraunhofer.de/wasserstoff)

# Wasserstoff in intelligenten Energiesystemen

Fortsetzung von Seite 1

## Stationäre Wasserstoffsysteme

Stationäre Wasserstoffspeicher werden für langfristige Energiespeicherung eingesetzt – die Grundlage für Optimierungsmaßnahmen wie beispielsweise die Erhöhung der Eigennutzung regenerativ erzeugter und gewandelter Energie. Weiterhin ermöglicht die verlustarme Langzeitspeicherung eine saisonale Verschiebung der Energienutzung über Zeiträume von mehreren Wochen oder Monaten. Auch die Erzeugung von Wasserstoff mittels Elektrolyse wird mit stationären Wasserstoffsystemen realisiert und ist für Industriebetriebe mit eigenem Wasserstoffbedarf relevant. Die Forschungsaktivitäten am IISB befassen sich mit der Systemintegration von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen – sowohl für stationäre als auch für mobile Anwendungen.



Wasserstoffprüfstand am IISB. Bild: Kurt Fuchs / IISB

## Hybride Energiespeichersysteme

Das IISB betreibt in seinem Reallabor hybride Speichersysteme und kann somit als Blaupause für Industrie, mittelständische Betriebe, Gewerbe und Quartiere genutzt werden. Die Systeme umfassen neben Wasserstoffspeichern zusätzlich elektrische sowie Wärme- oder Kältespeicher. Eine Hybridisierung erhöht die Dynamik und Kapazität des Wasserstoffsystems durch die Kombination der jeweiligen Anlagenvorteile. Darüber hinaus eröffnet die sektorenübergreifende Betrachtung von Speichersystemen die Möglichkeit einer ganzheitlichen Systemoptimierung.

## Fahrzeuge, Schiffe, Züge

Im Transportbereich erlaubt effiziente Leistungselektronik die Erzielung höherer Reichweiten und gesteigerter Leistungsfähigkeit. Vor allem für Fahrzeuge mit großem

Leistungsbedarf sind hybride Brennstoffzellen zukunftsweisend. Die Langstreckentauglichkeit von Autos und Nutzfahrzeugen wird durch diese gesteigert, bei schweren Fahrzeugen wie Bahnen oder Schiffen ermöglichen Brennstoffzellen einen emissionsfreien Betrieb. Durch die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger können die Fahrzeuge schnell nachgetankt werden, was die Verfügbarkeit erhöht. Um Brennstoffzellen in mobilen Anwendungen sinnvoll nutzen zu können, wurde am IISB ein kompakter DC/DC-Wandler entwickelt, der in Standard-PKWs verbaut werden kann.

## Luftfahrt

Die Relevanz von Leistungselektronik und Brennstoffzellensystemkomponenten in der Luftfahrt ergibt sich aus der hohen Leistungsdichte in Kombination mit geringem Gewicht. Die IISB-Forscherinnen und -Forscher untersuchen die Systemauslegung und Realisierung von Luftfahrzeugantriebssystemen mit maßgeschneiderten Komponenten und einer optimierten Systemintegration unter Berücksichtigung der besonderen luftfahrtspezifischen Herausforderungen. Mögliche Anwendungen sind beispielsweise Gleichspannungswandler zur Ankopplung der Brennstoffzellen oder Hochdrehzahl-Antriebsumrichter und -motoren für Luftverdichter. Aufgrund der deutlich höheren gravimetrischen Energiedichte von Wasserstoff im Vergleich zu Kerosin und Batterien können Brennstoffzellen eine Schlüsseltechnologie für eine emissionsfreie Luftfahrt darstellen.

## Leistungselektronik

Die Kopplung von Brennstoffzellen an ein Gleich- oder Wechselspannungsnetz erfolgt über leistungselektronische Wandler (DC/DC-Wandler bzw. DC/AC-Wandler). Neben Kosten und Materialeinsatz liegt der Fokus bei der Entwicklung dieser Komponenten auf dem Wirkungsgrad der Energiewandlung. In mobilen Anwendungen wie Transport, Rennsport oder Luft- und Raumfahrt spielen zudem die Baugröße und das Gewicht eine entscheidende Rolle. Am IISB werden daher Technologien und Prototypen entwickelt, die hohe Leistungen auch in sehr kompaktem Bauraum bei hohem Wirkungsgrad ermöglichen. Das gelingt durch innovative Materialien, fortschrittliche Aufbaukonzepte, quasiresonante Schaltechnologien, speziell entwickelte modulintegrierte Leistungsbaulemente sowie das Ausnutzen parasitärer Elemente für optimale Schaltvorgänge. Die damit erzielbaren hohen Schaltfrequenzen, sehr geringen Schaltverluste und großen Leistungsdichten ermöglichen eine zukunftsweisende Leistungselektronik für Wasserstofftechnologien.



## Betriebsstrategien und Optimierung

Betriebsstrategien dienen dazu, zeitabhängig den optimalen Betriebspunkt für eine Komponente oder eine Konstellation aus verschiedenen Komponenten (z. B. Brennstoffzelle, Elektrolyseur und Wasserstoffspeicher) zu ermitteln und die Aktoren entsprechend anzusteuern. Dafür werden am IISB intelligente Algorithmen entwickelt, welche die Randbedingungen und Parameter der Einzelanlagen sowie des Gesamtsystems berücksichtigen. Dies ermöglicht die Untersuchung und Quantifizierung der Auswirkungen von Erweiterungen und verschiedenen Betriebsstrategien vor dem Eingriff in das reale System.



Mobile elektrische Energiemessung für die Optimierung von Betriebsstrategien. Bild: Bernd Müller / Fraunhofer

## Zustandsüberwachung und -diagnose

Die Verbindung von Sensorik und Überwachungselektronik ermöglicht Aussagen über den Zustand verschiedener Komponenten, beispielsweise den State of Health (SoH) von Brennstoffzellen. Durch seine verschiedenen Demonstratoren und Prüfstände verfügt das IISB über eine umfangreiche Expertise in der Überwachung elektrischer und verfahrenstechnischer Kenngrößen von Wasserstoffsystemen. Die Zustandsdiagnose baut auf den Erkenntnissen auf, die aus der Zustandsüberwachung gewonnen werden. Die Analyse erfolgt dabei automatisch, meist KI-unterstützt oder unter Verwendung von Machine Learning.

## Regionale Vernetzung – Wasserstoff-Metropolregion Nürnberg (hyplus.de)

Die Metropolregion Nürnberg ist Heimat für eine Vielzahl von Akteuren im Wasserstoffbereich. Ihre Kompetenzen liegen insbesondere in der Forschung und in der Entwicklung von Wasserstofftechnologien. Mit ihrem Know-how tragen sie langfristig zu wirksamem Klimaschutz bei und eröffnen nachhaltige Perspektiven für Gesellschaft und Wirtschaft. 13 Hochschulen und Forschungseinrichtungen, darunter das IISB, beschäftigen sich in Praxis und Lehre mit dem Energieträger Wasserstoff.

## Einblicke in Halbleiter- und Weltraumforschung

**So heißt ein Projekt-Seminar zur Studien- und Berufsorientierung am Gymnasium Eckental, das sich mit erfolgreicher Forschung in Franken befasst. In Zusammenarbeit mit dem IISB und dem Hermann-Oberth-Raumfahrt-Museum in Feucht erarbeitete das Seminar eine Ausstellung, die vom 21. Oktober bis zum 9. November besichtigt werden konnte.**

Zur feierlichen Eröffnung am 21. Oktober 2021 waren etwa 130 Besucher in der Aula des Gymnasiums Eckental versammelt. Interessante und erstaunliche Zusammenhänge beleuchtete Dr. Jochen Friedrich, Leiter der Abteilung Materialien des IISB, in seinem Festvortrag „Kristalle – Weltraum – Franken“. Wissenschaftliche Experimente unter Schwerelosigkeit haben am IISB eine langjährige Tradition, insbesondere im Bereich der Halbleitermaterialien. Fränkische Forschung war an mehreren Space-Shuttle-Flügen beteiligt: Unter anderem züchtete Astronaut Ulf Merbold auf dem Spacelab Kristalle aus und für Erlangen.

Die Ausstellung zeigte anhand zahlreicher Beispiele, in welchen Bereichen der Weltraumforschung fränkische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sehr erfolgreich tätig waren und auch künftig engagiert sein werden. Neben einer umfangreichen Postersammlung umfasste dies auch Exponate des IISB und des Hermann-Oberth-Raumfahrt-Museums.

Die Arbeiten des Projekt-Seminars werden voraussichtlich im Mai 2022 im Rahmen der „Langen Nacht der Wissenschaften“ am IISB auch einer breiteren Öffentlichkeit vorgestellt.



Dr. Jochen Friedrich (Mitte) im Gespräch mit Karlheinz Rohrwild, Leiter des Hermann-Oberth-Raumfahrt-Museums (rechts) und Burkard Eichelsbacher, Leiter des Gymnasiums Eckental, mit einem Halbleiter-Kristall aus Reinstsilizium. Bild: Uwe Rahner / novum Verlag

## 80. Geburtstag von Prof. Heiner Ryssel

**Prof. Heiner Ryssel, ehemaliger Leiter des Fraunhofer IISB und des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente (LEB) an der Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), feierte am 9. Dezember 2021 seinen 80. Geburtstag.**



Bild: Kurt Fuchs / IISB

Heiner Ryssel ist einer der Pioniere und führenden Experten auf dem Gebiet der Halbleitertechnologie in Deutschland. Insbesondere war er maßgeblich am Transfer des Verfahrens der Ionenimplantation in die industrielle Nutzung beteiligt.

Nach dem Studium der Elektrotechnik und der Promotion an der TU München arbeitete Heiner Ryssel am Fraunhofer-Institut für Festkörpertechnologie in München. 1985 erfolgte der Ruf an die Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) auf den Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB), einen der beiden Gründungslehrstühle auf dem Weg zum bayerischen „Silicon Valley“. Im selben Jahr wurde er Leiter der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Integrierte Schaltungen, Abteilung Bauelementetechnologie, aus der das heutige Fraunhofer IISB hervorgegangen ist, welches er bis zu seinem Eintritt in den Ruhestand im Jahr 2008 leitete.

Die Ausbildung des Nachwuchses und die Vermittlung der Begeisterung für die Halbleitertechnologie waren Heiner Ryssel immer ein besonderes Anliegen. Sein Engagement in der Lehre umfasste neben vielfältigen Lehrveranstaltungen an der FAU auch Vorlesungen der Virtuellen Hochschule Bayern. Maßgeblichen Anteil hatte er an der Modernisierung des Studiengangs „Elektrotechnik – Elektronik – Informationstechnik“ sowie an der Einführung des Studiengangs Mechatronik an der FAU.

Für sein Wirken wurde Heiner Ryssel mit zahlreichen Auszeichnungen geehrt, darunter die Fraunhofer-Medaille, die Wilhelm-Exner-Medaille und die Ernennung zum Life Fellow des Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE).

## Promotionspreis für IISB-Mitarbeiterin

**Dr. Julietta Förthner**, Mitarbeiterin der Abteilung Materialien des IISB, wurde mit einem Promotionspreis der STAEDTLER-Stiftung ausgezeichnet. Sie erhielt den Preis für ihre Dissertation „Laterale und vertikale Ladungskompensationsstrukturen in 4H-Siliziumkarbid“. Mit der Vergabe ihres Promotionspreises zeichnet die STAEDTLER-Stiftung seit 1999 junge Wissenschaftler/innen der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) für ihre herausragenden Arbeiten aus. Die aufgrund der besonderen Lage virtuell durchgeführte diesjährige Preisverleihung fand am 21. Oktober mit Vertretern der STAEDTLER-Stiftung und der FAU statt.

## Ehrung für hervorragenden Ausbildungsabschluss



**Kevin Ehrensberger**, der im Juli 2021 seine Ausbildung zum Mikrotechnologen am IISB mit „sehr gut“ abgeschlossen hat, wurde im Rahmen der feierlichen „Ehrung der Besten“ der Fraunhofer-Gesellschaft am 3. und 4. November ausgezeichnet. Der hervorragende Abschluss ist

gerade in Corona-Zeiten aufgrund der schwierigen Randbedingungen besonders hoch einzuschätzen. Kevin Ehrensberger wurde nach Abschluss seiner Ausbildung vom IISB als Mitarbeiter übernommen und ist nun in der Abteilung Halbleiterbauelemente tätig. Das IISB bildet seit 1999 äußerst erfolgreich und in enger Zusammenarbeit mit der Universität Erlangen-Nürnberg Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen aus.

### Weitere Informationen

#### **Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB**

Schottkystraße 10, 91058 Erlangen  
Tel. 09131 761-0, [www.iisb.fraunhofer.de](http://www.iisb.fraunhofer.de)

#### **Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.**

Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel  
Dipl.-Inf. (Univ.) Knut Harmsen  
[info@foerderkreis-mikroelektronik.org](mailto:info@foerderkreis-mikroelektronik.org)

#### **Impressum**

Herausgeber: Fraunhofer IISB, Redaktion: Dr.-Ing. Eberhard Bär, [eberhard.baer@iisb.fraunhofer.de](mailto:eberhard.baer@iisb.fraunhofer.de), Tel. -217