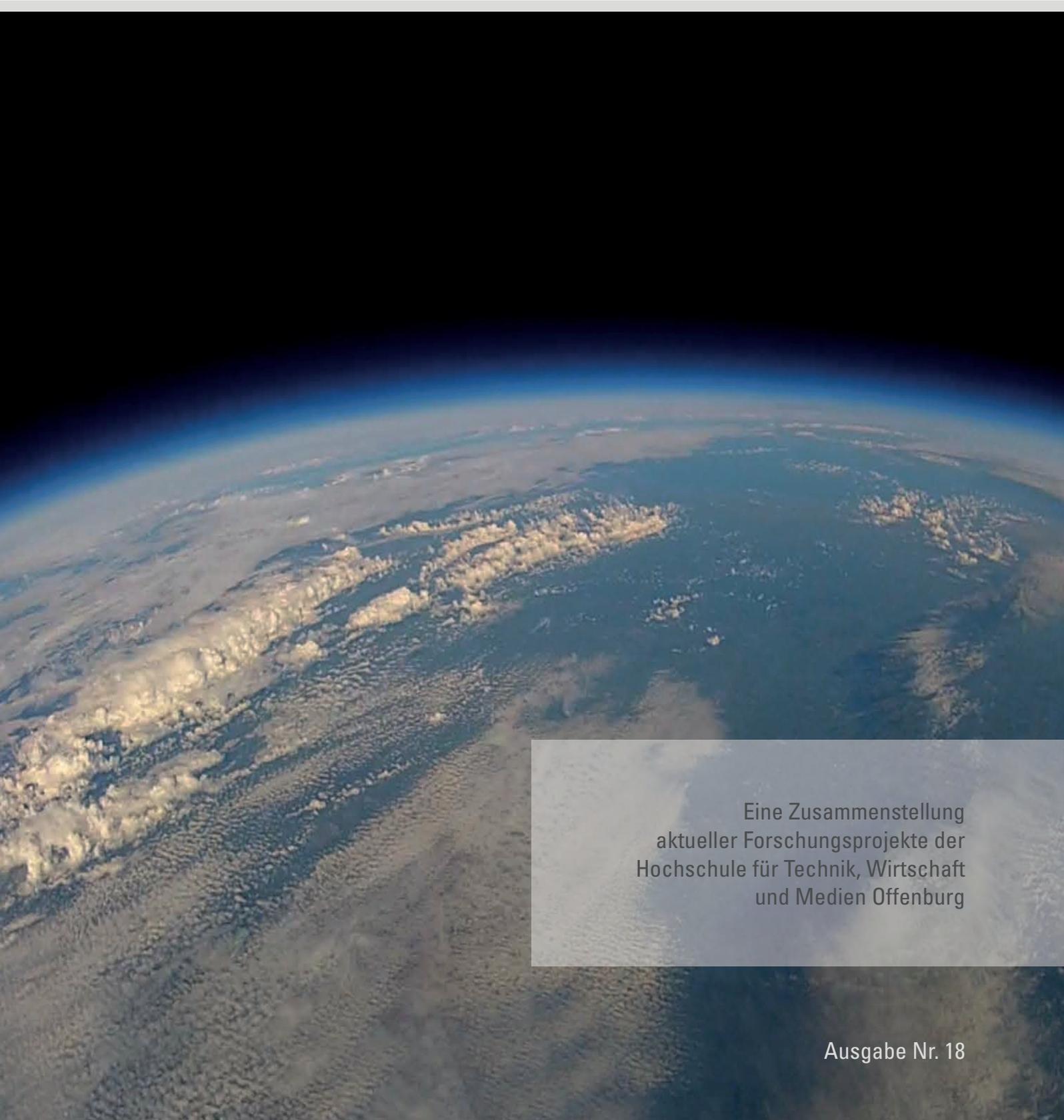
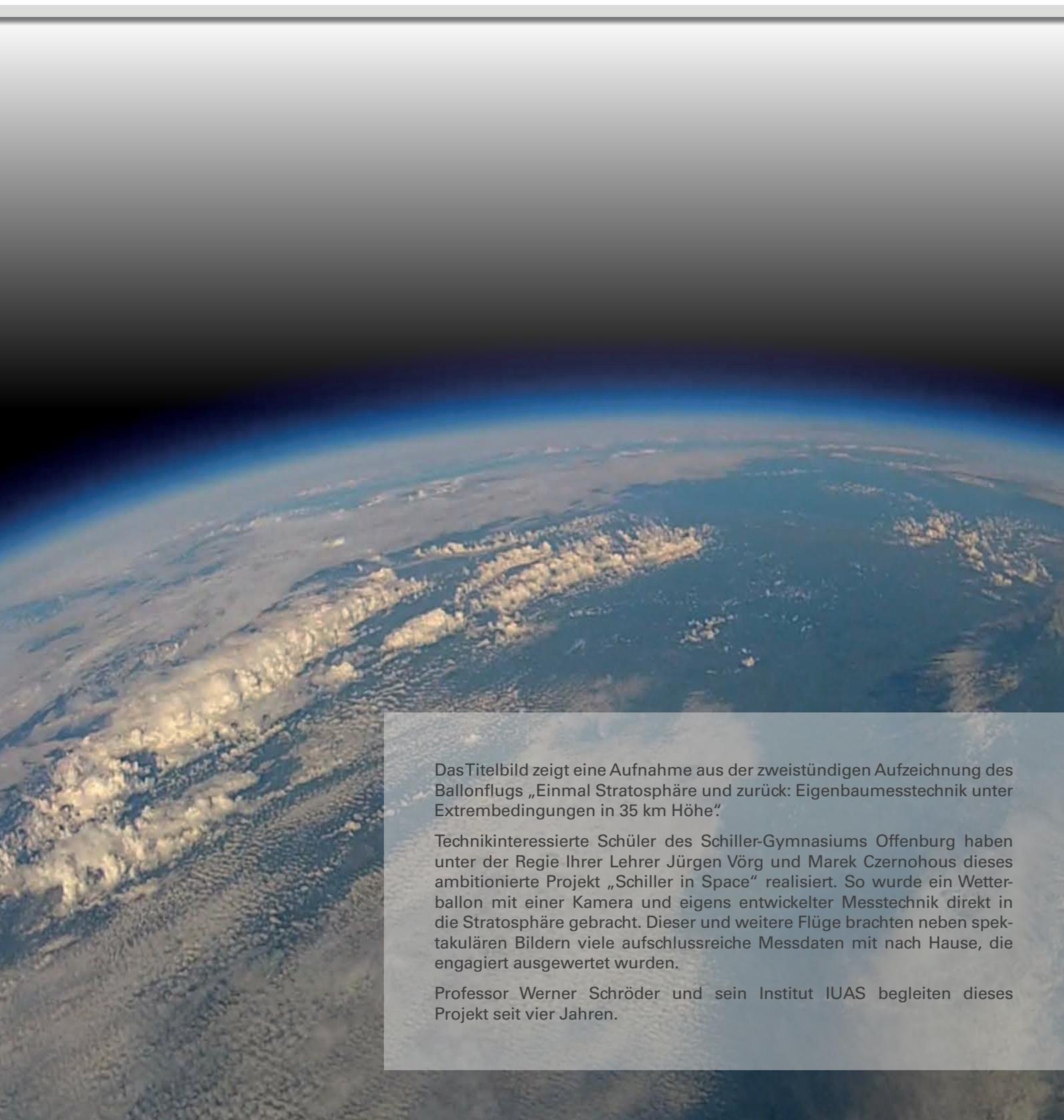


# forschung im fokus



Eine Zusammenstellung  
aktueller Forschungsprojekte der  
Hochschule für Technik, Wirtschaft  
und Medien Offenburg

# forschung im fokus



Das Titelbild zeigt eine Aufnahme aus der zweistündigen Aufzeichnung des Ballonflugs „Einmal Stratosphäre und zurück: Eigenbaumesstechnik unter Extrembedingungen in 35 km Höhe“.

Technikinteressierte Schüler des Schiller-Gymnasiums Offenburg haben unter der Regie Ihrer Lehrer Jürgen Vörg und Marek Czernohous dieses ambitionierte Projekt „Schiller in Space“ realisiert. So wurde ein Wetterballon mit einer Kamera und eigens entwickelter Messtechnik direkt in die Stratosphäre gebracht. Dieser und weitere Flüge brachten neben spektakulären Bildern viele aufschlussreiche Messdaten mit nach Hause, die engagiert ausgewertet wurden.

Professor Werner Schröder und sein Institut IUAS begleiten dieses Projekt seit vier Jahren.

# Power-to-Gas optimiert einsetzen

Prof. Dr. Anke Weidlich, Prof. Dr. Ulrich Hochberg, Prof. Dr. Wolfgang Bessler

**Einen Beitrag zum Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage kann die Erzeugung und Verwendung von Wasserstoff leisten. Das hier vorgestellte Projekt entwickelt und erprobt Algorithmen für die optimierte Einbindung eines Elektrolyseurs in zwei unterschiedlichen Szenarien. Im Industriegebiet Freiburg-Nord wird die Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz getestet, während in Offenburg der Betrieb eines H<sub>2</sub>-Systems zur lokalen Optimierung im Microgrid im Fokus steht.**

Generating hydrogen through water electrolysis and using it for different applications can provide a contribution to balancing demand and supply of electricity in a future energy system. The research project presented in this article has the objective to develop and test algorithms for an optimized integration of an electrolyser in two different scenarios. In the industrial park "Freiburg-Nord" the injection of hydrogen into the natural gas grid is tested; in Offenburg, the focus lies on operating the hydrogen system for local optimization within a microgrid.

## Einleitung

Das Jahr 2014 war ein Jahr der Rekorde der erneuerbaren Energien. Am 17. August erreichte der Anteil des eingespeisten Stroms aus Wind- und Wasserkraft sowie Solarenergie und Biomasse zeitweise drei Viertel des zeitgleichen Stromverbrauchs – so viel wie nie zuvor. Auch die absolute Einspeisung an Windenergie kletterte am 12. Dezember auf bisher unerreichte Höhen von über 34 GW. Im Energiesystem der Zukunft werden solche Situationen, in denen sehr viel Strom aus fluktuierenden Quellen im Netz ist, zunehmen. Mit ihrem weiteren Ausbau werden die Wind- und Solarkraftwerke zeitweise sogar die Nachfrage übersteigen. Zeiten von Strom im Überfluss werden sich jedoch mit solchen, in denen Flaute herrscht und die Sonne nicht scheint, abwechseln. Eine Möglichkeit, jederzeit einen Ausgleich zwischen Stromangebot und -nachfrage zu schaffen, sind Stromspeicher. Doch auch die Überführung von Energie aus dem Elektrizitätssystem in ein anderes Energiesystem ist eine sinnvolle Option, so beispielsweise die Umwandlung von Strom in Wasserstoff, der in das Erdgasnetz eingespeist und dort weiterverwendet werden kann.

## Vorgehensweise

Beide Aspekte, die Einspeisung von Wasserstoff in das Gasnetz und die lokale Nutzung zur Rückverstromung in einer Brennstoffzelle, sind Gegenstand des Forschungsprojekts „Kommunaler Energieverbund Freiburg“. Das Vorhaben, das durch das Landesprogramm BWPLUS gefördert wird, wird unter Federfüh-

rung des Freiburger Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) gemeinsam mit badenova AG und der Hochschule Offenburg (HSO) durchgeführt. Die beiden Varianten Einspeisung und Speicherung werden an den Standorten Freiburg und Offenburg auch in einem Demonstrationsbetrieb umgesetzt.

Im Freiburger Projektteil wird im Industriegebiet Freiburg-Nord eine Einspeiseanlage für den durch einen großen Elektrolyseur erzeugten Wasserstoff geplant und in die bestehende Infrastruktur integriert. Das Industriegebiet nimmt bereits heute viele dezentrale Stromerzeuger in die dort verlaufenden Stromnetzstränge auf, so z. B. einen Windpark, eine große und mehrere kleine Photovoltaikanlagen, zwei Mikrogasturbinen zur Verstromung von Deponiegas sowie mehrere Erdgas- und Biogas-Blockheizkraftwerke. Des Weiteren sind im Industriegebiet neben einer Erdgastankstelle bereits eine Wasserstofftankstelle und das Elektrolyse-Testzentrum des Fraunhofer ISE vorhanden. Die HSO war im Rahmen des Projekts an der Konzeption der Einspeiseanlage maßgeblich mit beteiligt. In Absprache mit dem Betreiber des Gasnetzes, bnNETZE (badenova AG), wurden verschiedene Möglichkeiten durchdacht, wie die Einspeisung technisch gelingen kann. Dabei musste berücksichtigt werden, dass die Versorgungssicherheit jederzeit gewährleistet wird und die zulässigen Grenzen für den Volumenanteil an Wasserstoff sowie die Abweichung des Heizwerts in dem Gasgemisch aus der Einspeiseanlage eingehalten werden. Anders als bei vielen anderen Versuchsanlagen wird hier nämlich der Einsatz im echten Betrieb untersucht, also die Einspei-

sung in das öffentliche Netz mit all seinen praktischen Herausforderungen.

Im Offenburger Projektteil wird das am Institut für Energiesystemtechnik INES entstehende Smart Grid Labor mit seiner Wasserstoffsystemeinheit zum Einsatz gebracht. Dieses Demonstrationsnetz umfasst eine Photovoltaikanlage, einen großen Batteriespeicher sowie das Wasserstoffsystem, bestehend aus einem Elektrolyseur (mit 6 kW elektrischer Anschlussleistung), einem Wasserstofftank und einer Brennstoffzelle. Auch ein Teil der Stromverbraucher in den Büros sowie ein vorhandenes Elektrofahrzeug sind Teil des INES Smart Grids. Das Demonstrationsnetz soll stellvertretend für größere Verbraucher stehen, deren Energieversorgung zukünftig nicht nur über den Bezug von Energie aus dem Netz, sondern auch über verschiedene interne, in einem dezentralen „Microgrid“ integrierte Eigenerzeuger (Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke etc.) realisiert wird. Das Ziel der Steuerung im Microgrid ist ein optimierter Betrieb aller beteiligten Anlagenkomponenten mit dem Resultat einer größtmöglichen Unabhängigkeit vom Energieversorger und einem planbaren Austausch zum allgemeinen Stromnetz.

Um den energiewirtschaftlich optimierten Betrieb des Elektrolyseurs in beiden Anwendungsfällen zu ermöglichen, werden im Rahmen des Projekts geeignete Steuerungsalgorithmen entwickelt, validiert und getestet. Dafür muss zunächst ein brauchbares Modell der jeweiligen Energiesysteme erstellt werden, mit dem die Komponenten anhand von Simulationen analysiert werden können. Ein

für die beiden Anwendungsfälle entwickeltes Programm zur Lösung eines Optimierungsproblems soll dann den idealen Anlagenbetrieb berechnen. Im Fall der Wasserstoffeinspeisung muss dieses die Preise für Strom und Biogas berücksichtigen, im Fall des Microgrid-Betriebs spielen der lokale Verbrauch und die aktuelle Einspeisung aus der Photovoltaikanlage die entscheidende Rolle. In beiden Fällen müssen die technischen Restriktionen, die den Elektrolyseur und weitere Komponenten charakterisieren, angemessen berücksichtigt werden, damit die errechnete Fahrweise auch tatsächlich technisch möglich ist.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die entwickelten Modelle und Steuerungsalgorithmen werden im Lauf des Jahres 2015 nach und nach im echten Systembetrieb getestet und evaluiert. Ziel ist es, neben den theoretischen Erkenntnissen zur möglichen und optimierten Fahrweise in dem betrachteten Energiesystem auch Erfahrungen im konkreten Demonstrationsbetrieb zu sammeln, damit die Ergebnisse auf den Realbetrieb übertragen werden können. So kann zum Ende des Projekts eine fundierte Abschätzung getroffen werden, welchen Beitrag die Wasserstoffherzeugung durch überschüssige Strommengen in der Praxis eines Energiesystems mit immer größeren Anteilen an erneuerbarer Stromherzeugung haben kann. Wirtschaftliche Betrachtungen sollen außerdem dazu dienen zu ermitteln, wo ggf. Förderbedarf besteht, um der Power-to-Gas-Technologie die Etablierung im Markt zu ermöglichen.

### AUTOREN

**Prof. Dr. Anke Weidlich**  
Studiendekanin Energiesystemtechnik, Mitglied am INES, Forschungsgruppe Nachhaltige Energiewirtschaft  
Lehrgebiete: Energiewirtschaft, Smart Grids, Operations Research, Mathematik, BWL  
anke.weidlich@hs-offenburg.de



**Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg**  
Mitglied am INES  
Lehrgebiete: Regelungstechnik, Messtechnik, Mathematik Grundlagen EDV, Thermodynamik, Simulation dynamischer Systeme  
ulrich.hochberg@hs-offenburg.de



**Prof. Dr. habil. Wolfgang Bessler**  
Mitglied am INES, Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung  
Lehrgebiete: Batterie- und Brennstoffzellentechnik, Prozesssimulation, Chemie,  
wolfgang.bessler@hs-offenburg.de



# Kontakt

Institut für Angewandte Forschung  
(IAF)

---

## Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Institutsleitung  
E-Mail: [bollin@hs-offenburg.de](mailto:bollin@hs-offenburg.de)

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora  
Stellvertretende Institutsleitung  
E-Mail: [axel.sikora@hs-offenburg.de](mailto:axel.sikora@hs-offenburg.de)

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-272  
<http://www.hs-offenburg.de/iaf/>

---

Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation  
(POI)

---

## Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

Institutsleitung  
E-Mail: [bruno.ismer@hs-offenburg.de](mailto:bruno.ismer@hs-offenburg.de)

Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe  
Stellvertretende Institutsleitung  
E-Mail: [harald.hoppe@hs-offenburg.de](mailto:harald.hoppe@hs-offenburg.de)

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-4640  
E-Mail: [poi@hs-offenburg.de](mailto:poi@hs-offenburg.de)  
<http://www.hs-offenburg.de/poi/>

---

Institut für Energiesystemtechnik  
(INES)

---

## Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Institutsleitung  
E-Mail: [bollin@hs-offenburg.de](mailto:bollin@hs-offenburg.de)

Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferoth  
Stellvertretende Institutsleitung  
E-Mail: [jens.pfafferoth@hs-offenburg.de](mailto:jens.pfafferoth@hs-offenburg.de)

Institutsanschrift Campus Nord  
Am Güterbahnhof 1a 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-126  
E-Mail: [ines@hs-offenburg.de](mailto:ines@hs-offenburg.de)  
<http://www.hs-offenburg.de/ines/>

Institute for Unmanned Aerial Systems  
(IUAS)

---

## Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Institutsleitung  
E-Mail: [w.schroeder@hs-offenburg.de](mailto:w.schroeder@hs-offenburg.de)

Prof. Dr. Dan Curticapean  
Stellvertretende Institutsleitung  
E-Mail: [dan.curticapean@hs-offenburg.de](mailto:dan.curticapean@hs-offenburg.de)

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon +49 781 205-271  
<http://www.hs-offenburg.de/iuas/>

---

Ecological Photonics Advanced  
Research at Oberrhein (Eco-PhARO)

---

## Prof. Dr. Dan Curticapean

Institutsleitung  
E-Mail: [dan.curticapean@hs-offenburg.de](mailto:dan.curticapean@hs-offenburg.de)

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder  
Stellvertretende Institutsleitung  
E-Mail: [w.schroeder@hs-offenburg.de](mailto:w.schroeder@hs-offenburg.de)

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-271

---

Institut für kulturelle Kommunikation  
(IKK) – An-Institut

---

## Prof. Dr. phil. Heinrich Behring

Institutsleitung  
E-Mail: [behring@hs-offenburg.de](mailto:behring@hs-offenburg.de)

Jürgen Stark  
Stellvertretende Institutsleitung

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-4723  
<http://www.ai-ikk.de/>



**Hochschule Offenburg**  
University of Applied Sciences

Badstraße 24 77652 Offenburg  
Telefon: +49 781 205-0  
[www.hs-offenburg.de](http://www.hs-offenburg.de)

