

Herzlich willkommen IHK-AnwenderClub Wasserstoff | H₂



30.09.2024
Hochschule Ansbach

Nicola Kimiaie, Jan Ninow, Johannes Fichtner, Jörg Kapischke



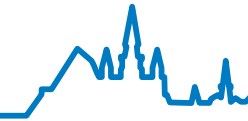
IHK-AnwenderClub „Wasserstoff | H₂“ Wasserstoff-Technologie im Fokus

8. Treffen | 30. September 2024 | Ort: Hochschule Ansbach

Programm

13:30 Uhr	Eintreffen der Teilnehmenden Begrüßungskaffee
14:00 Uhr	Begrüßung Einführung Moderation Dr.-Ing. Robert Schmidt, Leiter IHK-Förderprojekt „transform_EMN“ und IHK-Geschäftsbereich Innovation Umwelt
14:10 Uhr	Grüner Wasserstoff für Gasmotoren, Brennstoffzellen, Stromnetzintegration Prof. Dr. Jörg Kapischke, TAKE Transferzentrum Ansbach Klimaschutz & Effizienz Leiter Innovation Lab: Digitales Energiemanagement
15:00 Uhr	Diskussion Aufteilung in Gruppen für die rollierend und parallel ablaufenden Workshops ab 15:15 Uhr (à 30 Min.)

15:15 Uhr	Workshop 1 „H₂ und Gasmotoren“ Im Workshop werden technische Herausforderungen bei der Verwendung von H ₂ im Brenngas für Gasmotoren beschrieben und untersucht. Johannes Fichtner, Hochschule Ansbach
15:45 Uhr	Workshop 2 „H₂ und Luftfahrt“ Das Praxisseminar analysiert und diskutiert die Vorteile von CO ₂ -neutralem Treibstoff in der Luftfahrt, mit Fokus auf die Brennstoffzellentechnologie. Dieter Jarosch, Hochschule Ansbach
16:15 Uhr	Workshop 3 „H₂ und Stromnetzintegration“ Dieser Kurs behandelt die Rolle von Wasserstoff bei der Bewältigung von Herausforderungen, die durch eine intermittierende Stromerzeugung beispielsweise durch Windkraft oder Photovoltaikmodule entstehen. Nicola Kimiaie und Jan Ninow, Hochschule Ansbach
16:45 Uhr	abschließende Diskussion
17:20 Uhr	Möglichkeit zum bilateralen Austausch
18:00 Uhr	Voraussichtliches Ende



Grüner Wasserstoff für Gasmotoren, Brennstoffzellen, Stromnetzintegration



Industrie- und Handelskammer
Nürnberg für Mittelfranken



30.09.2024
Hochschule Ansbach

Jörg Kapischke

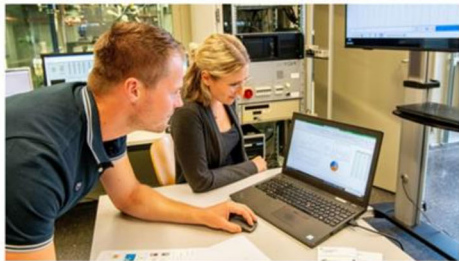
TAKE | Transferzentrum Ansbach | Klimaschutz & Effizienz



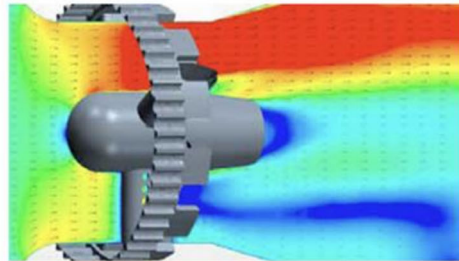
Kurzvorstellung Transferzentrum TAKE



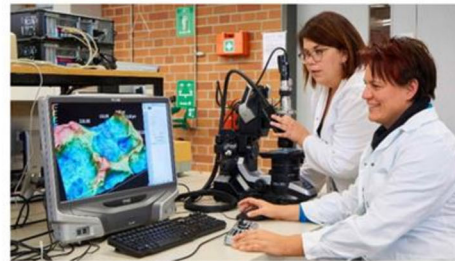
Ziel: zukunftsorientierte Zusammenarbeit mit kleinen und mittleren Unternehmen zur Optimierung ihrer Energie- und Ressourceneffizienz



**Digitales
Energiemanagement**



**Simulationsbasierte
Energieeffizienz**



**Ressourceneffiziente
Materialentwicklung**

- Erfassung, Aufbereitung und Auswertung energiebezogener Daten
- Simulationsbasierte Analysen zur Steigerung von Energie- und Materialeffizienz
- Materialentwicklung und -analyse
- Ihr Vorteil: Zugang zu sehr guten qualifizierten Absolventen für Ihr Unternehmen



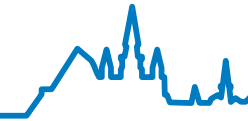
1 Einleitung

- 1.1 Vorstellung
- 1.2 Elektrolyseur-Infrastruktur und Wasserstoffnutzung
- 1.3 Labore

2 Wasserstoffnutzung

- 2.1 Gasmotor
- 2.2 Multikopter
- 2.3 Stromnetzintegration

3 Fazit



Teamleitung
Jörg Kapischke



Wissenschaftlicher Mitarbeiter
TAKE | Transferzentrum Ansbach | Klimaschutz & Effizienz
Jan Ninow



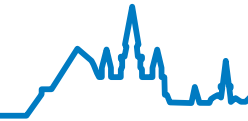
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand
Johannes Fichtner



Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Mittelstand-Digital Zentrum Franken
Nicola Kimiaie



Laboringenieur
Dieter Jarosch



H₂ und Gasmotor



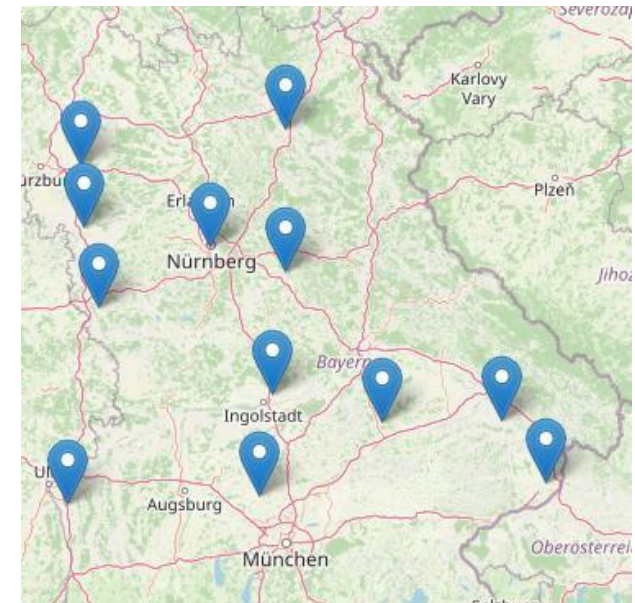
H₂ und Luftfahrt



H₂ und Stromnetzintegration

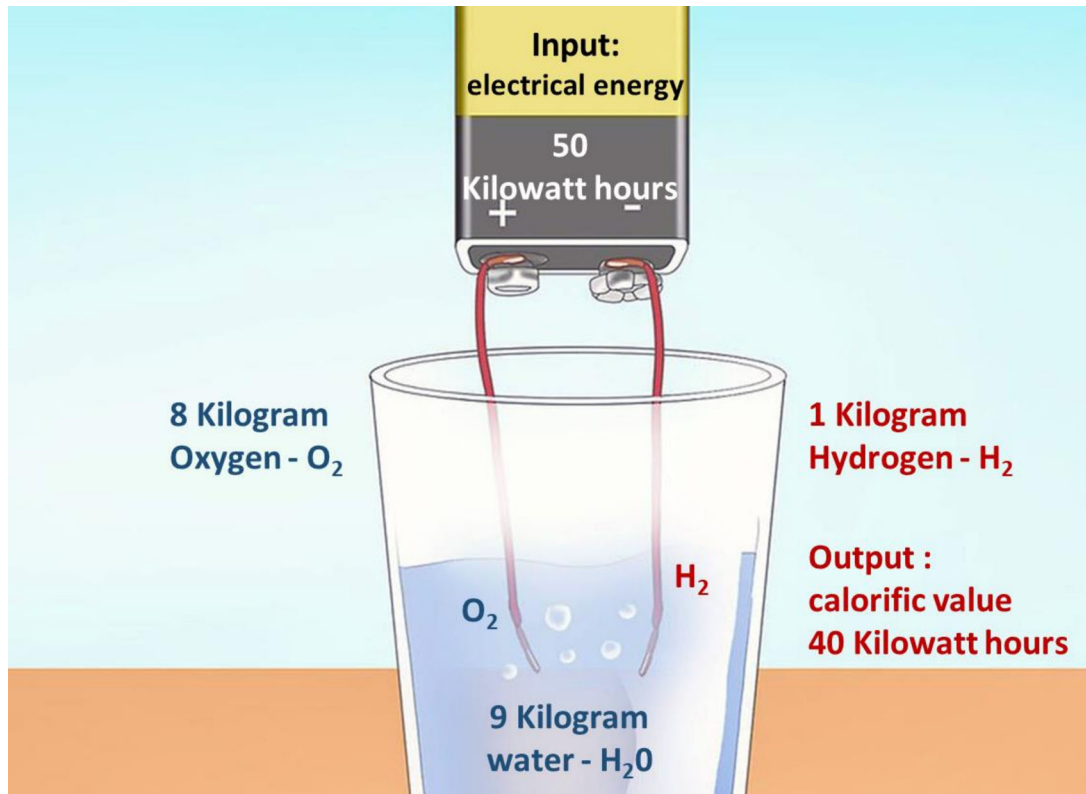


- Der Freistaat Bayern unterstützt die heimische Wasserstoffproduktion mit dem neuen Bayerischen Förderprogramm zum Aufbau einer Elektrolyseur-Infrastruktur (BayFELI).
- 1. Runde: 12 Standorte | 2. Runde: ca. 14 Standorte
- Fördersumme: 150 Millionen Euro [1]
- Viele Bewerbungen mit hohen Eigenanteilen.
- Förderprogramm für 0,12 GW_{el} Elektrolysekapazität. [1]
- Ziel bis 2030: 1 GW_{el} (rund 2,4 TWh Wasserstoff Heizwert gemittelt, $\eta_{\text{Elektrolyse}} = 0,7$, 3000 ... 5000 Betriebsstunden) [2]
- Installierte PV-Leistung in Bayern: 18,3 GW_{el} (2022) [3]
- Installierte Wind-Leistung in Bayern: 2,6 GW_{el} (Mitte 2023) [4]
- Ausfallarbeit in Bayern (2020): 37 GWh_{el} [5] (8100 GWh_{el} in D in 2022 [6])



- N-Ergie (Nürnberg)
- Guttroff (Dettelbach)
- nahKRAFT (Feuchtwangen)
- Energiepark Ried (Markt Indersdorf)
- Westfalen (Weißenhorn)
- Energiepark Osterhofen
- Erik Walther (Uffenheim)
- Erneuerbare Energien Essenbach
- Tyczka Hydrogen (Kösching)
- Maier & Korduletsch (Pöcking)
- Stadtwerke Bayreuth.

[1] Pressemitteilung STMWI Bayern, Wirtschaftsminister stellt Elektrolyseur-Förderprogramm im Ministerrat vor, 13. Juni 2023
 [2] Wasserstoff-Roadmap Bayern, Oktober 2022, H2.B Zentrum Wasserstoff Bayern
 [3] https://www.energieatlas.bayern.de/thema_sonne/photovoltaik/daten, abgerufen. 2024
 [4] <https://www.stmwi.bayern.de/energie/erneuerbare-energien/windenergie/> abgerufen. 2024
 [5] Bayerischer Landtag, Schriftliche Anfrage, Drucksache 18/17638, 24.09.2021
 [6] Monitoringbericht 2023, Bundesnetzagentur, 29.11.2023

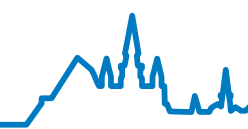


Preise nur auf Basis der Strompreise, ohne Investment

Kraftstoff Super	18,87 ct/kWh _{th} H ₂	Erdgas	8,7 ct/kWh _{th} H ₂			
Strompreis	1,0	6,0	11,0	16,0	21,0	26 ct/kWh _{el}
Wasserstoffpreis	1,4	8,3	15,2	22,2	29,1	36 ct/kWh _{th} H ₂
Wasserstoffpreis	0,5	3	5,5	8	10,5	13 €/kg H ₂
Wirkungsgrad Elektrolyseur	0,72	Energieverbrauch Elektrolyseur:	50 kWh _{el} /kg H ₂			

Challenge: Reduction of the amount of **electrical energy** and investment cost

- Eine engere Verknüpfung von Produktions- und Nutzungskonzepten könnte die Effizienz und Nachhaltigkeit der geförderten BayFELI-Projekte erhöhen.
- Bayerische Technologie-Kompetenzen und nicht nur Wirtschafts-Kompetenzen sollten ausreichend entwickelt werden.
- Die Förderung von Kooperationen zwischen Wasserstoff-Produzenten und **potenziellen Abnehmern** könnte mehr unterstützt werden.



Luftfahrt

Quelle: <https://www.h2fly.de/vision/>



Grüne Wasserstoffherzeugung In Wunsiedel

<https://www.frankenpost.de/inhalt.zukunftstechnologie-in-wunsiedel-zwei-tage-rund-um-wasserstoff>



Gasmotor als Back-up-Kraftwerk bei Dunkelflaute

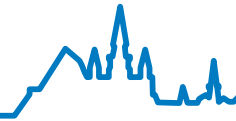
Quelle: MAN Energy Solutions SE, H2-Ready: MAN-Gasmotoren, PM: 04.11.2021



Stromnetzintegration: Windpark, Elektrolyseur, Heizzentrale der DLR-Standortversorgung in Lampoldshausen

<https://www.avat.de/referenzen/energieversorgung/standardisierte-quartiersversorgung/technische-integration-von-wasserstoff-in-der-energieversorgung>





- Labore bieten Studierenden die Möglichkeit, theoretisches Wissen in die Praxis umzusetzen.
- Studierende lernen, innovative Lösungen für aktuelle Herausforderungen zu entwickeln.
- Interdisziplinäres Lernen wird für Studierende immer wichtiger, z.B. Elektrochemie, Materialwissenschaften und Informatik (KI).
- Labore fungieren als Brücke zwischen akademischer Forschung und industrieller Anwendung.



- Im langfristigen Prozess des Aufbaus der Wasserstoffinfrastruktur wird die Beimischung von Wasserstoff in das bestehende Erdgasleitungsnetz als kurzfristige Übergangsstrategie angesehen. [1,2]
- Fernleitungsnetzbetreiber bieten ihren Marktpartnern (Wasserstoffproduzenten) statt eines Wasserstoffnetz-Anschlusses eine Beimischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz an, wenn die Projekte in zu großer Distanz zu Leitungen eines möglichen Wasserstoffnetzes liegen. [3]
- In Zukunft wird es im Netz unterschiedliche Anteile von Wasserstoff geben, also Netzabschnitte mit 100 % Wasserstoff oder mit klimaneutralem Gas (Bio-Erdgas/Synthetisches Erdgas) plus Wasserstoffbeimischung. [4]

- [1] Tingyan Sun: Projektreview, Wasserstoffbeimischung im bestehenden Erdgasnetz in Deutschland, Fraunhofer-Institut IWU, 2023
- [2] ERDENER, Burcin Cakir, et al. A review of technical and regulatory limits for hydrogen blending in natural gas pipelines. International Journal of Hydrogen Energy, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.10.254>
- [3] Abschlussbericht: Transformation der Gasinfrastruktur zum Klimaschutz, Hrsg. Umweltbundesamt, 2022
- [4] Das Gasnetz: die Infrastruktur der Energiewende. BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Berlin, 2022

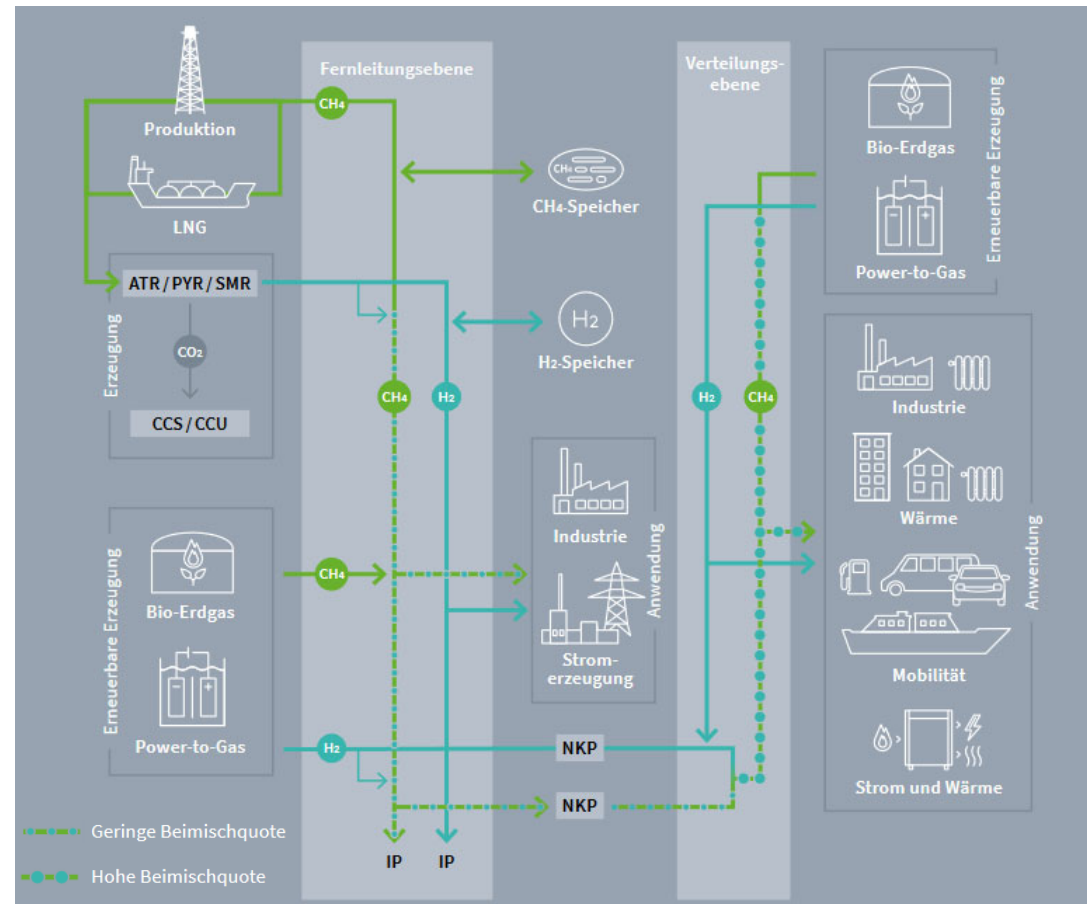
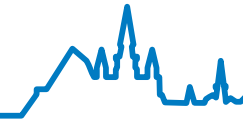
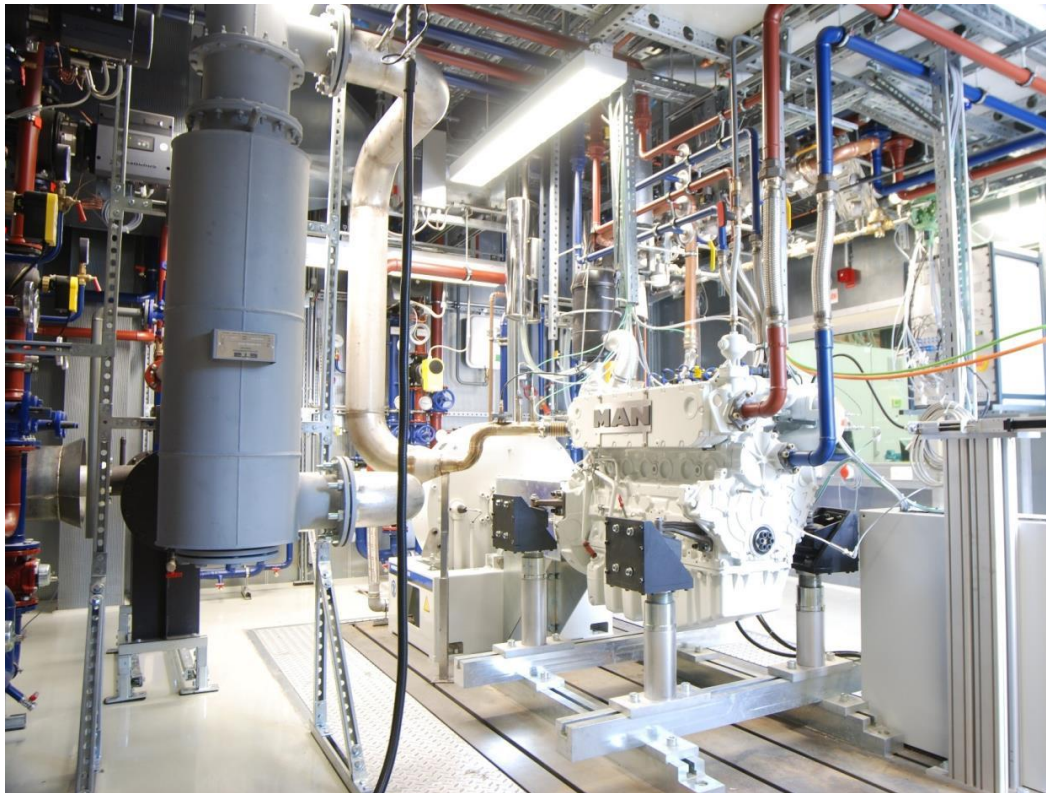
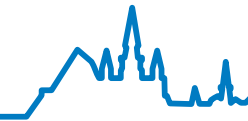


Abb. 1: Das Gasnetz von morgen: Fahrplan für den Umbau. [4]



- Grüne Gase (Wasserstoff, Biomethan, synthetisches Methan) haben das Potenzial einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der CO₂- Emissionen zu leisten.
- Seit 2012 wurden ca. 60.000 KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 13.630 Megawatt neugebaut, modernisiert oder nachgerüstet. [1]
- Die meisten KWK-Anlagen sind in Deutschland gleichmäßig verteilt und häufig an Erdgasleitungen angebunden.
- Das bestehende Erdgasnetz könnte genutzt werden, um erst wenig Wasserstoff zusammen mit Erdgas zu transportieren, um dann irgendwann komplett auf Wasserstoff umzustellen (Klimaneutralität soll 2045 hergestellt sein).

[1] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: Positionspapier, Aktuelle Hemmnisse und Maßnahmen zur Weiterentwicklung der KWK und des KWKG, 2024



Technische Daten

Motortyp	MAN E 0836 LE 202
Bauform	Reihenmotor
Arbeitsweise	4-Takt-Ottomotor
Zylinderzahl	6
Zylinderbohrung	108 mm
Kolbenhub	125 mm
Hubraum	6870 cm ³
Verdichtung	11 : 1
Leistung	110 kW bei 1500 1/min

Forschungsaktivitäten

Drittmittelprojekte mit externen Forschungspartnern
(Laufzeit 2-3 Jahre)

Forschungsaufträge im Rahmen von Transferprojekten
(kurze Laufzeit, keine Bürokratie)

Drittmittelprojekt **SoftSenseValve**

„Entwicklung eines präzisen, modellbasierten Regelungssystems für die autonome Anpassung der motorischen Verbrennung an die verfügbaren Gasqualitäten zur Maximierung des Wirkungsgrades von Gasmotoren“

Fördermittelgeber: BMWK

Projektpartner: Heinzmann GmbH & Co. KG

Laufzeit: 04.2021 – 08.2024

Drittmittelprojekt **BioRed**

„Innovatives ökologisches und ökonomisches Konzept für den Weiterbetrieb von Biogasbestandsanlagen unter Berücksichtigung fortschrittlicher Biogasaufbereitungsmethoden mit optimierter CO₂-Reduzierung für verschiedene Betriebsmodelle“

Fördermittelgeber: BMEL

Projektpartner: TU Bergakademie Freiberg

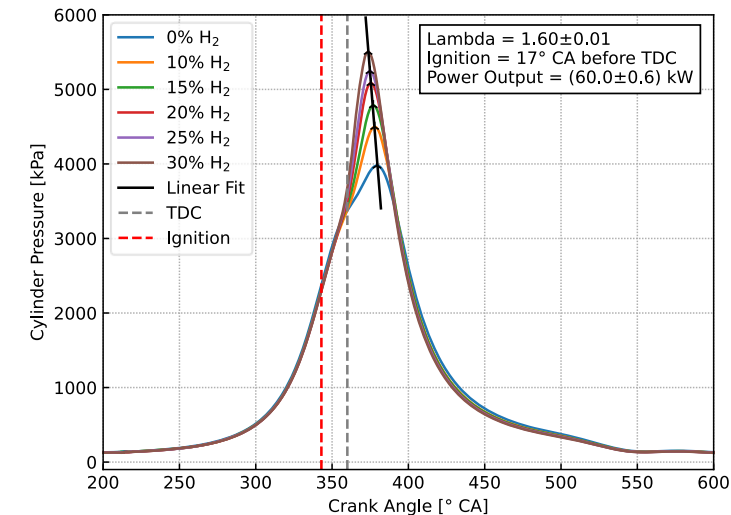
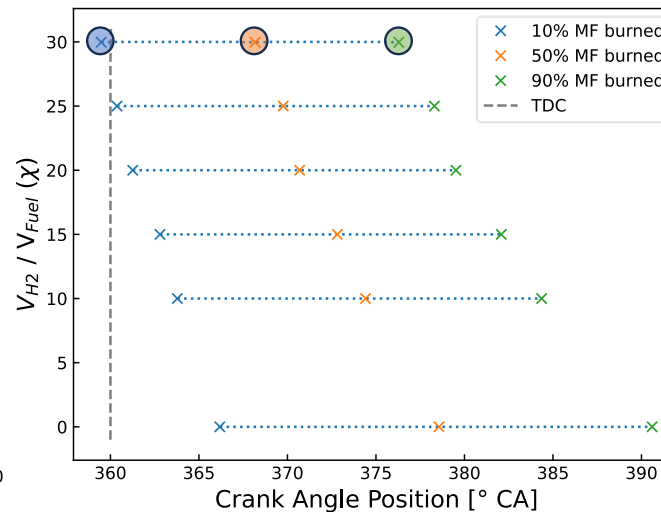
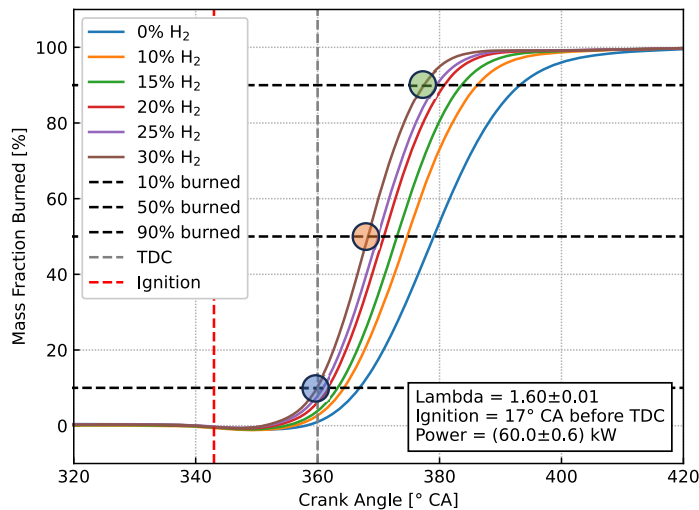
AEV Energy GmbH

Laufzeit: 09.2024 – 08.2027

Heute: Einblick in die Forschungsarbeit am Gasmotorprüfstand.

Fragestellung: *Wie reagiert der Gasmotor auf wasserstoffhaltige Brenngase?*

Fragestellung: *Wie reagiert der Gasmotor auf wasserstoffhaltige Brenngase?*

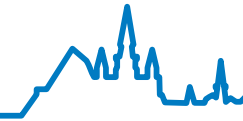


Wasserstoffhaltige Brenngase verbrennen schneller als Erdgas (Methan)

→ Verbrennungsmaximum früher
→ Spitzendruck steigt

Welche Auswirkungen hat die Wasserstoffzugabe auf Abgasemissionen, Wirkungsgrad und Laufruhe des Motors?

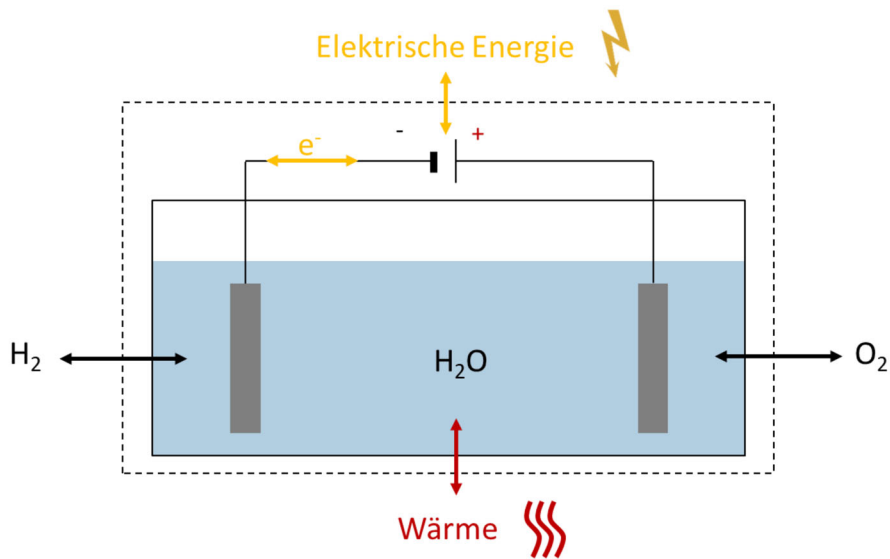
→ Workshop 1



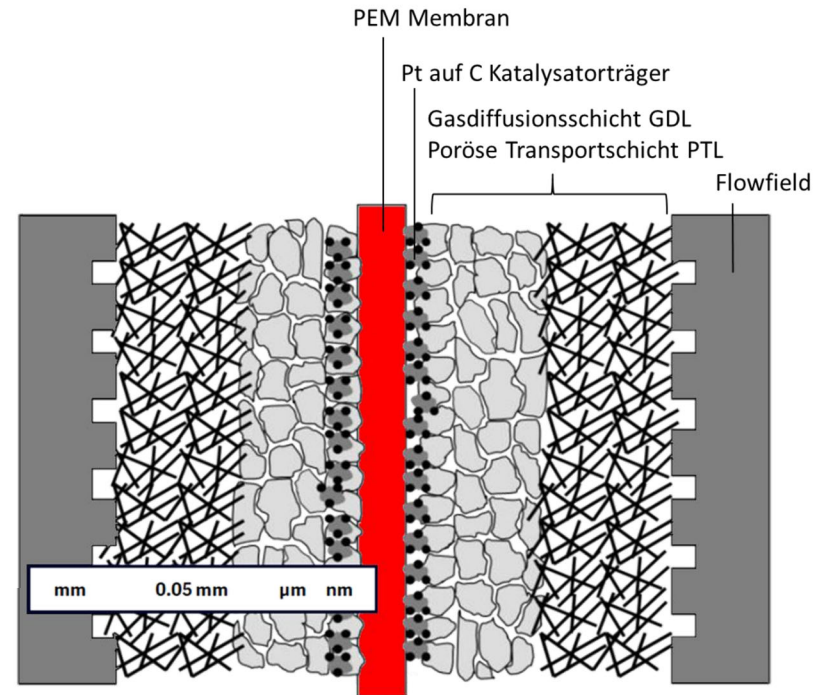
- Flugzeuge und Multikopter mit Brennstoffzellenantrieb können ihre Emissionen während des Fluges eliminieren.
- Brennstoffzellenbetriebene Flugzeuge müssen leichter, leistungsfähiger und zuverlässiger werden.
- Brennstoffzellen-Antriebskonzepte werden in der Regel für kleine Flugzeuge bis zur Größe eines regionalen Propellerflugzeugs vorgeschlagen.
- Bei Brennstoffzellen-Antriebsarchitekturen wird häufig eine Batterie verwendet, um vorübergehende hohe Leistungsanforderungen und schnelle Änderungen der Drosselklappe zu bewältigen.
- Die Wirtschaftlichkeit von Wasserstoffflugzeugen hängt von der kostengünstigen Produktion (Elektrolyse) von grünem Wasserstoff ab.
- Das Fliegen von Flugzeugen und Multikoptern weist sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede auf (Anwendung, Reichweite, Nutzlast, technologische Komplexität).



Funktionsweise von Elektrolyse- und Brennstoffzelle



Aufbau einer PEM Brennstoffzelle

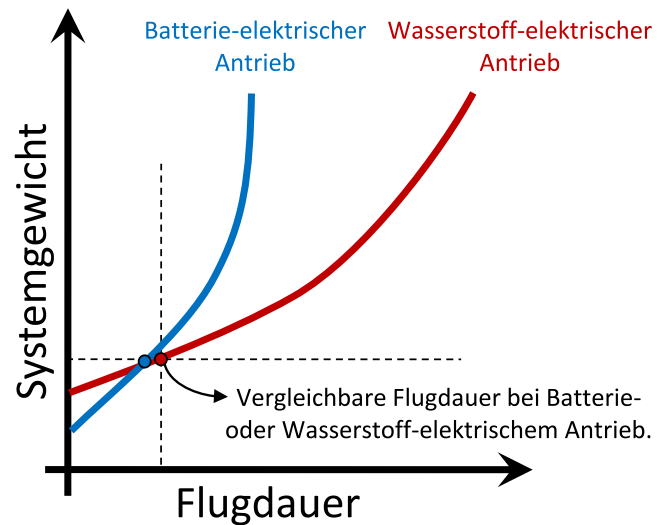


Welche Funktionen haben Transportschichten bei Elektrolyseuren und Brennstoffzellen?

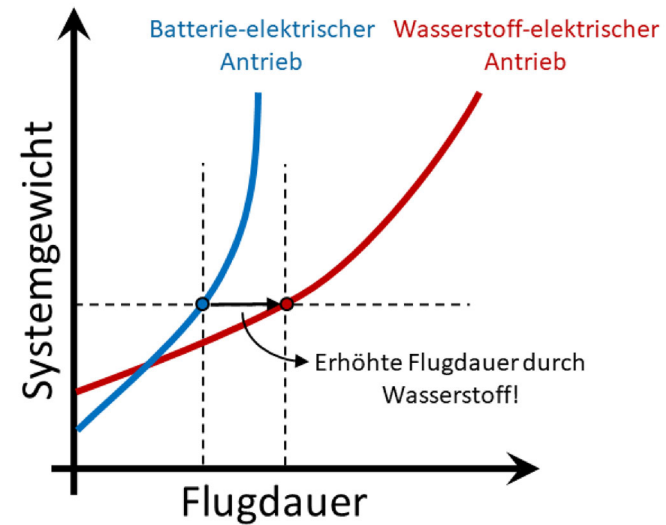
→ Workshop 2



Fall 1: Druckwasserstofftank 1.4 l

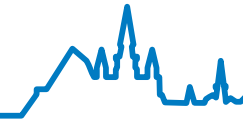


Fall 2: Druckwasserstofftank 3.0 l



Welche Reichweiten und Flugdauern können bei einem vorgegebenem Systemgewicht erzielt werden?

→ [Workshop 2](#)



- Durch den Ausbau erneuerbarer Energien wie Wind- und Solarenergie entstehen immer mehr Strombedarfe (Residuallasten), die durch andere Quellen gedeckt werden müssen (Gaskraftwerke, Batteriespeicher, Pumpspeicher, Wasserstoff, Biogasanlagen, Importe, ...). [1]
- Kraftwerksstrategie des BMWK: Mit einer Reihe von wasserstoffbetriebenen Elektrizitätswerken, die in Reserve stehen, aber schnell hochgefahren werden können, will das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) durch Dunkelflauten entstehende Stromlücken überbrücken. [2]
- Eine Dunkelflaute kann das Stromnetz instabil machen. Es treten Probleme wie Frequenzschwankungen und Spannungsschwankungen auf, Um das Netz zu stabilisieren, kann es notwendig sein, bestimmte Verbraucher vom Netz zu trennen (Stromausfall).

[1] Prof. Dr.-Ing. Simon Schramm, Dr. Martin Kleimaier: Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und Entwicklung, der Residuallast. VDE ETG Fachbereich „Erzeugung und Speicherung elektrischer Energie“, Oktober 2022

[2] <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/08/20230801-rahmen-fuer-die-kraftwerksstrategie-steht.html>

- Die Eigennutzung ist finanziell attraktiver als die Einspeisung ins öffentliche Stromnetz
- Durch eine Photovoltaikanlage in Kombination mit einem Speicher kann das Unternehmen den Eigenverbrauch erhöhen und teure Lastspitzen selbst abdecken.
- Kurzzeitspeicher: Batterie
- Langzeitspeicher: Wasserstoff
- Unternehmen werden durch eigenen Solarstrom unabhängiger vom Stromnetz und können Ladesäulen, Wärmepumpen oder Elektrolyseure selbst mit klimafreundlicher Energie versorgen.

- Inselanlage mit Netzunterstützung (Netzumschaltung)
- AC-gekoppelte Inselnetzsystem

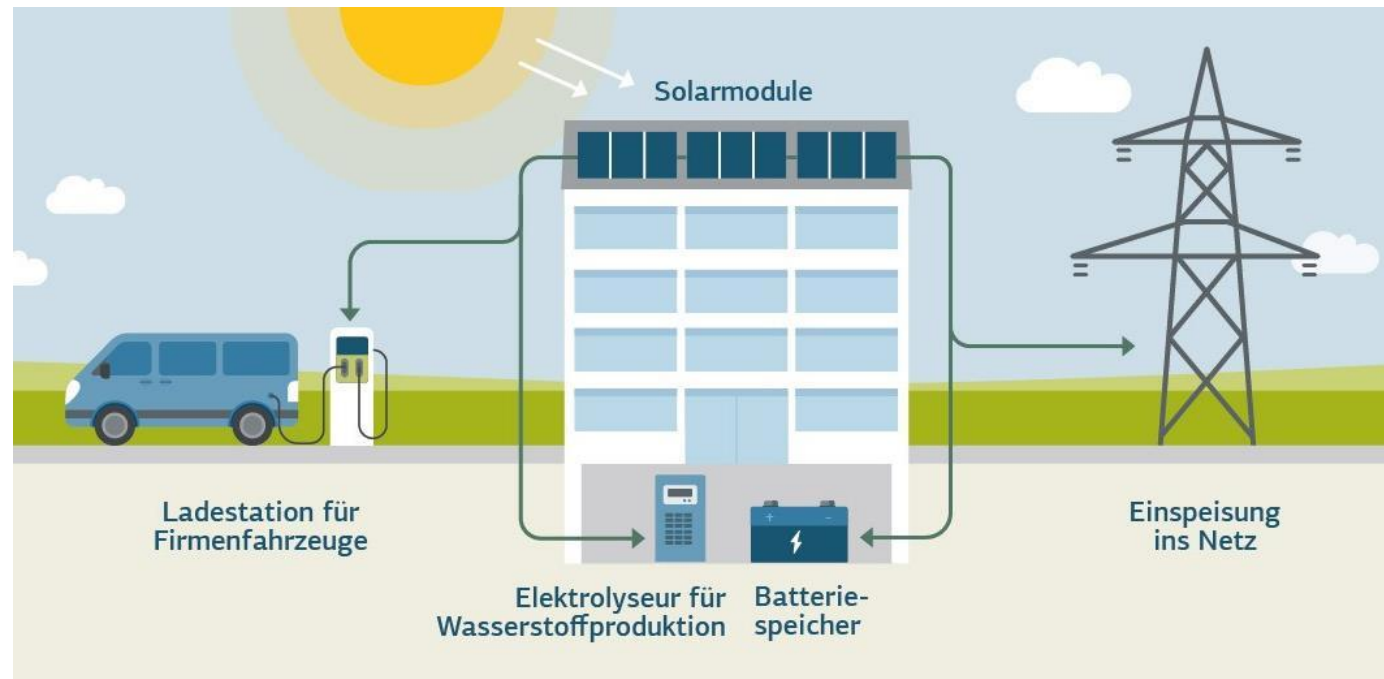


Abb 1: Schema Photovoltaik-Hybridanlage für Unternehmen. [1]

[1] <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-und-Umwelt/Photovoltaik/>

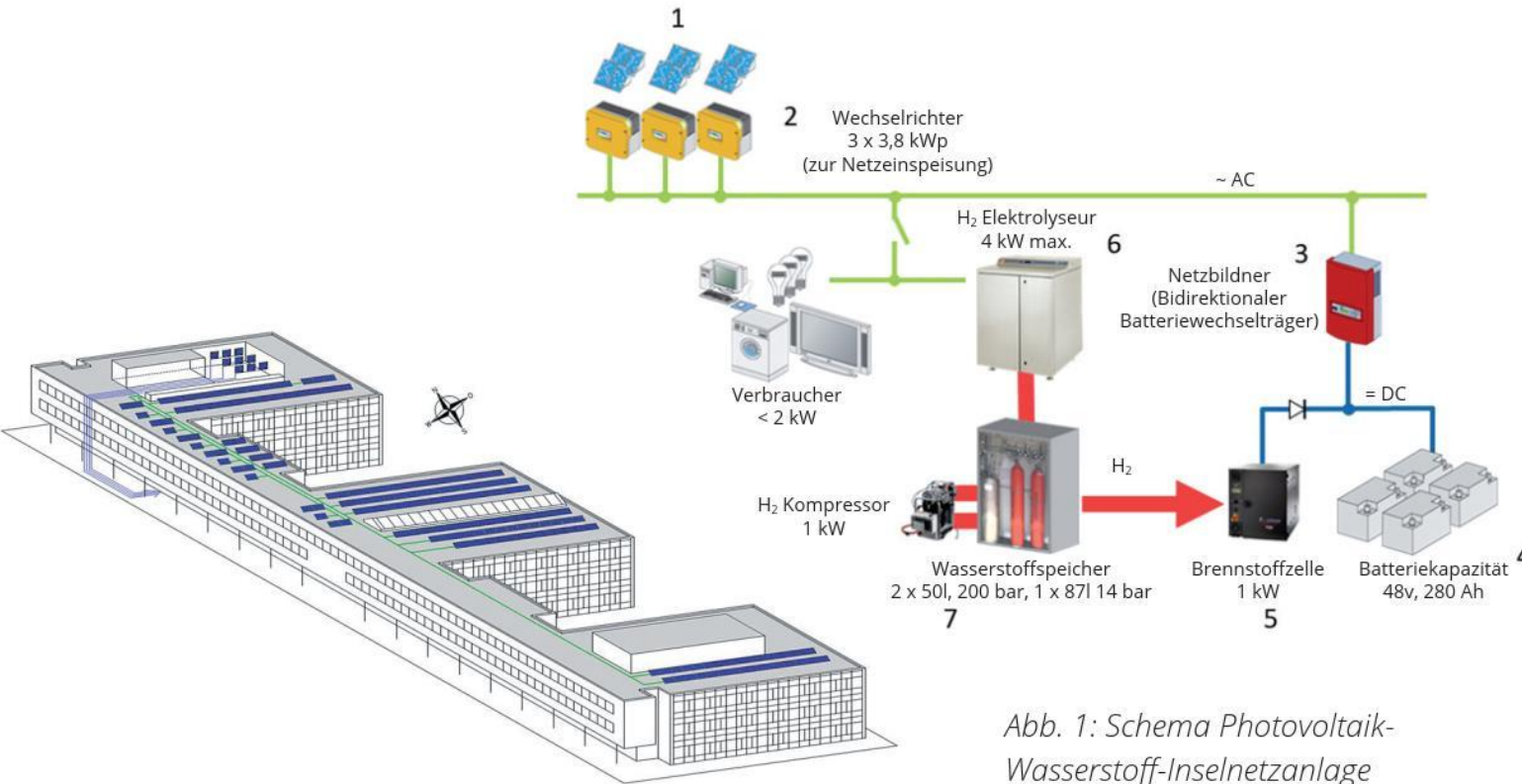
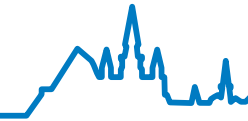
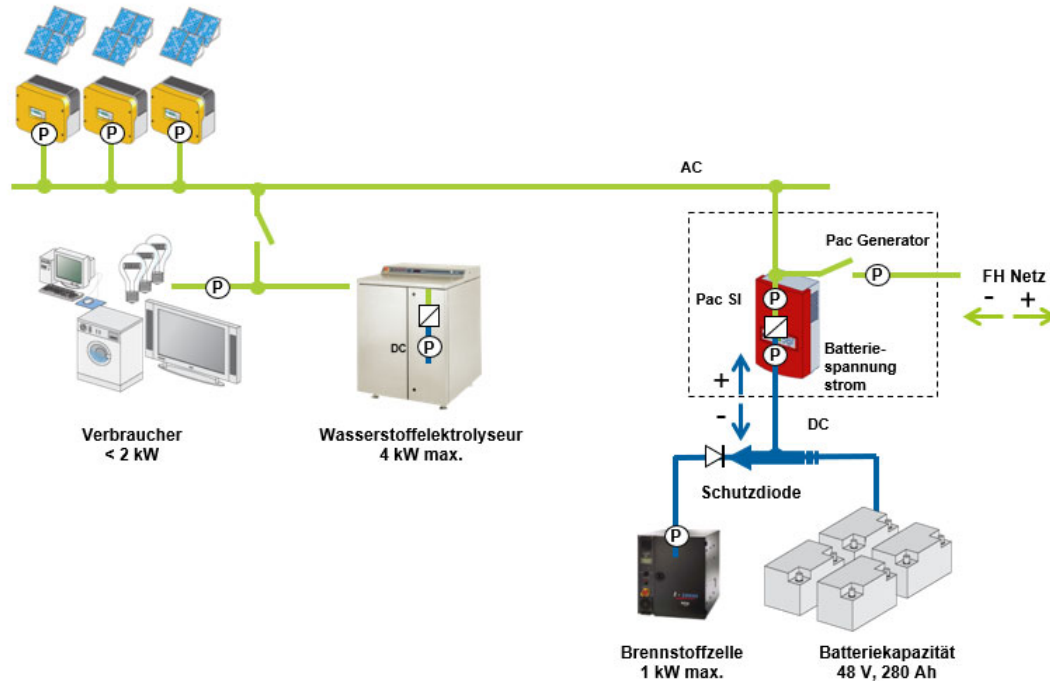


Abb. 1: Schema Photovoltaik-Wasserstoff-Inselnetzanlage

Anlagenkomponenten auf einen Blick:

- (1) Photovoltaik-Anlage mit Wechselrichter zur Netzeinspeisung (2): 38,7 kW
Umschaltstation auf Inselnetzbetrieb
- (3) Inselnetzwechselrichter: 4,2 kW
- (4) Batteriespeicher: 8 kWh
- (5) Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle: 1 kW
- (6) Polymerelektrolytmembran-Elektrolyseur: 4 kW, 13,8 bar
- (7) Druckgaspeicherstation: 87 l, 13,8 bar;
Druckgaspeicher: 50 l, 200 bar
Wasserstoffkompressor: 200 bar



- Der an die Batterie angeschlossene Batterie-Wechselrichter, z. B. ein Sunny Island, bildet das Wechselstromnetz.
- Der Inselwechselrichter hält die Spannung und Frequenz konstant, um eine stabile Versorgung zu gewährleisten.

Mit welchen Komponenten und Methoden kann der Eigenverbrauch von Unternehmen ohne Rückwirkung auf das Netz optimiert werden?

→ [Workshop 3](#)

- Praxisnahe Ausbildung von Studierenden im Bereich Wasserstoffnutzung.
- Durch die praktische Arbeit im Labor entstehen wertvolle Erfahrungen, die als Grundlage für innovative Ideen dienen.
- Diese Ideen sind essenziell, um Forschungsanträge zu formulieren und neue Projekte zur Wasserstoffnutzung zu initiieren.
- KMU profitieren besonders von solchen Kooperationen, da sie Zugang zu frischen Ideen und qualifizierten Studierenden erhalten.
- Die Laboraktivitäten zur Wasserstoffnutzung tragen zur Stärkung der Innovationskraft in der Region bei und adressieren relevante regionale Fragestellungen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Hochschule für angewandte Wissenschaften Ansbach
Ansbach University of Applied Sciences
Residenzstraße 8
91522 Ansbach
Germany
Phone + 49 (0) 981 4877- 0
www.hs-ansbach.de

Prof. Dr. Jörg Kapischke

joerg.kapischke@hs-ansbach.de
++49 (0) 981 4877-310