

# *Umwelt- Technologie und Energie in Bayern*

Mit Sonderteil

WASSERSTOFF

GEGEN DEN KLIMAWANDEL



# EHRENURKUNDE

MEDIA MIND GMBH & CO. KG

zur Herstellung und Verbreitung internationaler Medien · München  
zum 50-jährigen Firmenjubiläum  
2022

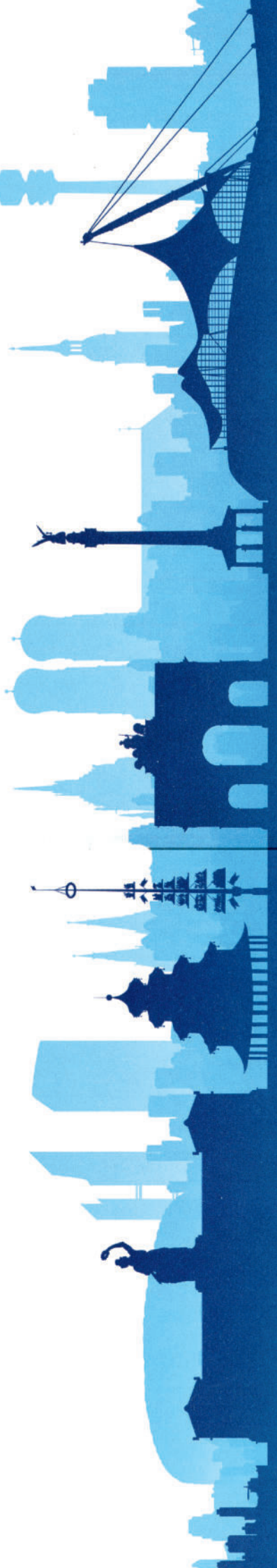
verliehen von der Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern



Prof. Klaus Josef Lutz  
Präsident  
IHK für München und Oberbayern



Dr. Manfred Göbl  
Hauptgeschäftsführer  
IHK für München und Oberbayern





## Editorial

### **Klimaschutz und Energiewende – aktuell wie nie zuvor!**

Die Notwendigkeit zu handeln ist riesengroß. Der Bedarf an Rohstoffen ist ungebremsst und die Ressourcen der Welt sind endlich.

Viele Initiativen versuchen den Klimawandel positiv zu lenken und geben der Zukunft somit eine Chance:

- Wie ist ein Mehrwert durch gemeinsame Aktivitäten und interdisziplinäre Vernetzung zu erreichen?
- Wie verändert der Klimawandel das Pflanzenwachstum und Verhalten von Tieren?
- Welche Folgen haben steigende Temperaturen für Mensch und Natur?
- Wo findet man Umweltkompetenz auf höchstem Niveau?
- Welche Europäische Förderungen für internationale Forschungs- und Innovationsprojekte gibt es?

#### **Wasserstoff – die Energie von morgen**

Vergleichbar mit Errungenschaften der Vergangenheit werden Chancen und Nutzen von Wasserstoff nicht gebührend erkannt. Dabei liegen seine Vorteile auf der Hand: Bei der Verbrennung wird kein CO<sub>2</sub> erzeugt und er wiegt für die gleiche Energie nur 1/3 von Methan, Benzin oder Diesel.

#### **In eigener Sache:**

Seit 50 Jahren besteht media mind mit dem Anspruch auf Qualität und Nachhaltigkeit.

Für die Unterstützung aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik danke ich von ganzem Herzen.

Walter Fürst, Geschäftsführer

**Diese Publikation finden Sie auch im Internet unter [www.media-mind.info](http://www.media-mind.info)**

#### **Impressum:**

<b>Herausgeber:</b>	media mind GmbH & Co. KG Hans-Bunte-Str. 5 80992 München Telefon: +49(0) 89 23 55 57-3 Telefax: +49(0) 8923 55 57-47 E-mail: mail@media-mind.info www.media-mind.info
<b>Verantwortlich:</b>	Walter Fürst, Jürgen Bauernschmitt
<b>Gestaltung + DTP:</b>	Jürgen Bauernschmitt
<b>Druckvorstufe:</b>	media mind GmbH & Co. KG
<b>Verantwortl. Redaktion:</b>	Ilse Schallwegg
<b>Druck:</b>	grafik+druck, München
<b>Erscheinungsweise:</b>	1 mal jährlich

© 2022/2023 by media mind GmbH & Co. KG, München  
Kein Teil dieses Heftes darf ohne schriftliche Genehmigung der Redaktion gespeichert, vervielfältigt oder nachgedruckt werden.

Ehrenurkunde	2. US
media mind GmbH & Co. KG	
Editorial	3
Impressum	
Anzeige	6
Bayern International	
Grußwort	7
Staatsminister Thorsten Glauber	
KUMAS –	8
Kompetenzzentrum Umwelt e.V.	
<b>KUMAS – Kompetenzzentrum Umwelt e.V. mit Kollektiv (Seiten 10-12)</b>	
<i>Kontakt: KUMAS – Kompetenzzentrum Umwelt e.V. Thomas Nieborowsky</i>	
	
Gedicht	13
Unser Baum	
Europäische	14
Förderungen	
<b>Europäische Förderungen für internationale Forschungs- und Innovationsprojekte</b>	
<i>Kontakt: Dr. Thomas Ammerl, Melanie Schulte Bayerische Forschungsallianz (BayFor) GmbH</i>	
	
Bayerisches Klimaforschungsnetzwerk	18
bayklif	
<b>Das Bayerische Klimaforschungsnetzwerk: Mehrwert durch gemeinsame Aktivitäten</b>	
<i>Autorinnen: Dr. Ulrike Kaltenhauser, Dr. Sabine Rösler Bayerisches Klimaforschungsnetzwerk (bayklif)</i>	
	
Nachhaltige	23
Wasserbewirtschaftung	
<b>Transfer von Know-how und Technologie aus Bayern</b>	
<i>Kontakt: Bayerisches Landesamt für Umwelt Technologie- transfer Wasser – TTW</i>	
	
Zentrum für	24
Klimaresilienz	
<b>Wie kann sich unsere Gesellschaft gegen die negativen Folgen des Klimawandels rüsten</b>	
<i>Autoren: Prof. Dr. H. Kunstmann, Dr. C. Heuson Zentrum für Klimaresilienz, Universität Augsburg</i>	
	
aquaKlif	26
<b>AquaKlif: Neue Aspekte und Techniken für das Umweltmonitoring</b>	
<i>Kontakt: Prof. Dr. J. Geist, Dr. B. Gilfedder, Dr. Sven Frei, Prof. J. Barth</i>	
	
Anzeige	4. US
media mind GmbH & Co. KG	
NETZSCH Pumpen & Systeme GmbH	29
<b>Effiziente Pumpentechnologie in der Abwasserförderung</b>	
<i>NETZSCH Pumpen &amp; Systeme GmbH Kontakt: Michael Groth</i>	
	

**Klimawandel vor der Haustür**

*Autoren: Prof. Annette Menzel, Alissa Lüpke, Simon Kloos  
Professur für Ökologiklimatologie,  
Technische Universität München*


**Bayerisches Klimaforschungsnetzwerk**  
 bayklif
**Klima und Landnutzung im Wandel: Folgen und Biodiversität und Ökosystemleistungen in Bayern**

*Autoren: Dr. Sarah Redlich, Prof. Ingolf Steffan-Dewenter  
Universität Würzburg*

**SONDERTEIL: WASSERSTOFF GEGEN DEN KLIMAWANDEL****Energiewende****Wasserstoff – Chance und Schlüssel zur Energiewende**

*Autoren: Prof. Dr. Richard Weibrich, Dr. Michael Heine  
Universität Augsburg*

**Grüner Wasserstoff****Grüner Wasserstoff – Energieträger der Zukunft aus nachhaltigen Energiequellen**

*Autor: Daniel Kellermann, Geschäftsführer  
greenValue GmbH*

**Metropolregion Nürnberg****Europäische Metropolregion Nürnberg – fruchtbarer Boden für eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft**

*Autoren: Dr.-Ing. Robert Schmidt, Dr. rer. nat. Ronald Kümeth,  
Industrie- und Handelskammer Nürnberg*

**Bauhaus Luftfahrt****Erreichen der Emissionsziele durch grünen Wasserstoff**

*Autor\*innen: Valentin Battgeiger und Kollegen\*innen  
Baubaus Luftfahrt e.V.*

**Augsburg Innovationspark****Der Augsburg Innovationspark mit dem Technologiezentrum Augsburg**

*Autor: Wolfgang Hehl, Geschäftsführer  
Augsburg Innovationspark GmbH*

**Einsatz von Wasserstoff****Mobilität der Zukunft mit Wasserstofftechnologie**

*Autor: Prof. Dr. Siegfried Balleis*

**Institut für Materials Resource Management****Mit KI zum sicheren H2-Druckbehälter**

*Autor: Prof. Dr. Markus Sause  
Universität Augsburg*



# WELTWEIT *dahin*

## UMWELT, ENERGIE & KREISLAUFWIRTSCHAFT

Bayern International unterstützt als Unternehmen des Freistaates Bayern den bayerischen Mittelstand mit einer Vielzahl von Angeboten bei seinen ersten Schritten in internationale Märkte. Profitieren Sie von einem Rundum-Sorglos-Service für Ihren Exporterfolg weltweit zur Branche »Umwelt und Energie«.



Messebeteiligungen weltweit



Delegations- und Unternehmerreisen



Delegationsbesuche »Bayern – Fit for Partnership«



Firmendatenbank [www.keytobavaria.de](http://www.keytobavaria.de)



Digitale Angebote



## **Erneuerbare Energien kraftvoll ausbauen – Ressourcenschutz hat höchste Bedeutung**



Wir stehen aktuell vor immensen Herausforderungen. Der Krieg in der Ukraine hat alles verändert. Daneben bleibt der Klimawandel eines der wichtigsten Zukunftsthemen. Daher müssen wir unseren Kompass in vielen Bereichen neu ausrichten. Ein zentraler Bereich ist die Energiepolitik. Im Fokus steht der Umgang mit fossilen und endlichen Ressourcen. Deutschland muss auf diese Veränderungen mit einer neuen Energieversorgung reagieren. Wir brauchen die Transformation der Gesellschaft hin zu kohlenstoffarmen, klimafreundlichen Energien. Jetzt muss mit ganzer Kraft der Ausbau der erneuerbaren Energien vorangebracht werden. Je mehr Energie wir vor Ort selbst erzeugen, desto weniger Rohstoffe müssen nach Deutschland importiert werden. Damit leisten wir gleichzeitig einen entscheidenden Beitrag für einen starken Wirtschaftsstandort und für die Arbeitsplätze von morgen.

Auch Energie aus Wasserstoff ist einer der zentralen Ansätze, die wir für eine klimafreundliche und nachhaltige Energieversorgung von morgen verfolgen. Gemeinsam mit dem Bayerischen Umweltministerium, dem Wirtschaftsministerium und dem Zentrum Wasserstoff.Bayern präsentieren innovative Firmen auf der IFAT, der Weltleitmesse für Wasser-, Abwasser-, Abfall- und Rohstoffwirtschaft, bayerische Lösungen für die Wasserstoffwirtschaft. Im Rahmen einer Veranstaltung informieren wir über Klima- und Nachhaltigkeitsgesichtspunkte beim Import von Wasserstoff. Unternehmen und Verbände stellen neue

Verfahren für die Wasserstoffgewinnung der Zukunft vor, live auf einer Sonderfläche und auf dem gesamten IFAT-Messegelände. Gezeigt wird ganz konkret, welche Möglichkeiten im Wasserstoff stecken: zum Beispiel im Bereich der kommunalen Kreislaufwirtschaft, in einem brennstoffzellgetriebenen Müllfahrzeug oder für die dezentrale Energieversorgung.

Ein weiterer entscheidender Themenkomplex, den die IFAT auch in diesem Jahr wieder aufgreift, ist Ressourcenschutz und Recycling. Hochwertige, qualitätsgesicherte Recycling-Baustoffe sind die Baustoffe der Zukunft. Sie sparen teure und knappe Primärrohstoffe, schonen wertvolle Flächen und haben eine bessere Energiebilanz. Wer nachhaltig baut, schützt das Klima und hilft mit, unsere natürlichen Lebensgrundlagen zu bewahren. Dabei kommt es auch auf ökologische Baustoffe an, vor allem auf solche aus natürlichen und recycelten Materialien. Bei unserem Thementag auf der IFAT 2022 erfahren die Besucher mehr über die Vorzüge von Recycling-Baustoffen und lernen gute Beispiele aus Bayern und unseren Partnerregionen der ARGE ALP kennen.

Digitalisierung und Nachhaltigkeit zählen zu den weitreichendsten gesellschaftlichen Veränderungsprozessen. Ihr Zusammenspiel und die sich daraus ergebenden Chancen sind vielfältig. In der Wasserwirtschaft gibt es zahlreiche Möglichkeiten für den Einsatz von Lösungen, die auf Künstlicher Intelligenz basieren, insbesondere

hinsichtlich Sicherheit und Effizienz in der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung. Daher lädt das Bayerische Umweltministerium auf der IFAT 2022 ein, sich zum Thema "Künstliche Intelligenz in der Wasserwirtschaft" zu informieren. Dabei präsentiert sich in Zusammenarbeit mit dem israelischen Generalkonsulat in München auch ein Start-Up-Unternehmen aus Israel. Der Schutz der zunehmend kostbaren Ressource Wasser, unserem Lebensmittel Nummer eins, ist von größter Bedeutung.

Der Klimawandel stellt uns vor neue Aufgaben beim Umgang mit Niederschlagswasser und sinkenden Grundwasserständen. Starkregenereignisse müssen bewältigt werden, zum anderen haben wir längere Trockenperioden mit hohen Temperaturen. Das erfordert ein Umdenken. Als Generalsekretär des ENCORE Netzwerks freue ich mich, Repräsentanten aus verschiedenen europäischen Regionen zu begrüßen, die in mehreren Veranstaltungen über ihre Erfahrungen berichten und aufzeigen, wie den Auswirkungen des Klimawandels entgegengewirkt werden kann.

Wir wollen im Rahmen der IFAT Impulse für die Lösung von Umwelt- und Klimafragen geben. Dabei setzen wir auf Zusammenarbeit – in Bayern, Deutschland und international.

Thorsten Glauber, MdL  
Bayerischer Staatsminister für Umwelt  
und Verbraucherschutz

# KUMAS – Kompetenzzentrum Umwelt e. V.



## Umweltkompetenz auf höchstem Niveau

### Das bayerische UMWELTNETZWERK

KUMAS – Kompetenzzentrum Umwelt e. V. ist das bayerische Netzwerk der Umweltkompetenz mit Sitz in der Schwabenmetropole Augsburg und feierte im Jahr 2018 sein 20jähriges Bestehen. Ziel des im Jahre 1998 gegründeten Netzwerks ist die Förderung innovativer Umwelttechnologien, die Steigerung der Ressourceneffizienz und die Vernetzung der bayerischen Kompetenzen. Die Mitglieder aus Wirtschaft, Kommunen, Kammern, Wissenschafts- und Bildungseinrichtungen arbeiten zu diesem Zweck vertrauensvoll und eng zusammen.

Wichtige Elemente der Arbeit von KUMAS sind der Wissenstransfer, der Erfahrungsaustausch, Informations- und Kontaktvermittlung sowie die lebendige Kooperation. Neben der Einhaltung und Weiterentwicklung gängiger Umweltstandards stellen die effiziente Nutzung von Energie und Rohstoffen sowie der Klimaschutz eine wichtige Zukunftsaufgabe dar. Umweltkompetenz ist die wichtigste Voraussetzung, um Produktionsstandorte zu sichern und die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern.

KUMAS leistet für Kommunen wertvolle Arbeit, wenn es darum geht, das Umweltbewusstsein zu stärken und die natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten. ■



Für den großen Erfolg der KUMAS-Fachkongresse im online-Format ist ein großes Team im Einsatz ■

### Erfolgreiche Arbeit für Bayern

Durch die Förderung von Umwelttechnologien entwickelte sich Bayerisch-Schwaben zu einer starken Wirtschaftsregion.

KUMAS legte das Fundament zu einem kontinuierlichen Ausbau



Die Auszeichnung „KUMAS-Leitprojekt“ spiegelt das breite Spektrum der Umweltkompetenz wider ■

der Umweltkompetenz und zur Stärkung der gesamten Region. Die Zusammenführung und Förderung des Know-hows umweltrelevanter Einrichtungen, Unternehmen und Kommunen stellt für KUMAS eine bedeutende Herausforderung dar. Das dahinter stehende breite Interessenspektrum bietet allen Mitwirkenden große Chancen und eindeutige Vorteile.

KUMAS ist es auch gelungen, die Rahmenbedingungen in Bayern für alle Umweltunternehmen und -einrichtungen zu verbessern. Von Augsburg aus vernetzt KUMAS mit seinen Veranstaltungen und Angeboten die bayerische Umweltwirtschaft und alle Know-how-Träger in diesem





Netzwerktreffen „Umweltkompetenz vor Ort“ im Bayerischen Landesamt für Umwelt. ■

wichtigen Technologie- und Wirtschaftszweig. Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU), das in Augsburg seinen Hauptsitz hat, die Universität Augsburg mit dem WZU – Wissenschaftszentrum Umwelt leisten hierzu genauso einen wichtigen Beitrag wie das bifa Umweltinstitut oder das eza! – Energie- und Umweltzentrum Allgäu und viele weitere Partner von KUMAS wie C.A.R.M.E.N. e. V. ■

### Umweltbildung und Existenzgründung

Zusammen mit Universitäten, Hochschulen für angewandte Wissenschaften, Berufsschulen, Technikerschulen, den Akademien der Kammern und vielen weiteren, an Umweltbildung interessierten Akteuren, treibt KUMAS die wohl wichtigste Investition in die Zukunft voran: Die Steigerung der Umweltkompetenz und grundlegendes Basiswissen für eine nachhaltige Entwicklung. Neue Studiengänge konnten mit der Unterstützung von KUMAS etabliert und berufsbegleitende Fortbildungsprogramme auf die Anforderungen der Unternehmen angepasst werden.

Das UTG – Umwelt-Technologisches Gründerzentrum Augsburg GmbH – unterstützte schon mehr als 160 Existenzgründer. Diese

Erfolgsquote wurde im Wesentlichen auch mit Unterstützung durch das KUMAS – UMWELTNETZWERK reicht. ■

### KUMAS-Fachkongresse und Messebeteiligungen

KUMAS hat mit den Bayerischen Abfall- und Deponietagen, den Bayerischen Immissionsschutzta-



Thomas Nieborowsky und Dr. Viola Rückert – erste Anlaufstellen für Unternehmen und Existenzgründer im Fachgebiet Umwelt ■

gen und den Bayerischen Wassertagen weit über Bayern hinaus bekannte, erfolgreiche Fachkongresse etabliert. Auf internationalen Umweltmessen wie der IFAT in München ist KUMAS schon seit Jahren mit einem Gemeinschaftsstand für Mitglieder vertreten.

KUMAS integriert eine Vielzahl weiterer Kooperationspartner im Know-how-Transfer und der Kontaktabahnung, so z. B. im spezi-

ellen Netzwerkformat „Umweltkompetenz vor Ort“. ■

### Breites KUMAS-Service-Angebot

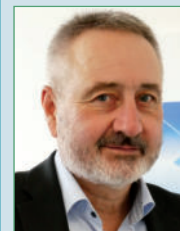
Das breite KUMAS-Serviceangebot mit Informationen, Beratungen, Erfahrungsaustausch und Kooperationsanbahnungen sorgt in Arbeitsgruppen und Netzwerktreffen für die weitere Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Umweltwirtschaft in der Region und ganz Bayern. ■

### KUMAS-Leitprojekte demonstrieren Umweltkompetenz

Innovation braucht Motivation! Deshalb unterstützt KUMAS die Vergabe von Umweltpreisen und vergibt seit 1998 selbst jährlich die Auszeichnung „Offizielles Leitprojekt des KUMAS - UMWELTNETZWERKS“. Damit werden Verfahren, Produkte, Dienstleistungen, Konzepte, Entwicklungen oder Forschungsprojekte gewürdigt, die in besonderem Maße geeignet sind, Umweltkompetenz „Made in Bavaria“ zu demonstrieren. Zudem ist KUMAS vorschlagsberechtigte Institution für den Deutschen Umweltpreis der Deutschen Bundesstiftung Umwelt. ■



Kontakt:



Thomas Nieborowsky

KUMAS -  
Kompetenzzentrum Umwelt e. V.

Am Mittleren Moos 48  
86167 Augsburg  
Tel: 0821-450781-0  
E-Mail: info@kumas.de  
www.kumas.de



## Umwelt und Planung

### Partner für Investitionen

- Industrie
- Infrastruktur
- Immobilien

### Rechtsgebiete

- Immissionsschutz
- Bau- und Fachplanung
- Kreislaufwirtschaft
- Bodenschutz/Altlasten
- Wasser und Abwasser
- Natur- und Artenschutz

### Leistungen

- Antragsunterlagen
- Genehmigungsverfahren
- Rechtsschutz

### Lösungen aus einer Hand

Galileiplatz 1  
 81679 München  
 Telefon: 089 / 2060 4141 10  
 muenchen@avr-rechtsanwaelte.de  
 www.avr-rechtsanwaelte.de



Bay. Logistik Umwelt & Entsorgungssysteme GmbH

### Die BLUES GmbH als kommunaler und gewerblicher, abfallwirt- schaftlicher Dienstleister – Ihre Spezialisten für mineralische Abfälle

Mit Hauptsitz in München, leitet und koordiniert die BLUES Bay. Logistik Umwelt & Entsorgungssysteme GmbH, branchenübergreifend abfallwirtschaftliches Entsorgungs Know-How, Analytik und Stoffstrommanagement, Projektentwicklung und exklusive Handelskontingentsteuerung, selbstverständlich als zertifizierter Entsorgungsfachbetrieb.

*Unsere Schwerpunkte hierbei sind:*

- Altlastensanierung und Entsorgungsmanagement für Ihre Liegenschaften und Flächen
- Baurestmassenentsorgung
- Projektkonzeption für Entsorgungs- und Stoffstromhandling
- Industrieentsorgung mineralischer Stoffströme
- Ausführung von Sanierungsmaßnahmen
- Verwertung in technischen Bauwerken, Gruben und Brüchen, bis hin zur bergrechtlichen Verwertung
- Abfallrechtliche Dokumentation und Nachweisführung
- Aufbereitung mineralischer Abfälle

Die Erfahrungen hieraus sind die Resultate der mehr als 15 jährigen Firmengeschichte. ■

**BLUES Bay. Logistik Umwelt & Entsorgungssysteme GmbH**

E-Mail: [info@bluesanlagen.de](mailto:info@bluesanlagen.de)  
 Internet: [www.bluesanlagen.de](http://www.bluesanlagen.de)  
 Telefon: +49 (0) 89 1433232-0  
 Fax: +49 (0) 89 1433232-21



### ERES - Energy & Real Estate Solutions GmbH

ERES ist ein innovativer und unabhängiger Dienstleister in der Energiewirtschaft und im Energiemanagement.

Auf Grundlage langjähriger Erfahrungen bietet ERES ein professionelles Leistungsportfolio in diesem Bereich.



Gemeinsam mit Ihnen erarbeitet ERES für Sie maßgeschneiderte Konzepte und begleitet Sie bei deren Umsetzung.

ERES betrachtet nicht nur einzelne Teilaspekte der Energiewirtschaft und des Energiemanagements, sondern bezieht Aufwand und Folgen über den gesamten Lebenszyklus in die Überlegungen ein.

**ERES - Energy & Real  
 Estate Solutions GmbH**  
 Bahnhofstraße 108a  
 D-82166 Gräfelfing  
 Tel.: +49 89 89 800 510  
 Fax: +49 89 89 800 519  
 eMail: [info@eres-munich.de](mailto:info@eres-munich.de)  
 Web: [www.eres-munich.de](http://www.eres-munich.de)



**Alles aus einer Hand –  
Ihr kompetenter Partner  
mit vielen positiven  
Facetten**

Als leistungsstarke Unternehmensgruppe mit Sitz in Oberstdorf liefern, bauen, sanieren und entsorgen wir für Kunden aus den Bereichen Infrastruktur, Immobilien und Umwelt. Seit ihrer Firmengründung im Jahr 1923 hat sich die Geiger Unternehmensgruppe zu einem vielseitigen Firmenverbund mit mehr als einem Dutzend Geschäftsfeldern entwickelt. Der Vorteil dabei: Unter dem Dach eines kompetenten Namens, arbeiten einzelne Geschäftsfelder effektiv zusammen und schaffen Synergien, von denen Kunden auf vielfältige Weise profitieren. Gerade im Bereich Umwelt, wo sich unterschiedliche Spezialisten oftmals um verschiedene, komplexe Aufgabenbereiche kümmern müssen, leistet Geiger einen wesentlichen Mehrwert. Denn alle Bereiche, die für eine ganzheitliche Umweltsanierung entscheidend sind – angefangen vom Rückbau, über die Bodensanierung, bis hin zum Recycling und der Entsorgung inklusive der dazugehörigen Logistik, bietet Geiger aus einer Hand.

**Sprechen Sie uns an –  
wir beraten Sie gerne!  
[www.geigergruppe.de](http://www.geigergruppe.de)**

Geiger Unternehmensgruppe  
Wilhelm-Geiger-Straße 1  
87561 Oberstdorf  
Telefon: +49 8322 18-0  
E-Mail: [info@geigergruppe.de](mailto:info@geigergruppe.de)



**Hochschule  
Augsburg** University of  
Applied Sciences

Institut für Technologie-  
und Wissenstransfer

Die Hochschule Augsburg steht für angewandte Forschung und Entwicklung auf höchstem Niveau. Als Impulsgeber für die Region bietet sie ihren Partnern Expertenwissen und passgenaue Lösungen für komplexe innerbetriebliche Fragestellungen.



Die Forschungsaktivitäten an der Hochschule Augsburg konzentrieren sich u.a. auf die Schwerpunkte Ressourceneffizienz und Digitalisierung in Produktion und Dienstleistung.

Das Institut für Technologie- und Wissenstransfer koordiniert als zentrale Kontaktstelle der Hochschule Augsburg die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft – fakultätsübergreifend und interdisziplinär.

Hochschule Augsburg  
Institut für Technologie- und  
Wissenstransfer (ITW)  
An der Hochschule 1  
86161 Augsburg  
Tel.: +49 821 5586-3294  
E-Mail: [itw@hs-augsburg.de](mailto:itw@hs-augsburg.de)  
[www.hs-augsburg.de/itw](http://www.hs-augsburg.de/itw)



Der Landkreis Dillingen a.d. Donau setzt sich seit Jahren für eine konsequente Umsetzung der Energiewende ein. Er gilt bayernweit als Pionier und nimmt in vielen Sektoren eine Vorreiterrolle ein. Die Motivation dazu war und ist in der Zielsetzung begründet, einen nachhaltigen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz zu leisten, die natürlichen Lebensgrundlagen zu sichern und Wertschöpfung in der Region für die Region zu schaffen. Auf der Grundlage einer zukunftsorientierten und an den Herausforderungen des Klimawandels orientierten Kooperation der regionalen Akteure soll im Landkreis Dillingen eine sichere, umweltfreundliche und für die Bürgerinnen und Bürger bezahlbare Energieversorgung gewährleistet werden. So konnten mit der Teilnahme des Landkreises Dillingen a.d. Donau am European Energy Award in den vergangenen Jahren zahlreiche Projekte angestoßen und Impulse zur regionalen Energiewende gegeben werden. Insbesondere die Sonnenkampagne des Landkreises zum Thema „Photovoltaik und Stromspeicher“, die im vergangenen Jahr im engen Schulterschluss zwischen Landkreis, den Gemeinden und den regionalen Energieversorgern durchgeführt wurde, war ein voller Erfolg. Mit über 600 Besuchern der insgesamt fünf angebotenen Vortragsveranstaltungen erreichte die Sonnenkampagne dabei eine Aufmerksamkeit weit über die Landkreisgrenzen hinaus.

Landkreis Dillingen a.d. Donau  
Große Allee 24  
89407 Dillingen a.d. Donau  
Tel.: 09071/51-248  
Fax: 09071/5133-248  
[christian.weber@landratsamt.dillingen.de](mailto:christian.weber@landratsamt.dillingen.de)  
[www.landkreis-dillingen.de](http://www.landkreis-dillingen.de)



## Wir begeistern mit Energie und Service

Die MVV Industriepark Gersthofen GmbH ist Betreiber-gesellschaft des Industrieparks Gersthofen mit seinen derzeit zehn Unternehmen und insgesamt rund 1.200 Beschäftigten. Zu den Kernkompetenzen der MVV zählen die Energie- und Medienversorgung, Leistungen rund um die Infrastruktur des Standortes sowie Services in den Bereichen Sicherheit und Umweltschutz.



Ökonomie und Ökologie ergänzen sich in Gersthofen auf optimale Weise: Durch den Einsatz von Ersatzbrennstoffen als Energieträger in einem hoch effizienten Kraftwerk leistet die MVV durch die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen einen signifikanten Beitrag zum Umweltschutz und damit auch zur nachhaltigen Abfallwirtschaft in Bayern.

Die MVV Industriepark Gersthofen GmbH ist ein Tochterunternehmen der börsennotierten MVV-Gruppe mit Hauptsitz in Mannheim.

**Kontakt:**  
 MVV Industriepark Gersthofen GmbH  
 Ludwig-Hermann-Str. 100  
 86368 Gersthofen  
 Tel. +49 821 479 2599  
 info@mvv-igs.de  
 www.mvv-igs.de



## Technikerschule Augsburg. Der beste Weg zu mehr.

An der Technikerschule Augsburg stehen moderne Technologien und deren verfahrenstechnische Prozesse sowie wirtschaftliche, ökologische und umweltrechtliche Aspekte im Fokus der Qualifizierung von Facharbeiter:innen zu **Staatlich geprüften Umweltschutztechniker:innen**.

Für Unternehmen und interessierte Kunden bieten wir als Grund- und Fortbildung folgende **behördlich anerkannten Fach- und Sachkundelehrgänge** an:

- **Abfallbeauftragte**  
nach §9 AbfBeauftrV
- **Leitungs- und Aufsichtspersonal von Entsorgungsfachbetrieben**  
nach §9 EfbV
- **Gewässerschutzbeauftragte**  
nach §§ 64,65 WHG
- **Probenahme**  
nach LAGA PN 98

Hier geht's zu weiteren Infos.



Technikerschule Augsburg –  
 Fachschule für Elektro-,  
 Maschinenbau-, Mechatronik-  
 und Umweltschutztechnik  
 Alter Postweg 101  
 86159 Augsburg  
 Tel. 0821/25768-30  
 info@technikerschule-augsburg.de  
 technikerschule-augsburg.de



Der Zweckverband für Abfallwirtschaft in Kempten (ZAK) kümmert sich um die abfallwirtschaftlichen Aufgaben in den Landkreisen Lindau und Oberallgäu sowie der Stadt Kempten.



„Grüner Wertstoffhof“ Sonthofen

Seit mittlerweile 50 Jahren steht der ZAK mit seinen bürgerfreundlichen und innovativen Konzepten für Verbundenheit mit der Region. Als oberstes Ziel steht dabei mit Rohstoffen und Energie sorgsam umzugehen und Kreisläufe zu schließen. Die 5-stufige Abfallhierarchie wird hinsichtlich Abfallvermeidung und Vorbereitung zur Wiederverwendung (Re-Use) gelebt. Bestmögliche Abfalltrennung im Sinne der stofflichen Verwertung zählen ebenfalls zu Kernaufgaben wie die energetische Verwertung und letztlich eine fachgerechte Entsorgung. Dazu betreibt der ZAK verschiedenste Anlagen vom Wertstoffhof bis Gebrauchtwarenkaufhaus, Müllverbrennungsanlage und Bauschuttdeponie. Darüber hinaus entpuppt sich der ZAK als wichtiger Energielieferant für die Region: Strom und Wärme aus den Müll- und Holzheizkraftwerken, aus der Vergärungsanlage und den zahlreichen PV-Anlagen.

Zweckverband für  
 Abfallwirtschaft Kempten  
 Dieselstraße 9  
 87437 Kempten  
 Tel.: 0831/25282-0  
 www.zak-kempten.de



# Unser Baum

„Baum“, scheinbar nur ein kleines Wort,  
doch bist du des Menschen höchster Hort.  
Bist du der Baum, der Wurzeln schlägt,  
voll Lieb‘ und Freud‘ die Früchte trägt?

Stellt das Schicksal dir so manches Bein,  
wirst du Eiche oder „nur“ der Christbaum sein?  
Bist du einsam ohne würdige Bleibe,  
rücken Feuer und Getier dir zu Leibe?

Mancher Sturm zog über dich her,  
deine Zukunft sie ist wirklich schwer.  
Der Mensch gibt seinen Teil dazu bei,  
verletzend und verderblich ist sein CO<sub>2</sub>.

Die grüne Lunge wirst du genannt,  
unser Beschützer mit Herz und Verstand.  
Du feierst Geburtstag und herrliche Dinge,  
stolz zeigst du deine Jahresringe.

Du trägst deine Krone dem Kaiser gleich,  
du machst uns glücklich und unendlich reich.  
Wie wäre die Erde doch öde und leer,  
gäbe es den Baum nicht mehr.

So zeige Verständnis und den Mut,  
beschützen wir unser aller größtes Gut!



# Europäische Förderungen für internationale Forschungs- und Innovationsprojekte zu Umwelt, Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie

Die Europäische Union fördert mit dem weltweit größten Forschungs- und Innovationsprogramm ‚**Horizon Europe**‘ die Kooperation zwischen Wissenschaft, der Wirtschaft und gesellschaftlichen Akteuren, die für die Lösung aktueller globaler Herausforderungen entscheidend sind. Mit 95,5 Mrd. Euro Gesamtbudget für einen Zeitraum von sieben Jahren (2021-2027) bietet Horizon Europe beeindruckende Fördermöglichkeiten für anwendungsorientierte Forschungs- und Innovationsprojekte. Zahlreiche Optionen und umfangreiche Forschungsbudgets für die Bereiche Umwelt, Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie leisten dabei einen Beitrag zur Bewältigung gesellschaftlicher und häufig globaler Herausforderungen. Deshalb öffnet sich Horizon Europe auch noch mehr für die Beteiligung außereuropäischer, internationaler Partner, um den Europäischen Forschungsraum mit globalen Perspektiven zu erweitern. Durch internationale Kooperation bspw. mit Afrika sollen passgenaue Lösungen für den globalen Norden wie auch den globalen Süden geliefert werden. Mittels der Anwendung neuer technischer Lösungen, der Bereitstellung europäischer Produkte auf weltweiten Märkten und der Schaffung wie Absicherung von Arbeitsplätzen wird über europäische Forschungs- und Innovationsprojekte auch ein Beitrag zum langfristigen

Wirtschaftswachstum und einer nachhaltigen Entwicklung möglich. Daneben leisten diese Projekte einen wichtigen Beitrag für die Umsetzung des Pariser Klimaabkommens, die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen und nicht zuletzt den Europäischen Green Deal.

Horizon Europe ist in drei strukturelle Bereiche („Säulen“) aufgeteilt, der Bereich der gesellschaftlichen Herausforderungen (Säule 2) wiederum in sechs verschiedene thematische Bereiche („Cluster“) untergliedert. Die beiden Cluster 5 und 6 beinhalten dabei Ausschreibungen zu Problemstellungen in Bezug auf Klima, Energie und Mobilität bzw. Lebensmittel, Bioökonomie, natürliche Ressourcen, Landwirtschaft und Umwelt, für welche die europäische Forschung zusammen mit internationalen Partnern Lösungen liefern soll.

Essenziell für die Bearbeitung von EU-Forschungs- und Innovationsprojekten sind Industrie-Akademie-Kooperationen bzw. die Integration des öffentlichen Sektors, da z.B. Industrieanlagen oder Kommunen ideale Demonstrationsumgebungen darstellen. Parallel zu den Ausschreibungen der Cluster gibt es auch Fördermöglichkeiten im Rahmen europäischer Partnerschaften, über welche private und öffentliche Mittel mobilisiert werden, z.B. die Partnerschaft für Wasserstoff, eine Bio-

basierte Kreislaufwirtschaft, Schutz der biologischen Vielfalt, nachhaltige Gebäude sowie die Partnerschaft für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Teil der Cluster 5 und 6 sind ebenfalls sogenannte Missionen zu zentralen Herausforderungen Europas, welche wirkungsorientierte und ambitionierte Ziele innerhalb eines definierten Zeitraums stecken (z.B. Gewässer- und Bodenforschung). Im Rahmen der Mission „Anpassung an den Klimawandel“ wird es bspw. 100 klimaneutrale Städte – mit und für die Gesellschaft – bis 2030 geben, bei denen im April 2022 auch die Landeshauptstadt München neben acht weiteren deutschen Städten ausgewählt wurde.

Auch das europäische Erdbeobachtungsprogramm **COPERNICUS** bietet im Monitoring von Umwelt- und Klimaveränderungen zahlreiche Förderoptionen, während der **European Innovation Council**, **EUREKA** und das themenoffene **Eurostars-Programm** vor allem auch für kleine und Mittlere Unternehmen (KMU) im Umweltkontext interessant sind.

Mit dem **EU Innovation Fund** ist ein neues Programm für die Demonstration innovativer kohlenstoffarmer Technologien aufgelegt worden, um industrielle Lösungen zur Dekarbonisierung Europas auf den Markt zu bringen. Das Budget stammt aus dem Handel mit Emissionszertifikaten und ist bei der

europäischen Generaldirektion Umwelt angesiedelt. In der ersten Ausschreibungsrunde wurde 2021 das bayerische Unternehmen Fenecon GmbH mit seinem CarBatteryRe-Factory-Projekt gefördert. Die Errichtung der bisher größten europäischen Fabrik für das Recycling ausgedienter Autobatterien wird in Niederbayern einen bemerkenswerten Beitrag zur Emissionsreduzierung leisten.

Weiterentwickelt wurde ebenfalls das europäische **LIFE-Programm** mit einem Strang und Unterprogrammen für Umwelt (Natur- und Biodiversität; Kreislaufwirtschaft und Lebensqualität) bzw. für Klimaschutz (Anpassung an den Klimawandel; Übergang zu sauberer Energie, inkl. Energieeffizienzmaßnahmen). Als wesentliche Ziele des modifizierten LIFE-Programms gelten Beiträge zum Übergang zu einer nachhaltigeren, kreislauforientierten, energieeffizienten und zugleich resilienten Wirtschaft. Projektförderung gibt es deshalb für den Schutz, die Wiederherstellung und Verbesserung der Umwelt, die Reduzierung des Verlustes an Biodiversität ebenso wie für Projektansätze zur Verbesserung des ökosystemaren Zustandes.

Im Folgenden werden vier von der EU-geförderte Forschungs- und Innovationsprojekte aus den Bereichen Kreislaufwirtschaft, nachhaltige Land- und Forstwirtschaft sowie Bioökonomie vorgestellt.



Obwohl die Recyclingquoten von Kunststoffen ansteigen, bleibt effizientes und ökonomisches Recycling weiter eine Herausforderung. In **Circular Flooring** arbeiten elf europäische Partner (Deutschland, Frankreich, Österreich, Belgien, Griechenland) aus Forschungseinrichtungen, Universitäten, Industrie und Verbände an einem innovativen Recyclingverfahren für PVC-Böden.



PVC-Fußböden wurden in der Vergangenheit mit heute kritischen Weichmachern gemischt und können dadurch keinem konventionellen Recycling zugeführt werden, da die Stoffe nicht voneinander getrennt werden können. Eine mögliche Lösung zum Recycling dieser Böden wäre die Anwendung des lösemittelbasierten CreaSolv® Prozesses.

Das Projektkonsortium wird diesen für das Recycling von Alt-Fußböden weiterentwickeln. Durch dieses Verfahren werden in einer Pilotanlage das PVC und die kritischen Weichmacher getrennt, welche dann durch chemische Reaktion in sichere Alternativen transformiert und beide Komponenten in neuen Böden verwendet werden können. Das recycelte PVC soll sich kaum von Neuware unterscheiden, um den Ansprüchen von Bodenbelagsherstellern wie Verbrauchern zu entsprechen und mit der EU-Gesetzgebung konform zu sein. Langfristig wird Circular Flooring damit zu dem europäischen Maßnahmenpaket zu Kreislaufwirtschaft und einem nachhaltigen Wirtschaftswachstum beitragen.



Das EU-Projekt **CIRCULAR FoodPack** arbeitet daran, flexible Kunststoffverpackungen für Lebensmittel und Hygieneartikel gemäß einer Kreislaufwirtschaft zu recyceln.

Derzeit ist es noch nicht möglich, flexible Kunststoff-Mehrschichtverbunde, die aus sieben oder mehr Schichten verschiedener Materialien bestehen, mit herkömmlichen Recyclingverfahren voneinander zu lösen und wieder zu hochwertigen Materialien aufzubereiten. Daher werden jährlich ca. 2 Millionen Tonnen Verpackungen auf Deponien entsorgt oder energetisch verwertet.

Die 15 Projektpartner konzentrieren sich auf die Produktion von hochwertigem recyceltem Polyethylen, indem sie den Recyclingprozess anpassen. Dazu nutzen sie Sensor- und Tracer-basierte Sortiersysteme, eine vielversprechende Deinking-Technologie zur Entfernung von Farben sowie eine thermisch unterstützte Desodorierung zur Entfernung von Gerüchen. Für die Multi-material-Verpackungen bietet sich zur Aufreinigung außerdem der



Abb. 1: Verpackungsmüll in Ballen sortiert. © SUEZ Group ■

patentierter CreaSolv®-Prozess an, um die verschiedenen Komponenten voneinander zu trennen. Ziel der Verfahren ist der Erhalt eines hochwertigen Rezyklats, dessen hoher Reinheitsgrad eine Wiederverwendung in Verpackungen für sensible Inhalte ermöglicht.

Wenn es zudem noch gelingt, eine neuartige Mono-Materialverpackung aus Rezyklat zu entwickeln, die den Ansprüchen der EU Gesetzgebung an sichere Lebensmittelverpackungen gerecht wird, würde eine aufwendige Sortierung obsolet und das Recyceln einmal mehr erleichtert und so ein Beitrag zu Europa's Klimaneutralität bis 2050 geleistet werden.



Im Projekt **ONEforest** arbeiten Universitäten, forstliche Verbände und Versuchsanstalten zusammen, um Wälder kohärenter bewirtschaften zu können und ihre Prozesse zu verstehen.

Waldökosysteme bedecken 42 % der gesamten Landfläche der EU, allerdings sind diese von sich rasch verändernden klimatischen Bedingungen wie z.B. von langanhaltenden Dürren betroffen. Um diesen Umständen bei der Entwicklung forstlicher Bewirtschaftungskonzepte, Anpassungen in Forstbetrieben und nachgelagerten Prozessen

Rechnung zu tragen, werden Konzepte einer adaptierten Waldbewirtschaftung entwickelt. Um die Auswirkungen verschiedener Nutzungen auf die gesamte Holzertschöpfungskette aufzuzeigen, ist es notwendig, die Verzahnung der einzelnen Sektoren untereinander besser darzustellen und Akteure einzu-beziehen.

Dazu werden Untersuchungsgebiete in vier biogeografischen Regionen in Deutschland, Estland, der Schweiz und Spanien eingerichtet, in denen klimaresiliente waldbauliche Bewirtschaftungspraktiken untersucht werden. Entsprechende forstliche Verfahren und Handlungskonzepte werden unter ausgewählten Nachhaltigkeitskriterien entwickelt und neue Saat- und Bepflanzungsmethoden durch die Anwendung einer eigens entwickelten holzfaserbasierten Oberbodenabdeckung untersucht. Die Informationen werden in einem dynamischen Wald-Holz-Wertschöpfungskettenmodell konsolidiert, um die Auswirkungen auf die regionale Entwicklung zu bewerten.

Das neu entwickelte multikriterielle Entscheidungsunterstützungssystem vergleicht nachhaltige Waldbewirtschaftung, Synergien und Zielkonflikte von Waldökosystemen, zuverlässige Holzversorgung und Stakeholder-Interessen durch Indikatoren der sozialen, wirtschaftlichen und

ökologischen Dimensionen. Die einfach zu bedienende Softwareanwendung wird für Akteure der Wald-Holz-Wertschöpfungskette weltweit verfügbar sein. Alle ONEforest-Ergebnisse für regional angepasste Waldbewirtschaftungskonzepte sollen in neuen Modellwäldern angewandt werden.



Im **UPSCALE** Projekt geht es um die Verwirklichung des transformativen Potenzials der Push-Pull-Technologie in Äthiopien, Kenia, Uganda, Ruanda und Tansania, um größere Ernteerträge ohne Anwendung von Pestiziden zu ermöglichen.

Die Ernten in Ostafrika sind oft durch mangelnde Bodenfruchtbarkeit, Klimawandel sowie Schädlinge stark beeinträchtigt, sodass die lokalen Kleinbauern unter die Armutsgrenze fallen. Eine Lösung bietet hier die „Push-Pull“-Anbaumethode. Push-Pull wird in Ostafrika auf Einzelflächen bereits erfolgreich praktiziert, doch Ziel von **UPSCALE** ist, diese Anbaumethode auf größere Agrarlandschaften und andere Anbausysteme zu übertragen. Bei der Push-Pull-Technologie wird zwischen den Getreidereihen Desmodium gesät, dessen Geruch den Stängelbohrer vertreibt (push) und das Wachstum des Unkrauts der Striga-Gattung unterdrückt, sowie die Bodenfruchtbarkeit verbessert. Das Napiergras, das das Getreidefeld umsäumt, lockt die Stängelbohrer wiederum an (pull), sodass diese ihre Eier auf dessen Blättern ablegen. Wenn die schlüpfenden Larven dann den Stängel des Grases anfressen, produziert dieses eine schleimige Substanz, die den Schädling abtötet.

Vor allem Frauen profitieren von dieser umweltfreundlichen Anbaumethode, da sie vorwiegend für die Feldarbeit zuständig sind. Dadurch, dass Unkrautjäten und



Pestizidverwendung entfällt, sparen sie Zeit und schonen ihre Gesundheit. Mit dem Napiergras als Futter können sie ihren Kleinbetrieb durch die Tierhaltung erweitern und ihre Lebensmittelversorgung und Einkommen steigern. Auch die Kosten für chemische Pestizide und Düngemittel entfallen. Die verbesserte wirtschaftliche Situation ermöglicht den Frauen, ihre Kinder zur Schule zu schicken und anderen Tätigkeiten nachzugehen.

Für die Realisierung solch komplexer Projekte müssen zuerst Fördergelder eingeworben werden. Dabei müssen Antragsteller einige Herausforderungen meistern. Für einen kompetitiven Projektantrag gilt es, die eigenen Stärken einzubringen und entsprechend der Ausschreibung mit internationalen Partnern zu komplettieren. Des Weiteren müssen die administrativen und finanziellen Regularien bekannt sein und im Falle einer Förderzusage die Kapazität, zügig einen Zuwendungsvertrag mit dem Fördermittelgeber abzuschließen.

## Die BayFOR – Full-Service-Provider zu EU-Förderung und internationaler Kooperation mit Afrika

Die Bayerische Forschungsallianz (BayFOR) ist das zentrale EU-Förderzentrum in Bayern. Als einer von insgesamt vier Partnern der Bayerischen Forschungs- und Innovationsagentur (BayFIA) unterstützt sie gemeinsam mit der Bayerischen Forschungsförderung, der Bayerischen Patentallianz GmbH und der Bayern Innovativ GmbH, Hochschulen und Unternehmen bei der Einwerbung von Fördermitteln des Freistaats, des Bundes und der EU sowie in allen Fragen des Wissens- und Technologietransfers und der Patentverwertung. Die BayFOR berät Antragsteller umfassend zu europäischen Förderinstrumenten und unterstützt aktiv in allen Phasen des Projektzyklus (Antragstellung, Vertragsvorbereitung, Projektimplementierung). Dank der Standorte in

München, Nürnberg und Brüssel ist die BayFOR sowohl regional als auch europäisch bestens vernetzt.

Durch die Wissenschaftliche Koordinierungsstellen (WKS) mit ausgewählten Regionen der Welt werden enge internationale Netzwerke im Bereich Forschung und Innovation geknüpft und betreut. In der BayFOR sind die WKS-Bayern-Québec-Alberta/International, WKS-Bayern-Israel und WKS-Bayern-Afrika angesiedelt. Als Teil ihrer Afrikastrategie hat die Bayerische Staatsregierung im Juli 2020 die WKS Bayern-Afrika initiiert. Ziel ist es, einen Überblick über Netzwerke und Aktivitäten bayerischer Einrichtungen in Wissenschaft und Forschung auf dem afrikanischen Kontinent zu schaffen. Zentral ist hierbei auch die Initiierung von Kooperationsvorhaben in Wissenschaft, Forschung und Innovation, insbesondere im Kontext des Klima- und Umweltwandels, der auch für afrikanische Länder von großer Relevanz ist. Deshalb bietet die WKS Bayern-Afrika regelmäßig Veranstaltungsformate an, in denen bayerische und afrikanische Akteure sich vernetzen und die inhaltlichen Herausforderungen miteinander diskutieren. Neben den Bayerischen Fokus-Ländern und Regionen Äthiopien, Tunesien, Senegal sowie das südafrikanische Westkap und Gauteng prüft die WKS Bayern-Afrika auch regelmäßig eine weiterführende Zusammenarbeit mit anderen afrikanischen Ländern. Damit unterstützt sie auch den Kurs der EU sowie der Afrikanischen Union, eine engere Zusammenarbeit in Bildung, Forschung und Innovation anzustreben.

Voraussetzung für die Unterstützung durch die BayFOR ist die Teilnahme mindestens eines bayerischen Projektpartners in einem Antragskonsortium. Die BayFOR bietet potenziellen Antragstellern Beratung zur europäischen Förderlandschaft bzw. bestimmte Ausschreibungen, Hilfe bei der Projektpartnersuche im In- und Ausland

sowie die tatkräftige Unterstützung des Konsortiums während der Antragsabfassung und im Falle einer erfolgreichen Evaluierung bei den Vertragsvorbereitungen. Das gesamte Dienstleistungsangebot wird vom Freistaat Bayern gefördert, somit entsteht für die Konsortien durch die Beteiligung der BayFOR kein finanzieller Mehraufwand. Mit der BayFOR steht den Antragskonsortien in allen Belangen des europäischen Antrags- und Projektzyklus ein verlässlicher Partner zur Seite. Im Bereich Umwelt, Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie wird sich die BayFOR auch in Zukunft dafür einsetzen, dass neue europäische Forschungs- und Innovationsprojekte mit internationalen Partneereinrichtungen entstehen können und deren Ergebnisse einen Beitrag für eine nachhaltige Gesellschaft leisten.

### Autoren:



**Dr. Thomas Ammerl**  
Fachbereichsleiter  
Umwelt, Energie &  
Bioökonomie

Komm. Bereichsleiter  
Wissenschaftliche  
Koordinierungsstelle  
Bayern-Afrika

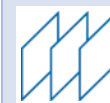
Tel.: +49 (0)89 9901 888 - 120  
E-Mail: [ammerl@bayfor.org](mailto:ammerl@bayfor.org)  
Twitter: @BayFOR\_UEB



**Melanie Schulte**  
Projektmanagerin

Wissenschaftliche  
Mitarbeiterin Wissen-  
schaftliche Koordinie-  
rungsstelle Bayern-  
Afrika

Tel.: +49 (0)89 9901 888 - 124  
E-Mail: [schulte@bayfor.org](mailto:schulte@bayfor.org)  
Twitter: @WKSBayernAfrika



**Bayerische  
Forschungsallianz**

**Bayerische Forschungsallianz  
(BayFOR) GmbH**

Prinzregentenstraße 52  
80538 München  
Tel.: +49 (0)89 9901 888 - 0  
[www.bayfor.org](http://www.bayfor.org)  
[www.forschung-innovation-bayern.de](http://www.forschung-innovation-bayern.de)

# Das Bayerische Klimaforschungsnetzwerk: Mehrwert durch gemeinsame Aktivitäten und interdisziplinäre Vernetzung

*In der Ausgabe 2019 wurde das Bayerische Klimaforschungsnetzwerk (bayklif) zum ersten Mal vorgestellt. Wie haben sich die einzelnen Projekte seither entwickelt? Welcher Mehrwert ist durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit entstanden? Gibt es erste Ergebnisse zu den Auswirkungen des Klimawandels in Bayern und zu Möglichkeiten, mit diesen Auswirkungen umzugehen?*

Bayerisches Klimaforschungsnetzwerk bayklif

## Struktur und Ziele des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks (bayklif)

Zentraler Punkt des „Klimaschutzprogramms Bayern 2050“ (KLIP 2050), das am 8. Juli 2014 vom Bayerischen Ministerrat beschlossen wurde, war die Einrichtung eines „Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks“ (bayklif) im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst. Das Bayerische Klimaforschungsnetzwerk (bayklif) soll dazu beitragen, die Klima- und Klimafolgenforschung in Bayern zu bündeln und dem Klimawandel durch die Erarbeitung von Handlungsoptionen für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft langfristig entgegen zu treten. Dabei baut bayklif auf den bereits an den bayerischen Hochschulen bestehenden Kompetenzen auf und führt durch die interdisziplinäre Vernetzung der beteiligten Klimaforscherinnen und -forscher zu einem Mehrgegninn für die bayerische Forschungslandschaft.

Forschungsschwerpunkte von bayklif sind: (1) die Auswirkungen des Klimawandels auf Biodiversität und Ökosystemfunktionen in Bayern, (2) die Wechselwirkungen mit anderen Umweltstressoren auf unterschiedli-



Abb. 1: Die Forschungsstandorte von bayklif ■

chen räumlichen und zeitlichen Skalen, (3) die Entwicklung und Anwendung von Verfahren, Strategien und Modellen zur Minderung des Klimawandels und zur regionalen Anpassung an seine Folgen, (4) die Bewertung und das Design von

regionalen und überregionalen Strategien und Instrumenten der Politik für Klimaschutz und Klimaanpassung und (5) die Kommunikation von Fakten und Lösungsansätzen zur Einbindung der Gesellschaft in die Klimaforschung.



Abb. 2: Gemeinsamer Retreat aller 41 bayklif-Forschungsgruppen im September 2021 in der Evangelischen Akademie Tutzing ■

In bayklif werden im Rahmen der fünfjährigen Laufzeit (2018–2023) fünf Verbundprojekte und fünf Juniorprojekte mit rund 18 Millionen Euro gefördert. Die interdisziplinär ausgerichteten Verbundprojekte (AquaKlif, BAYSICS, BayTreeNet, BLIZ, LandKlif) bestehen aus insgesamt 36 Teilprojekten an unterschiedlichen Standorten und Forschungseinrichtungen. Mit den Juniorforschungsgruppen (ADAPT, BayForDemo, Cleanvelope, HyB-BEx, MintBio) sollen herausragende Nachwuchswissenschaftler für Bayern gewonnen werden. In der Summe sind es damit 41 Forschungsgruppen, die in bayklif zusammenarbeiten. Die bayklif-Standorte sind in ganz Bayern verteilt und umfassen folgende 10 Forschungseinrichtungen (Abb. 1): Universität Bayreuth, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Universität Regensburg, Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt, Universität Augsburg, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Leibniz Rechenzentrum, Technische Universität München und Ludwig-Maximilians-Universität München. ■

### Mehrgewinn durch Vernetzung

Im Bayerischen Klimaforschungsnetzwerk geht es nicht nur um die Forschungsarbeit der einzelnen Projekte, sondern auch um deren Vernetzung, um über den interdisziplinären Austausch einen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Mehrwert zu generieren. Die Geschäftsstelle unterstützt die Forschungsgruppen hier in zentraler Funktion – sowohl in der Organisation und Koordination als auch in der Öffentlichkeitsarbeit.

Die Netzwerkarbeit geschieht in bayklif in zwei Formaten:

1. Vernetzung aller 41 bayklif-Forschungsgruppen (Verbundprojekte inkl. Teilprojekte, Juniorprojekte) untereinander sowie nach außen (Stakeholder, Öffentlichkeit)
2. Vernetzung einzelner bayklif-Forschungsgruppen in unterschiedlichen Konstellationen untereinander sowie nach außen (Stakeholder, Öffentlichkeit) ■

### Vernetzung aller 41 bayklif-Forschungsgruppen

Bei der Gründung des Forschungsnetzwerks bayklif im Jahr 2018 war das vorrangige Ziel der Geschäftsstelle, die ersten Kontakte zwischen

den fünf Verbundprojekten (mit ihren insgesamt 36 Teilprojekten) und den fünf Juniorprojekten zu fördern.

Die erste bayklif-Mitgliederversammlung fand im Mai 2018 statt. Bis April 2022 folgten vier weitere Treffen, darunter zwei zweitägige Retreats in Tutzing und – Pandemiebedingt – ein virtuelles Meeting. Die Geschäftsstelle organisierte diese Treffen, bei denen sowohl die wissenschaftlichen Fortschritte der Projekte präsentiert und diskutiert, organisatorische Entscheidungen abgestimmt als auch Workshops zu Querschnittsthemen und Gastbeiträgen angeboten wurden. Speziell zur Vernetzung der jungen Forschenden wurde an den Tutzing-Retreat im September 2021 (Abb. 2) ein PhD-Treffen angehängt, bei dem der Austausch von Ideen zu Kooperationen und gemeinsamen Publikationen im Mittelpunkt stand. Zusätzlich wurden von der Geschäftsstelle Vorträge und Workshops für die jungen Forschenden angeboten (z.B. zu Forschungsförderung und Stipendien, Schreibwerkstatt, Datenwerkstatt).

Aus dem zentralen Projekt zur digitalen Vernetzung aus dem bayrischen Forschungsnetzwerk „Neue Strategi-



Abb. 3: Bei den Münchener Wissenschaftstagen wurden die interessierten Besucher über die vielseitigen Projektaktivitäten in bayklif informiert ■

en gegen multiresistente Keime mittels digitaler Vernetzung“ (bayresq.net), das ebenfalls über die Geschäftsstelle betreut wird, konnten Erkenntnisse auf bayklif übertragen werden. So etablierte die Geschäftsstelle analog zu bayresq.net eine eigene Nextcloud für die bayklif-Mitglieder als Plattform für die Kommunikation sowie für den Datenaustausch.

Eine gute Gelegenheit, Verbindungen zu möglichen Stakeholdern herzustellen, war die große bayklif-Auftaktveranstaltung im Dezember 2018 im Museum Mensch und Natur in München-Nymphenburg, an der 140 Personen aus der Wissenschaft, von Behörden und NGOs sowie Medienvertreter teilnahmen. Beim Besuch einer Delegation der Chinesischen Akademie der Wissenschaften im Juli 2018 in der Geschäftsstelle wurde das Programm von bayklif international vorgestellt und fand großen Anklang als Instrument, regionale Forschung zu fördern. Ein Kooperationsworkshop mit verschiedenen

Vertretern Bayerischer Landesämter im September 2019 in Freising sollte dabei helfen, die Forschungsgruppen mit den Vertretern der Ministerien und ihren obersten Behörden in Verbindung zu bringen und den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Zugang zu Daten zu verschaffen, die über diese Behörden ermittelt und bereitgestellt werden.

In der Öffentlichkeit präsentierte sich das Netzwerk beim EAT-Festival im Mai 2019 im Museum Mensch und Natur und bei den Münchener Wissenschaftstagen im Oktober 2021. (Abb. 3). Eine Beteiligung an den Münchener Wissenschaftstagen 2020 war geplant, konnte jedoch aus Pandemie-Gründen nicht stattfinden.

Die Geschäftsstelle stellt Informationen auf der Webseite ([www.bayklif.de](http://www.bayklif.de): Vorstellung der Projekte, aktuelle Aktivitäten, Medienauftritte, Publikationen) und in Printmedien (Flyer, 43-seitige Informationsbroschüre) bereit. Darüber hinaus berichtete die Geschäftsstelle im „Klima-Report Bayern

2021“ (Kaltenhauser 2021) und in der Zeitschrift „Umwelttechnologie und Energie in Bayern“ (Kaltenhauser & Kellermann 2019) über das Bayerische Klimaforschungsnetzwerk. ■

### Vernetzung einzelner bayklif-Forschungsgruppen in unterschiedlichen Konstellationen

Die Zusammenarbeit einzelner bayklif-Forschungsgruppen geschieht in unterschiedlichen Konstellationen: innerhalb des jeweiligen Verbundprojekts, projektübergreifend zu gemeinsamen und/oder übergeordneten Themen (Querschnittsthemen) oder in Form von gemeinsamen Aktivitäten (z.B. Veranstaltungsreihe „KlimaDiskurse“ aller Juniorprojekte): Innerhalb der fünf Verbundprojekte forschen die Teilprojekte jeweils zu einem gemeinsamen Thema und tauschen sich hierzu aus. Die Projekte und ihre Aktivitäten werden der Öffentlichkeit auf der bayklif-Webseite sowie auf eigenen Projekt-Webseiten vorgestellt. In der Anfangsphase 2018 hat die Geschäftsstelle die Auftaktveranstaltungen einiger Verbundprojekte (BLIZ, Bay-TreeNet) organisatorisch begleitet, später noch eine virtuelle Tagung von BLIZ im Oktober 2020. Die BLIZ-Auftaktveranstaltung im Oktober 2018 fand in Kooperation mit den Juniorprojekten BayForDemo, HyBBEx und MintBio statt, wobei auch externe Stakeholder und Kooperationspartner eingeladen waren. ■

### Beispielhaft werden hier einige Aktivitäten der Verbundprojekte angeführt:

Das Verbundprojekt AquaKlif organisierte 2021 in seiner Veranstaltungsreihe „Wasserkontroversen“ zwei Online-Dialogforen. Im Mai 2021 diskutierten die Podiumsgäste mit dem Publikum zum Thema „Zu wenig, zu warm: Niedrigwasser in Bächen und Flüssen“. Im Oktober 2021 ging es um „Quellen zwischen Schutz und Nutzung“; hier wurden ergänzend zwei Exkursionen angeboten.



Abb. 4: Workshop zum Querschnittsthema „Biodiversität“ beim bayklif-Retreat im September 2021 ■

Ebenfalls im Oktober 2021 fanden zwei weitere öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen mit AquaKlif-Forschern statt: an der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und im Livestream die Podiumsdiskussion „Zukunft Wasser. Zwischen Dürre und Flut“ u.a. mit Prof. Jürgen Geist sowie das „Lange Wochenende der Wissenschaften“ an der FAU Erlangen mit einem Vortrag von Prof. Johannes Barth zur Rolle des Sauerstoffs in Fließgewässern. Anlässlich des Weltwassertags hielt Prof. Johannes Barth im März 2022 einen Vortrag über Bedeutung und Gefährdung des Grundwassers; die Grußworte zu diesem Vortrag sprach der bayerische Umweltminister Thorsen Glauber.

Im Verbundprojekt BAYSICS tragen Bürger:innen aktiv zur Klimaforschung „vor ihrer eigenen Haustür“ bei, indem sie ihre Klimawandel-Beobachtungen (Phänologie, Baumgrenzen, Pollenbelastung, Tiere in der Stadt) als Citizen Scientists im BAYSICS Portal online melden. Zusätzlich können sie im BAYSICS NatureExplorer selbst Analysen durchführen und die eigenen Beobachtungen in Kontext setzen. An Entwicklung und Öffentlichkeitsarbeit von Portal und Analysetools sind mehrere Forschungsgruppen beteiligt. Bereits im August 2019 ging der Waldzustandsmonitor online, eine Kooperation des Verbundprojekts BLIZ und des Junior-

projekts HyBBEx, der den Zustand der Wälder in Deutschland und Europa flächendeckend visualisiert (waldzustandsmonitor.de). Im November 2019 organisierte BLIZ mit Students for Future in Kooperation mit BAYSICS, HyBBEx und Mint-Bio die „Public Climate School“ als öffentliche Veranstaltung an der TU München-Weihenstephan. Im Okto-



Abb. 5: Veranstaltungsreihe „Klimadiskurse“ der bayklif-Juniorforschungsgruppen (Grafik: Julius Reich) ■

ber 2020 veranstaltete BLIZ den Workshop „How to predict future land use, biodiversity and ecosystem change under climate change at the regional level“ mit internationalen Gästen, aus dem eine gemeinsame Publikation hervorging. BLIZ kooperiert mit dem Verbundprojekt LandKlif, wobei BLIZ den „Bayerischen Atlas für Ökosystemleistungen“ des LandKlif-Projekts um den Output eines Modells erweitert. Die BLIZ-Forschungsgruppen stellten 2022 ihre Ergebnisse in 11 Beiträgen im Band 67 der Fränkischen Geogra-

phischen Gesellschaft (FGG) vor, der sich eigens dem Thema „Herausforderungen des Klimawandels in Bayern“ widmet. In einem weiteren Beitrag in diesem Band geht es um die „sprechenden Bäume“ von Bay-TreeNet. Das Verbundprojekt Bay-TreeNet verbindet Klimamodellierung, Dendroökologie und Bildungsforschung in einem neuartigen, interdisziplinären Ansatz und bezieht dabei Schulklassen mit ein.

Das Verbundprojekt LandKlif präsentierte sich im September 2021 in der Online-Veranstaltung „Artenvielfalt in Bayern“ mit Impulsvorträgen und anschließender Diskussion, wobei es sowohl um die Forschungsergebnisse als auch um innovative Managementstrategien zur Förderung der Artenvielfalt im Forst, in der Landwirtschaft und auf städtischen Grünflächen ging. Auf der LandKlif-Webseite können Teile der Veranstaltung in Audio-Clips nachgehört werden.

Im September 2022 werden LandKlif-Wissenschaftler:innen Forschungsergebnisse und Handlungsempfehlungen bei der Tagung „Von der Forschung in die Praxis“ an der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) vorstellen.

Die LandKlif-Forschungsgruppen arbeiten mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) und dem Bayerischen Landesamt für Landwirtschaft (LfL) an einer gemeinsamen Veröffentlichung zum Einfluss von Agrarumweltmaßnahmen auf Insekten, wobei sie Daten aus Malaisefallen (aus LandKlif) und Projekten zum Insektenmonitoring (LfU) und zur Evaluierung von Agrarumweltmaßnahmen (LfL) auswerten. In einer Kooperation mit dem iDiv Leipzig werden LandKlif-Daten zu mikrobiellen Bodengemeinschaften im Kontext von Klima und Landnutzung ausgewertet.

Im Vorfeld des zweiten bayklif-Retreats in Tutzing im September 2021 erarbeitete die Geschäftsstelle gemeinsam mit den Forschungsgruppen Querschnittsthemen, um die

bayklif-Community noch besser zu vernetzen. Beim Retreat wurden dann die Querschnittsthemen „Wald“ und „Biodiversität“ in Workshops diskutiert (Abb. 4) und konkrete Pläne für gemeinsame Publikationen und projektübergreifende Aktivitäten entwickelt.

Eine projektübergreifende Kooperation entstand in Form der gemeinsamen Vortrags- und Diskussionsreihe der fünf Juniorprojekte „KlimaDiskurse – bayklifs Juniorforschungsgruppen haken nach...“. Im Zeitraum November 2021 bis März 2022 fanden sechs Online-Veranstaltungen statt, bei denen hochkarätige Stimmen aus allen Bereichen des öffentlichen Lebens zu Wort kamen und als Impulsgeber eine anschließende, offene Diskussion führten. Organisiert und moderiert wurden die KlimaDiskurse von den Projektleiter:innen der Juniorprojekte, bei Durchführung, Gestaltung und Bewerbung unterstützt von der bayklif-Geschäftsstelle (Abb. 5). Die Impulsvorträge wurden aufgezeichnet und sind auf der bayklif-Homepage abrufbar ([bayklif.de/klimadiskurse](http://bayklif.de/klimadiskurse)). ■

### Wo sehen wir die Stärken des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks?

Die fächer- und projektübergreifende Zusammenarbeit der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Bayerischen Klimaforschungsnetzwerk und ihre gemeinsamen Aktionen haben bereits dazu beigetragen, Forschungsergebnisse und Lösungsansätze zum Klimawandel der interessierten Öffentlichkeit zu vermitteln und die Zusammenarbeit der einzelnen Stakeholder in Bayern zu intensivieren. Trotz der erheblichen Einschränkungen während der COVID-19-Pandemie ist es den engagierten Forschenden gelungen, nicht nur beeindruckende Forschungsergebnisse zu erzielen, sondern auch den beabsichtigten Mehrwert durch die Vernetzung von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft zu generieren. In mehreren Projekten

und in vielen öffentlichkeitswirksamen Aktionen werden speziell junge Menschen angesprochen, die zunehmend von den Folgen des Klimawandels betroffen sind, aber auch dazu beitragen können, das ökologische Verantwortungsbewusstsein in der kommenden Generation zu schärfen und eingefahrene Verhaltensmuster in der Bevölkerung zu hinterfragen. Neben den genannten inhaltlichen Entwicklungen gibt es noch einen zweiten besonders erfreulichen Aspekt, den wir an dieser Stelle noch erwähnen möchten. Zwei Juniorforschenden des Netzwerks ist es gelungen, durch ihren Ruf auf eine Professur an einer bayerischen Universität Fuß zu fassen und damit sicherzustellen, dass sie sich auch weiterhin mit ihrer Expertise und ihrem Engagement für die Klimaforschung im Freistaat Bayern einsetzen: Christian Zang (Juniorprojekt HyBBEx) übernahm im September 2021 die Professur Forest and Climate Change an Fakultät Wald und Forstwirtschaft der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf; Lisa Hülsmann (Juniorprojekt BayForDemo) ist seit Oktober 2021 Juniorprofessorin für Ökosystemanalyse und -simulation an der Universität Bayreuth.

In ihrem ersten gemeinsamen Bericht haben Weltklimarat IPCC und Weltbiodiversitätsrat IPBES im Juni 2021 klargestellt, dass Klimakrise und Artensterben nicht getrennt oder sogar als Gegenspieler betrachtet werden dürfen (Pörtner et al. 2021). Darin stellen IPCC und IPBES konkrete, gemeinsame Vorschläge vor, wie durch langfristige und nachhaltige Maßnahmen („nature-based solutions“), die auch verschiedene Aspekte der Biodiversität fördern, die Auswirkungen des Klimawandels abgemildert werden können. Beispielsweise sind intakte Ökosysteme wie Moore und Wälder wichtige Lebensräume für Arten, wirken aber auch gleichzeitig als CO<sub>2</sub>-Senken und -Speicher. AquaKlif-Forscher Prof. Carl Beierkuhnlein beschreibt in einer Publikation im August 2021, wie mit langfristigen

„Natur-basierten Lösungsansätzen“ die Schädigung von extremen Wetterereignissen proaktiv reduziert werden kann und benennt konkrete Maßnahmen für die Bereiche Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft und Siedlungen, die es nun umzusetzen gilt.

Das Programm wird nach seiner erfolgreichen Zwischenevaluierung noch bis zu seinem Ende in vollem Umfang weiterfinanziert, wobei sich die Forschungsgruppen nun darauf fokussieren werden, den Dialog mit der Politik noch zu intensivieren, um so Richtlinien für eine bessere Bewältigung der großen Herausforderungen zu schaffen und Bayern zu einem Musterbeispiel für gelebten, strategischen Klimaschutz weiter zu entwickeln. ■

### Referenzen:

Beierkuhnlein, Carl (2021). Nature-based solutions must be realized – not just proclaimed – in face of climatic extremes. *Erdkunde* 75(3): 225-244. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2021.03.06>

Kaltenhauser, Ulrike & Kellermann, Laura (2019). Gemeinsam gegen den Klimawandel – das Bayerische Klimaforschungsnetzwerk bayklif. *Umwelttechnologie und Energie in Bayern* 2019/2020: 28-31.

Kaltenhauser, Ulrike (2021). Durch regionale Forschung Klimaprozesse besser verstehen. In: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2021): *Klima-Report Bayern* 2021, 50-52.

### Autorinnen:



**Dr. Ulrike Kaltenhauser**  
Leitung  
der Geschäftsstelle  
bayklif



**Dr. Sabine Rösler**  
Referentin  
der Geschäftsstelle  
bayklif

Bayerisches  
Klimaforschungsnetzwerk (bayklif)  
Im Genzentrum der LMU  
Feodor-Lynen-Str. 25  
81377 München  
[www.bayklif.de](http://www.bayklif.de)

# Transfer von Know-how und Technologie aus Bayern

## Bayerns Beitrag für eine globale nachhaltige Wasserbewirtschaftung

Seit nunmehr über 23 Jahren ist das Netzwerk Technologietransfer Wasser (TTW) aktiv und schreibt Erfolgsgeschichte. Zur Unterstützung der internationalen Zusammenarbeit im Bereich Wasserwirtschaft wurde TTW durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz ins Leben gerufen und ist am Bayerischen Landesamt für Umwelt, Dienststelle Hof, angesiedelt. Arbeitsschwerpunkt ist die objektive Beratung von Kolleginnen und Kollegen aus Staaten, zu denen Partnerschaftsabkommen bestehen.



Bestimmung des ökologischen Zustands eines Fließgewässers im Rahmen der TTW Sommerakademie ■

Über TTW als staatliche und nicht kommerzielle Einrichtung werden die Weitergabe umfangreicher Erfahrungen der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung sowie Hilfestellung beim Aufbau eines funktionierenden Umweltmanagements und Festlegung geeigneter Umweltstandards angeboten. TTW versteht sich als ein Baustein in den bundesdeutschen Bemühungen zur Förderung des Technologietransfers



Besichtigung einer Trinkwasseraufbereitung im Rahmen eines Fachseminars mit Teilnehmern aus der Ukraine ■

im Sektor Wasser und der praktischen Umsetzung der in der Agenda 21 formulierten Ziele.

Die Schwierigkeiten bei der Verbesserung von Umweltbedingungen und der Umsetzung von Umwelt- bzw. Infrastrukturprogrammen sind vielschichtig, haben aber meist die Wurzel im institutionellen Bereich. Neben vielfach fehlendem Problembewusstsein liegen die Ursachen hier insbesondere in den rechtlichen Rahmenbedingungen, der Verwaltungsorganisation und dem Verwaltungsmanagement. Und dies sowohl im staatlichen als auch kommunalen Bereich!

Hier setzen die TTW-Maßnahmen an. Zur Vermittlung der Ideologien des IWRM und „Good Governance“ organisiert TTW vielfältige Aktivitäten zum fachlichen Austausch und Projekt begleitenden Bildungsmaßnahmen. So versuchen wir

z.B. im Rahmen von IWRM-Seminaren Einblicke in die Arbeitsbereiche der verschiedenen Akteure der Wasserwirtschaft zu vermitteln, gegenseitige Vorurteile abzubauen, die Vorzüge einer modernen Leistungsverwaltung aufzuzeigen und die Bildung interdisziplinärer Netzwerke im Ausland zu fördern.

Aktuell unterhält TTW fachliche Kontakte mit einer Vielzahl von Ländern in Süd- und Osteuropa, Afrika, Asien und Lateinamerika. ■

Weitere Informationen finden Sie unter: <http://www.lfu.bayern.de/wasser/ttw/index.htm>

#### Kontakt:

Bayerisches Landesamt für Umwelt  
Technologietransfer Wasser – TTW

Dienststelle Hof  
Hans-Högn-Str. 12  
D-95030 Hof/Saale  
Tel. +49 92 81 / 1800-0  
Fax: +49 92 81 / 1800-4519  
E-mail: [ttw@lfu.bayern.de](mailto:ttw@lfu.bayern.de)



# Wie kann sich unsere Gesellschaft gegen die negativen Folgen des Klimawandels rüsten?

*Im neu gegründeten Zentrum für Klimaresilienz der Universität Augsburg arbeiten ForscherInnen unterschiedlichster Disziplinen gemeinschaftlich an ganzheitlichen Lösungen zur Anpassung an den Klimawandel*

## Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels werden auch in Bayern immer deutlicher spürbar

Die Häufung und Intensivierung von Starkniederschlägen und Hochwasser, die zunehmenden Dürre- und Trockenheitsprobleme und die Veränderungen der Phänologie sind eindrucksvolle Beispiele dafür, dass die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels auch in Bayern immer deutlicher spürbar werden und das Leben der Menschen stark beeinflussen. ■

## Zunehmende Bedeutung der Resilienz im klimapolitischen Strategiemitx

Vor diesem Hintergrund kommt der Stärkung der Klimaresilienz, d. h. der Reduzierung von Verwundbarkeiten bzw. der Erhöhung der Widerstands- und Anpassungsfähigkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels, eine zentrale Rolle zu. Die bisherigen Bestrebungen im Bereich des Klimaschutzes und beim Ausbau Erneuerbarer Energien sind nicht ausreichend und zwingen Politik und Gesellschaft zur prioritären Konzeption und Umsetzung von Resilienzstrategien unter einem hohen Zeitdruck.

Klimaresilienz muss dabei eine Spannweite umfassen, die von Ökosystemen und menschlicher Gesundheit über Gesellschaft und Wirtschaft bis hin zu Politik



Außenansicht des am 15.12.2020 gegründeten Zentrums für Klimaresilienz der Universität Augsburg (oben), eingebettet in den grünen Campus der Universität Augsburg (unten). ■

und Rechtsprechung reicht. Klimaresilienz erfordert eine umfassende Transformation und geht dabei über die Summe einzelner (Anpassungs-) Maßnahmen hinaus. ■

## Neugründung des Zentrums für Klimaresilienz schließt Forschungslücke

Um diese gesellschaftliche Herausforderung zu adressieren, wurde das Zentrum für Klimaresilienz (ZfK)



am 15.12.2020 als zentrale Einrichtung der Universität Augsburg mit der Maßgabe gegründet, alle mit dem Forschungsschwerpunkt Klimaresilienz zusammenhängenden Kräfte und Aktivitäten zu koordinieren und zu bündeln. Konkret verfolgt das ZfK das Ziel, ganzheitliche und umsetzbare Resilienz-Strategien auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene zu entwickeln. In Erweiterung zur reinen Klimaanpassung müssen für die Klimaresilienz unserer Gesellschaft und unserer Ökosysteme die Wechselwirkungen aller Anpassungsmaßnahmen sowie deren begrenzte Potentiale verstanden und berücksichtigt werden. Nur so können zwischen den Maßnahmen bestehende Synergien genutzt bzw. Konflikte vermieden werden. Dies erfordert umfangreiche und neue inter- und transdisziplinäre Forschungsanstrengungen, deren Ergebnisse schließlich zur Entscheidungsunterstützung und Implementierung dienen.

Da die naturwissenschaftliche Klimaforschung bereits seit vielen Jahren die Notwendigkeit der Begrenzung der globalen Erwärmung und damit von Klimaschutzmaßnahmen nachweisen konnte, fokussiert das Forschungskonzept des ZfK auf die dringend zusätzlich benötigte inter- und transdisziplinäre Forschung zur Interaktion von Mensch, Umwelt und Klima. Nur so können die Wirksamkeit potentieller Anpassungsmaßnahmen für die unterschiedlichsten Szenarien der globalen Erwärmung analysiert und letztlich aufeinander abgestimmte Anpassungs- bzw. Resilienzstrategien entwickelt und umgesetzt werden ■

### Einmaliges Konzept in der nationalen und internationalen Forschungslandschaft

Bisher einmalig in der deutschen Universitätslandschaft und der Klimaforschung weltweit, wird das ZfK an der Universität Augsburg fakultätsübergreifend und interdisziplinär aufgebaut. Konkret vereint die Forschung des ZfK die Fakultäten für



*Innenansicht des im März 2022 bezogenen Gebäudes des Zentrums für Klimaresilienz – hier arbeiten ForscherInnen des Zentrums über die Grenzen ihrer Disziplinen hinweg gemeinschaftlich an innovativen Klimaresilienz-Strategien ■*

Angewandte Informatik, Medizin, Wirtschaftswissenschaften, die Philosophisch-Sozialwissenschaftliche Fakultät, die Philologisch-Historische Fakultät sowie die Juristische Fakultät. Sie erfolgt in enger Kooperation mit dem Wissenschaftszentrum Umwelt und dem Resource Lab der Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät der Universität Augsburg.

Ferner wird die bereits vorhandene interdisziplinäre und internationale Expertise im Bereich Klimaresilienz durch insgesamt zehn neu geschaffene Professuren komplementiert, sieben davon gefördert aus der High-tech Agenda Bayern: Die neuen Professuren sind im Bereich der Geographie (1. Urbane Klimaresilienz und 2. Klimaresilienz von Kulturökosystemen), im Bereich der Wirtschaftswissenschaften (3. Resilient Operations, 4. Umweltökonomie und 5. Climate Finance), im Bereich der Sozialwissenschaften (6. Politikwissenschaft mit Schwerpunkt Klimapolitik und 7. Umweltsoziologie mit Schwerpunkt Sozial-Ökologische Transformation, Resilienzdesign und Klima), im Bereich der Rechtswissenschaften (8. Öffentliches Recht und Krisenresilienz) und schließlich in der Medizin (9. Health System Resilience und 10. Climate Change and Global Health) angesiedelt.

Die vollständige Besetzung dieser neuen Professuren soll bis spätestens Anfang 2023 abgeschlossen sein. Die neuen Professuren forschen im ZfK-Gebäude Tür an Tür, womit opti-

male Voraussetzungen für die Initiierung nachhaltiger transdisziplinärer Kooperationen geschaffen werden. ■

### Auch die Studierenden profitieren

Von diesem Konzept werden künftig auch die Studierenden der Universität Augsburg profitieren können. Der Vorstand des Zentrums erarbeitet zusammen mit den neu berufenen Professuren einen interdisziplinären Masterstudiengang „Klimaresilienz“, in den unmittelbar die aus der Zentrumsforschung gewonnenen Erkenntnisse einfließen. Die künftigen AbsolventInnen sollen auf diesem Wege befähigt werden, in den unterschiedlichsten gesellschaftlichen Bereichen und Berufsbildern einen maßgeblichen Beitrag zur Bewältigung der Klimakrise beizusteuern, die – neben allen anderen aktuell bestehenden Problemfeldern – eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit begründet. ■

#### Autoreninformation:



*Prof. Dr. Harald Kunstmann*

*Inhaber des Lehrstuhls für Regionales Klima und Hydrologie  
Gründungsdirektor des Zentrums für Klimaresilienz*

*Tel.: +49 821 598 2751*

*E-Mail: harald.kunstmann@uni-a.de*



*Dr. Clemens Heuson*

*Geschäftsführer des Zentrums für Klimaresilienz*

*Tel.: +49 821 598 4800*

*E-Mail: clemens.heuson@uni-a.de*

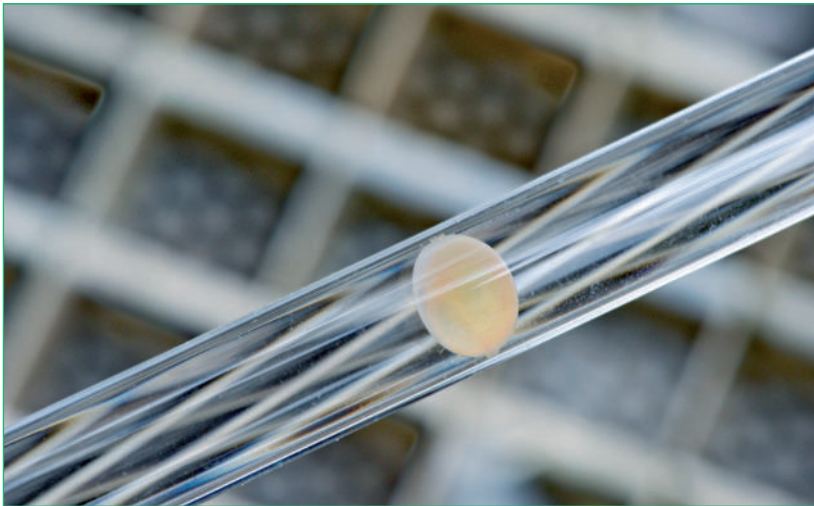
*Zentrum für Klimaresilienz  
Universität Augsburg  
Universitätsstraße 12  
86159 Augsburg  
[www.uni-augsburg.de/klimaresilienz](http://www.uni-augsburg.de/klimaresilienz)*

# AquaKlif: Neue Aspekte und Techniken für das Umweltmonitoring



Bei den Forschungsarbeiten des Verbundprojekts AquaKlif zum Einfluss multipler Stressoren auf Fließgewässer wurden Techniken (weiter)entwickelt und eingesetzt, die für einen breiteren Einsatz im Umweltmonitoring geeignet sind. Dazu hier ein paar Methoden im Kurzporträt.

## Das Werkzeug HydroEcoSedimentary Tool



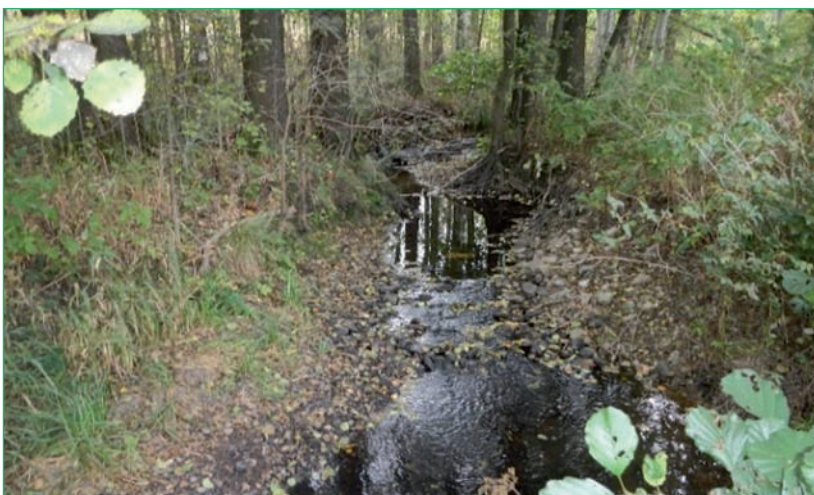
### Kontakt:

Prof. Dr. Jürgen Geist  
Aquatiscche Systembiologie, TUM  
geist@tum.de

Publikation: Casas-Mulet, R; Pander, J; Prietzel, M; Geist, J: *The Hydro-EcoSedimentary tool: An integrated approach to characterise interstitial hydro-sedimentary and associated ecological processes. River Research and Application*, 2021

Die verstärkte Ablagerung von Feinsedimenten in Flüssen und Bächen wirkt sich auf wichtige Ökosystem-Prozesse an der Sediment-Wasser-Grenzfläche aus und ist kritisch für die Qualität von Flusslebensräumen. Das "HydroEcoSedimentary Tool" ermöglicht die gemeinsame Bewertung von Sedimentations- und weiteren ökologisch relevanten Prozessen im Bachbett, mit Fokus auf den frühen Lebensstadien kieslaichender Fischarten. Das neue Werkzeug erweitert die Monitoring-Optionen für den Stressfaktor Deposition von Feinsedimenten in Fließgewässern.

## Radon als Tracer mit Potenzial



### Kontakt:

Dr. Ben Gilfedder /  
PD Dr. Sven Frei  
Limnologische Forschungsstation /  
Hydrologie, Universität Bayreuth  
Benjamin-Silas.Gilfedder@uni-  
bayreuth.de  
sven.frei@uni-bayreuth.de

Publikation: Kaule, R; Gilfedder, B: *Groundwater Dominates Water Fluxes in a Headwater Catchment During Drought. Frontiers in Water*, Vol. 3, (2021).

Im AquaKlif-Projekt wurden mithilfe des natürlich im Gestein vorhandenen Radon-Isotops Rn 222 die Grundwasser-Zuflüsse entlang eines Gewässers abgeschätzt. So konnten sowohl deren räumliche Variabilität als auch die große Bedeutung des Grundwassers in Bächen insbesondere bei Niedrigwasser aufgezeigt werden.

Radon hat als Tracer Potenzial: Bei einer Messkampagne zusammen mit Wasserversorgern half die Methode, die Verweilzeit von Uferfiltrat im Aquifer bis zum Förderbrunnen zu bestimmen – eine für die Filterleistung wichtige Information.

## Den Weg des Sauerstoffs gezielt verfolgen: Stabile Isotope



### Kontakt:

Prof. Johannes Barth, PhD  
Angewandte Geologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg  
Johannes.barth@fau.de

Um Aussagen über Herkunft und Umsetzung des Sauerstoffs in Gewässern zu machen, können mit Hilfe spezieller Massenspektrometer-Techniken stabile Isotopenverhältnisse des gelösten Sauerstoffs gemessen werden. Hiermit gewinnen gewöhnliche Konzentrationsmessungen dieses wichtigen Parameters eine zusätzliche Information, die über Quellen (i.e. Atmosphäre, Photosynthese) und Senken (i.e. Respiration und Bildung von Oxidmineralen) Auskunft geben können. Das relative Zusammenspiel dieser Quellen und Senkenprozesse kann damit quantifiziert werden. Dies kann wiederum sehr wichtige Informationen zum ökologischen Zustand von Fließgewässern liefern. Mit Kombinationen aus Konzentrations- und stabilen Isotopenmessungen können Entwicklungen von Sauerstoffbilanzen besser eingegrenzt und verstanden werden.

Gelöster Sauerstoff wurde im Verbundprojekt AquaKlif sowohl kleinskalig in definierten Systemen als auch durch statistische Analysen auf globaler Skala als wichtiger integrierender Faktor für den Zustand von Fließgewässern untersucht. Sein Monitoring verdient im Kontext des Klimawandels und im globalen Kohlenstoffzyklus von insbesondere Fließgewässern verstärkt Beachtung. Gerade dann, wenn Gewässer wärmer werden oder verstärkt Feinsedimente eingebracht werden, kann sich Sauerstoff schlechter lösen.

### Publikationen:

*Piatka, D; Wild, R; Hartmann, J; Kaule, R; Kaule, L; Gilfedder, B; Peiffer, S; Geist, J; Beierkuhnlein, C; Barth, JAC: Transfer and transformations of oxygen in rivers as catchment reflectors of continental landscapes: A Review. Earth-Science Reviews, 220(103729), 1-16 (2021).*

*Köhler I, Martinez RE, Piatka D, Herrmann AJ, Gallo A, Gebringer MM, et al. How are oxygen budgets influenced by dissolved iron and growth of oxygenic phototrophs in an iron-rich spring system? Initial results from the Espan Spring in Fürth, Germany. Biogeosciences 18: 4535-4548 (2021)*

*Köhler I, Piatka D, Barth JA, Martinez RE. Beware of effects on isotopes of dissolved oxygen during storage of natural iron-rich water samples: A technical note. Rapid Communications in Mass Spectrometry 35: e9024 (2021).*

## Das Fließrinnensystem „Climatestream“



### Kontakt:

Prof. Dr. Jürgen Geist  
 Aquatische Systembiologie, TUM  
 geist@tum.de

Als klassisches Manipulations-Experiment haben sich die in Freising projektübergreifend konzipierten und genutzten Fließrinnen bewährt. Im aus 24 Rinnen aufgebauten „Climatestream“-System können Wassertemperatur, Abflussmenge sowie der im Fließrinnenbett vorhandene Anteil an Feinsedimenten einzeln gesteuert und in ihrer Wirkung untersucht werden. So ließ sich gezielt die Entwicklung von Fischeiern, -larven und Wasserchemie bei Einwirkung einzelner und kombinierter Stressoren auf einer dem Freiland ähnlichen Skala analysieren.

# www.media-mind.info



Wir stellen die Zukunftstechnologien aus Bayern noch mehr ins Rampenlicht, damit mehr interessierte Menschen mehr zukunftsweisende Informationen aus Forschung, Entwicklung und Anwendung erhalten.

Unsere Magazine stehen Ihnen auch elektronisch zur Verfügung.

Nehmen Sie einen echten  
 „Mehrwert“ in Anspruch!



media mind GmbH & Co. KG  
 80992 München, Hans-Bunte-Str. 5  
 Tel.: 089/23 55 57-3, Fax: 089/23 55 57-47  
 E-Mail: mail@media-mind.info

# Effiziente Pumpentechnologien in der Abwasserförderung

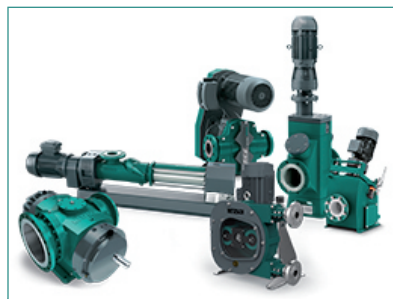
*Ob in der kommunalen Aufbereitung oder in industriellen Kläranlagen: Abwasser stellt hohe Anforderungen an die Fördertechnik. Wachsende Energiekosten setzen die Branche zusätzlich unter Druck. Die Wahl der richtigen Pumpentechnologie kann sowohl die Prozesse optimieren als auch die Energiekosten reduzieren. Für Betreiberinnen und Betreiber kann es sich lohnen, dabei auf Verdrängerpumpen zu setzen. Denn mit ihren besonderen Bauarten bieten Exzentrerschnecke, Drehkolben und Co. jeweils ganz eigene Vorteile.*

In der Abwasserförderung können verschiedene Typen von Pumpen zu reduziertem Verschleiß, erhöhter Sicherheit und mehr Effizienz führen. Die Wahl der passenden Pumpentechnologie ist für Betreibende deshalb nicht einfach. Am besten wenden Anlagenverantwortliche sich an Hersteller, die ein breites Portfolio unterschiedlicher Varianten anbieten – sie können fallweise die geeignete Technologie empfehlen, die für die konkrete Anlage und die Beschaffenheit der zu behandelnden oder zu fördernden Abwässer am besten geeignet ist.

## Verdrängerpumpen für anspruchsvolle Förderaufgaben

NETZSCH Pumpen & Systeme hat sein Produktportfolio konsequent darauf ausgerichtet, Betreibende mit der exakt passenden Pumpentechnologie zu unterstützen. Der Hersteller mit über 70 Jahren Erfahrung in der Konstruktion und Produktion von Pumpenlösungen bietet vier verschiedene Arten von Verdrängerpumpen an:

- Drehkolbenpumpen für hohe Feststoffanteile
- Exzentrerschneckenpumpen für die schonende Förderung von Dickschlämmen
- Schraubenspindelpumpen für Anwendungen mit hohen Drücken
- Die robusten Schlauchpumpen als Alleskönner ohne Verschleißteile



Das Produktsortiment an Verdrängerpumpen der NETZSCH Pumpen & Systeme GmbH ■

## Die besten Technologien für kritische Prozesse

Welche Pumpentechnologie für Abwässer die besten Ergebnisse erbringt, hängt stark von der Beschaffenheit der Fördermedien ab und von der gegebenen Anlagentechnik. Betreiberinnen und Betreiber sollten deshalb fachkundige Beratung suchen – am besten von einem technologieoffenen Hersteller, der aus einem breiten Spektrum an Pumpentechnologien die perfekte Lösung für die vorherrschenden Probleme bieten kann. Als Spezialist für das Pumpen komplexer Medien ist NETZSCH Pumpen & Systeme der erste Ansprechpartner der Branche. Anlagen für die effiziente Abwasserbehandlung gehören zur kritischen Infrastruktur – mit Pumpen von NETZSCH stellen Betreiber sicher, dass die Förderung der Abwässer dabei stets unkritisch verläuft.

NETZSCH Pumpen & Systeme bietet seit mehr als 60 Jahren auf globaler Ebene mit NEMO® Exzentrerschneckenpumpen, TORNADO® Drehkolbenpumpen, NOTOS® Schraubenspindelpumpen, PERI-PRO® Schlauchpumpen, Zerkleinerungsmaschinen, Behälterentleerungen, Dosiertechnik und Zubehör maßgeschneiderte und anspruchsvolle Lösungen für Anwendungen in sämtlichen Industrien. Mit über 2.180 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie einem Umsatz von 284 Mio. Euro (Geschäftsjahr 2020) ist NETZSCH Pumpen & Systeme neben NETZSCH Analysieren & Prüfen sowie NETZSCH Mahlen & Dispergieren der größte und umsatzstärkste Geschäftsbereich der NETZSCH-Gruppe. Unser Leistungsanspruch ist hoch. Wir versprechen unseren Kunden und Kundinnen „Proven Excellence“ – herausragende Leistungen in allen Bereichen. Dass wir das können, beweisen wir immer wieder seit 1873.

**NETZSCH** Proven Excellence.

### Kontakt:

NETZSCH Pumpen & Systeme GmbH

Geretsrieder Straße 1  
84478 Waldkraiburg, Deutschland  
Tel.: +49 8638 63-0  
pr.nps@netzsch.com  
www.pumps-systems.netzsch.com

# Klimawandel vor der Haustür



## BAYSICS – Bayerisches Synthese-Informationen-Citizen Science Portal für Klimaforschung und Wissenschaftskommunikation

Wie wirkt sich der Klimawandel genau in Bayern aus? Wie verändert er das jahreszeitliche Pflanzenwachstum und die Aktivität von Tieren? Verändert sich der Pollenflug? Steigt die Baumgrenze in den Bayerischen Alpen nach oben? Sind bereits jetzt schon Veränderungen sichtbar? Das Projekt BAYSICS – Bayerisches Synthese-Informationen-Citizen Science Portal für Klimaforschung und Wissenschaftskommunikation – geht diesen Fragen nach, wobei Bürger:innen über zwei Webanwendungen (BAYSICS-

Portal und BAYSICS-NatureExplorer) nicht nur aktiv zur Klimaforschung beitragen können, sondern sich auch über die bereits stattgefundenen Änderungen informieren können.

### Welche Ziele verfolgt BAYSICS?

Das Forschungsprojekt BAYSICS hat sich dem Motto „Wissen vermitteln, Wahrnehmung fördern, Komplexität kommunizieren“ verschrieben. Ziel von BAYSICS ist es, die bayerische Bevölkerung für die Phänomene und Folgen des Klimawan-

dels zu sensibilisieren und zu informieren und diese gleichzeitig als Citizen Scientists (Bürgerwissenschaftler:in) an deren Erforschung teilhaben zu lassen.

### Wer ist an BAYSICS beteiligt?

BAYSICS ist ein interdisziplinäres Verbundprojekt im Bayerischen Netzwerk für Klimaforschung – bayklif ([www.bayklif.de](http://www.bayklif.de)) und besteht aus 10 Teilprojekten: drei Infrastruktur-Teilprojekten (Kommunikation und Koordination, IT-Infrastruktur, KlimaEventPortal),

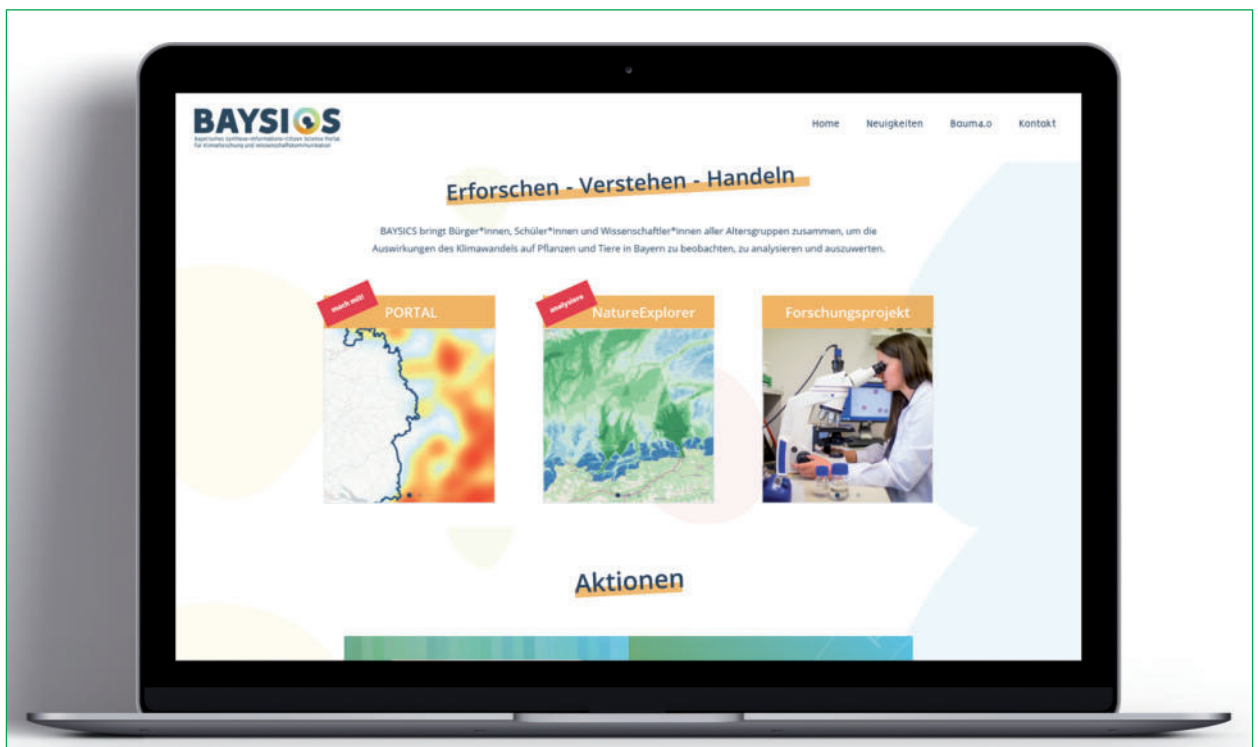


Abb. 1: Startseite von [www.baysics.de](http://www.baysics.de) ■

vier Citizen Science-Teilprojekten mit unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Ausrichtung (Phänologie als Bioindikator, Pollenbelastung, Baumgrenzen in der Höhe, Tiere in der Stadt) und drei Teilprojekten aus den Gesellschaftswissenschaften (Schüler:innen erforschen Klima, Klimawandel im Dialog, Verantwortung für Klimaschutz). Standorte der Forschergruppen sind Universitäten und Hochschulen in München, Freising, Eichstätt, Regensburg und Augsburg. Weitere Informationen zum Forschungsprojekt und den einzelnen Forschungsinhalten finden sich unter <https://www.baysics.de/forschungsprojekt>.

### Was ist Citizen Science?

Übersetzt bedeutet Citizen Science „Bürgerwissenschaft“ und wird als die Beteiligung der Bevölkerung am Wissenschaftsprozess definiert. Interessierte Laien sind bei BAYSICS aufgerufen, ihre Umwelt zu erkunden und Beobachtungen zu melden. So werden räumliche und zeitliche Daten generiert und ein Mehrwert für die Wissenschaft geschaffen. Davon profitieren aber nicht nur Forschende der unterschiedlichen Fachgebiete, sondern auch die Citizen Scientists selbst: Sie können Beobachtungen durchführen, ihre Meldungen mit bestehenden Datensätzen vergleichen, eigene Forschungsfragen stellen und überlegen, was sie wissen und verstehen möchten. Die geeignete Plattform dafür bieten das neue BAYSICS-Portal sowie der BAYSICS-NatureExplorer.

### Was erhofft sich BAYSICS vom Dialog mit Bayerns Bürger:innen?

BAYSICS möchte die Bürger:innen motivieren, sich selbst mit dem Thema Klimawandel zu beschäftigen. Phänomene aus der Pflanzen- und Tierwelt, die unmittelbar mit der globalen Erwärmung im Zusammenhang stehen, können direkt vor der eigenen Haustüre beobachtet, erfasst



Abb. 2: Nutzer beim Eintragen einer Beobachtung mit der BAYSICS Portal App ■

und eingeordnet werden. BAYSICS möchte über den Citizen Science-Ansatz einen großen Teil der Bevölkerung ansprechen, um die Sensibilität für Klimawandel und Klimaschutz in der Gesellschaft zu erhöhen.

### Warum ist ein Dialog mit Bürger:innen so wertvoll?

Der Dialog mit Bürger:innen ist vor allem deshalb so wertvoll und wichtig, weil erfolgreicher Klimaschutz nur durch die aktive Bürgerbeteiligung an Klimaforschung sowie einer gesamtgesellschaftlichen Verantwortung erreicht werden kann. Dabei müssen zukünftige Klimaschutzmaßnahmen die klimakulturelle Vielfalt anerkennen und gezielt nutzen. Bei BAYSICS möchten wir genau das erreichen: Bürger:innen aus unterschiedlichen Gruppen, wie zum Beispiel Wanderer, Studierende, Naturinteressierte etc., integrieren und ihnen die Möglichkeit geben, sich aktiv zu beteiligen. Dies geschieht zum einen über das BAYSICS Portal und den BAYSICS NatureExplorer, bei dem jede/r mitmachen kann. BAYSICS legt aber auch einen besonderen Schwerpunkt auf die Integration von Schulen. So bietet BAYSICS Lehrerfortbildungen und ein wissenschaftspropädeutisches W-Seminar Konzept an. Das W-Seminar Konzept verfolgt den Ansatz des forschenden Lernens und wurde mittlerweile schon an 50 Gymnasien

von 769 Schüler:innen in Bayern umgesetzt.

### Wie funktioniert das BAYSICS Portal?

Im BAYSICS-Portal können Citizen Scientists sowohl unterwegs mit einer App (PWA, Progressive Web App) am Smartphone als auch daheim am PC ihre Beobachtungen in vier verschiedenen naturwissenschaftlichen Kategorien eintragen:

- Pflanzen
- Allergene Arten
- Baumgrenzen
- Tiere

Jede der Kategorien steht im direkten Zusammenhang mit der globalen Erwärmung. Es werden Pflanzen beobachtet, deren saisonale phänologische Entwicklungsstadien im direkten Zusammenhang mit dem vorangegangenen Temperaturverlauf bzw. den lokalen Witterungsbedingungen stehen. Das macht sie in längeren Zeitreihen zu einem zuverlässigen Indikator für den Klimawandel. In den letzten Jahrzehnten ist fast überall in Deutschland eine Verfrühung von Blüte und Blattaustrieb, also des phänologischen Frühlings, zu beobachten gewesen (Teilprojekt / TP Phänologie als Bioindikator). Die steigenden Temperaturen wirken sich neben dem Beginn auch auf die Dauer der Blüte und somit auf den Pollenflug aus. Deshalb werden auch explizit aller-

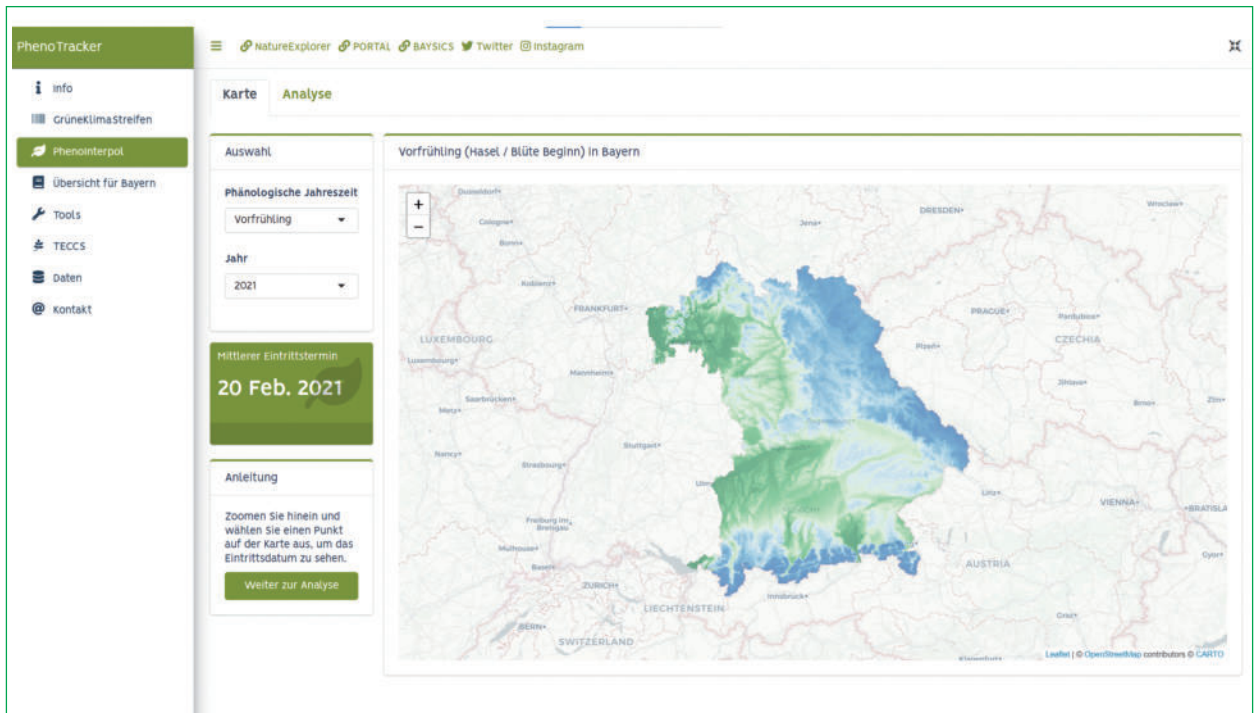


Abb. 3: PhenoInterpol des BAYSICS NatureExplorer PhenoTrackers. Die Abbildung zeigt als Beispiel den Beginn der Haselblüte in Bayern im Jahr 2021. ■

gene Pflanzenarten beobachtet (TP Pollenbelastung). Im Zuge des Klimawandels ist zu erwarten, dass der Pollenflug für viele Arten früher einsetzt und teilweise auch länger andauert. Die Temperaturveränderung macht sich zudem im Gebirge und bei den dort vorkommenden Baumarten bemerkbar. Baumarten wie beispielsweise die Stechpalme, Eberesche und Fichte wachsen bereits heute in höheren Lagen als vor rund 170 Jahren. Wie weit sich die Höhengrenzen der einzelnen Baumarten nach oben bewegt haben und wo sie heute liegen, kann innerhalb der Kategorie Baumgrenzen kartiert werden (TP Baumgrenzen in der Höhe). Auch bei den Tieren zeigen sich die Auswirkungen der Temperaturerhöhung: Sie erwachen beispielsweise früher aus dem Winterschlaf oder sind im Herbst länger sichtbar. In den Städten ist es tendenziell wärmer als im Umland, weshalb Städte interessante Teststandorte für die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf die Tierwelt darstellen (TP Tiere in der Stadt).

Die Beobachtungen aller Nutzer:innen und die eigenen Beobachtungen können auf der „Karte“ angezeigt werden. Dort finden sich auch das Baumgrenzen Analyse Tool und die Allergene Arten Risikokarte sowie weitere Funktionen. Neben den Werkzeugen zur Beobachtung und Anzeige von Pflanzen und Tieren stellt BAYSICS auch weiterführende Informationen und Beiträge zu Themen wie Klimawandel und -forschung, Tiere in der Stadt oder Phänologie als Bioindikator zur Verfügung. Unter dem wichtigen Punkt „Für Schulen“ finden sich Materialien für Schüler:innen und Lehrer:innen. So können Lehrer:innen beispielsweise das innerhalb von BAYSICS entwickelte W-Seminar-Konzept für den Unterricht der gymnasialen Oberstufe kennenlernen und an ihren Schulen integrieren (TP Schüler:innen erforschen den Klimawandel vor der eigenen Haustür). Das Konzept wurde bereits an über 50 Gymnasien in Bayern erfolgreich implementiert und über 770 Schülerinnen und Schüler haben eine Seminararbeit

zu diesen Themen verfasst und vorgestellt. Schüler:innen haben daneben natürlich immer die Möglichkeit, ihre eigene Forschungsfrage auf BAYSICS zu präsentieren und weiterführende Fragen zu ihrem Thema von einem der BAYSICS-Experten beantworten zu lassen.

### Wie funktioniert der BAYSICS NatureExplorer?

Der BAYSICS-NatureExplorer umfasst (R Shiny-)Programme zum Thema „Klimawandel in Bayern“ und bietet die Möglichkeit, eigene Beobachtungen in einen vergleichenden oder untersuchenden Kontext zu setzen. Es gibt phänologische Anwendungen im „PhenoTracker“ und Auswertungsmöglichkeiten zum Thema Baumgrenze in „TreelinePredict“; zukünftig auch eine neue Version von „Baum 4.0“ sowie Programme zu allergenen Arten und Tieren.

Die Programme sollen den Nutzer:innen den Zusammenhang zwischen den Beobachtungen in den einzelnen Kategorien (Pflanzen, allergene Arten, Baumgrenzen, Tiere) und der



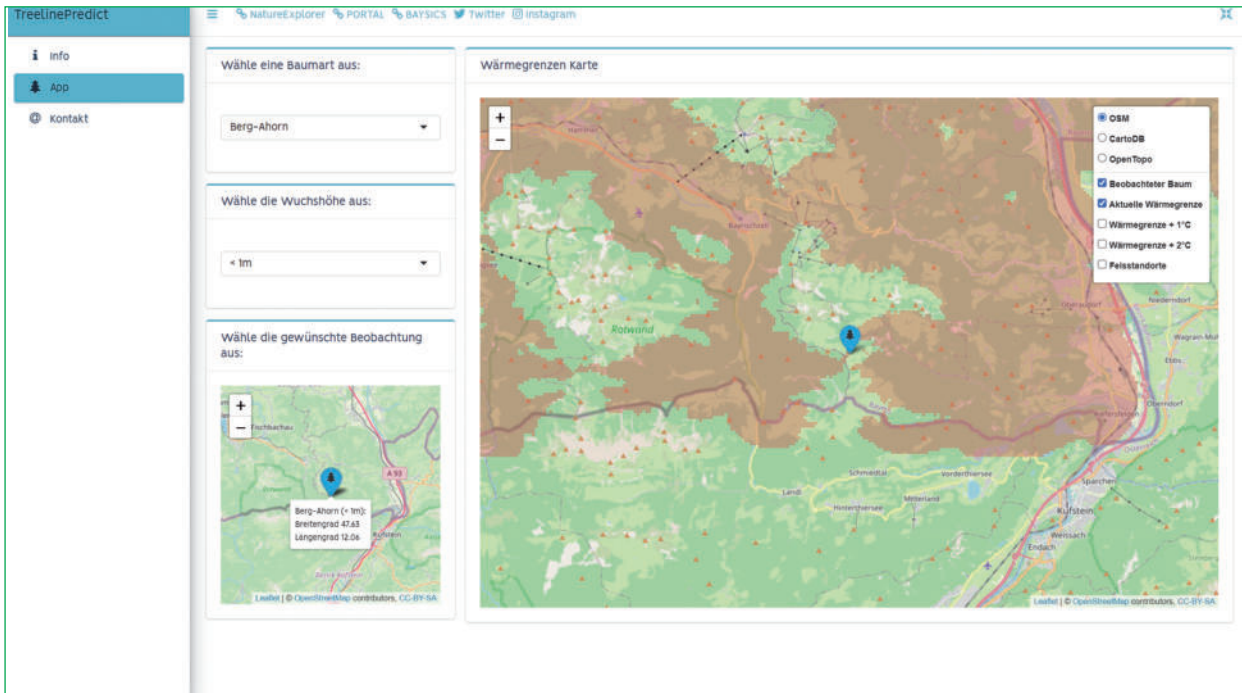


Abb.4: TreelinePredict im BAYSICS- NatureExplorer. Das Beispiel zeigt für einen beobachteten, kleinen (<1m hohen) Bergahorn die aktuell abgeleitete Wärmegrenze. ■

globalen Erwärmung näherbringen.

„PhenoTracker“ gibt einen Einblick in die Jahreszeiten der Pflanzenwelt und zeigt, wie die Pflanzen in Bayern und weltweit auf den Klimawandel reagieren. „GrüneKlimaStreifen“ visualisieren für berühmte, lange phänologische Zeitreihen die Änderungen durch den Klimawandel, in „PhenoInterpol“ lässt sich für jeden Ort in Bayern die phänologische Vergangenheit seit 1951 abrufen und in Beziehung zur Erwärmung setzen. „TECCS“ ist ein einfach zu bedienendes Modellierungswerkzeug, mit dem man Daten aus eigenen Zweigexperimenten intuitiv auswerten kann.

„TreelinePredict“ bildet die obere Wärmegrenze von Bäumen in den Bayerischen Alpen ab. Es nutzt dabei die Baumbeobachtun-

gen aus dem BAYSICS-Portal und visualisiert die Flächen, die unter heutigem Klima sowie bei einer weiteren Erwärmung um 1° bzw. 2°C von dieser Baumart besiedelt werden können, auf einer interaktiven Karte.

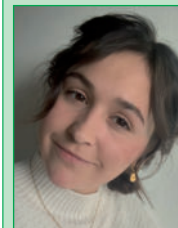
**Mehr erfahren und mitmachen!**

Mit [www.baysics.de](http://www.baysics.de) können Sie detaillierter in das Forschungsprojekt eintauchen und alle Anwendungen von BAYSICS bequem aufrufen. Sie sind Lehrer:in und möchten BAYSICS an Ihrer Schule integrieren oder haben Fragen, Anregungen oder Kooperationsvorschläge? Dann treten Sie gerne mit den Projektmitgliedern in Kontakt ([info@baysics.de](mailto:info@baysics.de) oder über das Kontaktformular auf <https://www.baysics.de/kontakt/>).

**Autoren:**



**Prof. Dr. Annette Menzel**  
Extraordinaria für Ökologiklimatologie  
[annette.menzel@tum.de](mailto:annette.menzel@tum.de)



**Alissa Lüpke**  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
[alissa.luepke@tum.de](mailto:alissa.luepke@tum.de)



**Simon Kloos**  
Doktorand  
[simon.kloos@tum.de](mailto:simon.kloos@tum.de)

Professur für Ökologiklimatologie  
Technische Universität München

Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 2  
85354 Freising

Tel.: 08161 714740

Fax: 08161 714753

<https://www.oekoklimatologie.wzw.tum.de>

**Einscannen und mitmachen**  
Verfügbar als Web APP  
[www.portal.baysics.de](http://www.portal.baysics.de)

# Klima und Landnutzung im Wandel: Folgen für Biodiversität und Ökosystemleistungen in Bayern

Steigende Temperaturen und extreme Wetterereignisse sind eine Herausforderung für Mensch und Natur. Bereits heute ist die globale Durchschnittstemperatur etwa 1,0 °C höher als in vorindustrieller Zeit und Extremereignisse wie Dürren, Starkregen oder Überschwemmungen häufen sich – mit teils verheerenden Folgen. Zeitgleich hat die zunehmend intensive Nutzung der Natur und ihrer Ressourcen dramatische Auswirkungen auf unsere Tier- und Pflanzenwelt. Naturnahe Lebensräume – und mit ihnen eine bunte Vielfalt einheimischer Pflanzen und Tiere – werden durch Landwirtschaft, Siedlungen und Industrie verdrängt. Besonders betroffen: die Insekten (Seibold et al. 2019). Als wechselwarme Tiere, deren Körpertemperatur auf Grund fehlender Selbstregulation mit der Umgebungstemperatur schwankt, sind sie oft besonders stark durch Veränderungen des Klimas beeinflusst. Auf Grund ihrer teils geringen Mobilität (im Vergleich zu Vögeln und Säugetieren legen viele krabbelnde oder fliegende Insekten während ihrer Nahrungssuche nur geringe Strecken zurück), stellen menschengemachte Strukturen wie Straßen oder Siedlungen meist unüberwindliche Hindernisse dar. Zudem reagieren sie besonders sensibel auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Land- und Forstwirtschaft. Gleichzeitig kann eine extensive Landnutzung die negativen Auswirkungen der Klimaerwärmung abmildern.

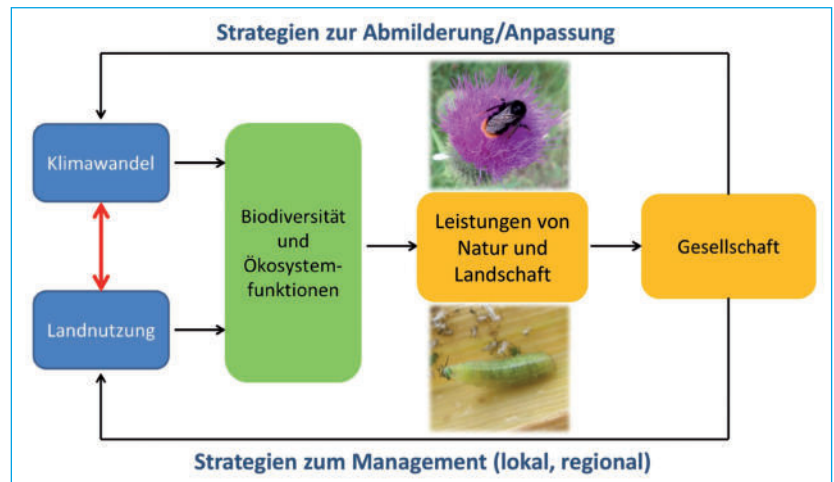


Abb. 1: Konzeptioneller Ansatz des Forschungsverbundes LandKliff und Beispiele für essenzielle Ökosystemleistungen: Bestäubung durch Wildbienen (oben) und biologische Schädlingsbekämpfung durch Florfliegenlarven (unten). Bilder © Sarah Redlich. ■

So belegt eine globale Metastudie den negativen Einfluss der Erderwärmung auf die Artenvielfalt von Insekten in Gebieten mit intensiver

Landwirtschaft, während die Artenvielfalt in naturnahen Landschaften trotz Erwärmung weitgehend gleich blieb (Outhwaite et al. 2022).



Abb. 2: Untersuchungsstandort neben einer landwirtschaftlich genutzten Fläche. Bild © Sarah Redlich. ■



Abb. 3: Schädlingsbefall auf Raps durch den Rapsglanzkäfer *Brassicogethes aeneus*. Bild © pixabay. ■

Bestäubung von Wild- und Nutzpflanzen, die Regulierung anderer, pflanzenfressender Insekten und die Zersetzung organischer Substanzen. Doch spiegeln sich die Auswirkungen von Klima und Landnutzung auf die Vielfalt von Insekten auch in den Ökosystemleistungen wider?

In einer großangelegten Feldkampagne wurden im Jahr 2019 auf 179 Flächen in Bayern die Insektenvielfalt und deren Leistungen in verschiedenen klimatischen Landschaften systematisch erfasst (Abb. 2). Ausschlussversuche mit Bestäubern gaben Auskunft über den Beitrag von Insekten zum Samenertrag von Wildpflanzen und Raps, Beobachtungen in Raps deckten die Aktivitäten von Schädlingen und ihren natürlichen Feinden auf (Abb. 3) und Zersetzungsexperimente mit Dung und Rattenkadavern verdeutlichten den Einfluss von Insekten beim Abbau tierischer Materialien.

Bisherige Forschungsergebnisse aus dem Projekt belegen den negativen Einfluss der Landnutzung auf Insekten. So war die Biomasse und

Diesen möglichen Wechselwirkungen zwischen Klima und Landnutzung geht auch das interdisziplinäre Forscherteam im Forschungsverbund LandKlif auf den Grund. Das vom Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst finanzierte und im Rahmen des Bayerischen Netzwerks für Klimaforschung (bayklif) durchgeführte Projekt untersucht die Auswirkungen des Klimawandels auf

Artenvielfalt und Ökosystemleistungen in naturnahen, agrarischen und urbanen Landschaften in Bayern (Abb. 1). Neben den Auswirkungen auf Pflanzen und Wildspielen auch hier die Insekten eine zentrale Rolle. Denn Insekten sind nicht nur ästhetisch wertvoll, sie erbringen auch eine Vielzahl unverzichtbarer Ökosystemleistungen (Abb. 1, Bilder). So sind sie maßgeblich verantwortlich für die

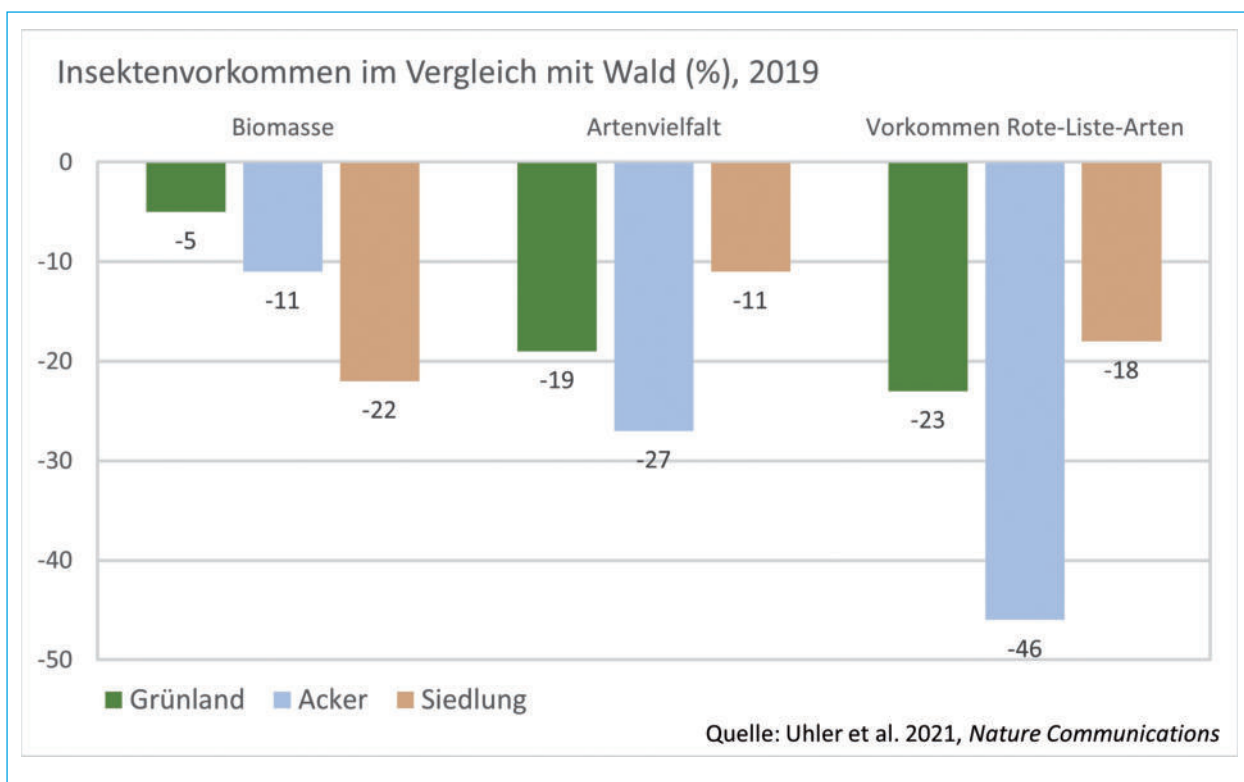


Abb. 4: Einfluss der Landnutzung auf die Biomasse und Artenvielfalt von Insekten in Bayern. ■

Vielfalt von Insekten in anthropogen geprägten Lebensräumen wie Ackerflächen und Siedlungen im Durchschnitt 22 bis 27 % niedriger als in naturnahen Lebensräumen wie Wäldern, die Vielfalt gefährdeter Rote-Liste-Arten sogar um ca. 45% niedriger (Uhler et al. 2021, *Abb. 4*). Und obwohl die Gesamtvielfalt in wärmeren Regionen Bayerns bisher mehr Arten aufzeigte als in kühleren Regionen, verdeutlichen die Daten doch Unterschiede zwischen den untersuchten Insektengruppen. Sowohl Temperatur als auch Landnutzung verringerte die Abundanz und Artenvielfalt von Dungkäfern (Jana Englmeier, unveröffentlicht). Schmetterlinge in intensiv genutzten Landschaften reagierten zwar negativ auf wärmere Durchschnittstemperaturen, profitierten jedoch von dem Puffereffekt naturnaher Habitate, insbesondere Wälder (Ganuza et al. 2022). Dies liegt vermutlich zum einen an den besonderen mikroklimatischen Bedingungen des Waldes (höhere Luftfeuchtigkeit, geringere Durchschnittstemperaturen), zum anderen an dem größeren Strukturreichtum naturnaher Lebensräume, die mehr Arten Unterschlupf und Nahrung bieten und somit deren Überlebenschancen erhöhen. Zu den Gewinnern gehörte ein wichtiger Schädling von Raps, der Rapsglanzkäfer. Seine Abundanz nahm auf untersuchten Ackerflächen mit wärmeren Temperaturen zu (Ute Fricke, unveröffentlicht).

Und wie steht es um die Auswirkungen auf durch Insekten erbrachte Ökosystemleistungen? Auch hier zeigt sich ein differenziertes Bild. Die Zersetzungsversuche deuten darauf hin, dass der Abbau von Dung in unseren Breitengraden weitgehend unbeeinflusst vom Klima war, wohingegen Insekten nicht nur die Zersetzung von Kadavern förderten, sondern der Abbau außerdem durch wärmere Bedingungen beschleunigt wurde (Jana Englmeier, unveröffentlicht). Die Art der Landnutzung dagegen spiel-

te weder für den Abbau von Dung noch von Kadavern eine entscheidende Rolle. Trotz des höheren Schädlingsdruckes blieb die Regulierung von Rapsglanzkäferlarven durch parasitoide Wespen auch mit zunehmenden Temperaturen konstant, ebenso wie die Rapsertträge (Ute Fricke, unveröffentlicht). Auch die von anderen räuberischen Insekten erbrachte Leistung der Prädation scheint bisher weder durch Klima noch Landnutzung beeinflusst zu sein, profitierte generell aber von einer hohen Strukturvielfalt in der Landschaft (Fricke et al. 2022). Anders als für die Artenvielfalt wurden bisher keine Wechselwirkungen zwischen Klima und Landnutzung beobachtet, doch weitere Ergebnisse zur anderen Ökosystemleistungen (z.B. der Bestäubung von Wild- und Nutzpflanzen) stehen noch aus.

Die unterschiedlichen Reaktionen von Artenvielfalt und Ökosystemleistungen auf Klima und Landnutzung lassen interessante Schlüsse hinsichtlich der Folgen des Insektenchwundes für uns Menschen zu, sollten jedoch gleichzeitig mit großer Vorsicht interpretiert werden. Manche Pflanzen, auch Nutzpflanzen wie Raps, sind teilweise in der Lage, einen Mangel an Bestäubung oder auch höheren Schädlingsdruck zu kompensieren, so dass die Auswirkungen des Klimawandels auf Erträge erst zu einem späteren Zeitpunkt ersichtlich werden könnten. Außerdem sind diverse Ökosysteme bis zu einem gewissen Grad robust gegen den Verlust an Artenvielfalt, solange andere (teils neu zugewanderte) Arten dieselben Aufgaben übernehmen und die entstandenen Lücken füllen. So könnte der Zuwachs an Gesamtartenvielfalt und der fehlende Rückgang an Ökosystemleistungen mit höheren Durchschnittstemperaturen das Ergebnis von Zuwanderung wärmetoleranter Arten sein. Großflächige Verluste an Artenvielfalt sind in Zukunft dennoch zu erwarten, sobald weiter steigende Temperaturen die Toleranzgrenze heimischer und neu

zugewanderter Arten überschreiten. Spätestens dann sollte sich dies auch in den durch Insekten erbrachten Ökosystemleistungen widerspiegeln. Auch zeigen Wildtiere und Pflanzen teils gegensätzliche Muster zu den Insekten, vor allem in Bezug auf die Landnutzung. Welche Auswirkungen dies auf die Insekten und durch Pflanzen und Tiere erbrachte Ökosystemleistungen hat, steht noch aus. ■

### Referenzen:

Seibold et al. (2019) Arthropod Decline in Grasslands and Forests Is Associated with Landscape-Level Drivers. *Nature* 574 (7780): 671–74. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1684-3>

Outhwaite et al. (2022) Agriculture and climate change are reshaping insect biodiversity worldwide. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04644-x>

Uhler J, Redlich S, et al. (2021) Relationship of insect biomass and richness with land use along a climate gradient (2021). *Nature Communications*; 12: 5946. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26181-3>

Ganuza C, Redlich S, et al. (in press) Interactive effects of climate and land use on pollinator diversity differ among taxa and scales. *Science Advances*.

Fricke U, et al. (in press) Landscape diversity and local temperature, but not climate, affect arthropod predation among habitat types. *PLOS ONE*.

### Autoren:



**Dr. Sarah Redlich**  
Akademische Rätin  
im Lehrstuhl für  
Tierökologie und  
Tropenbiologie,  
Universität Würzburg.  
Projektkoordinatorin „LandKlif“

[sarah.redlich@uni-wuerzburg.de](mailto:sarah.redlich@uni-wuerzburg.de)

Tel.: 0931/31 82129

<https://www.biozentrum.uni-wuerzburg.de/zoo3/>



**Prof. Ingolf Steffan-Dewenter**  
Leiter des Lehrstuhls  
für Tierökologie und  
Tropenbiologie, Universität Würzburg

[ingolf.steffan@uni-wuerzburg.de](mailto:ingolf.steffan@uni-wuerzburg.de)

Tel.: 0931/31 86947

<https://www.biozentrum.uni-wuerzburg.de/zoo3/>

Universität Würzburg  
Biozentrum - Am Hubland  
97074 Würzburg, Deutschland

# Wasserstoff gegen den Klimawandel

ENERGIE  
MOBILITÄT  
UMWELT  
LOGISTIK  
FINANZEN

PARTNER DER WELT



# Wasserstoff – Chance und Schlüssel zur Energiewende?

Seit über 4 Milliarden Jahre laufen auf unserem Planeten chemische Prozesse ab, die zur Ausbildung einer Erdatmosphäre geführt haben, wo tierische und pflanzliche Zellen sich weiter entwickeln konnten und so zu dem heutigen uns bekannten Erscheinungsbild von Fauna und Flora geführt haben. Eine wichtige Rolle hat hier der Kohlenstoff und das Wasser gespielt, die zusammen mit den Elementen Schwefel, Phosphor und Stickstoff letztendlich die Entstehung lebensfähiger Organismen erst möglich gemacht hat.

Seit Urzeiten kann die Natur effizient mit ihren Ressourcen umgehen. So wächst und gedeiht in der Pflanzenwelt alles in sattem Grün, produziert keine Abfälle und verbraucht ihre Ressourcen nicht. Wie macht sie das?

Das Geheimnis ist ihr spezieller Umgang mit den auf der Erde verfügbaren energetischen und stofflichen Ressourcen. Energie bezieht die Natur von der unendlichen Quelle der Sonne des weiß-blauen Himmels (Abb. 1). Die hier genutzte Photosynthese der pflanzlichen Zellen ist nicht mal besonders effizient und hat einem schlechten Wirkungsgrad, aber sie produziert dennoch extrem große Mengen an Biomasse.

Das zweite und entscheidende Geheimnis der Natur ist der effiziente Umgang mit den begrenzten stofflichen Ressourcen der Welt. Die Natur unterscheidet nicht zwischen Rohstoff und

Abfall, sondern führt die entscheidenden Elemente, v.a. Wasserstoff (H), Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Stickstoff (N) und einige Metalle (M) grundsätzlich im Kreislauf. Weil diese Grundbausteine so immer wieder neu zu chemischen Verbindungen verknüpft werden, sind sie beliebig oft verwendbar – seit Jahrmillionen.

Die Lebens- und Wirtschaftsweise moderner Industrienationen unterscheidet sich hier vom Konzept der Natur grundsätzlich in der Gewinnung und Nutzung von Energie und Ressourcen. Wie bekannt, haben seit Beginn des Industriezeitalters stufenweise bahnbrechende Innovationen von der Dampfmaschine bis zum moder-

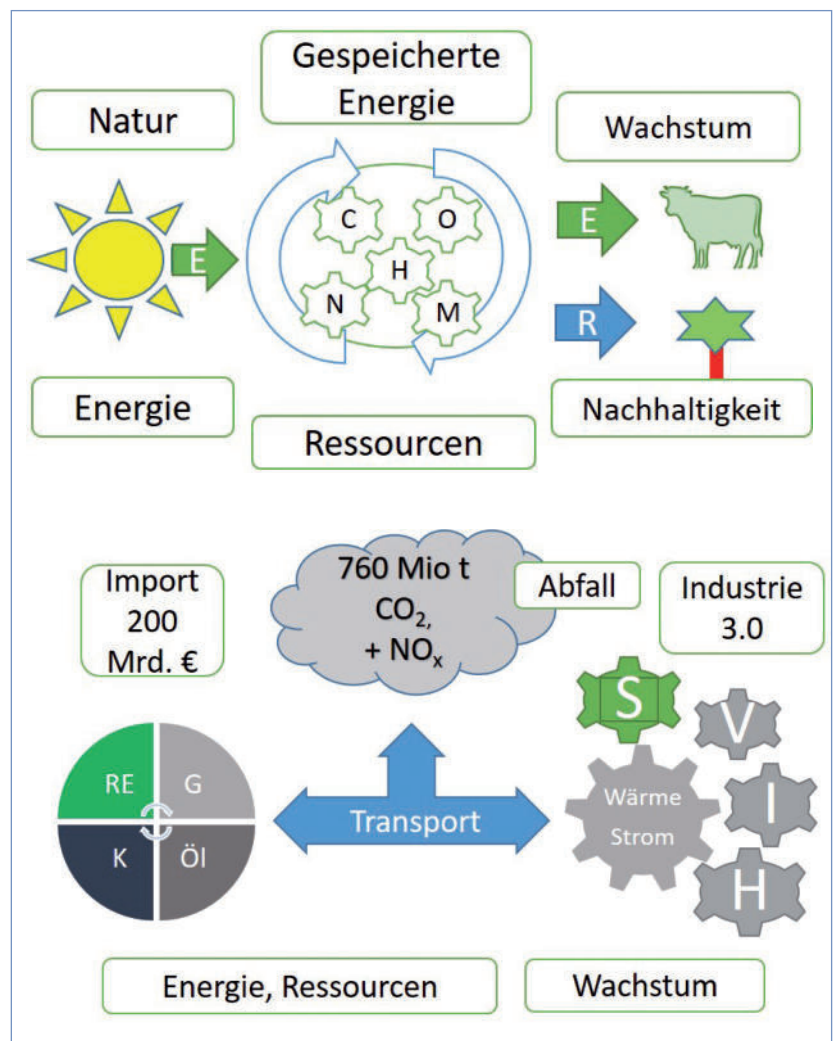


Abb. 1: Energie- (E) und Ressourcen-Nutzung (R) durch Natur (oben) und Menschen (unten) in den Sektoren Stromgewinnung (S), Verkehr (V), Industrie (I), Haushalt (H). ■

nen Smartphone unser Leben maßgeblich beeinflusst und zu enormem Wachstum in der Wirtschaft und zum Wohlstand geführt. Dabei werden permanent Energie und Ressourcen als stofflich endliche Quellen der Natur entnommen und zum größten Teil nicht regeneriert, sondern geht als Abfall oder Reststoff erst einmal verloren. Insbesondere die Energiegewinnung basiert z.B. in Deutschland noch immer zu ca. 75% auf fossilen Energieträgern, also auf dem Kohlenstoff, der seit Jahrtausenden gespeichert wurde. Der jährliche Primärenergiebedarf von ca. 3200 TWh wurde im Jahre 2021 zu 75% aus Kohle, Erdgas und Erdöl gedeckt. Der größte Anteil des Energiebedarfs wurde damals noch für ca. 150 Mrd. Euro importiert (heute deutlich höher) und zu ca. 760 Mio. kg CO<sub>2</sub> verbrannt. Deutschland ist damit Nr.1 in Europa bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Wie uns die aktuellen Jugendbewegungen und Kriegshandlungen gerade vor Augen führen, machen uns der Import der Energie dadurch stark abhängig von den

Ländern mit fossilen Kohlenstoffvorkommen und führen zwangsläufig zur wirtschaftlichen Gefährdung in Krisenzeiten. Zusätzlich sind seit Jahren der Klimawandel und die Umweltzerstörung zur existenziellen Bedrohung für Europa und die Welt geworden, weshalb die EU-Kommission und die Bundesregierung in zunehmendem Umfang eine nachhaltige Lebens- und Wirtschaftsweise anstreben. Man orientiert sich hier an den Zielen der Dokumente von Rio aus 1992. In der Tat wird dazu die Energiegewinnung nach dem Vorbild der Natur auf unerschöpflichen Quellen von Sonne, Wind und Wasser umgestellt. Als Schlüsselsektor wurde die Stromgewinnung (S) bereits zu 50% auf regenerativen Energiequellen (RE) umgestellt. Bei der Dekarbonisierung bzw. der Defossilierung der Sektoren Verkehr (V), Haushalte (H, v.a. Heizung) und Industrie (I) bietet die Elektrifizierung enorme Potentiale und zeigt aber auch zahlreiche noch ungelöste Schwierigkeiten auf wie z.B. die limitierten

Ausbaumöglichkeiten von Wind-, Solar- und Biogasanlagen als regenerative Quellen. Hinzu kommen oftmals die großen Distanzen zwischen dem Ort der Energiegewinnung und dem Ort der Nutzung. Fehlende ausreichend große Energie-Speicher, Netzstabilisatoren und Leitungen zum Transport großer Mengen Energie kommen hinzu. Die aktuell verfolgte Batteriespeichertechnologie zeigt wohl zunehmend Fortschritte, ist aber aufgrund begrenzter Rohstoffressourcen und dem hohen Speichergewicht für den Transport schwerer Güter, wie z.B. beim LKW-Transport, bei Schiffen und Flugzeugen nur schwierig oder nicht wirtschaftlich einsetzbar. Hier kommt das Element Wasserstoff ins Spiel. Wasserstoff ist das am meisten verbreitete Element im Universum. So besteht die Sonne fast vollständig aus Wasserstoff und auf der Erde ist der Wasserstoff im Wasser gebunden. Er bildet zusammen mit dem Kohlenstoff die Grundlage der lebenden Organismen und ist in ex-

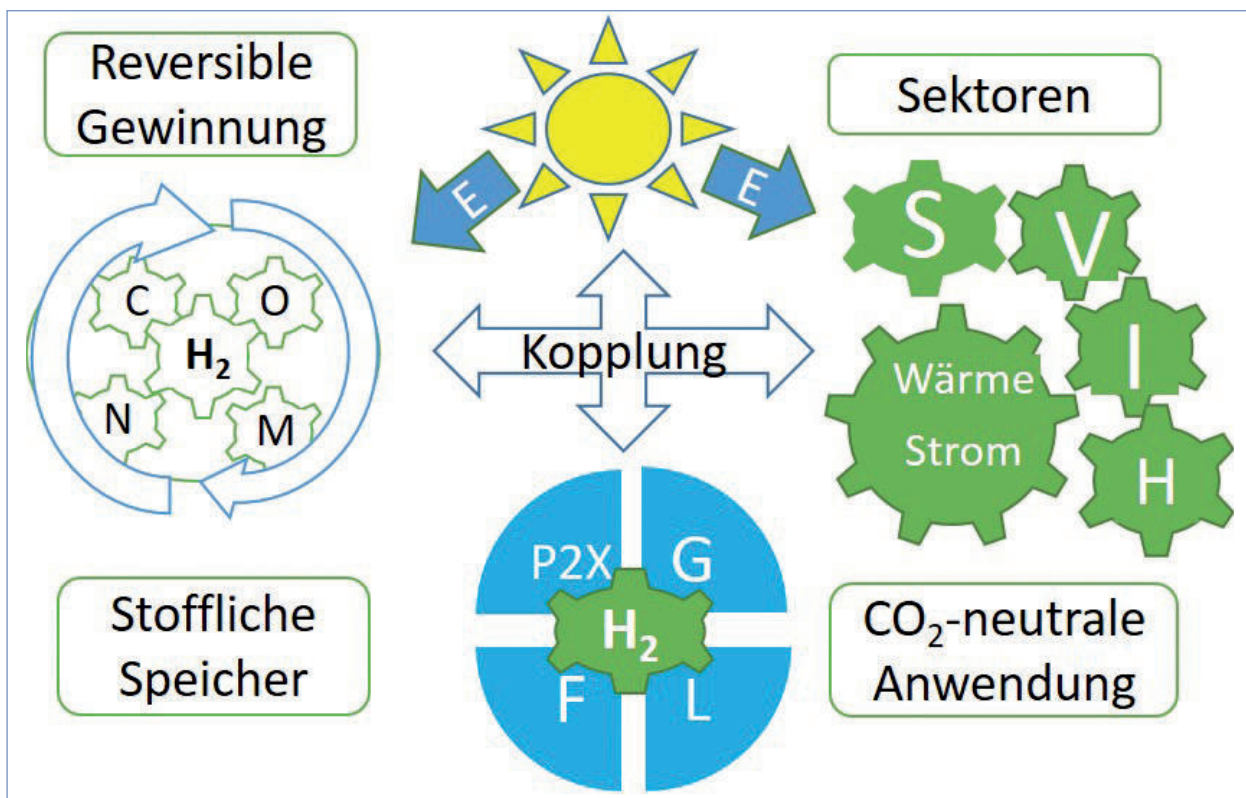


Abb. 2: Kopplung von Energie- und Ressourcennutzung mit Hilfe von Wasserstoff. ■

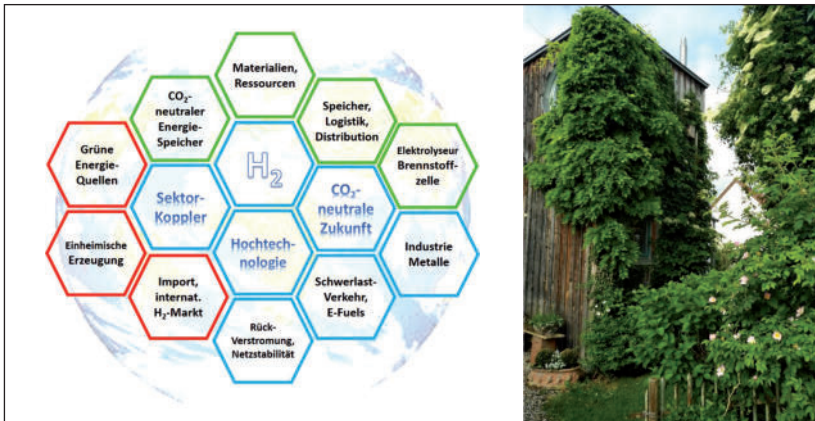


Abb. 3: Aspekte der Wasserstoff-Technologie ■

trem großer Menge verfügbar. Er ist grundsätzlich chemisch gebunden, kann aber durch Energiezufuhr freigesetzt werden. Wie in Abb.2 dargestellt, kann Wasserstoff als Riesen-Akku regenerative Energie (Strom, Wärme) an allen Orten der Erde beliebig oft und skalierbar stofflich speichern. Nach dem Power-to-X-Konzept (P2X) kann H<sub>2</sub> in flüssige (L), gasförmige (G) und feste Formen (F) und Derivate (Ammoniak, Methanol, Methan, LOHC, Hydridspeicher, E-Fuels) umgewandelt, gespeichert und transportiert werden. Er kann dabei reversibel an dieselben Elemente binden, die die Natur zur stofflichen Energie-Speicherung verwendet (C, O, N). Wasserstoff kann in allen Sektoren von der Stromwirtschaft und Netzstabilisierung, Verkehr, Haushalt und Industrie zur Energiegewinnung eingesetzt werden. Stofflich kann er zudem als Reduktionsmittel in der Metallindustrie und zur Herstellung von E-Fuels, chemischen Grundstoffen und Düngemittel eingesetzt werden. Da er verschiedene Sektoren, insbesondere die stoffliche und energetische Welt verknüpft, wird er auch als Sektor-Koppler bezeichnet. Wie fälschlicherweise oftmals angenommen, ist Wasserstoff nicht Konkurrenz zur Elektrifizierung mit der Batterietechnologie, sondern ergänzt sie und macht sie in vielen Bereichen durch hybride Kombination erst möglich.

Eine wichtige Voraussetzung für die vollständige Klimaneutralität einer weltweiten Wasserstoff-Wirtschaft ist die Verwendung von grünem Wasserstoff, der ausschließlich durch regenerative Energie und damit CO<sub>2</sub>-neutral gewonnen wird. Damit verbunden ist die Herausforderung genügend Wasserstoff auf diese Weise herzustellen und entsprechende Lagerungs- und Transportkapazitäten zu schaffen. Es werden hier große Chancen für den Aufbau deutscher Industriekompetenz zur Wasserstoff-Wirtschaft gesehen, um eine klimaneutrale Zukunft sicherzustellen.

In Augsburg existiert ein interdisziplinärer Verbund von Lehrstühlen und Arbeitsgruppen, um die Expertise und den Austausch hinsichtlich der Forschung zu relevanten Themen der Wasserstofftechnologie zu bündeln und um einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung der Energiewende und der Europäischen, Nationalen und Bayerischen Wasserstoff-Strategie und Klima-Allianz zu leisten. Die Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät der Universität umfasst Expertisen zu Materialsynthesen / -charakterisierungen, Monitoring, Simulationen, Prozeß-Entwicklungen, Gasreaktionen / -separation, und u.a. deren Adaptierung an KI. Das H<sub>2</sub>.UniA-Netzwerk bearbeitet hierbei die wichtigsten Wasserstoff-Themenbereiche „Er-

zeugung“, „Speicherung & Transport“, sowie „Anwendungsbezogene Nutzung“ adressieren. (Abb. 3)

Es besteht eine branchenübergreifende Vernetzung mit Industriepartnern um die Umsetzung modernster Technologien im industriellen Maßstab zu begleiten. Dies beinhaltet auch eine enge Kooperation mit dem bifa Umweltinstitut GmbH Augsburg, das seit mehr als 30 Jahren als anwendungsorientierte Forschungs-, Entwicklungs- und Beratungseinrichtung ein breitgefächertes Leistungsspektrum rund um den „Technischen Umweltschutz“ repräsentiert. Zu erwähnen ist hier auch das KUMAS – Kompetenzzentrum Umwelt e.V., das neben wirtschaftlichen Aspekten und dem Ausbau des Umweltkompetenzzentrums Augsburg, das Augenmerk auf die Sicherung und Verbesserung der regionalen Umweltqualität in Bayerisch-Schwaben und Bayern legt, indem Projekte im Umwelt- und Naturschutz aktiv unterstützt werden.

#### Autoren:



Prof. Dr.  
Richard Wehrich  
Institut für Materials  
Resource Management (MRM)

Universität Augsburg  
Am Technologiezentrum 8  
D-86159 Augsburg (Germany)  
E-mail: richard.wehrich@mrm.uni-augsburg.de  
Tel.: +49 821 598 69131  
Tel. +49 821 598 69100 (Sekt.)  
Mobil +49 151 68813093



Dr. Michael Heine  
CME Carbon  
Materials  
Engineering

E-Mail:  
michael.heine@composites-uni-augsburg.com  
Tel. +49 8273 9945306  
Mobil: +49 171 4740710



# Grüner Wasserstoff – Energieträger der Zukunft aus nachhaltigen Energiequellen

Die Stromgewinnung aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen ist etabliert – grüne Wasserstoff-erzeugung steckt hingegen noch in den Kinderschuhen. Die nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung verleiht der Wasserstoffherzeugung zusätzliche Schubkraft.

## Wasserstoff – Energieträger der Zukunft

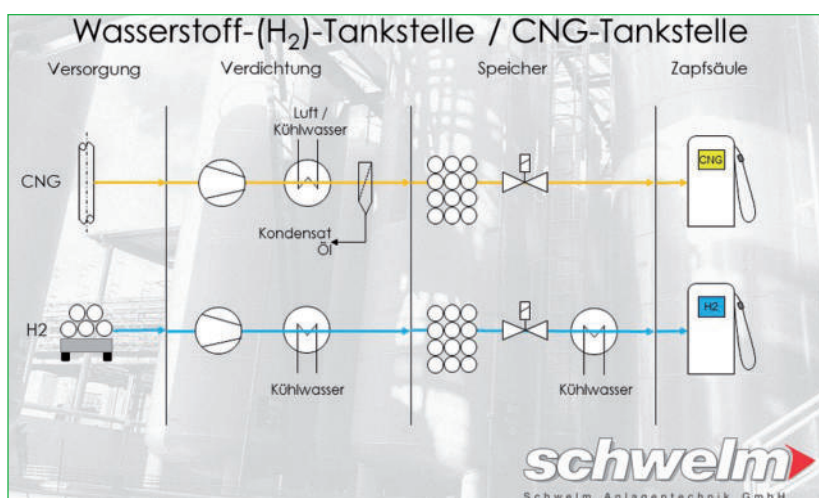
Zahlreiche Projekte zur Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff sind bundesweit angestoßen. Mit der nationalen Wasserstoffstrategie sollen Klima-, Energie-, Industrie- und Innovationspolitik verzahnt werden. Deutschland soll international eine Vorreiterrolle bei grünem Wasserstoff einnehmen.

Wasserstoff, allem voran grüner Wasserstoff, ist vielfältig einsetzbar und speicherbar. Wasserstoff ist Hoffnungsträger für ein nachhaltiges Verkehrswesen. Und wird Wasserstoff aus nachhaltigen Energiequellen erzeugt, kann er den heute in der Industrie eingesetzten grauen Wasserstoff in Teilen ersetzen.

## Strom aus Wind- und Photovoltaik-Anlagen zur Wasserstoffherstellung

Mit dem bevorstehenden Auslauf der 20-jährigen EEG-Vergütungsdauer für Strom aus Windkraft- und PV-Anlagen der ersten EEG-Fassung, sind Anschlusskonzepte zur Energienutzung nötig. Elektrolyseure, welche Strom aus bestehenden und neuen grünen Stromerzeugungsanlagen nutzen, sind ein Mittel der Wahl, um aus schwankender elektrischer Energie Wasserstoff zu gewinnen, um dann bedarfsgerecht Strom zu erzeugen.

Mit der zunehmenden Anzahl wasserstoffbetriebener Fahrzeuge und der Entwicklung von CO<sub>2</sub>-Vermeidungsstrategien in der Industrie, entsteht ein neuer Absatzmarkt für



Wasserstofftankstelle / Projektbeispiel ■

grüne Wasserstoffproduzenten. Die ersten Flottenbetreiber haben bereits Wasserstoffbusse im Einsatz, darunter auch die Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB). Sie haben auf ihrem Betriebshof im Dezember 2020 eine eigene Wasserstofftankstelle in Betrieb genommen. LKW's und Schiffe setzen ebenfalls auf grünen Wasserstoff als Treibstoffalternative.

## Bewusstsein für Nachhaltigkeit schafft Wettbewerbsvorteile

Die Infrastruktur für Erzeugung, Transport und Verteilung wird in den kommenden Jahren wachsen müssen, um einen signifikanten Anteil im Verkehrsegment zu erreichen. Doch die Chancen sind gut, denn mit dem steigenden Bewusstsein für Nachhaltigkeit, sind Unternehmen nicht nur aus der Transportbranche gefordert, die Erfüllung von Nachhaltigkeitskriterien nachzuweisen. So definieren Investmentfonds ihre Kriterien, nach denen investiert werden darf. Unter-

nehmen prüfen ihre Lieferanten auf die Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien, die sich nicht explizit nur auf die Energiegewinnung und den Energieeinsatz beziehen. Kurzum: Marktteilnehmer erzielen Wettbewerbsvorteile, wenn sie ihre eigene Nachhaltigkeitsstrategie entwickeln. Teil dieser Strategie kann der Einsatz von grünem Wasserstoff sein. Die Zeichen stehen nicht zuletzt aufgrund der nationalen Wasserstoffstrategie auf Grün. ■

Autor:



**Daniel Kellermann**  
Geschäftsführender  
Gesellschafter

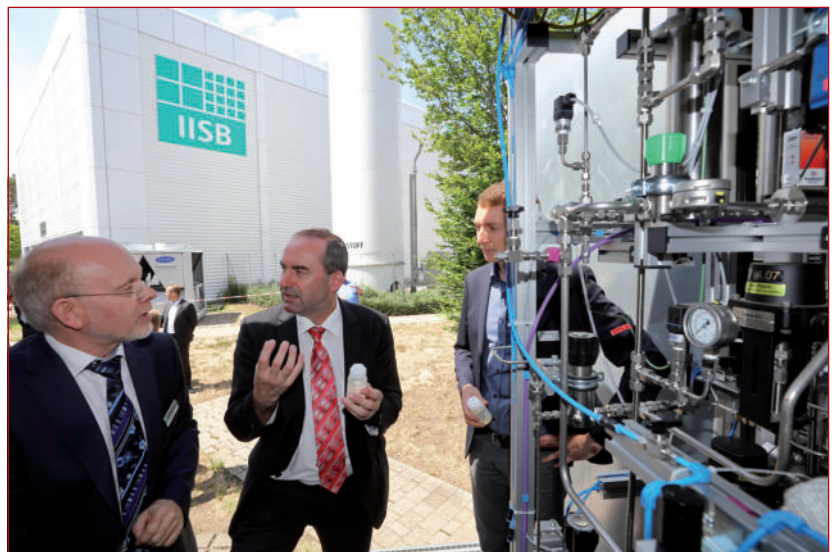
greenValue GmbH  
Wieseneckstraße 26  
90571 Schwaig b. Nürnberg  
www.greenvalue.de  
dkellermann@greenvalue.de  
0911-507166-0

# Europäische Metropolregion Nürnberg – fruchtbarer Boden für eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft

Die Nutzung von Wasserstoff für Transportzwecke ist keine neue Erfindung. Das erste systematisch geplante Projekt war das sog. "Euro-Quebec Hydro-Hydrogen"-Pilotprojekt von 1989 bis 1992, an dem auch die Region um Nürnberg beteiligt war. Aufgrund der schwierigen Rahmenbedingungen wurden allerdings nur kleine Teilprojekte realisiert. Hierzu gehörte der erste wasserstoffbetriebene Stadtlinienbus in Erlangen Anfang der 90er Jahre. Die Projekte bildeten den Keim für spätere Wasserstoff- und Brennstoffzellenanwendungen bis hin zu den Power-to-Gas-Konzepten der jüngsten Zeit.

Einen neuen Schub erhielt die Region jüngst mit der Ansiedelung des Zentrums Wasserstoff.Bayern (H2.B) im Jahr 2019 beim Energie Campus Nürnberg. Das Zentrum war maßgeblich an der Entwicklung der bayerischen Wasserstoffstrategie beteiligt und koordiniert gegenwärtig die Erstellung der bayerischen Wasserstoff-Roadmap. Zudem ist es Träger des Wasserstoffbündnis Bayern, in dem sich führende Unternehmen und Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen haben, um die Technologie voranzutreiben. Hierzu gehört auch die Koordination großer industrieller Demonstrationsprojekte. Auch die bayerischen Industrie- und Handelskammern (IHKs) sind Partner im Wasserstoffbündnis und konnten sich bei der H2-Strategie für die Belange der Wasserstoffwirtschaft einbringen.

Erste Wasserstoffprojekte in der Europäischen Metropolregion Nürnberg zeigen die Chancen auf. Die derzeit größte deutsche Wasserstoff-erzeugungsanlage wird gegenwärtig im oberfränkischen Wunsiedel errichtet. Die hocheffiziente Elektrolyseanlage von Siemens Energy aus



Bayerns Wirtschaftsminister und Stellvertretender Ministerpräsident Hubert Aiwanger (Mitte), der kommissarische Leiter des Fraunhofer IISB Prof. Martin März (links) und IISB-Wissenschaftler Johannes Geiling diskutieren am Industriestandort Erlangen Aspekte der Langzeitspeicherung von regenerativ erzeugter Energie mittels Wasserstoff und organischer Trägerflüssigkeiten (LOHC). Foto: Kurt Fuchs ■

Erlangen soll ausschließlich mit Wind- und Solarstrom betrieben werden und Ende 2021 in Betrieb gehen.

In der Region hat sich ein Spitzen-Forschungs- und Entwicklungs-Cluster um den Energie Campus Nürnberg (EnCN) und das Helmholtz Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN)

ausgebildet. Schwerpunkt der Expertise liegt in der Wasserstoffspeicherung in Flüssigkeiten, den sogenannten Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHCs). LOHCs bieten neue Ansatzpunkte für die Wasserstofflogistik sowie für stationäre und mobile Anwendungen. Der Vorteil von LOHC: Mit diesem Verfahren lässt sich der Wasserstoff wie Benzin

transportieren, lagern und die bisherige Infrastruktur nutzen. Mit dem Erlanger Start-up-Unternehmen Hydrogenious gibt es ein Spin-off der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), das die LOHC-Technologie weltweit vermarktet.

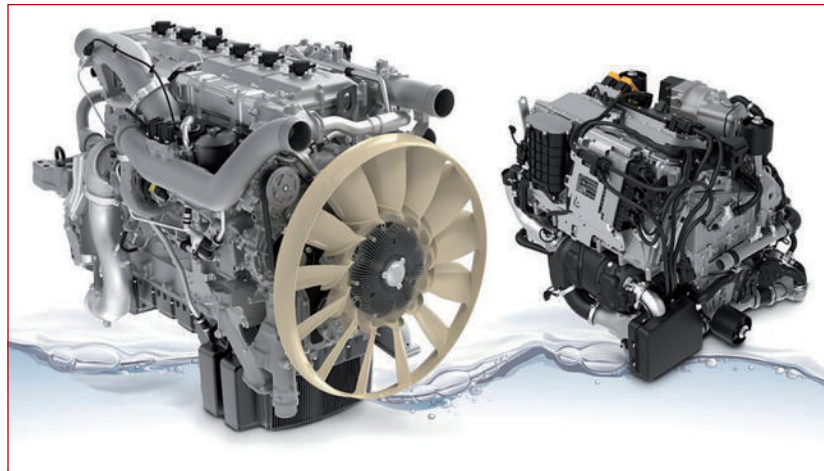
Beim Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelemententechnologie (IISB) in Erlangen hatte man schon vor mehreren Jahren die wesentlichen Komponenten für dieses LOHC-Wasserstoffkraftwerk in einen Container gepackt und gezeigt, dass es funktioniert.

Ein Energiespeicher auf Basis der LOHC-Technik ist zugleich die Schlüsselkomponente eines geplanten Wasserstoff-Kraftwerks, mit dem die Nürnberg Messe bis zum Jahr 2028 klimaneutral werden will. Die Ambitionen spiegeln sich im Messe- und Eventprogramm: Mit dem jährlichen 'Hydrogen Dialogue' bringt die Nürnberg Messe Entscheider und Experten aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Wasserstoffwirtschaft zusammen.

Rückgrat für die Wasserstoff-Mobilität in der regionalen Wirtschaft sind die traditionell starken Unternehmen aus den Bereichen Automobilzulieferer und Motorenbau.

So haben MAN Truck & Bus, die FAU und die Technische Hochschule Nürnberg (THN) eine Kooperationsvereinbarung zur Forschung und Entwicklung von wasserstoffbasierten Fahrzeugantrieben geschlossen. Die jeweiligen Kompetenzen der Partner spielen dabei ideal zusammen: Die FAU wird den Schwerpunkt auf die Grundlagenforschung setzen, die THN ihre Stärken im Gebiet der anwendungsnahen Forschung einbringen und der Nutzfahrzeughersteller MAN für die Umsetzung der Forschungsergebnisse bei Wasserstoff-Brennstoffzellen und -Verbrennungsmotoren in Lkw und Bussen sorgen.

Das Nürnberger Werk des globalen Zulieferers Robert Bosch GmbH ist mit seinen knapp 2 000 Beschäftigten



Der Lkw-Hersteller MAN will ab dem Jahr 2023 Prototypen-Fahrzeuge mit Wasserstoff-Verbrennungsmotor und Brennstoffzelle testen. Foto: MAN ■

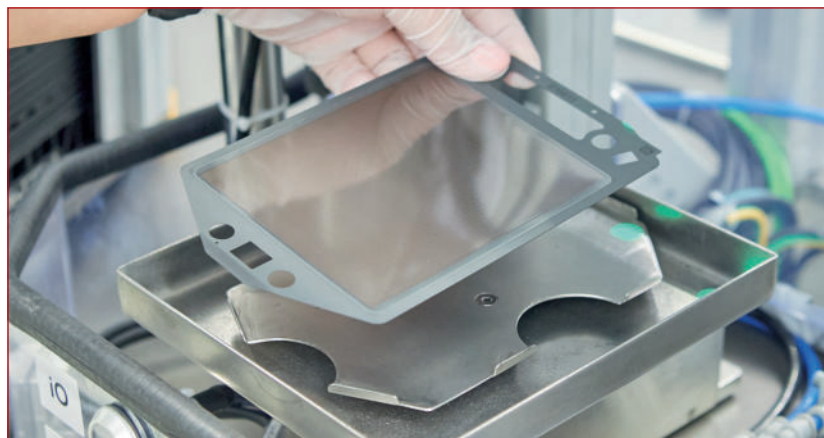
eigentlich ein klassischer „Verbrenner-Standort“. Für die Zukunft ist eine Doppelstrategie vorgesehen: Einerseits werden die Komponenten für die Benzineinspritzung weiterentwickelt, um Kraftstoffverbrauch und Emissionen weiter zu senken. Andererseits macht sich Nürnberg fit für die Zukunft im Bereich des Brennstoffzellensystems und der Wasserstofftechnik. Hier geht es um die sogenannte Vorindustrialisierung von Ventilen für die Brennstoffzelle sowie um eine Magnetbaugruppe für ein Wasserstoffventil.

Weiter hat Bosch angekündigt, im Jahr 2024 am Standort Bamberg mit der Serienfertigung von stationären Brennstoffzellensystemen zur Energiegewinnung beginnen zu wollen. Diese sog. Festoxid-Brennstoffzelle gilt als ein möglicher Baustein für nachhaltige Energiegewinnung in der Zukunft und kann für eine vernetzte,

dezentrale Energieversorgung zum Beispiel von Städten, Fabriken, Rechenzentren oder Ladeparks von Elektro-Fahrzeugen dienen.

Auch die Schaeffler AG in Herzogenaurach entwickelt Produkte und Lösungen für die Wasserstofftechnologie. Eine der Entwicklungen ist eine metallische Bipolarplatte mit einer nanostrukturierten Beschichtung – eine zentrale Komponente für die Brennstoffzelle, mit der Schaeffler ein Alleinstellungsmerkmal hinsichtlich Funktionalität und Material hat. Die Platten werden zu Stacks aufeinandergeschichtet, an denen die Energieumwandlung stattfindet und Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser reagieren.

Um bei den regionalen Anbietern, Anwendern und Entwicklern Kooperationsmöglichkeiten zu schaffen und den Wissensaustausch zu fördern, bietet die IHK Nürnberg für



Fertigung von Festoxid-Brennstoffzellen am Bosch-Standort in Bamberg: Prüfung einer fertig prozessierten Festoxid-Brennstoffzelle. Foto: Bosch ■



Prof. Dr.-Ing. Tim Hosenfeldt, Schaeffler AG, mit metallischer Bipolarplatte für die Wasserstofftechnologie. Foto: Kurt Fuchs ■

Mittelfranken in Kooperation mit den IHKs mit Sitz in Bayreuth, Coburg, Regensburg und Würzburg-Schweinfurt seit dem Jahr 2013 den IHK-Innovations- und AnwenderClub „eMobilität“ an (<http://emobility-nordbayern.de>). Beim 18. Treffen dieses Clubs stand das Thema Wasserstoff sowie die Anwendung im schweren Nutzfahrzeugbereich im Fokus von rund 100 Teilnehmern. Beispiele für weitere regionale Cluster, die das Thema Wasserstoff- bzw. Elektromobilität vorantreiben sind die Bayern Innovativ GmbH, der EnergieRegion Nürnberg e.V. sowie der Center for Transportation and Logistics Neuer Adler e.V. (CNA). Wasserstoffthemen für betriebliche Anwendungen sind ferner Gegenstand im IHK-AnwenderClub „Energie | Klima“. Die genannten fünf IHKs in der Metropolregion starten in Kürze einen eigenen IHK-Innovations- und AnwenderClub „Wasserstoff“ für Unternehmen, um dem Austausch mehr Themenvielfalt und Reichweite zu geben. Bei den Hydrogen Dialogues 2020 und 2021 engagierten sich die IHKs als Aussteller. In der bundesweiten Datenbank ecoFinder werden auf Nürnberger Initiative hin auch Profile von Akteuren der Wasserstoffwirtschaft und -Wissenschaft aufgenommen, um die Markttransparenz in diesem Themenbereich zu erhöhen. Inter-

essierte Einrichtungen können sich kostenfrei eintragen unter [www.ihk-ecofinder.de](http://www.ihk-ecofinder.de).



Industrie- und Handelskammern  
in der Metropolregion Nürnberg



#### Autoren:



Dr.-Ing.  
Robert Schmidt



Dr. rer. nat.  
Ronald Künneht

Industrie- und Handelskammer (IHK)  
Nürnberg für Mittelfranken  
Geschäftsbereich  
Innovation|Umwelt

Hauptmarkt 25/27  
D-90403 Nürnberg  
E-Mail: [iu@nuernberg.ihk.de](mailto:iu@nuernberg.ihk.de)  
[www.ihk-nuernberg.de](http://www.ihk-nuernberg.de)

## WASSERSTOFF Hoffnungsträger und Problemlöser

Die lokale Emissionsfreiheit bei Stickstoffoxyden, Co<sub>2</sub> und Feinstaub spricht für diese Antriebsform.

Bewusst wurde im Hinblick auf eine umweltfreundliche Mobilitätswende in die Brennstoffzellen-Technologie große Hoffnung gesetzt.

Der „grüne Wasserstoff“ wird deshalb auch vom Wirtschaftsministerium bei industriellen Prozessen in der Entwicklung und Prozessumstellung gefördert.

Im Zusammenspiel von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Anwendung kann Wasserstoff ein Zaubermittel für eine klimaneutrale Mobilität sein.



media mind GmbH & Co. KG  
Tel.: 089/23 55 57-3  
[mail@media-mind.info](mailto:mail@media-mind.info)  
[www.media-mind.info](http://www.media-mind.info)

# Erreichen der Emissionsziele durch grünen Wasserstoff

## Das langfristige Ziel: CO<sub>2</sub>-neutrale Luftfahrt

Das Pariser Abkommen zeigt die Bereitschaft von Nationen weltweit, strenge Gesetze zur Eindämmung des Klimawandels umzusetzen, um somit den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur langfristig auf möglichst unter 1,5°C im Vergleich zu vorindustriellen Werten zu begrenzen<sup>1</sup>. Mit dem European Green Deal strebt die Europäische Kommission an, dass in der Europäischen Union bis 2050 netto keine Treibhausgasemissionen mehr freigesetzt werden, was eine weitgehende Umstellung auf erneuerbare Energien in allen Sektoren erfordert<sup>2</sup>. Im Luftfahrtsektor haben die Air Transport Action Group (ATAG) und die High Level Group on Aviation Research in Zusammenarbeit mit dem Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe (ACARE) bereits Emissionsziele

auf Flotten- bzw. Flugzeugebene definiert<sup>3</sup>. Die International Air Transport Association (IATA) hat ambitionierte Ziele formuliert, die ein CO<sub>2</sub>-neutrales Wachstum von 2020 an vorsehen, sowie eine Reduzierung der Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen des Luftverkehrs um 50% bis 2050, verglichen mit den Werten von 2005<sup>4</sup>. Diese massive Reduzierung der Treibhausgasemissionen stellt bereits einen großen technologischen, ökonomischen und politischen Kraftakt dar. Allerdings wird es zusätzlich herausfordernd, in der finalen Phase der Transformation möglichst überhaupt kein CO<sub>2</sub> mehr auszustoßen. Eine besondere Rolle spielt hierbei der Einsatz von erneuerbaren Kraftstoffen mit signifikant geringerer Klimawirksamkeit. Sowohl die Bundesregierung, im Rahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie, als auch die Europäische Union in ihrer "Hydrogen strategy for a climate-neutral Europe" heben das

Potenzial des Sektor-übergreifenden Einsatzes von grünem Wasserstoff zur Erreichung der Ziele des Pariser Klimaabkommens hervor<sup>5, 6</sup>. Neben dem Einsatz von erneuerbarem Wasserstoff zur Herstellung synthetischer Kerosine, stellt die direkte Nutzung von Wasserstoff eine vielversprechende Option als Kraftstoff für die Luftfahrt dar.

## Mittelfristig kann Wasserstoff kostengünstiger werden als nachhaltiges Kerosin

Noch vor wenigen Jahren galten fortgeschrittene Biokraftstoffe, die Kerosin aus umfangreich verfügbaren Rohstoffen wie Stroh oder Holz erzeugen, als die plausibelste Option für eine Energiewende im Luftverkehr. Mittlerweile zählt auch die Herstellung von Wasserstoff durch Elektrolyse zu den kostengünstigsten Methoden, erneuerbare Energieträger zu gewinnen. Dieser Paradigmenwechsel basiert im Wesentlichen auf den

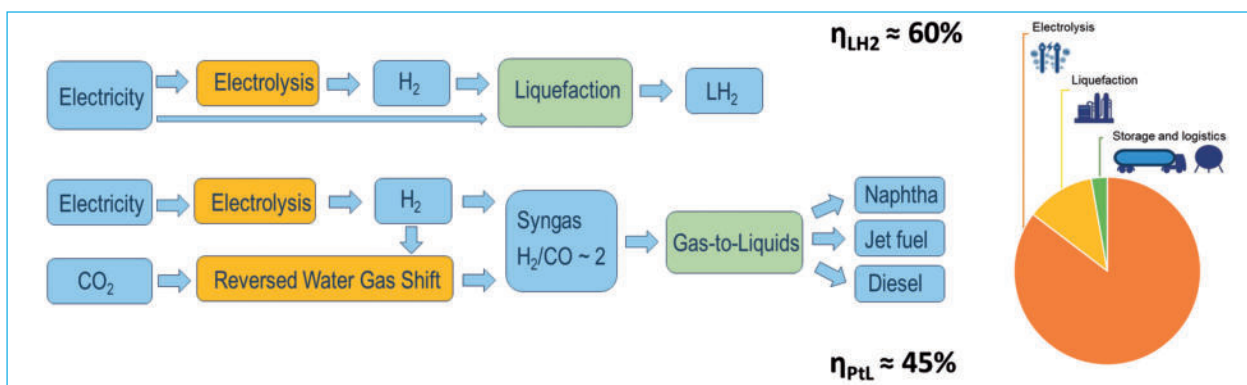


Bild 1: Links: Pfadvergleich Wasserstoff vs. Synthetische Kraftstoffe, Rechts: Anteile Energiebedarf von Wasserstoff durch Elektrolyse, Verflüssigung und Transport ■

deutlichen Kostensenkungen der Sonnen- und Windenergie. Im Vergleich zur Power-to-Liquid Herstellung (also eines synthetischen Kerosins), kann die Produktion von verflüssigtem Wasserstoff ( $\text{LH}_2$ ) deutlich effizienter und kostengünstiger gestaltet werden, da kein  $\text{CO}_2$  benötigt wird, Prozessschritte entfallen und kaum Koppelprodukte entstehen. Diese Vorteile können die höheren Kosten und Verluste entlang einer repräsentativen  $\text{LH}_2$ -Versorgungskette überwiegen. Die energieintensive Verflüssigung zur Bereitstellung von  $\text{LH}_2$  sollte direkt am Standort der Wasserelektrolyse stattfinden, da dort ohnehin erneuerbarer Strom kostengünstig zur Verfügung stehen muss. Auf dem Seeweg erfolgt die Logistik über  $\text{LH}_2$ -Tankschiffe, auf dem Landweg kommen Tankwagen zum Einsatz. Somit könnte  $\text{LH}_2$  an allen großen Flughäfen kostengünstig bereitgestellt werden.

### Wasserstoff ist auch auf der Langstrecke attraktiv

Mehrere Optionen stehen für die Speicherung der Energie in Form von Wasserstoff an Bord des Flugzeuges zu Verfügung. Für große Passagierflugzeuge haben mehrere Untersuchungen ergeben, dass die mit Abstand vielversprechendste Technologie die flüssige Speicherung in kryogenen Drucktanks ist. Die Entwicklung der notwendigen Systeme für die Betankung und Verteilung von Wasserstoff im Flugzeug während des Fluges ist ein obligatorischer Schritt in Richtung eines solchen Systems. Da flüssiger Wasserstoff aufgrund seines Volumens, des Lagerdrucks und der notwendigen Isolierung nicht sinnvoll in den Flügeln gespeichert werden kann, müssen neue Lösungen eingeführt werden, um Flüssigwasserstofftanks etwa in den Rumpf zu integrieren. Die im Vergleich größeren Rumpfdurchmesser eines Langstreckenflugzeuges erlauben hier eine strukturell güns-



Bild 2: Hy-ShAir Konzept-integration von Wasserstoff in einen Langstreckenflugzeug der Zukunft ■

tigere Tankform als bei schmalen Rumpfen. Den Nachteilen des zusätzlichen Rumpfwiderstands kann durch die Integration eines grenschichteneinsaugenden Antriebs am Heck entgegengewirkt werden. Des Weiteren eröffnen sich neue Möglichkeiten im Hinblick auf die Konstruktion des Flügels: Der Raum im Flügel, der bisher für den Kraftstoff reserviert war, kann nun für optimierte strukturelle Belastungspfade genutzt werden, die an die Lasten von Flügeln mit hoher Streckung angepasst sind. Zusätzlich können verbesserte Flugsteuerungsarchitekturen und deren Aktuatorik umgesetzt werden. Beide Aspekte ergänzen einander, da Flügel mit hoher Streckung vorteilhaft als hochflexible, aktiv geregelte Flügel ausgelegt werden können. Auch wenn Wasserstoff als Energieträger eine unmittelbare Verbesserung in der Klimabilanz verspricht, gilt es weiterhin die Effizienz des Flugzeuges so weit wie möglich zu steigern, um zum einen die Gesamtmenge an notwendi-

gem Wasserstoff und damit auch die negativen Implikationen am Flugzeug so gering wie möglich zu halten. Mit Blick auf die veränderten flugzeugseitigen Eigenschaften, aber auch die resultierenden Kostenmodelle, gilt es auch bisher nicht genutzte technologische Optionen neu zu bewerten.

Die primäre Antriebsoption für Verkehrsflugzeuge – auch mit  $\text{LH}_2$  – bleibt die Gasturbine. Das Vorhandensein von Wasserstoff im Flugzeug ermöglicht auch den Einsatz von direkten elektrochemischen Umwandlungsvorrichtungen, nämlich Brennstoffzellen, um Verbraucher zu versorgen. Während von einer Kombination aus Brennstoffzellen und Elektromotoren als primäre Antriebsoption vorläufig lediglich bei Flugzeugen bis zur Größe von Regionalflugzeugen ausgegangen werden kann, könnten Brennstoffzellen durch das bordeigene Wasserstoffspeichersystem beispielsweise die klassische APU (Auxiliary Power Unit) ersetzen, und die elektrischen Subsys-

teme während des Fluges mit Elektrizität versorgen. Dadurch könnten sekundäre Leistungsentnahmen an den Triebwerken verringert werden, so dass diese für eine geringere Leistung ausgelegt werden könnten. Darüber hinaus sind kombinierte Systeme aus Brennstoffzellen- und Turbomaschinen mit Synergiepotenzial denkbar. So könnte etwa das in der Brennstoffzelle als Nebenprodukt entstehende Wasser – entsprechend aufbereitet – zur Leistungs- und Effizienzsteigerung innerhalb der Gasturbine eingesetzt werden.

### Die Herausforderung: Paralleler Betrieb von Kerosin- und Wasserstoff- infrastruktur bei hohen Sicherheitsanforderungen

Für den Luftfahrtsektor kann Wasserstoff neben dem Einsatz als Kraftstoff für zukünftige Flotten auch im Betrieb von bodengebundenen Operationen, wie Fahrzeuge für den Gepäck-, Passagiertransport oder für Pushback<sup>2</sup>, genutzt werden. Eine Transformation dieser verschiedenen Bereiche würde ebenfalls entlang unterschiedlicher Zeithorizonte erfolgen. Die generelle Verwendung sowie graduelle Einführung von Wasserstoff bringt verschiedene Anforderungen an Flughäfen und Fluggesellschaften mit sich. Zum einen wird die parallele Bereitstellung von flüssigem Wasserstoff und Kerosin für den Betrieb am Flughafen notwendig werden, zumindest für eine gewisse Übergangszeit. Zudem muss abgewogen werden, ob LH<sub>2</sub> durch Tankwagen oder durch fest verlegte Leitungen am Gate zur Betankung bereitgestellt wird. Erstere Lösung würde einen potenziell

geringeren Eingriff in die heutige Flughafeninfrastruktur bedeuten<sup>8</sup>, zeigt allerdings auch nicht das gleiche Skalierungspotenzial wie Pipelinelösungen. Zum anderen sind für die Einführung von Wasserstoff veränderte Sicherheitsanforderungen notwendig, die durch die Eigenschaften von Wasserstoff entstehen. Hinsichtlich veränderter Regularien und Standards für die Handhabung von Wasserstoff kann der Luftfahrtsektor auf andere Sektoren und entsprechende Parameter zurückgreifen, in denen eine Nutzung weiter verbreitet ist<sup>9</sup>.

### Systemtransformation der Luftfahrt: Gemeinsame Kraftanstrengung aller Akteure

Wie eine Transformation der Luftfahrt zu Wasserstoff als wesentlicher Kraftstoff aussehen könnte, ist aktuell Gegenstand der Forschung. Große Unsicherheiten bestehen zudem noch darüber, in welchen Marktsegmenten der Wasserstoff eingeführt werden soll, und wie realistische Zeithorizonte dafür aussehen. Denkbar wären nahezu alle Luftfahrtsegmente von Urban Air Mobility, Geschäftsfliegerei bis hin zur Langstrecke. Das Bauhaus Luftfahrt sieht in der Langstrecke ein vielversprechendes Potenzial, da auf diesem Marktsegment überproportional viele Emissionen eingespart werden könnten, Kraftstoffkosten die Betriebskosten dominieren, ein Substitutionspotenzial durch andere klimaeffiziente Verkehrsträger nicht existiert und nur eine geringe Anzahl an Flughäfen umgerüstet bzw. ein kleinerer Teil der Flotte erneuert werden müssen, um einen ersten Betrieb initialisieren zu können.

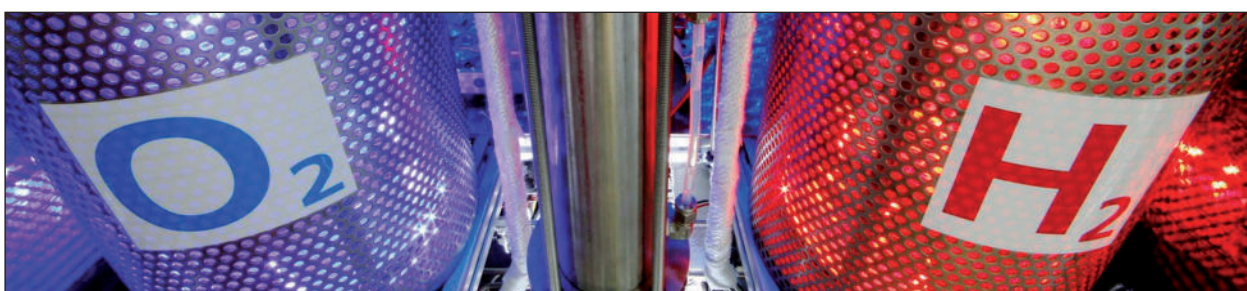
Für eine erfolgreiche Einführungsstrategie müssen neben Flugzeugherstellern, Fluggesellschaften und Flughäfen auch Zulieferindustrien, Forschung, Politik und Gesellschaft frühzeitig eingebunden werden und Synergien mit den anderen Sektoren gefördert werden. Eine erfolgreiche Systemtransition kann nur dann gelingen, wenn frühzeitig die richtigen Impulse gesetzt werden, nahezu alle Akteure profitieren, wenn weltweite Standards und einheitliche Systeme etabliert werden und die Transformation langfristig durch die Politik unterstützt wird.

- 1 [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris\\_de](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_de)
- 2 [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_de](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de)
- 3 <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050>
- 4 <https://www.iata.org/en/programs/environment/climate-change/>
- 5 <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.html>
- 6 [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_20\\_1259](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1259)
- 7 <https://www.csiro.au/en/Do-business/Futures/Reports/Energy-and-Resources/hydrogen-commercial-aviation>
- 8 <https://www.fch.europa.eu/publications/hydrogen-powered-aviation>
- 9 <https://www.csiro.au/en/Do-business/Futures/Reports/Energy-and-Resources/hydrogen-commercial-aviation>

#### **Autor\*innen:**

Valentin Batteiger  
Antoine Habersetzer  
Jochen Kaiser  
Annika Paul  
Fabian Peter  
Kay Plötner  
Arne Seitz  
Andreas Sizmann

**Bauhaus Luftfahrt**  
Willy-Messerschmitt-Str. 1  
82024 Taufkirchen, Germany  
+49 89 3074-8490  
+49 89 3074-84920  
info[at]bauhaus-luftfahrt.net  
www.bauhaus-luftfahrt.net





# Der Augsburg Innovationspark mit dem Technologiezentrum Augsburg

## Wasserstoffkompetenzen und noch mehr

Der **Augsburg Innovationspark** mit dem **Technologiezentrum Augsburg** ist eine Wirtschaftsfördermaßnahme der Stadt Augsburg und des Landkreises Augsburg, die vom Freistaat Bayern unterstützt wird.

Ziel ist es, Innovationen und Technologietransfer für Unternehmen in den Bereichen Wasserstofftechnologie, Luft- und Raumfahrt, Leichtbau, Faserverbund, Mechatronik & Automation, Digitalisierung, Künstliche Intelligenz, Industrie 4.0, Umwelttechnologie und Ressourceneffizienz zu unterstützen.

Diese verschiedenen Bereiche ergänzen sich dabei hervorragend. Ein Beispiel: Wasserstofftanks für Flugzeuge werden aus Carbonfaser-Materialien mit Robotern auf KI-gesteuerten Produktionsanlagen gefertigt. Durch unsere Verknüpfung der Wissensquellen (Universität, Hochschule, Institute, Startups...) mit den Unternehmen gelingt es, das Know-How der Wissensquellen sehr schnell in die industrielle Produktion überzuführen.

Im 70 ha großen Innovationspark können sich Technologieunternehmen ansiedeln oder als Projektgruppe im 12.000 m<sup>2</sup> großen Technologiezentrum Augsburg mit Forschungseinrichtungen eng zusammenarbeiten, um Produktionsprozesse und Produkte zu verbessern. 50 Nutzer wie Forschungsinstitute, Startups, regionale Unternehmen und Global Player sind bereits vor

Ort und beschäftigen über 1000 Fachkräfte.

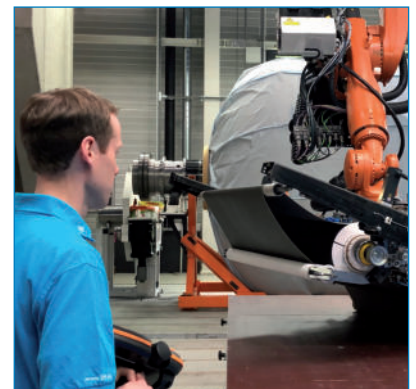
Die **Wasserstofftechnologie** hat für den Augsburg Innovationspark eine zentrale Bedeutung auf Grund der enormen und notwendigen globalen Relevanz und der damit verbundenen Marktchancen, die wir mit den Kompetenzen des Innovationsparks insgesamt sehr gut bedienen.

### Beispielhafte H<sup>2</sup>-Kompetenzen im Augsburg Innovationspark

- **DLR SG:** H<sup>2</sup> in Turbinenanwendung, Test und Simulationen
- **DLR ZLP:** Leichtbaustruktur-Produktionsverfahren bis zur Industriereife, z.B. H<sup>2</sup>-Tankstrukturen
- **Fraunhofer IGCV:** Composite Materials und Prozessautomation
- **AMU mit H2.UniA:** interdisziplinärer H<sup>2</sup>-Verbund von Lehrstühlen und Arbeitsgruppen
- **Material Resource Management Institut:** Technologieentwicklung, Sensorik, Materialaspekte, Analysen, Digitalisierung, KI
- **FZG:** Entwicklung von Getrieben für H<sup>2</sup> Antriebsstränge
- **Composites United, MAI Carbon:** Cluster für Carboncomposites. Anwendung in verschiedenen H<sup>2</sup>-Bereichen, Bildung, Vernetzung und Projekte
- **CMA:** Cluster für Mechatronik

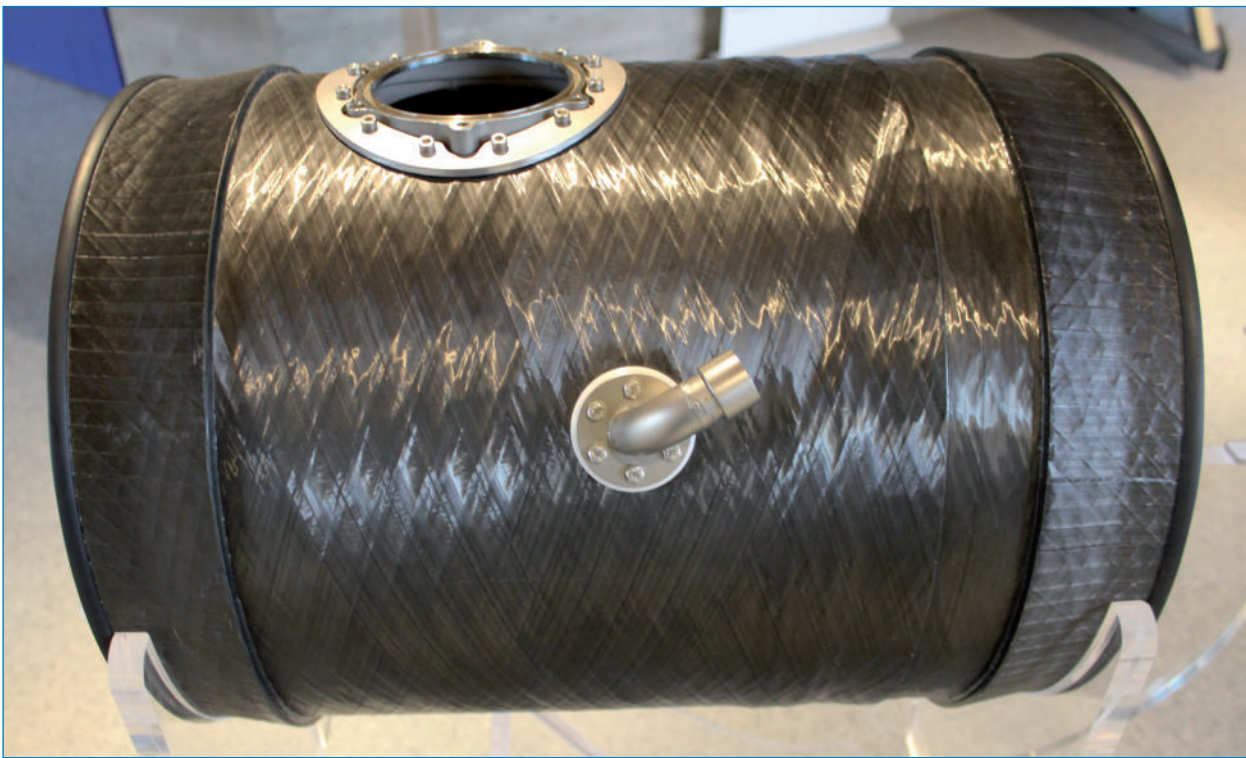
und Automation. Vernetzung, Bildung, Projekte

- **KUMAS:** Cluster, u.a. im H<sup>2</sup>-Bereich aktiv mit Datensammlung, Information, Sensibilisierung, Bewertung, Moderation, Vernetzung, Bildung
- **Bavaria Hydro:** Wasserstoff-Projektentwickler
- **h-tech:** Hersteller H<sup>2</sup>-Großelektrolyseure
- **AdvanTec:** Experimentalflugzeug mit E-Antrieb auf dem Weg zum Brennstoffzellenantrieb
- **Coriolis:** Entwicklung und Produktion von Druckgasspeichern aus Carbonfasern, Roboterproduktionstechnologie
- **3D-MT:** CT-Meßtechnik für Strukturen der H<sup>2</sup> Technik
- **Solvay:** Membran-Elektrodeneinheiten
- **Evobay:** Bipolarplatten-Beschichtungsmaschinen. Entwicklung und Bau
- **Audiatec:** Wasserstoffverbraucher



Tankproduktion mit Robotern  
Foto: © Wolfgang Hehl ■





Wasserstofftank aus Carbon, Foto: © Wolfgang Hehl ■

Wir sind Mitglied im Wasserstoffbündnis Bayern



WASSERSTOFF  
BÜNDNIS.  
**BAYERN**

**Kontakt:**

Augsburg Innovationspark GmbH  
Wolfgang Hehl  
Geschäftsführer  
Am Technologiezentrum 5  
86159 Augsburg  
T +49(0)821 80 90 30 60  
wolfgang.hehl@augzburg-innovationspark.com  
www.augszburg-innovationspark.com

# Mobilität der Zukunft mit Wasserstofftechnologie



Die Beschlüsse der Vereinten Nationen und der Europäischen Union zur Bekämpfung der Folgen des Klimawandels haben eindeutig aufgezeigt, dass der Mobilitätssektor einen großen Bringschuld zur Lösung der mit dem Klimawandel verbundenen Probleme hat. Während bisher vor allem batteriegebundene Elektromobilität im Fokus der Betrachtung stand, ist es dringend erforderlich, auch die Nutzung von E-fuels und insbesondere von Wasserstoff im Bereich der Mobilität zu forcieren. Dabei ist es erforderlich, effiziente Maßnahmen zur Lösung der Transportprobleme des Wasserstoffs zu entwickeln. Hier könnte ein Verfahren, das an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg entwickelt wurde, bahnbrechende Möglichkeiten eröffnen. Allerdings ist auch die Politik gefordert, die entsprechenden Regulatorik anzupassen und wettbewerbsneutrale Voraussetzungen für deren Einsatz zu schaffen. ■

## Elektromobilität als unabwiesbare Problemlösung.

In der seit Jahren andauernden Diskussion um die Überschreitung der Grenzwerte für Stickoxide in 90 deutschen Städten wird immer stärker der Ruf nach einer Verkehrswende laut, und im Zusammenhang mit der Forderung nach einer Mobilität der Zukunft wird immer deutlicher gefordert, möglichst regenerative Energiearten zur Anwendung zu bringen. ■



Analyse des Wasserstoffträgermaterials LOHC (c) Hydrogenious LOHC Technologies ■

## Neue Chancen durch Brennstoffzellenfahrzeuge

Leider wird von wenigen Ausnahmen abgesehen, dem Einsatz der Wasserstofftechnologie noch zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Dabei könnte der Einsatz von Wasserstoff ein wichtiges Element der Sektorkopplung zwischen Energiewende einerseits und Verkehrswende darstellen. Bereits heute gibt es in der Bundesrepublik Deutschland aufgrund des systematischen Ausbaus der Windenergie beziehungsweise der Stromgewinnung durch Photovoltaikanlagen Zeiten, in denen Strom im Überfluss vorhanden ist. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn gleichzeitig starker Wind bläst und eine intensive Sonneneinstrahlung vorhanden ist. In diesen Fällen müssen viele Windräder aus dem Wind gedreht werden, was ökologisch und ökonomisch außerordentlich unsinnig ist. ■

## Sektorkopplung realisieren

Außerdem wird es in den nächsten Jahren immer mehr Windräder und Photovoltaikanlagen geben, die aus der EEG-Förderung herausfallen und die dringend auf Abnehmer für den selbst produzierten Strom angewiesen sind. Es drängt sich somit förmlich der Gedanke auf, mit dem Überschussstrom, der nicht im Netz benötigt wird, mittels Elektrolyse Wasserstoff herzustellen. Das Ziel ist die Erzeugung emissionsfreier Kraftstoffe aus erneuerbarem Strom und damit die Einführung von Wasserstoff als Kraftstoff der Zukunft. Dabei fungiert Wasserstoff als wichtiges Element einer integrierten Energiewende, als Baustein der Sektorkopplung. Das Bundesland Nordrhein-Westfalen scheint sich als Pionier der Wasserstofftechnologie zu entwickeln. So haben im Rahmen des öffentlichen Nahver-

kehrs Köln gemeinsam mit Wuppertal ein Projekt gestartet, und insgesamt 40 Wasserstoffbusse für den Regionalverkehr Köln (RVK) und die Wuppertaler Stadtwerke (WSW) bestellt. Wie der CEO des Unternehmens van Hool, Filip Van Hool, bestätigt, sei dies ein bisher einzigartiger Auftrag und gleichzeitig der größte für Wasserstoffbusse europaweit. Auch im Rhein-Main-Gebiet wird Anfang 2019 ein großes Projekt gestartet, bei dem die Verkehrsbetriebe von Mainz, Wiesbaden und Frankfurt elf Wasserstoffbusse einsetzen wollen. ■

### Skepsis gegenüber dem Einsatz von Wasserstoff

Es darf jedoch nicht verschwiegen werden, dass viele Bürger eine tiefe Skepsis gegenüber Wasserstoff hegen. Vielen ist wohl noch die Wirkung des Knallgases aus dem Chemieunterricht im Gedächtnis. Und in der Tat, Wasserstoff hat die unangenehme Eigenschaft, ein explosives Gas zu sein. Tatsächlich hat Wasserstoff im Bereich der Luftfahrt schon einmal eine überaus tragische Rolle gespielt, nämlich im Zusammenhang mit Zeppelinen, die sogar bei transatlantischen Flügen eingesetzt wurden. Die Skepsis vieler Menschen gegenüber dem Einsatz von Wasserstoff resultiert dabei vielfach auch aus einem dramatischen Unfall vom 4. März 1936 im amerikanischen Lakehurst im Bundesstaat New Jersey, als sich der Wasserstoff des Zeppelins LZ 129 Hindenburg entzündete und dabei in einem Flammeninferno viele Menschen ihr Leben verloren. Der Einsatz von Wasserstoff ist dagegen bei einer Brennstoffzelle überhaupt nicht spektakulär. Denn der Prozess, bei dem Wasserstoff in der Brennstoffzelle mit Sauerstoff zu Wasser reagiert, kann allenfalls als sogenannte kalte Verbrennung bezeichnet werden. Der Vorgang in der Brennstoffzelle ist somit nichts anderes als die Umkehrung der Elektrolyse, durch die umgekehrt beispielsweise

mit dem durch Windenergie erzeugten Strom Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird. Der Wasserstoff kann der Brennstoffzelle entzogen in Reinform oder in gasförmige Verbindung, zum Beispiel in Form von Methan, Propan, Erdgas oder Biogas, bereitgestellt werden. Die Marktreife automobiler Brennstoffzellensysteme ist heute unbestritten. Sie sind alltagstauglich und stellen eine vielversprechende Option für den Mobilitätssektor dar. Der Vorteil, bei der Erzeugung von Strom mit Hilfe einer Brennstoffzelle besteht darüber hinaus darin, dass Wärme freigesetzt wird, die beispielsweise zur Heizung der Fahrzeuge genutzt werden kann. Dies ist im übrigen ein großer Vorteil gegenüber batteriegetriebenen Elektrofahrzeugen im Winterbetrieb, die einen großen Teil des Stroms zur Heizung der Fahrzeuge verwenden müssen oder sogar eine fossil befeuerte Heizung benötigen. Unbestritten ist jedoch, dass reine Batteriefahrzeuge den effizientesten Antrieb haben und somit für planbare Routen und geringe Reichweite in sehr gut geeignet sind. Gleichzeitig ist es notwendig in der Ergänzung zu batteriebetriebener Elektromobilität Brennstoffzellenfahrzeuge einzusetzen, die mit Wasserstoff betrieben werden. Denn Wasserstoff eignet

sich besonders gut für größere Pkw, aber insbesondere für Lieferwagen, Busse, Lastwagen oder Züge. Ein weiterer Vorteil der Nutzung des Wasserstoffs besteht darin, dass er innerhalb weniger Minuten betankt werden kann. Diese Fakten können aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen derzeit noch außerordentlich überschaubar ist. Nach Angaben des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) sind derzeit insgesamt 329 wasserstoffbetriebene Pkw zugelassen. Hinzu kommen noch 16 Busse und zwei Lastwagen. Stellt man in dem die Zahl von mehr als 64 Millionen Fahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland gegenüber wird das Missverhältnis evident. Vor diesem Hintergrund ist es überraschend, dass gegenwärtig in Deutschland 60 Wasserstoff Tankstellen existieren, und dass diese rasch ausgebaut werden sollen. Berücksichtigt man, dass es Ende Oktober 2014 weltweit erste 220 Wasserstofftankstellen gab, ist dies ein durchaus positive Entwicklung. Derzeit ist aber die Lagerung und auch der Transport von Wasserstoff noch mit enormem Aufwand verbunden. So können selbst mit dem neuesten Transportverfahren der Linde AG mit einem Vierzigtonner-LKW gerade einmal 1,1 t Wasserstoff unter einem Druck von 500 bar transportiert werden. ■



Aufbau der globalen LOHC-Wasserstoff-Infrastruktur in den USA (c) Hydrogenious LOHC Technologies ■

### Die LOHC-Technologie- Lösung des Transport problems von Wasserstoff?

Hier könnte ein an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg entwickeltes Verfahren helfen. Dieses von den Professoren Wasserscheid, Arlt und Schlücker entwickelte Verfahren ermöglicht es, den Wasserstoff katalytisch an einen organischen Kohlenwasserstoff (Liquid organic hydrogen carrier, LOHC) zu binden. Wesentliches Element der LOHC-Technologie ist die chemische Bindung von Wasserstoff an eine organische Trägerflüssigkeit namens Dibenzyltoluol. Die Beladung des Trägermediums erfolgt über eine Hydrierreaktion bei der Wärme freigesetzt wird und bei der die Substanz perhydro-Dibenzyltoluol entsteht (exotherme Reaktion). Die Entladung dagegen erfordert einen massiven Einsatz von Wärme, ist also eine endotherme Reaktion, in deren Folge wieder Dibenzyltoluol entsteht. Das spannende an dieser Innovation ist es, dass die Trägersubstanz in einem Kreislauf immer wieder be- und entladen werden kann. Dieser an die Trägersubstanz gebundene Wasserstoff kann dann absolut unproblematisch in herkömmlichen Tankfahrzeugen zu den Tankstellen transportiert werden und an Ort und Stelle in der bestehenden Tankstelleninfrastruktur gelagert werden. Je nach nachgefragter Menge an Wasserstoff kann dann in der Wasserstofftankstelle in einem reversiblen Prozess der Wasserstoff wieder katalytisch vom Kohlenwasserstoff (LOHC) getrennt werden. Allerdings müsste an diesen Wasserstofftankstellen dann die Möglichkeit der Komprimierung des Wasserstoffs geschaffen werden. Der hoch komprimierte Wasserstoff kann dann von mit Brennstoffzellen ausgestatteten Fahrzeugen - wie bei der heute bereits an Erdgastankstellen anzutreffenden gängige Praxis - wie bereits weiter oben ausgeführt innerhalb weniger Minuten getankt werden. Im Gegensatz zu den rela-

tiv langen Ladevorgängen bei der Elektromobilität, dauert der Tankprozess - wie bereits ausgeführt - somit nicht länger, als heute die Betankung eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor. Aus diesem Grund ist es nicht verwunderlich, dass es das oben genannte Forscherteam der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg gemeinsam mit Herrn Daniel Teichmann geschafft hat, sich als top drei des Zukunftspreises des deutschen Bundespräsidenten zu qualifizieren. ■

### LOHC als generelles Speichermedium für Überschussstrom

Dass die Wasserstofftechnologie aber auch unabhängig vom Thema Mobilität Einsatzfelder hat, wurde bereits im Jahr 2016 gezeigt, als die erste netzgebundene LOHC-Wasserstoff-basierte Stromspeicheranlage in Betrieb genommen wurde. Dieses System bietet sowohl die Möglichkeit der Langzeitspeicherung und kann ebenfalls als Kurzzeitspeicher genutzt werden. Die oben beschriebene Technologie ist jedoch nicht nur im nationalen Rahmen einsetzbar, sondern es ist auch vorstellbar, dass Wasserstoff mittels Tankschiffen von jenen Ländern nach Deutschland transportiert wird, in denen die Herstellung von Wasserstoff extrem günstig ist, wie beispielsweise Norwegen, das über enorme Wasserkraftreserven verfügt. Dort ist der Strom extrem günstig und somit kann auch der Wasserstoff extrem günstig elektrokatalytisch gewonnen werden. Auch im

nationalen Maßstab könnte die Anwendung dieser Technologie dazu genutzt werden überschüssig gewonnen Wasserstoff aus den nördlichen Bundesländern wie beispielsweise Schleswig Holstein, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg ebenfalls an LOHC zu binden und dann mit Kesselwagen per Schiene oder mit Binnenschiffen auf dem Wasserwege vom Norden unserer Republik in die industriellen Zentren des Südens zu transportieren. An diesen und ähnlichen Konzepten und der Vermarktung der LOHC-Technologie arbeitet die in Erlangen ansässige Hydrogenious LOHC Technologies GmbH, die von den Professoren Wasserscheid, Arlt und Schlücker sowie Herrn Teichmann als Spin-off des universitären LOHC Projektes gegründet wurde. Der Einsatz des Wasserstoffs im Bereich der Mobilität ist keine brandneue Innovation, sondern hat in Deutschland bereits eine gewisse - wenngleich beschränkte - Tradition. So hat beispielsweise BMW bereits vor 20 Jahren die Wasserstofftechnologie bei Fahrzeugen eingesetzt und auch in der Stadt Erlangen ist bereits 1996 ein Brennstoffzellenbus mit Wasserstoffantrieb ein halbes Jahr ohne Probleme im Linienbetrieb unterwegs gewesen. Der enorme Vorteil dieser Technologie besteht darin, dass sie absolut emissionsfrei ist, da als Verbrennungsprodukt des Wasserstoffs mit Luft bzw. Sauerstoff nur Wasserdampf entsteht. Im Gegensatz zur



LOHC Kreislauf mit StoragePLANT und ReleaseBOX (c) Hydrogenious LOHC Technologies ■

Elektromobilität, bei der ein enormer Ressourcenaufwand für die Herstellung der Batterien im Rahmen einer aufwändigen Lithiumgewinnung erforderlich ist, ist die Herstellung von Brennstoffzellen wesentlich günstiger und vor allen Dingen ist man dabei nicht von strategisch knappen Ressourcen wie Lithium abhängig. Vor diesem Hintergrund müssen beispielsweise auch die gegenwärtigen Diskussionen in Deutschland gesehen werden, in denen erwogen wird, mit Milliarden-Aufwand eine Batteriefertigung aufzubauen. Ein weiterer Vorteil des Einsatzes der Wasserstofftechnologie gegenüber der batteriebasierten Elektromobilität besteht auch hinsichtlich der Reichweite, der mit dieser Technologie angetriebenen Fahrzeugen. Während das Gewicht des zu transportierenden Wasserstoffs und der für den Antrieb benötigten Brennstoffzelle deutlich geringer ist, als das Gewicht der heutigen Verbrennungsfahrzeuge, erfordert die Elektromobilität zu Erreichung von Reichweiten von 400-500 km ein Batteriegewicht von nahezu einer halben Tonne, die quasi als „tote Last“ mitgeschleppt werden muss. ■

#### Das Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020 der Bundesregierung und der Koalitionsvertrag vom März 2018

In der Diskussion um die Einhaltung der Stickoxid-Grenzwerte von 40 µg/ Kubikmeter aufgrund der EU Verordnung 2008/50/EG (Luftqualitätsrichtlinie) aus dem Jahr 2008 hat die Bundesregierung im Herbst 2017 das Sofortprogramm Saubere Luft aufgelegt, das zwischenzeitlich, d.h. nach dem dritten Kommunalgipfel am 3. Dezember 2018 nahezu 2 Milliarden E umfasst. Die Bundesregierung beabsichtigt mit diesem Programm eine schnelle und nachhaltige Reduzierung der Stickoxidwerte durch Maßnahmen im Bereich der Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme, durch die Elektrifizierung des Verkehrs (Busse, Taxen und Lieferfahrzeuge) sowie durch die

Nachrüstung von Dieseln. Vermutlich werden diese Mittel aber nicht ausreichen, um in allen derzeit noch 60 betroffenen Städten die notwendigen Grenzwerte einzuhalten. Aus diesem Grund wird es unerlässlich sein, weiter in neue Antriebstechnologien zu investieren und den Einsatz der Wasserstofftechnologie durch entsprechende Fördermaßnahmen anzureizen. Große Hoffnungen richten sich in diesem Zusammenhang auf die Aussagen im Koalitionsvertrag der Koalitionsparteien CDU/CSU und SPD vom 13. März 2018. Dort heißt es wörtlich: Wir wollen das nationale Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie fortführen. Wir wollen die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) technologiefreundlich weiter entwickeln und die Mittel zu deren Umsetzung erhöhen. Wir wollen die Sektorkopplung voranbringen und den regulativen Rahmen ändern, so dass grüner Wasserstoff und Wasserstoff als Produkt aus industriellen Prozessen als Kraftstoff oder für die Herstellung konventioneller Kraftstoffe (z. B. Erdgas) genutzt werden kann. Weiter wird wie folgt ausgeführt: Wir wollen die Elektromobilität (batterieelektrisch, Wasserstoff und Brennstoffzelle) in Deutschland deutlich voranbringen und die bestehende Förderkulisse, wo erforderlich, über das Jahr 2020 hinaus aufstocken und ergänzen. ■

#### Notwendige regulatorische Anpassungen

Diese Aussagen im Koalitionsvertrag geben Anlass zur Hoffnung, dass die Wasserstofftechnologie eine vollkommen neue Ära der Zukunft der Mobilität einläuten wird. Allerdings müssen in diesem Zusammenhang seitens der Politik noch die notwendigen Rahmenbedingungen geschaffen werden. So beschreibt das Positionspapier des BDI zu den E-fuels

zutreffend, dass sich diese aktuell in einer regulatorischen Sackgasse befinden und dass nur durch die Kombination verschiedener Gesetzesänderungen ein signifikanter Markthochlauf bewirkt werden kann. So müsste sichergestellt werden, dass die e-fuels von stromseitigen Abgaben beim netzdienlichen Betrieb entlastet werden und dass ambitionierte Anreize für fortschrittliche und strombasierte Kraftstoffe erfolgen. Energiesteuer auf synthetische Kraftstoffe Weiterhin sei eine Ermäßigung der Energiesteuer auf synthetische Kraftstoffe erforderlich. Das Positionspapier des BDI wird sogar noch deutlicher, in dem es ausführt, dass ohne die e-fuels die Pariser Klimaziele nicht erreichbar seien. Der Mobilitätssektor muss noch einen gewaltigen Beitrag zur Einhaltung der Klimaschutzziele der UN-Klimakonferenz von Paris vom November 2015 leisten. Die Dekarbonisierung des Verkehrs stellt aber auch einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung der Beschlüsse des Europäischen Parlaments und der EU Kommission zur Reduzierung der CO<sub>2</sub> Emissionen vom Dezember 2018 dar. Der Einsatz der Wasserstofftechnologie leistet außerdem einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der Abhängigkeit von strategischen Rohstoffen wie beispielsweise dem Lithium, das in enormen Mengen für die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien benötigt wird. ■

Autor:



Prof. Dr.  
Siegfried Balleis

Tel: +49 9131 534944

Mobil: +49 171 3606363

Email: siegfried@balleis.de

# Mit KI zum sicheren H2-Druckbehälter

*Das Institut für Materials Resource Management der Universität Augsburg verfügt über eine weltweit einzigartige Expertise in der Schallemissionsmessung. Aktuell ist die Einbindung von KI zur Ortung, Klassifizierung und Prognostizierung von Bruchvorgängen.*

Wenn man von Wasserstoff als dem Kraftstoff der Zukunft spricht, müssen zwei Fragen geklärt sein: Wie können H<sub>2</sub>-Druckbehälter erstens ressourcenoptimiert und zweitens anwendungssicher hergestellt werden? An der Universität Augsburg forscht das Institut für Materials Resource Management (MRM) seit mehreren Jahren an diesem Thema.

Mittels Sensoren in Kombination mit Algorithmen der künstlichen Intelligenz können selbst kleinste Bruchvorgänge in Druckbehältern aus carbonfaserverstärktem Kunststoff geortet, klassifiziert und der Berstdruck der Behälterstrukturen prognostiziert werden. Dies kann unter anderem den Aufwand an Prüfverfahren zur Zulassung von Druckbehältern reduzieren und deren Nutzung noch sicherer machen.

In Zukunft sollen die KI-Anwendungen weiter erforscht und deren Zuverlässigkeit noch höher werden. ■

## Weltweit einzigartige Expertise

Die Forschung zum Thema Schallemissionsmessung begann am MRM vor mehr als zehn Jahren mit sehr grundlegenden Fragestellungen zur Prüfung von Faserverbundwerkstoffen. Mit der Anwendung auf Druckbehälter wurde mittlerweile eine weltweit einzigartige Expertise erarbeitet, welche sich von automotive-typischen Größen im Meterbereich bis hin zu Behältergrößen von bis

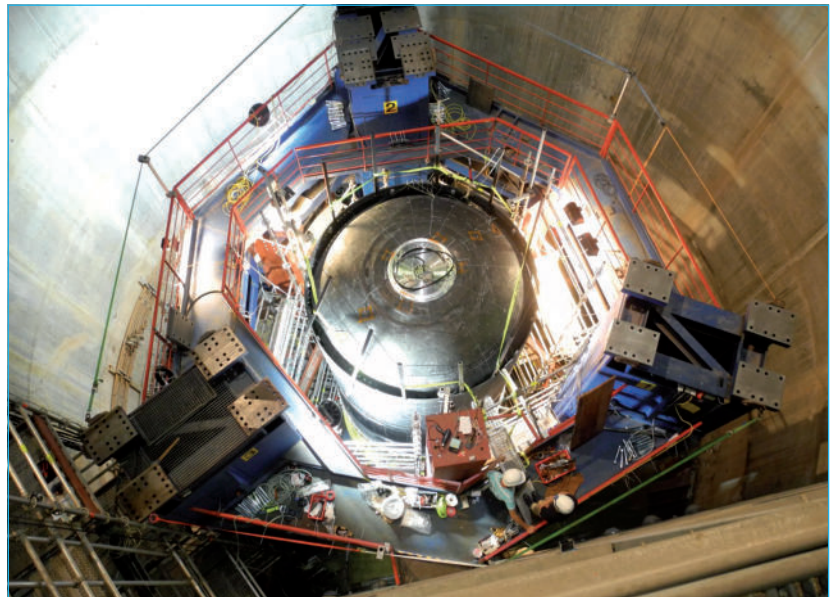


Abb. 1: Installation der Sensorik an einem Druckbehälter mit 3,5 m Durchmesser in einer Testgrube für die Berstdruckprüfung. © MT-Aerospace AG ■

zu 12 Metern Länge im Raumfahrtbereich erstreckt. In diesem Umfeld wurde unter anderem die Entwicklung der Booster für z.B. die Ariane 6-Trägerrakete oder mögliche Minilauncher unterstützt. ■

## Am Anfang ist das Geräusch

Der Forschungsansatz des Teams um Prof. Dr. Markus Sause (Mechanical Engineering) im Kontext der Druckbehälter gestaltet sich wie folgt: Bricht ein Material unter einer mechanischen Belastung, wird die gespeicherte elastische Energie spontan freigesetzt und versetzt die Umgebung in Schwingung. Im Material breiten sich dann elastische Wellen von dem Bruchvorgang aus, dieser wird daher als Schallemission bezeichnet. Vorstellen kann man sich dies wie ein Erdbeben, allerdings auf

viel kleinerer Skala mit kaum wahrnehmbaren Schwingungen im Ultraschallbereich. ■

## Die Schallemissionsanalyse

Diese kleinen Schwingungen werden durch äußerst empfindliche Sensoren auf der Oberfläche eines zu untersuchenden Objekts dank des piezoelektrischen Effekts in ein elektrisches Signal umgewandelt. Aus diesem lassen sich unterschiedliche Informationen gewinnen: Die Betrachtung der Schalllaufzeiten bzw. der Ankunftszeiten des Schallemissionssignals an Sensoren unterschiedlicher Position lassen beispielsweise eine Ortung der Schallemissionsquelle zu. Analog der Vorgehensweise bei der GPS-Navigation lässt sich dabei durch Verwendung mehrerer Sen-

soren eine Ortsbestimmung der Schallquelle auch in einem dreidimensionalen Objekt, wie z.B. einem Druckbehälter, vornehmen. ■

### Herausforderung carbonfaserverstärkte Materialien

Bei der Überwachung eines Druckbehälters aus carbonfaserverstärkten Materialien, z.B. einem H<sub>2</sub>-Druckbehälter, gestaltet sich die Ortung einer Schallquelle aufgrund der anisotropen Materialeigenschaften aufwändiger als in einem Behälter aus isotropen Materialien: Durch die Orientierung der Fasern im Verbundwerkstoff breitet sich der Schall richtungsabhängig mit unterschiedlicher Geschwindigkeit aus. Lokale Abweichungen von z.B. Faserorientierungen oder Faservolumengehalt bringen zusätzlich die Genauigkeit analytischer Berechnungen schnell an ihre Grenzen.

An dieser Stelle kommen daher Methoden der künstlichen Intelligenz zum Einsatz: Mittels maschinellen Lernens können z.B. unterschiedliche Signalankunftszeiten an Sensoren eines Netzwerks dafür genutzt werden, um ein Modell zu trainieren, das die Position einer Schallquelle auch in solchen Situationen sehr präzise bestimmen kann. Fazit des Teams um Professor Sause: Wenn man einen H<sub>2</sub>-Druckbehälter mit einem Prüfdruck beaufschlagt und mit Sensoren ausstattet, kann man sehr genau feststellen, ob – und wenn ja, wo – kleinste Bruchvorgänge stattfinden. ■

### Klassifizierung von Schallereignissen

Durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz zur Auswertung der Messdaten kommt zu der Ortung von Bruchereignissen noch ein weiterer, entscheidender Vorteil mit Blick auf die Entwicklung und Fertigung von Druckbehältern hinzu: Die Klassifizierung von Bruchvorgängen. Während bei metallischen Werkstoffen als Versagensmechanismus nur eine Art Risswachstum in Frage kommt, ist die genaue Art des Risses

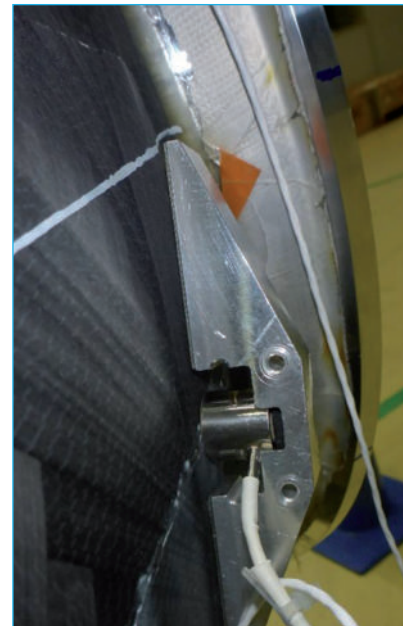


Abb. 2 u. 3: Lastrahmenkonstruktion für Strukturtest an einem großen Druckbehälter für Raumfahrtanwendungen (links), bestückt mit Schallemissionssensoren (rechts).  
© MT-Aerospace AG ■

für Druckbehälter aus carbonfaserverstärktem Kunststoff oft entscheidend: Handelt es sich um einen Bruch der Fasern, einen Riss in der Matrix oder aber eine Ablösung an der Grenzfläche zwischen Faser und Matrix? Je nachdem kann durch eine Anpassung des Materials oder eines früheren Fertigungsschritts in der Produktion eine höhere Qualität der Druckbehälter erreicht werden.

Die Forschenden rund um Professor Sause nutzen dabei einen Effekt aus, der gut bekannt ist: Je nachdem, welches Material bricht, ändert sich das entstehende Geräusch. Man kann diese Unterschiede nutzen, um den charakteristischen Fingerabdruck eines brechenden Materials (z.B. einer Faser oder eines Kunststoffs) mittels KI-basierten Klassifizierungsalgorithmen zu trennen und damit automatisiert zu bestimmen.

Die Begleitung eines Druckbehälters von der Materialauswahl bis hin zum fertigen Produkt mit KI-Methoden ist deshalb wichtiger Bestandteil der Forschung. ■

### Vorhersage des Bauteilversagens

Ergänzend hierzu befassen sich die Forscherinnen und Forscher am MRM mit der Frage, wie man das Versagen einer strukturellen Kom-

ponente – beispielsweise eines Druckbehälters – vorhersagen kann. Aktuell werden in der Abnahmeprüfung Druckbehälter mehrfach mit Innendruck beaufschlagt, beispielsweise mit 1.500 bar bei einer angestrebten Belastung im Betrieb von 1.000 bar. Hält der Behälter stand, weiß man, dass er mit großer Wahrscheinlichkeit die 1.000 bar für lange Zeit aushält. Allerdings kennt man seine tatsächliche Belastungsgrenze nicht und weiß ebenso wenig, ob innerhalb der Produktion über die Zeit hinweg bereits Trends einer Qualitätsabnahme entstehen.

An dieser Stelle setzen die Forschenden an: Es ist durch die genauere Betrachtung der Schallemissionssignale in einem gewissen Zeitraum und den Vergleich mit früheren Ergebnissen u.a. im Labormaßstab gelungen die Last, die zum Versagen eines Druckbehälters führt, quantitativ zu prognostizieren.

Das Verfahren nutzt hierzu wiederum einen Ansatz des maschinellen Lernens, welches diesen Übertrag von Daten aus dem Labormaßstab auf reale H<sub>2</sub>-Druckbehälter ermöglicht. Damit können beim Test die lokalen Belastungszustände berechnet und dargestellt werden (s. *Abbildung 4*), dies erlaubt

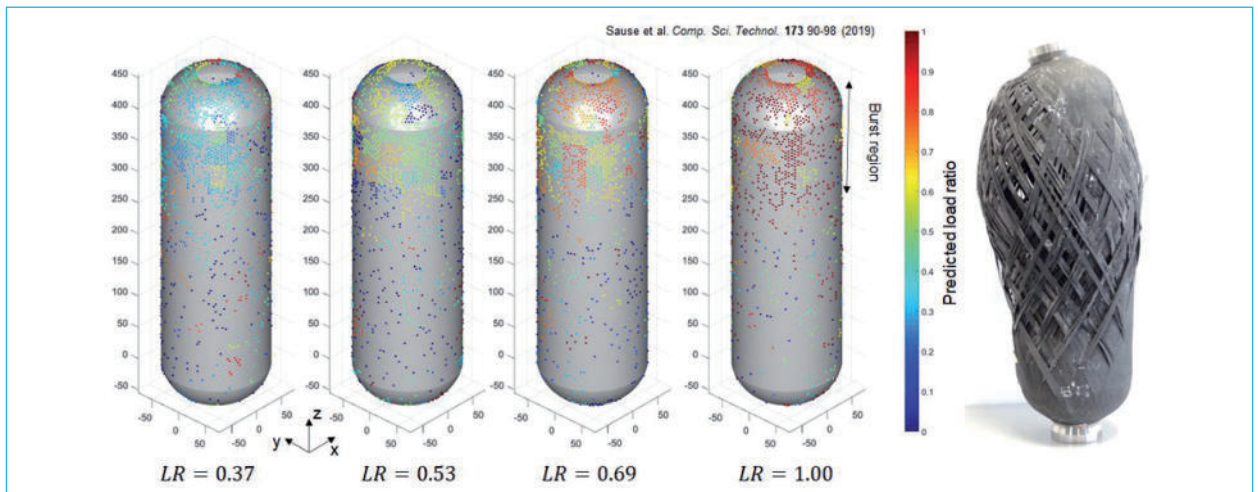


Abb. 4: Beispiel für die lokale Vorhersage der Belastung im Behälter (Load Ratio LR) dargestellt in vier nacheinander folgenden Lastzyklen, sowie der Behälter nach dem Bersttest. © Universität Augsburg ■

Schwachstellen zu visualisieren und die Qualität zu dokumentieren. Dieses Verfahren ist daher ein wichtiger Schritt auf dem Weg hin zu einer besseren und dabei wirtschaftlicheren Zulassungsprüfung von H<sub>2</sub>-Druckbehältern.

Neben dem Einsatz der Schallemissionsanalyse zur Prüfung neuer Behälterdesigns, zur Qualifizierung neuer Materialien oder bei der Zulassungsprüfung von Druckbehältern, kann sie auch zur permanenten Überwachung der Integrität verwendet werden (engl.: structural health monitoring). Dabei helfen ebenfalls Klassifizierungsverfahren basierend auf Methoden der künstlichen Intelligenz, relevante und ggf. kritische Signale bzw. kritische Signalanhäufungen zu identifizieren und darüber hinaus kritische Zustände einer Struktur zu erkennen, bevor sie zu einer Gefahr werden. ■

### Das KI-Produktionsnetzwerk Augsburg

In Zukunft wird das Team um Professor Sause im Rahmen des KI-

*Das KI-Produktionsnetzwerk Augsburg ist ein Verbund der Universität Augsburg mit dem Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik IGCV sowie dem Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Ziel ist eine gemeinsame Erforschung KI-basierter Produktionstechnologien an der Schnittstelle zwischen Werkstoffen, Fertigungstechnologien und datenbasierter Modellierung.*

Produktionsnetzwerks Augsburg daran forschen, wie man die KI-Verfahren zur Analyse der Schallemission noch effektiver und effizienter einsetzen kann, um sich schneller auf geänderte Fertigungsmethoden, Geometrien oder neue Materialien einzustellen.

Das KI-Produktionsnetzwerk Augsburg bietet dabei eine hervorragende Plattform um die Produktion von H<sub>2</sub>-Druckbehältern vollständig mit Methoden der künstlichen Intelligenz zu begleiten. Dies umfasst die Zustandsüberwachung der Herstellungsprozesse wie Wickeln, Aushärten und die Rückführung der Daten für

eine Prozessoptimierung, über die Prüfung von Druckbehältern bis zur Überwachung und vorausschauenden Wartung der Druckbehälter im Betrieb.

Was die Forschenden antreibt ist der Wunsch, H<sub>2</sub>-Druckbehälter aus carbonfaserverstärktem Kunststoff noch sicherer zu machen und damit einen wichtigen Beitrag für die Mobilitätswende zu leisten. ■

**mrm**  
Materials Resource  
Management

**UNA**  
Universität  
Augsburg  
University

Ansprechpartner:



Prof. Dr.  
Markus Sause  
Universität Augsburg/  
Institut für  
Materials Resource  
Management/  
Mechanical  
Engineering

Tel.: +49-[0]821-598-69161  
E-Mail: markus.sause@mrm.  
uni-augsburg.de  
web: www.mrm.uni-augsburg.de/  
gruppen/sause/

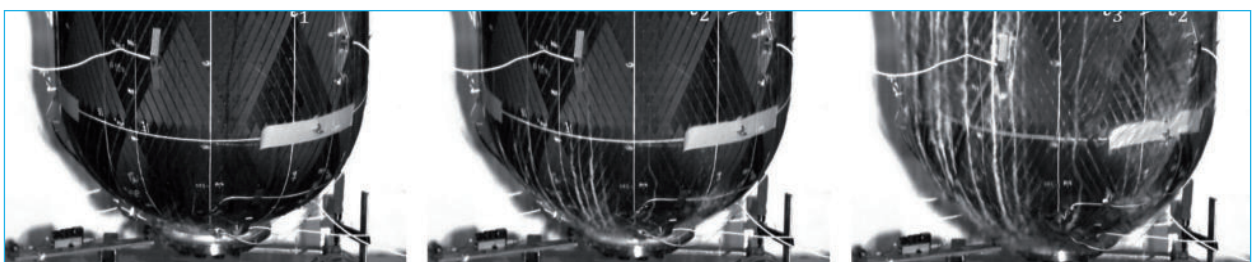


Abb. 5: Identifikation der Position des Berstens eines Druckbehälters unter Druckbeaufschlagung anhand der Aufnahmen einer Hochgeschwindigkeitskamera zu drei Zeitpunkten. © MT-Aerospace AG ■





# Unser Wald

Naturhaft vollendet bist du, erfrischend schön,  
führst meinen Blick in himmlische Höh'n.  
Gekrönt bist du, einem Herrscher gleich,  
schenkst mir neue Kraft, wie bin ich doch reich.

Du stärkst mein Herz, stillst mein Blut,  
belebst meinen Atem, bist ein unersetzlich' Gut.  
Du bist das Maß aller Dinge, mein grünes Haus,  
bei dir ruhen Pflanzen, Tier und Mensch sich aus.

Leise flüstert der Wind, ich höre seine Stimme:  
"Zerstör' nicht deine Quelle – Mensch, halte inne!"  
"Mein lieber Wald, verzweifelt rufe ich,  
"bleib' bei uns, laß uns nicht im Stich!"

Ein Dankeschön gilt dir in meinem Leben,  
ohne dich würde es mich nicht geben.

# Magazinreihe

## Zukunftstechnologien in Bayern

