

# TECHNIK

Das Regionalmagazin für **VDI** und **VDE** **IN BAYERN**



## Wasserstoff

Eventkalender & Aktuelles  
30. Deutscher Ingenieurtag  
VDI Award „Prädikat Ingenieurskunst“







Foto: © thysentkupp Stahl Europe AG

## Wasserstoff

Seit im letzten Jahr die Nationale Wasserstoffstrategie beschlossen wurde, ist das kleinste Element in aller Munde. Aber ist es nur ein Hype – und warum jetzt – oder kann die Wende hin zur CO<sub>2</sub>-neutralen Energieerzeugung nur mit Wasserstoff gelingen?

Stahlherstellung bei 30.000 Grad: Ein Einsatzgebiet für grünen Wasserstoff

## SCHWERPUNKT

Wasserstoff wird ein Ermöglicher der elektrischen Energiewirtschaft Gespräch mit Thomas Hamacher	06
Wasserstoff im künftigen Energiesystem Almut Kirchner	08
H <sub>2</sub> – Anschubfinanzierung aus vielen Quellen Silvia Stettmayer	10
Offshore Wasserstoffproduktion Felix Knicker	12
Grüner Wasserstoff ganz ohne Strom Bettina Falk	14
Grüner Wasserstoff „made in Wunsiedel“ Andreas Schmuderer	16
100 MW Elektrolyse in Hamburg Wärme Hamburg	18
Pilotanlage für Liquid Organic Hydrogen Carrier Birka Friedrich	19
Die Jagd nach dem besten Wirkungsgrad Gregor Nies und Sebastien Baur	20
Wasserstoff sicher auf die Schiene setzen Jürgen Heyn	22
Brennstoffzellen an Bord und Wasserstoff im Tank DLR und Daimler	23
Wasserstoffwirtschaft Der historische Hintergrund von Konrad Schönleber	25



Foto: BMW AG

Integration des Hochvoltbatteriespeichers in den Bauraum der Unterbodenstruktur eines BMW i3, der zukünftig auch für schmale quaderförmige Wasserstoffdrucktanks genutzt werden soll

## INHALT

### HOCHSCHULE UND FORSCHUNG

Klimaneutrale PKWs durch Wasserstoff Ralf Kastner, Hochschule München	44
FAU und THI: Intelligente Verknüpfung von Biogas und Wasserstoff Stefan Schneider, Technische Hochschule Ingolstadt	45

### AKTUELLES

VDI BV München: Ingenieurskunst. Aus Liebe zur Technik	26
VDI BV München: Auftaktveranstaltung „Es werde Licht“	27
VDI BV München: VDI Mitgliederversammlung 2021	28
VDI: 30. Deutscher Ingenueritag DIT	31
VDI BV Bayern Nordost: Operation am Stromversorgungs-Herzen	32
VDE/VDI AK Informationstechnik München: 6G Ära	33
VDI CCG München: Beziehungsorientierter Managementstil	34
VDI München: Augentraining am Arbeitsplatz	35
VDI Young Engineers München: Zwischen H <sub>2</sub> und Zukunftsvisionen	36
Landeswettbewerb Jugend forscht: Lass Zukunft da	37
VDI Netzwerk FiB München: 3D-Druck in der Chirurgie	38
VDI BG Innviertel: H <sub>2</sub> – künftige Energiequelle für das ChemDelta?	42
VDI BV Bayern Nordost: Der Weg zur Ökosystem-Wirtschaft	46
VDI BG Donau-Iller: Vernetzungsaufgaben beim Klimaschutz	47

### RUBRIKEN

Veranstaltungskalender	39
Buchbesprechungen	48
Ausstellungstipp	49
Impressum	49
Cartoon	50
Vorschau	50

**Beilagenhinweis** – Schultz GmbH & Co. KG  
Wir bitten um freundliche Beachtung.



Titelbild:  
Wasserstofftanks  
Foto: LInde

VDI Landesverband Bayern  
VDI Bezirksverein München, Ober- und Niederbayern e.V.  
Westendstr. 199, D-80686 München  
Tel.: (0 89) 57 91 22 00, Fax: (0 89) 57 91 21 61  
www.vdi-sued.de, E-Mail: bv-muenchen@vdi.de

VDI Bezirksverein Bayern Nordost e.V.  
c/o Ohm-Hochschule, Keßlerplatz 12, D-90489 Nürnberg  
Tel.: (09 11) 55 40 30, Fax: (09 11) 5 19 39 86  
E-Mail: vdi@th-nuernberg.de

VDE Bayern, Bezirksverein Südbayern e.V.  
Heimeranstraße 37, D-80399 München  
Tel.: (0 89) 91 07 21 10, Fax: (0 89) 91 07 23 09  
www.vde-suedbayern.de, E-Mail: info@vde-suedbayern.de

Suchen Sie eine Dolmetscherin?



1500 Dolmetscher  
und Übersetzer für mehr  
als 40 Sprachen!



Qualifikation ✓  
Spezialisierung ✓

→ [by-suche.bdue.de](http://by-suche.bdue.de)

Bundesverband der  
Dolmetscher und Übersetzer  
Bayern



Unsere Fachliste Technik  
gratis für Sie:

- Qualifizierte Sprachprofis für 200 technische Fachgebiete
- Als PDF erhältlich unter [fachliste-technik.bdue.de](http://fachliste-technik.bdue.de) oder als Printversion über [service@bdue.de](mailto:service@bdue.de)





# Wasserstoff wird ein Ermöglicher der elektrischen Energiewirtschaft

Seit 2020 existieren milliarden-schwere Investitionsprogramme wie die „Technologieoffensive Wasserstoff“ des BMWi und die „Bayerische Wasserstoffstrategie“. Wir sprachen dazu mit Prof. Dr. Thomas Hamacher vom Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme, TU München.

*TiB: Herr Prof. Hamacher: Wie erklären Sie sich diesen enormen Hype um den Wasserstoff?*

**Thomas Hamacher:** Die Politik braucht immer positive Botschaften und den Wasserstoff kann sie momentan positiv besetzen. Natürlich gibt es viele gute Ansätze und wahrscheinlich greift man die Ideen auch schneller auf, als vor Jahren bei der Elektromobilität, bei der man mittlerweile gut Schritt fasst. Die Politik tut sich mit dem Ausbau der Stromleitungen und der Windenergieanlagen sehr schwer und war damit nicht sehr erfolgreich. Jetzt ist der Wasserstoff, der aus Chile, Marokko und Australien kommt, die Lösung. Dieses Springen auf das Thema Wasserstoff und der Wunsch, Wasserstoff sei der Problemlöser, ist sehr interessant.

Ein Aspekt, den man auch beachten muss ist, dass die Politik und die Öffentlichkeit von der Fridays for Future-Bewegung überrascht wurden. Das hat die Nachhaltigkeit schlagartig zu einem ganz großen Thema gemacht, auf das man von politischer Seite reagieren musste. Man hat das Gefühl, als beginne die Klimadiskussion erst jetzt, als wäre man jetzt zum ersten Mal auf dieses Klimaproblem so richtig gestoßen. Das ist natürlich nicht wahr, denn ein Teil der heutigen Überlegungen wurde schon Ende der 1980er Jahre angestellt, wie z. B. eine Energiebesteuerung. Natürlich hat es

weltweit nicht so durchgeschlagen und das Problem ist in den Jahren nach der Jahrtausendwende durch das enorme Wachstum in China nochmal dramatisch gestiegen. Hier ist ein Riesen-Emittent dazu gekommen, der vorher nicht da war.

*TiB: Ist Wasserstoff der Problemlöser?*

**Hamacher:** Das muss man sehr genau beleuchten und realistisch bleiben. Wir müssen zuerst ganz andere Hausaufgaben machen: Wir müssen beispielsweise Hochspannungsleitungen bauen und Smart Grids entwickeln. Um diese Aufgaben kommen wir nicht herum, aber wir müssen auch am Wasserstoff arbeiten. Wenn wir das in die richtige Gewichtung bringen, dann haben wir eine gute Energiepolitik.

*TiB: Welches zentrale Problem sehen Sie beim Wasserstoff?*

**Hamacher:** Das zentrale Problem sehe ich in der Erzeugung des Wasserstoffs aus Strom. Strom ist der hochwertigste Energieträger, den wir haben. Und den müssen wir jetzt degradieren, indem wir daraus einen chemischen Energieträger machen. Wir müssen das ganze System umdrehen, denn bisher wurde Strom aus chemischen Energieträgern gemacht. Die entscheidende Frage ist, warum wir nicht einfach da, wo wir das können, den Strom nutzen. Das muss die oberste Leitlinie einer effizienten zukünftigen Energiewirtschaft sein.

*TiB: Wie stellen Sie sich diese Stromnutzung vor?*

**Hamacher:** In unserem Projekt „Microgrid COSES“ widmen wir uns genau dieser Fragestellung. Denn es ist viel effizienter aus Strom über eine Wärmepumpe Wärme zu erzeugen, als aus Strom Wasserstoff und den dann in Wärme umzuwandeln. Deswegen eröffnet eine Kombination der Bereiche Strom und Wärme – inklusive der Elektromobilität – die Möglichkeit, einen



Prof. Dr. Thomas Hamacher

Foto: Silvia Stettmayer

Großteil der Fluktuationen der erneuerbaren Energien auszugleichen. Wenn dieses System gut etabliert ist, können wir auch über Wasserstoff nachdenken. Wasserstoff spielt z. B. eine Rolle, wenn wir bei der Windenergie große saisonale Unterschiede haben, die wir nicht ausgleichen können. Hier kann Wasserstoff sicher hilfreich sein.

*TiB: Wie könnte ein Masterplan für die zukünftige Energiewirtschaft aussehen?*

**Hamacher:** Das Ganze muss man in Stufen sehen. Wir werden zunächst unser System hochfahren und dann 60 - 70 % Erneuerbare Energien haben. Zuerst wird der Stromsektor mit erneuerbaren Energien bedient, dann kommen die Sektoren Wärme und Verkehr. Aber wir müssen natürlich langfristig alle Sektoren berücksichtigen, den Verkehrs- und den Wärmesektor und die Prozesswärme. Die Grundstoffe in der chemischen Industrie müssen aus neuen Quellen kommen. Das heißt, wir müssen viel mehr an Erneuerbaren Energien aufbauen, als nur zum Ersatz des Stroms notwendig wären, sodass wir Kapazitäten bekommen, die wir zur Wasserstoffherzeugung nutzen können. Und wir brauchen für die Momente, in denen weder Wind noch Sonne verfügbar sind, eine Back-up-Leistung. Das kann der Wasserstoff wahrscheinlich leisten. Der Wasserstoff wird ein wichtiges, aber aller Voraussicht nach, nicht das zentrale Element einer zukünftigen Energiewirtschaft.

Er wird ein Ermöglicher einer sehr stark elektrischen Energiewirtschaft sein.

*TiB: Ist der Wasserstoff dann auch ein Element für die Netzstabilisierung?*

**Hamacher:** Ja, aber nicht nur. Der Wasserstoff hat mehrere Eigenschaften. Einmal brauchen wir ihn, um das Stromsystem abzusichern. Aber ich brauche ihn auch in anderen Segmenten, in der chemischen Industrie werde ich immer noch Grundstoffe benötigen, und mit Wasserstoff und CO<sub>2</sub> kann man Kohlenwasserstoffe synthetisieren. Wir werden Schiffe antreiben müssen und das werden wir nie mit Batterien machen, das gilt auch für interkontinentale Flugzeuge. Bei Anwendungen, bei denen wir sehr dichte chemische Energieträger benötigen, werden der Wasserstoff und die synthetischen Treibstoffe, die vom Wasserstoff abgeleitet werden, eine große Rolle spielen. Und deswegen ist es auch sinnvoll, diese Forschung heute anzugehen, denn diese Entwicklungen werden viele Jahre dauern.

## Wir werden keine Wasserstoff-Wirtschaft aufbauen, sondern eine elektrische Energiewirtschaft mit einem Anteil Wasserstoff

*TiB: Wie sehen Sie den Import von Wasserstoff generell und z.B. aus Nordafrika?*

**Hamacher:** Wenn wir den Import von Wasserstoff betrachten, ist er sehr teuer im Vergleich zum Gaspreis, der bei 2ct /kWh liegt. Bis der Wasserstoff diesen Preis erreicht, ist es noch ein sehr weiter Weg. Ganz wichtig wird sein, dass man den Entwicklungsgedanken dieser Projekte für die Region betont und sich nicht nur auf den Export konzentriert. Momentan sehe ich die Möglichkeit, in Algerien, in Namibia und auch in Regionen in Süd- oder Mittelamerika große Mengen an regenerativer Energie zu produzieren, ohne Mensch und Natur zu stören. Ob es dann Wasserstoff oder Strom ist, wird sicher durch die ökonomischen Randbedingungen entschieden, wobei Sie heute für den Wasserstoff eher einen Investor finden würden, als für den Strom, denn dafür wären auch noch große Investitionen auf europäischer Seite nötig. Der Import von Wasserstoff wird sicher kommen. Dies hängt davon ab, wie schnell wir in unseren Regionen die Gren-

zen des Ausbaus erneuerbarer Energien erreichen oder aber in anderen Weltregionen sehr attraktive Systeme zur Wasserstoffherstellung geschaffen werden.

*TiB: Was denken Sie über Wasserstoff im PKW-Bereich?*

**Hamacher:** Es gibt Graubereiche und einer dieser Graubereiche ist das Auto. Als wir diese Diskussion 1995 geführt haben, gab es Aussagen, dass wir 2005 mit Brennstoffzellenautos fahren werden. Damals stand die Frage der Versorgung im Mittelpunkt und kurzfristig hat man damals sehr viel über Methanol nachgedacht, der dann zu Wasserstoff reformiert wird. Heute ist die rasante Batterieentwicklung dazugekommen. Natürlich haben Batterien auch ihre Herausforderungen, was die Materialien und die Herstellungsverfahren betrifft, und es müssen Konzepte entwickelt werden, die eine zirkuläre Wirtschaftsweise ermöglichen. Dieses Konzept wird durch die aktuellen internationalen Bestrebungen und die Ansätze von

motor. Beim Wasserstoff ist die Bilanz schon etwas besser, aber das Elektrofahrzeug ist einfach am effizientesten. Und wenn wir die Energie betrachten, die heute in die Mobilität geht, dann wäre sie bei einer Elektroflotte um den Faktor 3 - 4 niedriger. Ob es auch im Wärmebereich zum Einsatz von Wasserstoff und synthetischen Treibstoffen kommen wird, lässt sich heute nur schwer abschätzen.

*TiB: Ihr Zwischenfazit für den Wasserstoff?*

**Hamacher:** Man braucht den Wasserstoff für einige Einsatzgebiete, aber für viele Anwendungen ist der Einsatz der elektrischen Energie wesentlich effizienter. Wir werden keine Wasserstoff-Wirtschaft aufbauen, sondern in Zukunft eine elektrische Energiewirtschaft mit einem Anteil Wasserstoff haben. Wasserstoff ist kein Primärenergieträger.

*TiB: Wo sehen Sie die größte Herausforderung der Energiewende?*

Volkswagen, Daimler und BMW immer realistischer. Es beschleicht einen das Gefühl, dass diese Schlacht schon geschlagen ist. Das Elektroauto wird nicht wieder verschwinden. Und der Wandel ist da. Und insbesondere in ländlichen Regionen ist die Erzeugung von regenerativem Strom und die Möglichkeit des Ladens gegeben.

*TiB: Gibt es weitere Graubereiche?*

**Hamacher:** Ja, z. B. den Schwerlastverkehr, der relativ lange Strecken zurücklegt. Hier kann man sich gut vorstellen, dass die Lastwagen mit Wasserstoff betrieben werden, im Gegensatz zu einem Lieferfahrzeug, das im Stadtgebiet Waren transportiert. Das wird ein Elektrolastwagen sein.

Sie können eine einfache Rechnung aufmachen: Angenommen, wir wollen beim Benzinmotor bleiben, und das Benzin synthetisch herstellen. Dann brauchen wir wirklich sehr große Mengen an Energie, denn der Benziner ist ja vergleichsweise ineffizient verglichen mit dem Elektro-

**Hamacher:** Für mich ist die Schlüsselfrage, ob wir in der Lage sind, das Problem der Klimaveränderung wirklich anzunehmen und dann auch den Mut haben, die notwendigen Umstrukturierungen durchzuführen und auch unbequeme Maßnahmen zu vermitteln. Zauberworte sind immer *unsichtbar* und *dezentral*, aber diese Konzepte lassen sich nicht mit einer erneuerbaren Zukunft des Energiesystems vereinbaren. Wenn wir hier nicht klar und nüchtern vorgehen, dann werden wir das Problem nur durch massive Importe lösen können. Auch in dieser Richtung ist vieles möglich, aber diese Lösung müssen wir teuer bezahlen.

*Das Interview führten Fritz Münzel und Silvia Stettmayer*

### Informationen

Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme  
www.ei.tum.de/ens/homepage/

# Wasserstoff im künftigen Energiesystem

Wasserstoff ist in den letzten beiden Jahren verstärkt als Ergänzung in einem dekarbonisierten Energie- und Wirtschaftssystem in den Blick gerückt. Manchmal erscheint die Zuschreibung künftiger Rollen allerdings von starkem Wunschenken getrieben – dahinter steckt zumeist die Hoffnung, der Wasserstoff könne die Rolle von Erdölprodukten oder Erdgas einnehmen, und daher müsse sich im Grundsatz nicht viel ändern. Es ist sinnvoll, hier basierend auf den physikalischen Eigenschaften und Restriktionen eine realistische Einschätzung zu entwickeln – denn es hat seine physikalischen, technischen und wirtschaftlichen Gründe, weshalb er nicht schon längst eine Rolle im Energiesystem spielt.

## Eigenschaften und Herausforderungen

Wasserstoff als möglicher stofflicher Energieträger oder -speicher «verbrennt» kohlenstofffrei zu Wasser und entlässt somit bei der «Energieproduktion» kein Kohlendioxid in die Atmosphäre. Die Energiedichte bezogen auf die Masse liegt zumindest in den Größenordnungen derjenigen von Kohlenwasserstoffen – bezogen auf das Volumen ist sie geringer, aber bleibt immer noch interessant genug. Darüber hinaus ist Wasserstoff auch als Reduktionsmittel bei der Produktion von Roheisen in der Stahlindustrie interessant. Auf diese Weise kann der Einsatz von Koks ersetzt werden und die bei der Eisenproduktion entstehenden Prozessmissionen sozusagen an der Quelle vermieden werden. Auch in Raffinerieprozessen sowie in einigen Prozessen der Grundstoffchemie kommt bislang «grauer» Wasserstoff zum Einsatz, der perspektivisch durch «bunten» ersetzt werden muss.

Darüber hinaus ist (grüner) Wasserstoff einer der Ausgangsstoffe von synthe-

tischen (strombasierten) flüssigen oder gasförmigen Brenn- und Treibstoffen, die auch unter den Abkürzungen PtG (Power-to-Gas) und PtL (Power-to-Liquid) zusammengefasst werden.

Die Herausforderungen bei Wasserstoff liegen in zwei Punkten:

**1) Produktion:** Wasserstoff ist sehr reaktiv und kommt daher in der Natur praktisch nur in gebundener Form z. B. als Wasser oder in Kohlenwasserstoffen vor. Aus diesen muss er unter erheblichem Einsatz von Energie wieder abgespalten werden. Nur wenn Wasser unter Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien elektrolysiert wird, kann der entstandene Wasserstoff als «grün» und klimaschonend bezeichnet werden. Bei Abspaltung von Wasserstoff aus fossilen Kohlenwasserstoffen (meistens Methan), die nicht ganz so energieaufwendig ist und heute zur Produktion von Wasserstoff für chemische Prozesse eingesetzt wird, entsteht Kohlenstoff oder Kohlendioxid. Wenn dieses in die Atmosphäre gelangt, kann der Wasserstoff nicht als klimafreundlich bezeichnet werden. Er wird dann als «grau» bezeichnet. Wenn der Kohlenstoff oder das Kohlendioxid abgeschieden und dauerhaft aus dem Kreislauf entfernt wird, spricht man von «blauem» oder «türkischem» Wasserstoff. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik kann auch hier nicht umgangen werden – sowohl bei der Produktion von Wasserstoff als auch bei der Oxidation zur Energiegewinnung (Brennstoffzelle oder Direktverbrennung) sind Wirkungsgradverluste bei den eingesetzten Prozessen und Anlagen unvermeidlich. Um eine Kilowattstunde Energie aus Wasserstoff zu erzeugen, müssen zuvor ungefähr zwei Kilowattstunden – idealerweise an grünem Strom – hineingesteckt werden. Wasserstoff ist also «energie-

tisch teuer» und sollte daher nur zu solchen Verwendungszwecken eingesetzt werden, in denen Alternativen kaum vorhanden oder noch teurer sind.

**2) Handhabung:** Die Wasserstoffmoleküle sind sehr leicht und klein, damit diffundieren sie durch die meisten Materialien. Wasserstoff ist sehr reaktiv und explosiv, gasförmig bis zu einer Temperatur von ca. -253 °C. Es ist daher eine Herausforderung, ihn sicher zu transportieren und zu speichern. Jeder Speichervorgang ist mit zusätzlichem Energieaufwand verbunden. Seit Jahren wird an verschiedenen Speicheroptionen für unterschiedliche Anwendungszwecke geforscht. Unter anderem von der Entwicklung dieser Optionen werden die Anwendungen abhängig sein, in denen Wasserstoff schliesslich breiter eingesetzt werden kann. Diese Herausforderungen haben bislang verhindert, dass Wasserstoff als Energieträger entwickelt und eingesetzt wird.

## Mögliche Einsatzzwecke im Energie- und Wirtschaftssystem

Der Einsatz in der Stahlindustrie sowie in Raffinerien und der Ersatz des «grauen» Wasserstoffs in der Chemieindustrie durch «bunten» adressieren einen großen Teil der Prozessemissionen, sowie einen Teil der mit in diesen Branchen entstehenden Energieemissionen. Allerdings sind in der Industrie insbesondere die Kosten eine erhebliche Herausforderung. Hier werden für die Umsetzung starke und passgenaue flankierende politische Unterstützungsinstrumente benötigt. Längerfristig kann Wasserstoff im Stromsystem für den Betrieb von Backup-Kraftwerken und zum Ausgleich der saisonalen Differenzen eine Rolle spielen. Sehr wahrscheinlich ist ein Einsatz im Schwerverkehr sowie im Schienenverkehr,

wenn dieser nicht gut elektrifiziert werden kann und sich möglicherweise räumliche Synergien mit Wasserstoffproduktion ergeben.

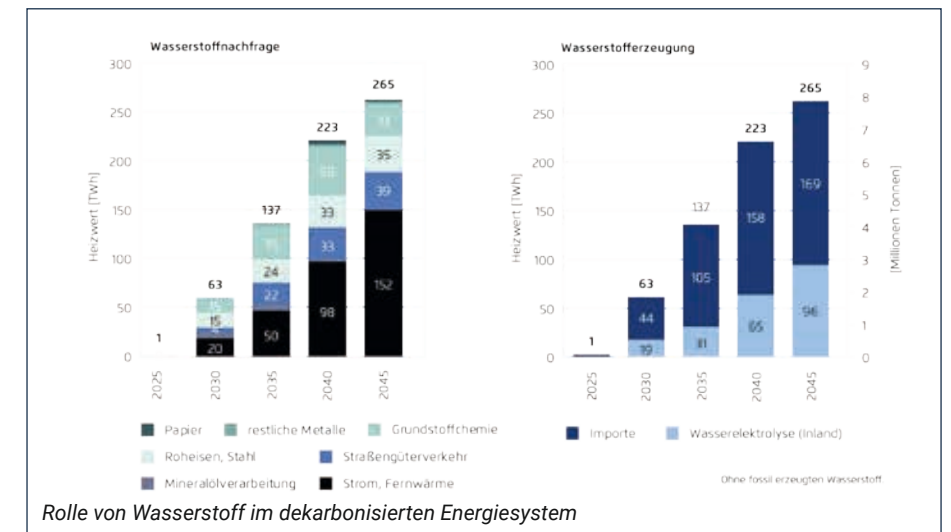
Der breite Einsatz von Wasserstoff als Energieträger im motorisierten Individualverkehr erscheint nicht sinnvoll, da in der Gesamtbilanz der batterieelektrische Antrieb bereits heute energetisch (und wirtschaftlich ohnehin) günstiger ist und derzeit weitere schnelle Fortschritte durchlaufen werden. Ähnliches gilt für den Einsatz in der Gebäudeheizung – hier gibt es energetisch und wirtschaftlich günstigere Alternativen, die weit weniger komplizierten Infrastruktur- und Handlingaufwand erfordern.

In den Szenarien «klimaneutrales Deutschland» und «klimaneutrales Deutschland bis 2045», die wir gerade gemeinsam mit dem Wuppertal-Institut und dem Öko-Institut im Auftrag von Agora Energiewende et al. fertiggestellt haben, wurde für 2050 bzw. 2045 ein Einsatz von Wasserstoff für diese Zwecke in Höhe von ca. 15 % des Primärenergieverbrauchs berechnet. Das sind ungefähr 270 TWh, dabei fällt der grösste Verbrauchsanteil im Stromsektor an. Allerdings wird nur ungefähr ein Drittel der erforderlichen Menge inländisch produziert, der Rest wird importiert – vor allem aus den windstarken westlichen Ländern (siehe Grafik).

## Rolle der Infrastruktur zur Unterstützung des Wasserstoffeinsatzes

An der Umrüstung und Umwidmung einiger Leitungen aus dem Ferngas-Übertragungsnetz wird bereits gearbeitet. Dabei sind angesichts der veränderten Dichte, höheren Reaktivität und Diffusion des Wasserstoffs gegenüber dem Erdgas einige Herausforderungen im Anlagenbau und bei den Materialien zu meistern. Diese Teile des Ferngasnetzes werden beim Transport über längere Strecken eine Rolle spielen und das Kernstück eines Wasserstoffnetzes bilden.

**Erforderliche Entwicklungsschritte für die Integration von H<sub>2</sub> ins Energiesystem** Ob die Anteile von Wasserstoff im künftigen Energiesystem den Begriff «Wasserstoffwirtschaft» rechtfertigen, wird sich zeigen. Wahrscheinlich ist das künftige



Rolle von Wasserstoff im dekarbonisierten Energiesystem

System doch eher stromdominiert, denn es ist angesichts der Wirkungsgradverluste bei jedem Umwandlungsschritt natürlich sinnvoll, den kostbaren grünen Strom so weit als möglich direkt energetisch zu verwenden.

Dennoch wird Wasserstoff, wie oben ausgeführt, eine deutliche Rolle in einem klimaneutralen Energie- und Wirtschaftssystem spielen. Damit sich das rechtzeitig entwickeln kann, sind praktisch in allen Bereichen der Kette weitere Entwicklungsschritte und vor allem Kostendegressionen, die über «Lernkurven» entstehen, erforderlich. Das betrifft die Schritte:

- Wasserstoffproduktion in Kombination mit fluktuierender erneuerbarer Stromproduktion – welche Anlagen- und Auslegungskombinationen sind für welchen Einsatzzweck optimal?
- Verfolgung der verschiedenen Speicher- und Transportoptionen, wie z. B. organische Lösungsmittel, Metallhydride, Hochdruck, Tiefkühlung, Kombinationen, Ammoniak. Je nach Einsatzart können verschiedene Speicheroptionen angepasst sein. Im (Schwer-)Verkehr werden sichere Speicher mit relativ hoher Energiedichte benötigt – bei stationären Anwendungen in der Industrie können eher Druck- oder Kältespeicher zum Einsatz kommen.
- Direkte Transportoption in Pipelines. Hier sind im Gesamtsystem mit Ein- und Ausspeicherung, Verdichtern etc. noch einige Optimierungs- und Sicherungsaufgaben zu erledigen.

- Rückverstromung – auch die Brennstoffzellen können und müssen noch weiter entwickelt werden, und sicher werden sich spezifische Technologien für spezifische Einsatzzwecke herausmehren.

Daher ist es günstig, die Aktivitäten einerseits noch breit zu halten, um technologieoffene Entwicklung zu ermöglichen, andererseits zu bündeln und gut zu vernetzen, damit das Wissen möglichst schnell in Aktivitäten auf Marktebene umgesetzt werden kann.

Dazu braucht es aber zumindest für eine Übergangszeit eine Unterstützung mit politischen Instrumenten. Dazu gehört auch eine Einbindung der Leistungen, die Wasserstoff für das Stromsystem erbringen kann, ins Marktdesign. Es ist eine Menge zu tun, und mit der Wasserstoffstrategie als Rahmensetzung werden gerade die ersten Weichen gestellt.

Dr. Almut Kirchner  
Prognos AG

## Zur Autorin

Dr. Almut Kirchner ist Direktorin bei der Prognos AG und leitet dort den Bereich «Energie- und Klimaschutzpolitik» sowie das Kompetenzzentrum Modelle. Ihre Arbeitsschwerpunkte liegen in den Bereichen modellgestützte langfristige Prognosen und Szenarien von Gesamtenergiesystemen. Dabei besonders untersuchte Fragen sind ökologische und ökonomische Auswirkungen der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs, System- und Infrastrukturfürfragen, Technologieentwicklung, Energiepolitik, Versorgungssicherheit und Verwundbarkeit sowie Wirkungen energie- und klimapolitischer Instrumente.



## Politische Strategien, Ziele und Nutzenpotenziale

# Wasserstoff – Anschubfinanzierung aus vielen Quellen

**G**ut ein Jahr ist vergangen, seit im Juni 2020 die Bundesregierung im Rahmen des Corona-Konjunkturpakets 2020 die „Nationale Wasserstoffstrategie“ (NWS) verabschiedete und damit den Startschuss für den Aufbau einer kompletten Wertschöpfungskette für klimaneutralen Wasserstoff gab. Seitdem entstanden und entstehen vielfältige Wasserstoffinitiativen, eingebettet in eine Vielzahl nationaler und europäischer Förderprogramme. Hier ein kurzer Überblick:

## Die Nationale Wasserstoffstrategie NWS

Hauptelemente der NWS sind die Bereitstellung von 7 Mrd. Euro für den *Markthochlauf von Wasserstofftechnologien* in Deutschland und 2 Mrd. Euro für den *Aufbau von Internationalen Partnerschaften*.

Kernpunkte des Markthochlaufs sind:

- Wasserstoff wettbewerbsfähig machen
- einen „Heimatmarkt“ für Wasserstofftechnologien in Deutschland entwickeln, Importen den Weg bereiten

- Wasserstoff als alternativen Energieträger etablieren
- Wasserstoff als Grundstoff für die Industrie nachhaltig machen
- Transport- und Verteilinfrastruktur weiterentwickeln
- Wissenschaft fördern, Fachkräfte ausbilden
- Transformationsprozesse gestalten und begleiten
- Deutsche Wirtschaft stärken und weltweite Marktchancen für deutsche Unternehmen sichern. [1]

Dieser Markthochlauf soll im Rahmen von „Important Projects of Common European Interest (IPCEI)“ für Wasserstofftechnologien und -systeme auf europäischer Ebene vorangetrieben werden (siehe Kasten rechts).

## Reallabore der Energiewende

Die Reallabore der Energiewende sind Teil des 7. Energieforschungsprogramms

der Bundesregierung. Im Rahmen des Programms fördert der Bund Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die neue Technologien und Lösungen für die Energiewende erarbeiten und unter realen Bedingungen und in industriellem Maßstab umsetzen.

## Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien (NIP)

Die Förderung von Forschung und Entwicklung der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien durch das Bundeswirtschaftsministerium ist in das „Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien“ (NIP) eingebettet. Ziel des bis 2025 laufenden Programms NIP2 ist es, Innovationen beim Markteintritt zu unterstützen und die derzeit noch nicht marktfähigen Innovationen für künftige Anwendungen weiterzuentwickeln.

Neben der NWS haben viele Bundesländer Initiativen zur Förderung von regenerativen Energien und der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie gestartet, in Bayern wurde das Zentrum Wasserstoff. Bayern (H2.B) gegründet. [2]

Für das zweite Element der NWS, den *Aufbau der Wasserstoffpartnerschaften* im Ausland, sollen sich Internationale Märkte und Kooperationen für Wasserstoff etablieren, die globale Kooperationen als Chance begreifen und Qualitätsinfrastruktur für Wasserstoffherzeugung, Transport, Speicherung und Verwendung weiter ausbauen, sichern und Vertrauen schaffen.

Zur Umsetzung und Weiterentwicklung der NWS wird ein *Nationaler Wasserstoffrat* eingerichtet und seit September 2020 gibt es außerdem noch das *Forschungs-*

*netzwerk Wasserstoff*, das wichtiger Impulsgeber für die Forschungs- und Innovationspolitik im Wasserstoffbereich mit Fokus auf Anwendungsnähe und Praxis-transfer sein soll. [3]

## Stand der NWS im Juni 2021

Etliche Vorhaben der NWS haben schon große Fortschritte erzielt, u.a.:

- Im März 2021 wurde das Förderkonzepts „H2 Global“ umgesetzt, das sich unter Federführung der Stiftung H2Global der Erzeugung von grünem Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und dem Import von grünem Wasserstoff und Power-to-X-Produkten (PtX) nach Deutschland widmet. In Partnerländern soll sich mit dem Aufbau der Wasserstoffexportwirtschaft gleichzeitig eine lokale Wasserstoffwirtschaft als Säule der lokalen Energiewende entwickeln. [4]
- Ende Mai haben das Bundeswirtschaftsministerium und das Bundesverkehrsministerium 62 Wasserstoff-Großprojekte ausgewählt, die im Rahmen eines gemeinsamen europäischen Wasserstoffprojekts (sog. Wasserstoff-IPCEI) mit über 8 Mrd. Euro an Bundes- und Landesmitteln staatlich gefördert werden sollen.
- Anfang Juni haben das BMBF und das BMWi das Projekt „H2-Kompass“ für die Erarbeitung einer Wasserstoff-Roadmap gestartet. Hier sollen Daten und Fakten strukturiert und gebündelt werden, um Fortschritte bei Wasserstoffinnovationen aufzuzeigen.

Trotz vieler guter Ansätze sind grundsätzliche Fragen noch ungeklärt – insbesondere was die Transformation im Unternehmensbereich betrifft. Da günstiger grüner Strom die Voraussetzung für die Wasserstoff-Elektrolyse ist, beschäftigt die Befreiung von der EEG-Umlage nicht nur energieintensive Branchen wie Stahl, Chemie, Zement, Glas, Kupfer und Aluminium. [5]

Mit grünem H<sub>2</sub> produzierte Produkte sind teurer und international nicht mehr wettbewerbsfähig, weshalb auch die Förderung nach sog. Differenzverträgen anhält. Diese Carbon Contracts for Difference (CCfD) gleichen die Mehrkosten des Umstiegs auf klimaneutrale Prozesse aus und werden zwischen Staat und Unternehmen geschlossen. [6]

Zu guter Letzt gibt es auch noch Differenzen mit der EU-Kommission, die im Gegensatz zur NWS auch „blauen“ Wasserstoff als (Übergangs-) Technologie befürwortet. Und so reißt seit gut einem Jahr die Diskussion über die Rolle des Wasserstoffes für die Energiewende nicht ab.

Silvia Stettmayer

Redaktion TiB

## IPCEI

„Important Projects of Common European Interest“ (IPCEI)

Mit den „Important Projects of Common European Interest“ (IPCEI) hat die Europäische Kommission ein Programm geschaffen, über das Ausnahmen vom strengen Verbot der staatlichen Beihilfen möglich sind. Ziel ist es, ein abgestimmtes Vorgehen zwischen EU-Staaten zu fördern und auf diese Weise schwerwiegende Marktstörungen zu beheben und besondere gesellschaftliche Herausforderungen anzugehen. Das „IPCEI Wasserstoff“ soll unter Berücksichtigung der Zielsetzungen auf EU-Ebene zum Markthochlauf für Wasserstofftechnologien und -systeme entlang der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette beitragen.

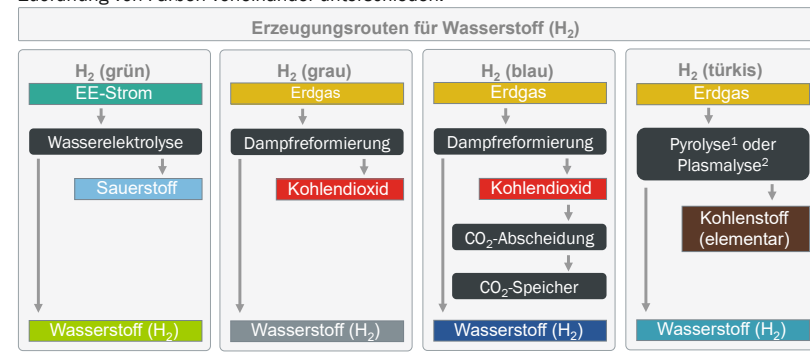
## Quellen

- [1] [www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)
- [2] [www.bmbf.de/de/nationale-wasserstoffstrategie-9916.html](http://www.bmbf.de/de/nationale-wasserstoffstrategie-9916.html)
- [3] <https://h2.bayern/>
- [4] <https://h2-global.de/>
- [5] Handelsblatt, 18.05.2021, S.23
- [6] Handelsblatt, 26.05.2021, S.13

Anlage zur Wasserstoffversorgung im DLR Köln

## Welche Wege zur Erzeugung von Wasserstoff gibt es?

Die verschiedenen Erzeugungsrouten für Wasserstoff (H<sub>2</sub>) werden in der aktuellen Diskussion durch die Zuordnung von Farben voneinander unterschieden.



Quelle: Prognos AG

Aufgrund der Vielfalt der möglichen Kombinationen aus Energiequelle und Erzeugungstechnologie gibt es weitere Erzeugungspfade und Farbzuordnungen.

(1, 2): Pyrolyse und Plasmalyse sind Verfahren, die elementaren Kohlenstoff abscheiden. Sie befinden sich im Forschungsstadium, sodass sie unserer Einschätzung nach kurz- bis mittelfristig keine technologisch reife Option zur Wasserstoffherzeugung darstellen





Pipelineinfrastruktur sowie die Verringerung von Rückbaukosten. Die Machbarkeit ist jedoch im Einzelfall zu prüfen.

#### Resumée

Die Kombination von Offshore-Windenergie und Wasserstoffproduktion mittels Elektrolyse stellt eine aussichtsreiche Option für die nächste Phase der Energiewende dar. Durch die erzeugernahe Produktion in der Nähe des Offshore-Windparks kann grüner Wasserstoff kosteneffizient und im industriellen Maßstab produziert werden – mit Vorteilen für die gesamte Netzanbindung. Gegenüber anderen Konzepten bietet der Ansatz einer zentralen Offshore-Wasserstoff Produktionsplattform zudem wirtschaftliche und technische Vorteile.

Das Potenzial für die Offshore-Wasserstoffproduktion ist vielversprechend: insbesondere dort, wo ein starker Ausbau der Offshore-Windenergie [1], begrenzte Kapazitäten des Stromübertragungsnetzes [2] sowie eine industrielle Nachfrage nach grünem Wasserstoff [3] zusammentreffen, bietet das Konzept effektive Vorteile gegenüber der Onshore-Wasserstoffproduktion und kann dazu beitragen, Offshore-Windenergie sinnvoll in das Energiesystem zu integrieren.

Somit bieten sich zukünftig viele Anwendungsmöglichkeiten für die Offshore-Wasserstoffproduktion – nicht nur in Deutschland, sondern europaweit.

Felix Knicker, Projektingenieur  
Tractebel Engineering GmbH

#### Quellen

- [1] ewi Energy Research & Scenarios gGmbH, dena-Leitstudie Integrierte Energiewende – Teil B. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). 2018
- [2] BVG Associates. Unleashing Europe's offshore wind potential – A new resource assessment. WindEurope. 2017
- [3] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen; Bundeskartellamt. Monitoringbericht 2020. 2021
- [4] DIW Econ GmbH. Marktdesign für eine effiziente Netzanbindung von Offshore-Windenergie. 2019
- [5] 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH. Netzentwicklungsplan Strom 2030 – Version 2019 – Zweiter Entwurf. 2019
- [6] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Flächenentwicklungsplan 2020 für die deutsche Nord- und Ostsee. 2020

## Ein neues Zeitalter der Energiegewinnung hat begonnen

# „Künstliche Fotosynthese“: Grüner Wasserstoff ganz ohne Strom



Die 2020er sind das Jahrzehnt des Wasserstoffs – das verkündete das schottische Energieberatungsunternehmen Wood Mackenzie im August 2020 [1]. Wieder eine Stimme mehr, die Wasserstoff als Energieträger der Zukunft erkennt – einer klimafreundlichen Zukunft! Denn bei der Verbrennung von Wasserstoff entsteht lediglich sauberes Wasser.

Um „grünen Wasserstoff“ zu gewinnen, muss Wasser in seine chemischen Bestandteile aufgespalten werden. Dazu wurde bislang das Verfahren der strombetriebenen Elektrolyse (P2G) genutzt. Doch es geht noch besser: Die fotokatalytische Wasserspaltung oder „Künstliche Fotosynthese“. Denn bei diesem Verfahren fällt die Stromerzeugung weg. Es kommt lediglich die eingestrahlte Sonnenenergie

zum Einsatz. Und das ist auch der große Vorteil der „Künstlichen Fotosynthese“. Aber wie genau funktioniert das?

**Die natürliche Fotosynthese von Pflanzen**  
Pflanzen haben die Fotosynthese vor 2,5 Milliarden Jahre erfunden. Sie nutzen die Sonneneinstrahlung, um aus dem CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft sowie Wasser Kohlenwasserstoffverbindungen herzustellen: Zucker, Stärke, Proteine und Fette. Damit speichert die Pflanze Sonnenenergie in Form von chemischen Verbindungen. Was bei der natürlichen Fotosynthese außerdem zum Einsatz kommt ist der Farbstoff Chlorophyll, den wir hier als „Lichtantenne“ bezeichnen wollen. Denn die absorbierten Photonen des Lichts bringen Elektronen des Chlorophylls in einen höheren Energiezustand. Diese Elektro-

nen sind in der Lage, Wasser zu spalten in Wasserstoff und Sauerstoff.

Der gesamte Vorgang der Fotosynthese kommt zwar nur auf einen Wirkungsgrad von etwa 1 %. Doch bereits 1912 vertrat der italienische Chemiker Giacomo Ciamician in einem Aufsatz des Fachmagazins Science die Meinung, dass der Mensch diesen Vorgang in einem technischen Verfahren mit besserem Wirkungsgrad nachbauen kann. [2] Einhundert Jahre später sind wir tatsächlich dazu in der Lage.

#### Realisierung fotokatalytischer H<sub>2</sub>-Gewinnung mit Lichtantennen als Anode und Kathode

Bei der Künstlichen Fotosynthese werden „Lichtantennen“ mittels Nanotechnologie hergestellt. Dazu verwendet man lichtaktive Nanomaterialien, das sind Halbleiterverbindungen wie Indiumphosphid (InP), Galliumarsenid (GaAs) und andere. Sie werden auf ein Trägermaterial, eine Art Schablone (Wafer), mit Hilfe beispielsweise der Gasphasenepitaxie aufgebracht. Der Wafer ist mit fotolithografischen Methoden (Laser) feinst geätzt. So ordnen sich die Moleküle (2-3 Atomlagen) in dreidimensionalen Strukturen an. Dieses selbstorganisierende Verfahren wird als „Epitaxie“ bezeichnet – wie das selbstorganisierende Kristallwachstum von Mineralien in der Natur. Die jetzt gebildeten Strukturen, die „Quantenpunkte“, bilden als Kathode und Anode die aktiven Lichtantennen. Ein anorganischer Katalysator erniedrigt die „Hemmschwelle“ für die Lichtreaktion. Er wird auf die Halbleiteratome aufgetragen.

Bei Bestrahlung mit Licht werden aus den Halbleiteratomen Elektronen freigesetzt. Bei einer Spannung von über 1,5 Volt – je nach verwendetem Halbleitermaterial – findet nun die fotokatalytische Wasserspaltung statt:

- An der Kathode (negativer Pol, p-Halbleiter) wird Wasser zu Wasserstoffgas H<sub>2</sub> reduziert:  $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- An der Anode (positiver Pol, n-Halbleiter) wird Wasser zu Sauerstoffgas oxidiert:  $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$

H<sub>2</sub> (Kathode) und O<sub>2</sub> (Anode) werden durch eine elektronendurchlässige Membran getrennt.

Quantenpunkte



Fotos: Bettina Falk

#### Erfolgreiche Forschungen seit 2011 bekannt

An der Realisierung einer Künstlichen Fotosynthese haben bereits zahlreiche Wissenschaftler gearbeitet. Aufsehen in der Fachwelt erreichte 2011 Daniel Nocera vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) mit seinem „Artificial Leaf“, einer handelsüblichen Solarzelle mit Katalysatoren aus Kobalt und Nickel, Wirkungsgrad fast 5%. [3] 2020 haben Forscher an der TU Ilmenau und dem Fraunhofer ISE mit einer speziellen Tandem-Solarzelle einen Wirkungsgrad von 25,9% erreicht. [4] Doch das sind bisher nur Laborwerte, die zu Laborbedingungen erhoben werden konnten. Denn für eine technische Nutzung der Fotokatalyse gelten anspruchsvolle Anforderungen:

- Preiswerte, auch in Zukunft leicht verfügbare und ungiftige Rohstoffe für die Herstellung von Quantenpunkten
- Stabilität von Anode, Kathode und Katalysator, vor allem gegen O<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>
- Möglichkeit der Verwendung von verschmutztem oder salzhaltigem Wasser.

#### US-amerikanische Firmen haben das Potenzial bereits erkannt

Doch in den USA gibt es bereits Firmen, die das Potenzial der Künstlichen Fotosynthese erkannt haben und mit einer Umsetzung erste Versuche wagen: Die Firma SunHydrogen ist mit einem Zweistufenplan (GEN 1 und GEN 2) auf dem Weg zur industriellen Nutzung der fotokatalytischen Wasserspaltung: GEN 1 arbeitet mit herkömmlichen, speziell beschichteten Solarzellen. Im Februar 2021 wurde von der Firma Suzhou GH NewEnergy

Tech Co. eine Pilotanlage aus hundert solaren Wasserstoffzellen in Betrieb genommen. Die Haltbarkeit wurde schon 2019 mit 1000 Stunden Laufzeit bewiesen. Für GEN 2 werden hauchdünne Träger mit lichtaktiven Nanomaterialien beschichtet. Sie haben einen dreifach höheren Wirkungsgrad gegenüber GEN 1. Diese Methode wurde gemeinsam mit der Universität von Iowa entwickelt und patentiert. Aktuell wird sie für die industrielle Umsetzung vorbereitet. Dazu gibt es eine Kooperation mit InRedox (USA, Longmont, Colorado) für die Beschichtung der Nanomaterialien und mit der Schmid-Group (Deutschland, Freudenberg) für die Entwicklung der Anlagentechnik für eine industrielle Anwendung. [5, 6] Damit findet möglicherweise noch in 2021 eine echte Zäsur in der Wissenschaftsgeschichte statt. Gelingt es, das oben beschriebene Verfahren in großem Maßstab umzusetzen, ist damit der Einstieg in ein gänzlich neues Zeitalter der Energiegewinnung gelungen: Das Zeitalter der Künstlichen Fotosynthese.

Dipl.-Ing. (FH) Bettina Falk

#### Quellen

- [1] Green hydrogen costs to fall by up to 64 % by 2040 | Wood Mackenzie
- [2] <https://science.sciencemag.org/content/36/926/385>
- [3] <https://news.mit.edu/2011/artificial-leaf-0930>
- [4] <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2020/hoehere-wirkungsgrade-im-tandem-neuer-solarzellenrekord.html>
- [5] <https://sunhydrogen.com>
- [6] [www.youtube.com/watch?v=oydyQN0Mp8M](https://www.youtube.com/watch?v=oydyQN0Mp8M)



CO<sub>2</sub>-Einsparpotentiale

# Grüner Wasserstoff „made in Wunsiedel“

Bis 2050 möchte Deutschland klimaneutral werden. Aus erneuerbaren Energien hergestellter „grüner“ Wasserstoff wird auf dem Weg dorthin eine wichtige Rolle spielen. Ein aktuelles Projekt, das Siemens gemeinsam mit regionalen Technologiepartnern derzeit im nordbayerischen Wunsiedel umsetzt, zeigt, wie die intelligente Erzeugung und Nutzung des neuen Energieträgers in der Praxis aussehen kann.

Mit dem „Klimaschutzplan 2050“ [abrufbar unter: [www.bmu.de](http://www.bmu.de)] hat sich die deutsche Bundesregierung ein ehrgeiziges Ziel gesetzt: Bis zum Jahr 2050 soll Deutschland weitgehend treibhausgasneutral werden. Um dies zu erreichen, sind alle Energie verbrauchenden Sektoren wie Verkehr oder Industrie gleichermaßen gefordert, ihren Ausstoß an klimaschädlichem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) sukzessive zu reduzieren.

## Grüner Wasserstoff als Energieträger der Zukunft

Im Zuge der angestrebten Dekarbonisierung spielt Wasserstoff (H<sub>2</sub>) als Energieträger der Zukunft eine Schlüsselrolle: Er kann klimaneutral aus regenerativen Quellen wie Photovoltaik (PV) und Windkraft hergestellt werden. Damit bietet das Gas die Möglichkeit, große Energiemengen zu speichern und zu transportieren. Das ist besonders dann sinnvoll, wenn – etwa an sonnigen und windreichen Tagen – zeitweise mehr Strom aus Erneuerbaren zur Verfügung steht, als gerade benötigt wird. Die Anwendungsmöglichkeiten von klimaneutral erzeugtem „grünem“ Wasserstoff als Energieträger sind dabei ebenso breit gefächert wie bei konventionell produziertem – nur eben mit einer sehr viel besseren Umweltbilanz. Ob Raffinerien, Metallurgie, Stahlproduktion, Chemieindustrie oder Chipherstellung – in der Industrie ist das Gas in vielen Prozessen

unentbehrlich. Im Verkehrssektor kann Wasserstoff darüber hinaus als emissionsfreier Treibstoff dienen – und das nicht nur bei Autos mit Brennstoffzelle. Inzwischen sind auch Busse und sogar Züge im Nahverkehr mit Wasserstoff unterwegs. Und auch für den Schwerlast-, Schiffs- und Flugverkehr ist der Einsatz von klimaneutral produziertem Wasserstoff oder auf Basis von Wasserstoff erzeugter synthetischer Treibstoffe in Zukunft eine denkbare Alternative. Besonders klimafreundlich ist eine dezentrale Wasserstoffherzeugung vor Ort. Denn damit reduzieren sich zum einen die Transportwege zu den Verbrauchsstellen. Der „grün“ erzeugte Wasserstoff kann sogar direkt über eine Wasserstofftankstelle für Endkunden zur Verfügung gestellt werden.

## Regionale Wasserstoff-Erzeugung in Wunsiedel im Fichtelgebirge

Vor diesem Hintergrund entsteht derzeit im nordbayerischen Wunsiedel im Fichtelgebirge eine wegweisende Anlage zur klimaneutralen Erzeugung von Wasserstoff. Mit einer elektrischen Anschlussleistung von 6 MW in der ersten Ausbaustufe ist sie eine der größten ihrer Art und hat damit Modellcharakter für ganz Deutschland.

Die geplante Wasserstoff-Erzeugungsanlage wird dazu dienen, die vorhandene erneuerbare Energie in ein speicherbares Medium umzuwandeln und für verschiedene Anwendungen in der Mobilität und Industrie verfügbar zu machen. Gleichzeitig entsteht für die Region Nordbayern eine neue „Wasserstoff-Quelle“. Bisher muss das Gas für Endkunden über relativ lange Transportwege angeliefert werden. In Zukunft wird der Wasserstoff dann in Wunsiedel für die lokale Distribution in Druckgasbehälter abgefüllt und über



Bioenergie- und Pelletswerk im Energiepark Wunsiedel

LKW-Trailer an lokale und regionale Endkunden geliefert. Darüber hinaus hilft die Anlage dabei, Netzengpässe zu entschärfen sowie Flexibilität für das Stromnetz bereitzustellen. Optional kann am Standort eine öffentliche Wasserstoffbetankungseinrichtung für LKWs und Busse errichtet werden.

Auftraggeber der Anlage ist die eigens gegründete WUN H<sub>2</sub> GmbH, zu der sich im September 2020 Siemens Project Ventures, der örtliche Energieversorger SWW Wunsiedel GmbH sowie die Firma Rießner Gase aus Lichtenfels im Rahmen der Vertragsunterschrift eingefunden haben. Generalunternehmer ist Siemens Smart Infrastructure. Ende 2021 soll die errichtete Anlage ihren Betrieb aufnehmen. Sie wird dann in der ersten Ausbauphase einen Wasserstoffbedarf von über 900 t pro Jahr decken können. Im Vollausbau sind später mehr als 2.000 Tonnen möglich. Die Anlage entsteht am Wunsiedler Energiepark in unmittelbarer Nähe zu einem bereits aktiven Batteriespeicher von Siemens und ergänzt das zukunftsweisende Energiekonzept, das dort umgesetzt wird: Im Rahmen einer so genannten Grid Edge Lösung sollen perspektivisch Konsumenten, Prosumenten und das intelligente Stromnetz in einem neuartigen Energiesystem miteinander interagieren. Die am Energiepark vorhandenen Assets sowie die zu errichtende Wasserstoffanlage

werden über das cloudbasierte, offene IoT-Betriebssystem von Siemens MindSphere aggregiert.

## PEM-Elektrolyseverfahren

Konkret wird der Wasserstoff durch die Elektrolyse von Wasser hergestellt. Die für diesen Prozess erforderliche Energie liefert der aus PV- und Windkraftanlagen bereitgestellte Strom. Als so genannter Elektrolyseur kommt in Wunsiedel ein Silyzer 300 von Siemens Energy zum Einsatz. Dieses Modell zeichnet sich durch einen hohen Wirkungsgrad bei hohen Leistungsdichten sowie durch einen wartungsarmen, zuverlässigen und chemikalienfreien Betrieb aus.

Er arbeitet mit dem PEM-Elektrolyseverfahren. Hierbei wird Wasser durch elektrischen Strom in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Der Name PEM ist abgeleitet von der protonenleitenden Membran, der sogenannten Proton-Exchange-Membrane. Sie ist durchlässig für Protonen, aber nicht für Gase wie Wasserstoff oder Sauerstoff. Damit übernimmt sie in einem elektrolytischen Prozess unter anderem die Funktion des Separators, der die Vermischung der Produktgase verhindert. Im Vergleich zur traditionellen Alkali-Elektrolyse ist die PEM-Technologie ideal geeignet, um fluktuierenden Wind- und Solarstrom aufzunehmen, da eine hoch dynamische Betriebsweise möglich ist.

Als Besonderheit werden in Wunsiedel auch der bei der Wasserstoff-Erzeugung anfallende Sauerstoff sowie die Niedertemperaturabwärme erstmalig in nahegelegenen Industriebetrieben weiter genutzt. Da somit alle Medienströme einer Verwendung zugeführt werden, zeigt die Anlage eine einzigartige Gesamteffizienz.

## Realisierte CO<sub>2</sub>-Einsparungen

Die in Wunsiedel entstehende Anlage zur CO<sub>2</sub>-freien Erzeugung von grünem Wasserstoff ist ein Zukunftsmodell für die sektorübergreifende Nutzung erneuerbarer Energien: In Zahlen werden im späteren Praxisbetrieb für den Bedarf von zunächst 640 t Wasserstoff 5.350 t CO<sub>2</sub> pro Jahr eingespart. Das größte Einsparpotenzial bietet dabei die Umstellung des Wasserstoffherstellungsprozesses.

Der derzeit benötigte Wasserstoff in der Region wird durch eine Erdgasdampfreformierung erzeugt. Dabei werden 5.000 t CO<sub>2</sub> freigesetzt. Zusätzlich fallen durch den Transport aus den bisherigen, bis zu 280 km entfernten Wasserstoffquellen weitere 350 t CO<sub>2</sub> pro Jahr an. Die Umstellung bedeutet somit eine Einsparung von rund 98 Prozent CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Andreas Schmuderer

Head of Consulting Distributed Energy Systems, Siemens Smart Infrastructure



Auch Siemens Siestorage Speicher (im Vordergrund) arbeiten in Wunsiedel

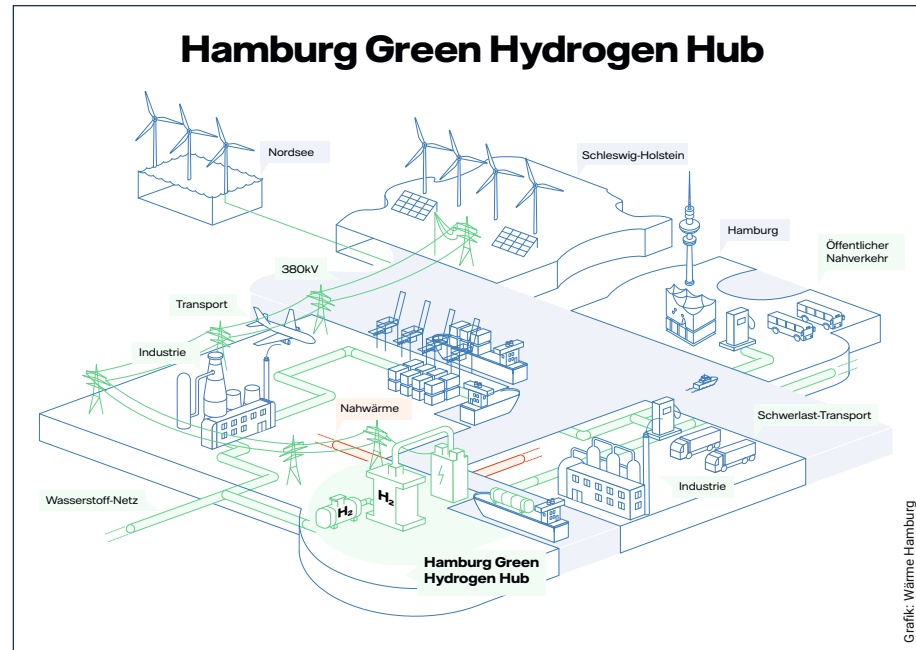


# Wasserstoffproduktion im industriellen Maßstab 100 MW Elektrolyse in Hamburg

Die Herstellung von grünem Wasserstoff in industrieller Größenordnung ist eine Voraussetzung für die Dekarbonisierung energieintensiver Produktionsprozesse.

Das Wasserstoffprojekt Hamburg Green Hydrogen Hub der vier Unternehmen Shell, Mitsubishi Heavy Industries (MHI), Vattenfall sowie der kommunalen Wärme Hamburg darf sich berechnete Hoffnungen auf EU-Förderung machen. Das Projekt in Hamburg Moorburg ist eines von 62, das auf der Ende Mai vorgestellten Short List des Bundeswirtschaftsministeriums gelandet ist. Ursprünglich hatten sich über 200 Einzelprojekte um Fördermittel im Rahmen des EU-Programms „Important Projects of Common European Interest“ (IPCEI) beworben. Ebenfalls auf der Short List ist das Projekt HH-WIN, der Gasnetz Hamburg. HH-WIN soll die Leitungsinfrastruktur für den Wasserstofftransport in Hamburg zur Verfügung stellen.

Mit dem Hamburg Green Hydrogen Hub wollen die vier Unternehmen künftig gemeinsam Wasserstoff aus Wind- und Solarkraft am Kraftwerksstandort Hamburg-Moorburg erzeugen und im Umfeld nutzen können. Moorburg war viele Jahre Standort eines Gaskraftwerks der Hamburgischen Electricitäts-Werke, 2015 nahm Vattenfall hier ein Kohlekraftwerk in Betrieb. Dessen kommerzieller Betrieb wurde beendet, nachdem das Kraftwerk im Dezember 2020 einen Zuschlag in der Auktion zum bundesweiten Steinkohleausstieg erhielt. Die Stadt Hamburg und Vattenfall streben an, die [Teil]-Flächen des Standorts zeitnah für das Projekt zur Erzeugung grünen Wasserstoffs und eines Green Energy Hubs freizuräumen und weiterzuentwickeln. Neben der Errichtung eines Elektrolyseurs mit einer noch erweiterbaren 100 Megawatt Leistung soll auch untersucht werden, inwieweit die bestehende Infrastruktur des Standorts Moor-



burg künftig zur Energieerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien genutzt werden kann. Dabei sollen weiterführende Konzepte wie die notwendigen Logistikketten und Speichermöglichkeiten für Wasserstoff mitgedacht werden. Vorbehaltlich einer finalen Investitionsentscheidung kann die Erzeugung grünen Wasserstoffs nach jetzigem Planungsstand nach erfolgter Baufeldfreimachung am Standort voraussichtlich im Laufe des Jahres 2025 beginnen. Damit würde der Elektrolyseur zu den größten Anlagen in Europa gehören.

## Gesamte Wasserstoffwertschöpfungskette

Der Energiestandort verfügt aus Sicht der vier Partnerunternehmen über ideale Voraussetzungen für die weitere Nutzung. Er ist sowohl an das nationale 380.000 Volt Übertragungsnetz als auch an das 110.000 Volt-Netz der Stadt Hamburg angebunden. Darüber hinaus können Überseeschiffe den Standort direkt anlaufen und die Kai- und Hafenanlage als

Terminal zu Import weiteren Wasserstoffs nutzen. Die städtische Gasnetzgesellschaft will zudem binnen zehn Jahren ein Wasserstoffnetz im Hafen ausbauen und arbeitet damit schon jetzt an der nötigen Verteil-Infrastruktur. Im Umkreis des Standorts sind zahlreiche potenzielle Abnehmer für grünen Wasserstoff angesiedelt, so dass die gesamte Wasserstoff-Wertschöpfungskette – von der Erzeugung über die Speicherung und den Transport hin zur konkreten Anwendung in den unterschiedlichen Sektoren – vor Ort abgebildet werden kann. Mit diesen Voraussetzungen ist der Standort Moorburg in Hamburg und Norddeutschland optimal und kann sich zu einem potentiellen Startpunkt für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft entwickeln. Als nächster Schritt ist ein sogenanntes „Matchmaking“ auf EU-Ebene geplant, das Projekte mit ähnlicher Ausrichtung in den verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten zusammenbringen soll.

Quelle: Wärme Hamburg



Produktionsstandort von Covestro im CHEMPARK Dormagen

## Einspeicherung von grünem Wasserstoff Weltweit größte Pilotanlage für Liquid Organic Hydrogen Carrier

Im CHEMPARK Dormagen entsteht die weltweit größte Anlage für die Einspeicherung von grünem Wasserstoff in flüssige organische Träger (sog. Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC) im industriellen Maßstab.

Das Land Nordrhein-Westfalen unterstützt das Vorhaben mit Fördermitteln aus dem Programm „progres.nrw – Innovation“. Die zunächst in Krefeld gegründete und vor Kurzem nach Neuss umgezogene Tochter von Hydrogenious LOHC Technologies, die LOHC Industrial Solutions NRW GmbH, übernimmt die Projektleitung und den Anlagenbetrieb. Die Erlanger Muttergesellschaft kann mit ihrer proprietären LOHC-Technologie den Schlüsselbaustein und das entsprechend skalierte Anlagensystem einbringen. Ihr Investor Covestro Deutschland AG stellt die Standortfläche und zukünftig den grünen Wasserstoff zur Verfügung. Wissenschaftlicher Partner ist das Forschungszentrum Jülich mit seinem Institut für Energie- und Klimaforschung. Dorthin fließen 2 Millionen Euro der Fördermittel für begleitende wissenschaftliche Untersuchungen. Mit dem Co-Investor Royal Vopak wird zudem eine Projekterweiterung mit möglichem Aufbau einer Lieferkette für den grünen Wasserstoff bis nach Rotterdam geplant. Dort würde dieser aus dem LOHC freigesetzt und vor allem in den Bereichen Mobilität und Industrie genutzt werden.

## Skalierung der LOHC-Technologie auf industrielle Größenordnungen

„Im Rahmen unseres Vorhabens machen wir den Dormagener CHEMPARK zur Heimat der weltweit größten Pilotanlage zur Einspeicherung von grünem Wasserstoff in LOHC – wir werden hierfür unsere patentierte Technologie auf Basis des LOHC-Trägermediums Benzyltoluol zum Einsatz bringen. Mit der geplanten Anlagenkapazität können etwa 1.800 Tonnen Wasserstoff im Jahr in LOHC eingespeichert werden. Das ist nicht nur ein enormer Fortschritt im Zuge der Skalierung der LOHC-Technologie auf industrielle Größenordnungen. Gleichzeitig entsteht eine der derzeit größten Lieferketten für Grünwasserstoff“, erklärt Dr. Daniel Teichmann, Gründer und Geschäftsführer von Hydrogenious LOHC Technologies.

Prof. Dr. Peter Wasserscheid, Direktor am Institut für Energie und Klimaforschung des Forschungszentrums Jülich und Direktor des Helmholtz-Instituts Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI ERN) hat die LOHC-Technologie maßgeblich mitentwickelt. „Die geplante Anlage in Dormagen stellt eine deutliche Hochskalierung der Wasserstoffspeicherung in das LOHC-System Benzyltoluol dar und weist etwa eine zwanzigfache Einspeicherleistung gegenüber den bisherigen Anlagengrößen auf. In unserer Begleitforschung konzentrieren

wir uns im Projekt auf drei Aspekte: Das Katalysatorverhalten im Realbetrieb, mögliche Einflüsse der LOHC- bzw. Wasserstoffqualität auf den Einspeicherprozess und auf die Weiterentwicklung industriell nutzbarer Qualitätssicherungsverfahren für unser LOHC-System.“

Ein Schwerpunkt des Vorhabens liegt darin, die beim LOHC-Einspeicherprozess freiwerdende Wärmeenergie in das Dampfnetz und damit in die Energieversorgung des Standorts in Dormagen zu integrieren. Der Gesamtwirkungsgrad des LOHC-Kreislaufs kann so signifikant gesteigert werden. Die Anlageninbetriebnahme ist für 2023 vorgesehen. Covestro Deutschland AG – seit Mitte 2019 Gesellschafter von Hydrogenious LOHC Technologies – plant, dafür den grünen Wasserstoff zu liefern. Dieser wird am Standort zukünftig als industrielles Nebenprodukt anfallen. Zusätzlich zu der hier etablierten Zusammenarbeit mit Covestro Deutschland AG avisiert auch Royal Vopak, eines der weltweit führenden Unternehmen im Bereich der Infrastrukturbereitstellung für die Chemie- und Energiewirtschaft und ebenso Investor von Hydrogenious LOHC Technologies, seine Unterstützung.

Birka Friedrich  
Hydrogenious LOHC Technologies GmbH





Das Prototypenfahrzeug „HOMER“ auf dem Effizienzwettbewerb Shell-Eco-Marathon

Foto: Hydro2Motion

## Das Hydro2Motion-Team

# Die Jagd nach dem besten Wirkungsgrad

Das Hydro2Motion (H2M) Team der Hochschule München entwickelt und baut ein Brennstoffzellen-Prototypen-Fahrzeug. Mit diesem Fahrzeug nimmt das Team jährlich an Effizienzwettbewerben in Europa teil und misst sich mit Hochschulen und Universitäten in ganz Europa. Ziel dieses Wettbewerbs ist es nicht, so schnell wie möglich im Ziel anzukommen, sondern den Rundkurs in der vorgegebenen Zeit mit so wenig Wasserstoff (H<sub>2</sub>) wie möglich zu absolvieren. Gewinner des Wettbewerbs ist das Team, mit dem geringsten H<sub>2</sub> Verbrauch.

### Allgemeine Geschichte, Verbesserung

Das H2M Team wurde 2009 an der Hochschule von ProfessorInnen und Studierenden gegründet. Seit nun mehr als 12 Jahren hat das Team Erfahrung vor allem im Bereich der Brennstoffzelle (BZ) sammeln können. Im Jahr 2009 hatte die damalige BZ von Ballard Systems namens Ballard Nexa Power Module noch 1,2 kW Nennleistung und eine Masse von 13 kg. Die Leistung und die Masse konnten aufgrund der Steigerung des Wirkungsgrades des Gesamtfahrzeugs mit der heutigen BZ von Baltic Fuel Cells auf 450 W verringert werden. Die Abmaße des Systems wurden von damals zu heute um 50 % reduziert, weiter hat die BZ nun nur noch eine Masse von 3,9 kg.

Die eingesetzte BZ von Baltic Fuel Cells ist eine Niedertemperatur PEMFC (Pro-

ton Exchange Membrane Fuel Cell). Dabei dient eine Tetrafluorethylen-Polymer Membran als Feststoffelektrolyt, welcher die Ionen von Anode zu Kathode durchlässt, nicht aber elektrisch leitend ist. Die Betriebstemperatur liegt bei ca. 50 °C. Die BZ hat eine sogenannte offene Kathode, d.h. die Umgebungsluft wird für Kühlung sowie Sauerstoffversorgung verwendet und durch einen Lüfter zugeführt. Zudem konnte auch die Komplexität der BZ-Peripherie über die Jahre, wie zum Beispiel der Steuerung oder der Superkondensatoren, die als Pufferspeicher zwischen der BZ und der Antriebseinheit verwendet werden, über die Jahre verringert werden. Die externe Peripherie wie Kühlung, Frischluftkompressor, sowie die H<sub>2</sub>-Druckregelversorgung konnten über die Zeit immer besser an den Wettbewerb angepasst werden. Dadurch konnten Gewicht, Komplexität und vor allem H<sub>2</sub> eingespart werden.

### Elektrische Einflüsse

Im ursprünglichen BZ System wurden keine Rückstromsicherung zwischen der Kathode und Anode und zum Pufferspeicher berücksichtigt. Dieser Rückstrom kann bei häufigem Start-Stopp-Zyklen auftreten, wenn die Kathoden- oder Anodenseite der BZ mit zu wenig H<sub>2</sub> oder O<sub>2</sub> versorgt wird. Weiter muss eine Rückspeisung von dem Pufferspeicher in die BZ verhindert werden, da sonst die BZ

stark beschädigt wird. Das Auftreten von Rückströmen wird durch eine eigens entwickelte Steuerungs- und Sicherheitsplatine verhindert.

### Mechanische Einflüsse

Durch die auftretenden Vibrationen und Schläge der Straße, kann es zu Rissen in den Bipolarplatten der BZ kommen, welche aus Grafit gefertigt sind. Die Bipolarplatten sind für die Trennung von H<sub>2</sub> und Luft, sowie die Verteilung dieser Gase zuständig. Auf den sogenannten Strömungsprofilen (Flowfields), welche auf die Platten gefräst oder gepresst werden, strömt auf der einen Seite H<sub>2</sub> und auf der anderen Seite Luft. Die Bipolarplatten stellen sicher, dass die Membran-Elektroden-Einheiten (MEA) vollständig mit dem jeweiligen Gas umströmt wird. Aufgrund der kritischen Funktion der Bipolarplatten ist eine Beschädigung mit einer sofortigen Reparatur und einem möglichen Totalausfall verbunden. Um diese Beschädigungen zu vermeiden, ist das gesamte BZ System über eine separate Schwingungsdämpfung im Prototyp angebracht.

### Brennstoffzellenprüfstand

Zur weiteren Optimierung des Antriebsstrangs wurde 2019 im Labor für Energietechnik ein eigener Brennstoffzellenprüfstand aufgebaut. Am Prüfstand können für die gesamte Leistungsspanne der Zelle unter anderem die charakteris-

tischen Parameter der Zu- und Abluft, Strom, Spannung und Wasserstoffdurchfluss ermittelt werden.

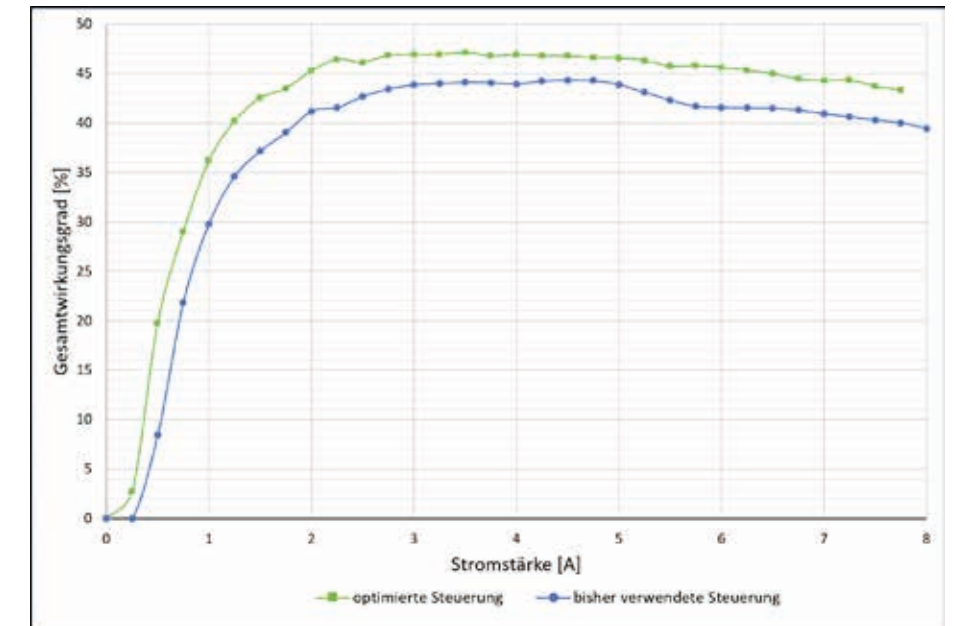
Zuerst wurden charakteristische Kennlinien wie die Strom-Spannungs-Kennlinie, Wirkungsgrad- und Leistungskennlinien erfasst. Anschließend wurden unter anderem die Auswirkungen des Luftzustands (z. B. Luftfeuchtigkeit) auf die BZ untersucht.

### Lüftersteuerung

Es wurde eine Lüftersteuerung, inkl. eigenem Lüfter, entworfen, um die BZ bei geringster Lüfterleistung auf der optimalen Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Sauerstoffgehalt zu halten. Da das Fahrzeug bei den Wettläufen mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 25 km/h zwischen 80 W und 100 W elektrische Antriebsleistung benötigt, ist die Lüfterleistungsaufnahme von bis zu 12 W relevant für die Effizienz des Fahrzeugs. Die Lüftersteuerung konnte somit auf die vergleichsweise geringe Brennstoffzellenleistung ausgelegt werden. Wie in der Abbildung 2 zu sehen ist, wurde ein bis zu 5 % höherer Gesamtwirkungsgrad unter Prüfstands Bedingungen gemessen, in grün ist die Wirkungsgradkennlinie mit überarbeiteter Lüftersteuerung zu erkennen. Die blaue Kennlinie mit bisher verwendeter Lüftersteuerung fällt beim ersten Messpunkt aufgrund der höheren Aggregatleistungsaufnahme unter 0 %. Die verwendete BZ mit einer Nennleistung von 450 W ist trotzdem gut geeignet für unseren Anwendungsfall, da in dem Bereich um ca. 80 W (ca. 3 A) der Gesamtsystemwirkungsgrad am höchsten ist.

### Luftzustände und Wassermanagement

Die Luftfeuchtigkeit ist eine kritische Größe für den Betrieb von PEMFCs. Die BZ erzeugt auf der Kathodenseite Wasser, zur optimalen Leitfähigkeit von Ionen durch die Membran wird jedoch besonders anodenseitig Wasser benötigt. Es wurde in Versuchen eine Korrelation zwischen



Strom-Gesamtwirkungsgrad-Kennlinie

Brennstoffzellenleistung und Luftfeuchtigkeit festgestellt.

Daher ist ein sog Wasser-Management bei diesem Typ von BZ von großer Bedeutung. Die Polymermembran erlaubt eine schnelle Diffusion von Wasser und gleicht somit den Wasserhaushalt auf beiden Seiten der Zelle aus. Bei nicht optimal ausgelegten Zellen kann es jedoch einerseits schnell zu Austrocknungen und somit zu Membranschaden oder andererseits zu Verstopfungen durch einen Tropfenbildung in den Gaskanälen kommen. Die Lüftersteuerung muss so geregelt werden, dass keiner dieser Fälle eintritt und z. B. Wassertropfen durch die Luftströmung ausgeschieden werden. Durch die am Prüfstand erlangten Erkenntnisse konnte die Lüftersteuerung der BZ für das Fahrzeug betriebssicherer und effizienter angepasst werden.

### Purge-Vorgang

Der Wasserstoff wird im „dead-end“ Betrieb zugeführt. Ohne Austrittsmöglichkeit wird durch den Speicherüberdruck der aktuell benötigte Wasserstoff kontinuierlich nachgeführt. Verstopfungen und Verunreinigungen können somit nicht wie kathodenseitig von der Luft weggeströmt werden. Daher wird in bestimmten Intervallen ein Ventil geöffnet, welches dem Wasserstoff erlaubt, durch die BZ zu strömen und

Verunreinigungen auszuspülen. Dieser Vorgang wird als Purgen bezeichnet.

Da der austretende H<sub>2</sub> nicht als Reaktant verwendet werden kann, ist dieser Vorgang für einen geringen H<sub>2</sub>-Verbrauch so selten wie möglich anzuwenden. Eine angepasste Purgeregelung wurde für das Fahrzeug erstellt. Die Spüldauer und das Zeitintervall zwischen den Spülvorgängen sind die zwei Stellgrößen der Purge-Strategie.

### Ausblick

Um die BZ- und Fahrzeugeffizienz weiter zu erhöhen, werden Versuche zu Befuchtungsmöglichkeiten durchgeführt. Diese sollen zeigen, ob durch eine höhere Luftfeuchtigkeit der Zuluft eine weitere Steigerung der Effizienz möglich ist. Auf dem zuletzt stattfinden Shell Eco Marathon 2019 erreichte der Prototyp einen Verbrauch von ca. 0,045 l/(100 km) benzinäquivalent. Dieser Verbrauch soll in Zukunft weiter gesenkt werden und der Prüfstand ist ein wichtiger Teil, um dieses Ziel zu erreichen.

Gregor Nies  
Silver Atena GmbH, München

Sebastien Baur  
Fakultät 03 für Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Flugzeugtechnik  
Hochschule München

Grafik: Hochschule München, S. Baur

## Mobilitätskonzepte

# Wasserstoff sicher auf die Schiene setzen

Im Bahnverkehr können Wasserstoff- und Batteriesysteme künftig die dieselbezogene Antriebstechnik bei Zügen im Nahverkehr ersetzen – vor allem auf nicht elektrifizierten Strecken. Die neue Antriebstechnik ist nachhaltig, stellt aber hohe Anforderungen an die Sicherheit und Verfügbarkeit.

Der Ausbau von Oberleitungen für nicht elektrifizierte Strecken ist kostenintensiv und auf Nebenstrecken nicht immer wirtschaftlich. Alternative Antriebe mit Wasserstoff schließen die vorhandenen Lücken und ermöglichen je nach installierter Technik Reichweiten von 700 bis zu 1.000 Kilometern. Das entspricht in der Regel einem kompletten Tageseinsatz.

Die unterschiedlichen Nutzungsformen von Wasserstoff im Bahnverkehr fasst der Begriff „Hydrail“ zusammen – unabhängig davon, ob es sich um eine effiziente Brennstoffzelle oder einen im Wirkungsgrad optimierten Wasserstoffmotor zur Energieerzeugung handelt.

Die Brennstoffzelle gewinnt die elektrische Energie für den Antrieb und die Bordsysteme aus dem in Tanks gespeicherten Wasserstoff und dem Sauerstoff der Umgebungsluft. Eine Traktionsbatterie auf Lithium-Ionen-Basis dient als Puffer für die Traktionsenergie am Rad. Diese wird einerseits von der Brennstoffzelle gespeist und andererseits durch die Nutzung der kinetischen Energie beim regenerativen Bremsen wieder aufgeladen (Rekuperation). So werden ca. 30 Prozent der Traktionsenergie je nach Einsatzgebiet und dem sogenannten Fahrspiel zurückgewonnen. Als Alternative kann ein mit Wasserstoff betriebener Motor eingesetzt werden. Diese Technologie entspricht der Vorgabe einer Zero-Emission. Auch bei der Umrüstung von Fahrzeugen

mit Dieselmotoren rückt Wasserstoff immer mehr in den Fokus. Das ist besonders für Bestandsfahrzeuge interessant, die noch keine lange Lebensdauer haben bzw. gerade erst in Betrieb genommen wurden. Ein Vorteil des Verbrennungsmotors: Der Reinheitsgrad des Wasserstoffs kann dabei geringer sein als bei einer Brennstoffzelle, was die Bezugskosten senkt und die Verwendung von in der chemischen Industrie als Abfallprodukt anfallendem Wasserstoff ermöglicht, der sonst in thermischen Prozessen verbrannt oder über Schloten abgefackelt würde.

## Sicherheitsprüfung erforderlich

Für den Betrieb von Schienenfahrzeugen mit Wasserstoff und die damit verbundene neue Technik ist eine Genehmigung auf Grundlage einer Sicherheitsprüfung erforderlich. TÜV SÜD Rail kann als unabhängige und akkreditierte Inspektionsstelle nicht nur die Sicherheit der Komponenten und des Fahrzeugs, sondern auch das Betriebskonzept und die erforderliche Infrastruktur prüfen und nutzt dafür das Know-how und die Erfahrungen von Wasserstoff-Experten aus dem gesamten TÜV SÜD-Konzern.

In den vergangenen acht Jahren haben die TÜV SÜD-Experten die Firma Alstom in Salzgitter bei der Entwicklung und Zulassung eines Triebzuges mit Wasserstoffantrieb begleitet. Der Coradia iLint nutzt zwei Brennstoffzellen zur Umwandlung von Wasserstoff in elektrische Energie. Zwei Lithium-Ionen-Batterien dienen als Puffer zwischen den Brennstoffzellen und dem elektrischen Antrieb.

Die Experten waren bereits in die Festbeschreibung der Anforderungen an das Gesamtsystem (Fahrzeug / Instandhaltung / Betrieb / Ereignisbeherrschung) eingebunden und übernahmen die sicherheits-

technische Prüfung der Konzeption und der abschließenden Ausführung. Durch kontinuierliche entwicklungsbegleitende Prüfungen war gewährleistet, dass die am Anfang definierten Sicherheitsanforderungen am Ende für die Betriebsgenehmigung erfüllt wurden. Ein deutliches Plus an Planungssicherheit – auch in Hinblick auf etwaige Technikmodifikationen für die gerade anlaufende Serienproduktion. Die systemübergreifenden Prüfungen umfassten nicht nur die Energieerzeugungstechnik, die Wasserstoffspeicher auf dem Dach und die sicherheitstechnische Begutachtung des Zusammenwirkens der verschiedenen Wasserstoff-Subsysteme im Fahrzeug, sondern auch die notwendige Tankstellentechnik und die sicherheitstechnischen Einrichtungen für die Fahrzeugwartung in den Instandhaltungsanlagen. Ein besonderer Fokus lag auf der Erfüllung der bahnspezifischen Sicherheitsanforderungen und der speziellen betrieblichen Randbedingungen sowie der damit verbundenen Stresseinflüsse.

Zudem koordinierte TÜV SÜD Rail alle beteiligten zulassungstechnischen Disziplinen auf Seiten von TÜV SÜD. Dazu zählten beispielsweise die Begutachtung der für den Betrieb erforderlichen stationären Wasserstoff-Betankungsanlagen oder die Schulungen und Workshops mit der Feuerwehr und den örtlichen Einsatzkräften.

## Zulassung für Serienfahrzeuge

Das Eisenbahnbundesamt hat die beiden Vorserienzüge im Jahr 2018 zur Erprobung der Betriebstauglichkeit zugelassen. Die Zulassung erfolgte auf Basis eines europaweit gültigen TSI-Zertifikats zu den Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität sowie der im Rahmen der Entwicklung definierten Nach-

Der Coradia iLint – hier im regulären Fahrgastbetrieb der ÖBB – ist weltweit der erste Personenzug, der mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle betrieben wird, die elektrische Energie für den Antrieb erzeugt



weisgrundlagen. Die Zulassung für die Serienfahrzeuge steht unmittelbar bevor, so dass der Betriebsstart bei der LNVG im Jahr 2022 erfolgen kann.

Damit zeigt das Projekt einen Weg auf, wie eine für den Bahnsektor neue Technologie korrekt implementiert werden kann, ohne dass bereits ein umfassendes

Regelwerk dafür vorliegt. In der Industrie sind Wasserstoff- und Batterietechnologien schon länger im Einsatz. Hier gibt es bewährte Sicherheitsstandards und Normen, die auch für Hydrail-Technologien zur Anwendung kommen können.

Mit den Praxiserfahrungen aus den laufenden Projekten können die TÜV SÜD-Exper-

ten ihre fachliche Expertise in die Generierung bzw. Weiterentwicklung von bahnspezifischen Normen und Regelwerken einbringen und die Fahrzeug- sowie die Zulieferindustrie effizient unterstützen.

Dr. Jürgen Heyn  
TÜV SÜD Rail GmbH

## EU-Projekt NAUTILUS

# Brennstoffzellen an Bord

Der weltweite Schiffsverkehr trägt erheblich zum Ausstoß von Treibhausgasen bei. Hinzu kommen Schwefeldioxide, Stickoxide sowie Rußpartikel. Die International Maritime Organization (IMO) hat daher die Grenzwerte für Schiffsemissionen gesenkt. Im Vergleich zum Jahr 2008 soll der Grenzwert

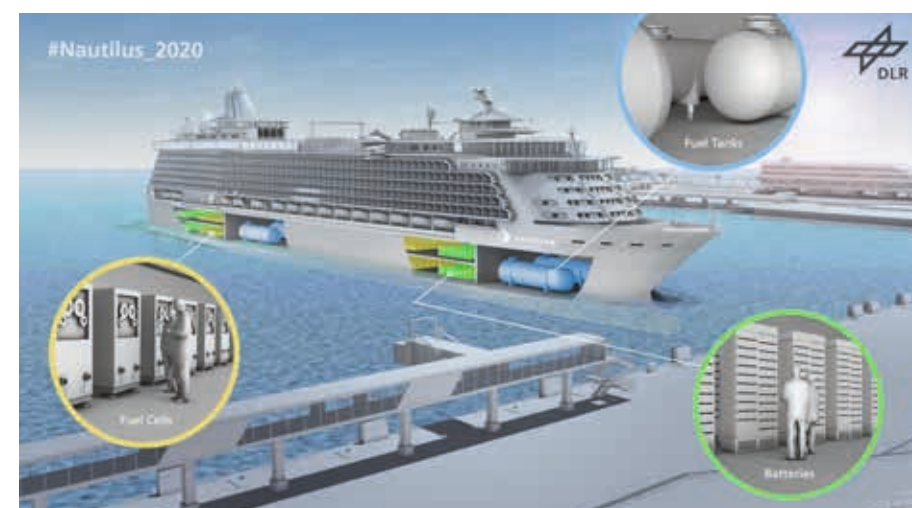
für den Ausstoß von Kohlendioxid ab 2030 um 40 % sinken, ab 2050 um 70 %. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung eine klimafreundliche Energieversorgung für Schiffe. Basis ist ein hocheffizientes Brennstoffzellen-System. Dieses soll

Strom und Wärme an Bord produzieren. Die neuartigen Brennstoffzellen funktionieren mit Wasserstoff, Erdgas, Methanol oder Synthetik-Treibstoffen. Dadurch lassen sich vorhandene Energiesysteme auch schrittweise umrüsten.

Zunächst werden Schweröl-Schiffsdiesel durch Gasmotoren ausgetauscht. So entstehen nahezu keine Rußpartikel mehr. „Während einer Übergangszeit sind dann das neue Brennstoffzellen-System und herkömmliche Schiffsaggregate mit Gasmotor gleichzeitig in Betrieb“, erklärt Dr. Syed Asif Ansar vom DLR-Institut für Technische Thermodynamik, Koordinator des NAUTILUS-Konsortiums.

Der NAUTILUS-Demonstrator soll eine elektrische Leistung von 90 Kilowatt besitzen. „Mit den brennstoffflexiblen Hochleistungszellen können wir elektrische Wirkungsgrade von 65 % erreichen. Die dabei entstehende Abwärme wird an anderer Stelle wieder gezielt in das Energiesystem eingespeist. So lassen sich über 85 % der eingesetzten Energie nutzen“, betont Ansar.

Quelle: DLR



Hochtemperatur-Brennstoffzellen (gelb) sorgen für Strom und Wärme an Bord. Außer mit Wasserstoff funktionieren sie auch mit Erdgas oder synthetischen Treibstoffen (blau). Batterien (grün) sollen Lastspitzen abpuffern.



## Schwerlastverkehr

# Wasserstoff im Tank

Daimler Trucks setzt bei der Elektrifizierung seiner LKW für flexible und anspruchsvolle Fernverkehrseinsätze auf die wasserstoffbasierte Brennstoffzelle. Das Ziel sind Reichweiten von bis zu 1.000 Kilometern und mehr ohne Tank-Zwischenstopp.

### Völlig neues Fahrzeugkonzept und neue Komponenten

Beim GenH2 Truck handelt es sich um ein von Grund auf neu konzipiertes Fahrzeug mit völlig neuen Komponenten. Dazu zählen das Brennstoffzellensystem, der vollelektrische Antriebsstrang und alle dazugehörigen Systeme wie beispielsweise die spezielle Kühlung. Das individuelle Gewicht der neuen Komponenten und ihre jeweilige Position im Fahrzeug haben zudem Auswirkungen auf die Fahreigenschaften des LKW. Dadurch wirken beispielsweise bei Schwingungen durch Straßenunebenheiten und vor allem in Extremsituationen andere Kräfte auf den LKW als bei konventionellen Fahrzeugen.

Bereits der aktuelle Prototyp wird mit bis zu 25 Tonnen Zuladung für ein Gesamtgewicht von rund 40 Tonnen beladen.

### Flüssigwasserstoff bietet zahlreiche Vorteile

Daimler Trucks präferiert flüssigen Wasserstoff, da der Energieträger in diesem Aggregatzustand im Gegensatz zu gasförmigem Wasserstoff eine deutlich höhere Energiedichte in Bezug auf das Volumen aufweist. Dadurch kommt ein mit Flüssigwasserstoff betankter Brennstoffzellen-LKW mit wesentlich kleineren und aufgrund des geringeren Drucks auch erheblich leichteren Tanks aus. Dies lässt einen größeren Laderaum und ein höheres Zuladungs-



Foto: Daimler

GenH2 Truck von Mercedes-Benz im Test

gewicht der LKW zu. Gleichzeitig kann mehr Wasserstoff getankt werden, was die Reichweite deutlich vergrößert. Der Entwicklungsplan von Daimler Trucks sieht Tests auf öffentlichen Straßen noch für dieses Jahr vor.

Quelle: Daimler

### LESETIPP



Die Energieversorgung, der Verkehrssektor und die Industrie von morgen benötigen zukunftsweisende Technologien, die eine bezahlbare Speicherung großer regenerativ erzeugter Strommengen, einen treibhausgasfreien Verkehr sowie nachhaltige industrielle und chemische Verfahren ermöglichen. Der Einsatz von Wasserstoff verspricht die Lösung vieler damit verbundener Fragestellungen. Dieses Buch vermittelt die chemisch-physikalischen Eigenschaften von H<sub>2</sub>, die Verträglichkeit mit den relevanten Werkstoffen, die Verfahren der Erzeugung, des Transportes, der Speicherung und der Nutzung von Wasserstoff.

Behandelt werden die unterschiedlichen Aspekte der Sicherheit im Umgang mit Wasserstoff und die relevanten Technologiepfade und ihre wirtschaftlich ökologische Bewertung.

Ingenieure oder Techniker finden hier viel Fachwissen zum Wesen des Wasserstoffs und zur Wasserstofftechnologie.

**Wasserstofftechnik**  
Grundlagen, Systeme, Anwendung,  
Wirtschaft

Thomas Schmidt  
Hanser, München 2020  
ISBN 978-3-446-46001-0  
99,99 Euro; E-book 79,99 Euro

# Wasserstoffwirtschaft

## Visionen eines ewig nutzbaren Energiesystems

Die Vorstellung, den universell verfügbaren Rohstoff Wasser zur Speicherung und zum Transport von Energie in Wasserstoff zu spalten, spielt seit mindestens 150 Jahren in vielen Visionen eines für alle Zeiten nutzbaren Energiesystems eine besondere Rolle. Wasserstoff ist dabei stets ein sekundärer Energieträger, der in ein Gesamtsystem eingebettet ist. Daher ist es sinnvoll von einer „Wasserstoffwirtschaft“ zu sprechen. Es ist zudem sehr wichtig bei der Diskussion von Wasserstofftechnologie von vornherein nach der Herkunft des Wasserstoffs zu unterscheiden. In den Szenarien, die hier vorgestellt werden sollen, ist meist von elektrolytisch gewonnenem Wasserstoff die Rede.



Die Originalausgabe von Jules Verne „geheimnisvoller Insel“ erschien 1874 unter dem Titel „L'île mystérieuse“

### 1874: Eine erste Idee für die Anwendung von Wasserstoff

Eine frühe Vision einer Wasserstoffwirtschaft wurde vom französischen Autor Jules Verne eher beiläufig in seinem Roman „Die geheimnisvolle Insel“ von 1874 skizziert. Hier wurde Wasserstoff als Lösung des Problems der endlichen fossilen Energiequellen präsentiert. Verne entwarf dabei keine vollständige Wasserstoffwirtschaft und beschäftigte sich nicht mit den notwendigen Energiequellen für die Wasserspaltung. Interessant ist aber, welche Anwendungsbereiche für Verne im Vordergrund standen. Er stellte

sich insbesondere einen Einsatz im Mobilitätsbereich in dem Schiffe anstelle von „Kohlebunkern“, „Wasser in seine Einzelteile gespalten“, also Wasserstoff, mit sich führen sollten. In seiner Vision sah er Wasser als die „Kohle der Zukunft“.

### 1923: Erster Entwurf einer integrierten Wasserstoffwirtschaft

In etwa 50 Jahre später, 1923, stellte der Cambridge-Professor J.B.S. Haldane eine umfassendere Vision einer Wasserstoffwirtschaft vor, die bereits erstaunliche Parallelen zu heutigen Szenarien aufwies. Im Rahmen einer umfassenden Zukunftsvision stellte er sich die Energieversorgung 400 Jahre später als integriertes Mischsystem basierend auf Elektrizität und Wasserstoff vor. Als einzige Quelle die für alle Zeiten ausreichend Energie liefern konnte, sah er die Windkraft an. Wasserstoff sollte dabei als Energiespeicher dienen, um die Unregelmäßigkeiten des Windangebots auszugleichen. Zudem sah er wie auch Verne eine Anwendung des Wasserstoffs auch im Mobilitätssektor und der Landwirtschaft.

### 1970er: Eine Umsetzung beginnt realistisch auszusehen

Weitere 50 Jahre später erlebte die Idee einer Wasserstoffwirtschaft eine neue Blüte, diesmal getrieben durch eine neu entwickelte, als unerschöpflich gesehene Energiequelle: Die Kernenergie. Erstmals wurden nun konkretere Szenarien mit einer Umsetzungsperspektive in Jahrzehnten entwickelt. Die Rolle des Wasserstoffs im Energiesystem wurde auch wieder stark im Mobilitätssektor gesehen, da die Kernenergie hier nicht auf anderem Wege zum Einsatz gebracht werden konnte. In den umfassendsten Visionen der Wasserstoffwirtschaft sollte sogar Strom als übertragbarer, leitungsgebundener Energieträger vollständig durch Wasserstoff ersetzt werden. Die Kernkraftwerke soll-

ten hier direkt Wasserstoff herstellen, der dann über Leitungen, vergleichbar dem heutigen Erdgasnetz direkt an die Haushalte geliefert werden sollte. Strom wäre dabei direkt bei den Verbrauchern durch Brennstoffzellen erzeugt worden.

### Heute: Wasserstoff als Teil der Energiewende

Seither sind wieder etwa 50 Jahre vergangen und die Rahmenbedingungen haben sich erneut stark verändert. Die menschengemachte globale Erwärmung wurde von einer überwiegenden Mehrheit der Weltbevölkerung als globale Herausforderung erkannt. Diese anzunehmen impliziert eine schnelle und umfassende Dekarbonisierung aller Prozesse der wirtschaftlichen Wertschöpfung. Dazu stehen heute erneuerbare Energien in großen Mengen fast überall auf der Welt zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund ist der großtechnische Einsatz von Wasserstoff als Energiespeicher im Strom- und Mobilitätssektor und als Prozessrohstoff in der Industrie ökonomisch sehr attraktiv geworden. Dies schlägt sich auch in politischen Visionen nieder, wie etwa der europäischen oder der Deutschen Wasserstoffstrategie. Es wurden allerdings in den 100 Jahren seit dem Vortrag Haldanes weitere technische Optionen, wie etwa batterieelektrische Fahrzeuge, für viele potentielle Anwendungen von Wasserstoff entwickelt. In welchem Maße Wasserstoff in der Energieversorgung und Industrieprozessen der Zukunft zum Einsatz kommt, ist also noch längst nicht ausgemacht. Sicher scheint aber heute zu sein, dass Wasserstoff eine wichtige Rolle spielen wird und sich 150 Jahre nach Jules Vernes erster Idee die Vorstellung von Wasserstoff als „Kohle der Zukunft“ zumindest zum Teil bewahrheitet.

Dr. Konrad Schönleber





## VDI BV München Was ist für mich Ingenieurskunst?

Lassen sie sich anstecken von der Liebe zur Technik und machen Sie mit bei der Initiative Ingenieurskunst. Haben sie Anregungen zu bestimmten Themen aus den Bereichen, wo sich Technik und Kunst berühren? Haben Sie auch ein Beispiel von Ingenieurskunst, wie den Teleskop-Kaffeebecher von Dr. Eberhard Lenz? Dann schreiben Sie uns unter: [bv-muenchen@vdi.de](mailto:bv-muenchen@vdi.de)

Rupert Zunhammer



## Eine Alternative zu Einweg-Bechern Ein wirklich dichter Teleskop-Kaffeebecher

Selbst in einem Alltagsgegenstand liegen vielfältige Anforderungen an die Ingenieurskunst.

Das zeigte sich, als mich ein umweltbewusstes Ehepaar (mit einem begrenzten Etat an Risikokapital) fragte, ob es – als Alternative zu den unzähligen Ein-Weg-Bechern – möglich sei, dichte Teleskopkaffee-Becher zu konstruieren. Eine Marktlücke, denn alle weltweit inserierten Teleskopkaffeebecher, waren und sind undicht. Eine Ausnahme bilden nur Faltbecher aus Silikon, deren Haptik aber unangenehm ist.

Schnell stellte sich heraus, dass bei Verwendung üblicher Sonderdichtungen ein dichter Becher machbar ist, aber die Reibungskräfte so hoch sind, dass man wie bei Espressomaschinen einen sehr großen Hebel braucht, um die Teleskop-elemente zu bewegen. Hier begannen die ingenieurtypischen Aufgaben:

- Richtige Materialauswahl inkl. Halbzug und Wärmebehandlung; wenn eine „easy-glide“-Beschichtung kaum hilft, welches geschmackneutrale und lebensmittelechte Schmiermittel nehmen, das für die Geschirrspülmaschine geeignet ist?
- Dichtungsspalte optimieren, Nachgiebigkeiten und Steifigkeiten gut dimensionieren ohne zuviel Material zu verbauen.
- Da die Gleitstifte für den Teleskopmechanismus erst im Endzustand befestigt werden können: Wie soll dies serientauglich geschehen? Denn in der

Vorserie zeigte sich, dass Zylinderstifte („Pass-Stifte“) aus verschiedenen Gründen nicht zuverlässig mit Laser eingeschweißt werden können.

- Der oberste Teleskopring für die Mundlippe muss aus Kunststoff sein, um sich nicht den Mund zu verbrennen – aber alle Kunststoffe dehnen sich thermisch um mehr als den Faktor zehn aus als Stahl. Bei Kaffee mit 80 °C wird so die Dichtheit ein Problem. Ein normaler Gebrauch des Kunststoffes (gewählt wurde POM) schien möglich, aber es zeigte sich, dass die Gleitstifte für den Teleskopmechanismus auch mit US-Reib-Schweißtechnik nicht serientauglich halten. – Hier wurde nun eine Anleihe aus einer fremden Disziplin nötig: das Prinzip der paradoxen Intervention, d. h. man lässt auseinanderstrebenden Kräften absolut freien Raum (dort in der Hoffnung, dass Selbstverantwortung eintreten wird). Hier bedeutet es, dass



sich der oberste Teleskopring absolut frei thermisch ausdehnen kann. Damit er nicht wackelt, gibt es elastische Verklebungen und für die Dichtheit einen extrem weichen, ortsfesten Silikon-dichtungsring, der nicht gleiten muss.

- Das Vorbild der „Ceran“®-Kochplatten führte zur Wahl der Farbe schwarz: kommt bei der Generation Y und Z sehr gut an und Flecken sind kaum sichtbar.

Die Auftraggeberin hatte die geniale Idee, den thermischen Handschutz, der unbedingt gebraucht wird, zugleich als Verpackung für den zusammengeschobenen Becher zu verwenden. Mein Part als Ingenieur: Die Maße der Höhe der Teleskopringe und des Durchmessers bestimmen die Dimensionen der Anfasshülle sowohl für den offenen Becher als auch für den zusammengeschobenen Becher. Ich konnte die mathematisch-geometrischen Gleichungen aufstellen, so dass bei Dimensionierungsänderungen sofort die Maße der Anfasshülle errechnet werden konnten.

Zu guter Letzt: Die Kraft, die man zum Öffnen und Zusammenschieben des Bechers braucht, konnte auf „leichte“ 10 N gesenkt werden – ein Wert, der kinder- und seniorengerecht ist.

Dr. Eberhard Lenz

### we-kupp

Viele weitere Informationen und Video-Clips sind zu sehen auf: [www.we-kupp.com](http://www.we-kupp.com)  
Dr. Lenz erreichen Sie über die TIB-Redaktion

## Auftaktveranstaltung der Reihe „Ingenieurskunst“ am 28.07.2021 Es werde Licht. Von Lichttechnik zu Lichtkunst.

Ingenieure und Künstler gestalten Licht in vielfältiger Ausprägung für den Menschen, für sein Wohlbefinden, für Freude und Emotion. Das Thema Licht deckt die ganze Bandbreite der Ingenieurskunst ab: von virtuoser Beherrschung der Technologie bis zu faszinierenden Möglichkeiten zur Künstlerischen Ausdrucksweise und Gestaltung.

Was erwartet Sie: Information + Emotion. Von Lichttechnik bis Lichtkunst.

Lassen Sie sich anstecken von der Begeisterung für Ingenieurskunst!

Die Veranstaltung findet in Kooperation des VDI BV München, Ober- und Niederbayern und der DesignerWerkschau statt. Die Schirmherrschaft hat Staatsminister Bernd Sibler.



### Info + Tickets

Termin: 28.07.21, Einlass ab 18:00 Uhr, Beginn 18:30, Ende ca. 21:30 Uhr

Ort: DesignerWerkschau  
Gotzinger Str. 52b, 81371 München  
Anfahrt: U3/U6 Implerstraße, 2 Min. Fußweg

Eintritt:  
12,50 Euro, Studenten 6,50 Euro  
Den Link zum Ticketkauf über eventbrite finden Sie im TIB-Online-Kalender und auf der Webseite des VDI BV München.

Die am 28.07. gültigen Coronaregeln sind einzuhalten.  
Einchecken über Luca-App oder Corona-App, Testnachweis, Impfnachweis.  
Die Anzahl der Besucher richtet sich nach der am 28.07. gültigen Regelung.  
Hybrid Veranstaltung auch als Online Live Stream. Während des Events wird gefilmt!



## VDI BV München, Ober- und Niederbayern Mitgliederversammlung 2021

Eine Premiere erlebten die Mitglieder des VDI BV München, denn die diesjährige Mitgliederversammlung wurde hybrid durchgeführt – live im Chiemseesaal der TÜV SÜD AG und virtuell per Microsoft Teams. Für die Abstimmungen und Wahlen wurde OpenSlides genutzt. Der BV Vorsitzende Andreas Wüllner begrüßte die zahlreichen Mitglieder, die sich virtuell zugeschaltet hatten, und Professor Dr.-Ing. Axel Stepken, Vorstandsvorsitzender der TÜV SÜD AG, der an der Versammlung als Hausherr teilnahm.

**Grußwort von Prof. Dr.-Ing. Axel Stepken**  
Prof. Stepken bedankte sich für die Einladung und wertete diese als weiteres Zeichen der jahrelangen guten Zusammenarbeit und des konstruktiven Austausches des BV mit der weltweit agierenden TÜV SÜD AG unter einem Dach in der Zentrale des TÜV in München. Er betonte dabei, dass gerade in der heutigen Zeit beide Organisationen mit ihrer Kompetenz und Unabhängigkeit sehr wichtig für die Gestaltung der Zukunft als Gesprächspartner und Berater der Gesellschaft sein können und sind – der VDI als führendes, technisches Netzwerk und Regelsetzer und der TÜV SÜD als weltweit führende Prüf- und Zertifizierungsgesellschaft. Die Akzeptanz und positive Einstellung zu Innovationen und dem technischen Fortschritt in allen Lebensbereichen können durch beide Institutionen deutlich gestärkt werden.

Prof. Stepken ist langjähriges VDI Mitglied und hat an maßgeblichen Projekten und Positionen im VDI verantwortlich mitgewirkt – aktuell ist er als Vorsitzender des Aufsichtsrates der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Er schloss sein Grußwort mit der Zusicherung, dass der VDI BV auch weiterhin in den Räumlichkeiten des TÜV SÜD sehr willkommen ist und auf das gute Zusammenwirken zählen kann.

### Protokoll des Schriftführers

Nach der Genehmigung der Niederschrift und der Tagesordnung durch die Mitglieder per OpenSlides, folgte der Tätigkeitsbericht 2020. Er ist in der „Technik in Bayern“, 2-2021, S. 36, und im Jahresbericht 2020 abgedruckt und kann in der Geschäftsstelle angefordert werden.

### Planung 2021

Die Zahl der Mitglieder im BV ist trotz vieler Anstrengungen weiter zurückgegangen und hat mit Ende 2020 die Zahl von 10.913 Mitgliedern erreicht.

Andreas Wüllner stellte die Planung und die Schwerpunkte der Vorstandsarbeit 2021 vor. Dazu gehören *Fachliche Positionierung bei Zukunftsthemen und verstärkte Präsenz, Sichtbarkeit des VDI (Präsenz durch Fachveranstaltungen, Kooperationen), Eröffnung neuer Erlösquellen für den BV durch die Durchführung von Kongressen, z.B.: Materialflussskongress 2021 und 2022, verstärktes Sponsoring, bspw. VDI Autonomous Driving Challenge oder VDI Initiative Ingenieurskunst, Digitalisierung sowie neue Formen der digitalen Zusammenarbeit, Anbindung der Geschäftsstelle ab August 2021 an die Cloud, Nutzbarkeit multimedial ausgestatteter Räume für Hybrid-Veranstaltungen und Digitalisierung der Vereinsmedien.* Insgesamt sollen die Mitglieder und insbesondere die VDI Young Engineers stärker eingebunden werden.

Die Veranstaltungsreihe „Ingenieurskunst“ und der VDI Award „Prädikat Ingenieurskunst“ sind wesentliche Elemente in 2021. Die VDI Autonomous Driving Challenge soll in 2021 fortgesetzt werden. Verschieben auf 2022 sind der VDI Tag und die VDI Preisverleihung mit und bei der LINDE AG. Die Arbeitskreise Bio-, Medizin- und Umwelttechnik, Produktion und Logistik und Frauen im Ingenieurberuf suchen in diesem Jahr Verstärkung und Unterstützung im Ehrenamt.

### Bericht des Schatzmeisters Jahresabschluss 2020

Prof. Dr.-Ing. Johannes Fottner, neuer Schatzmeister des BV, berichtete, dass der Finanzhaushalt in geordnetem Zustand ist. Durch die stark reduzierten Aufwendungen für Präsenz-Veranstaltungen ergab sich 2020 ein deutlicher Jahresüberschuss, der mit 20 t € in die zweckgebundene und mit 39 t € in die freie Rücklage gebucht wurde.

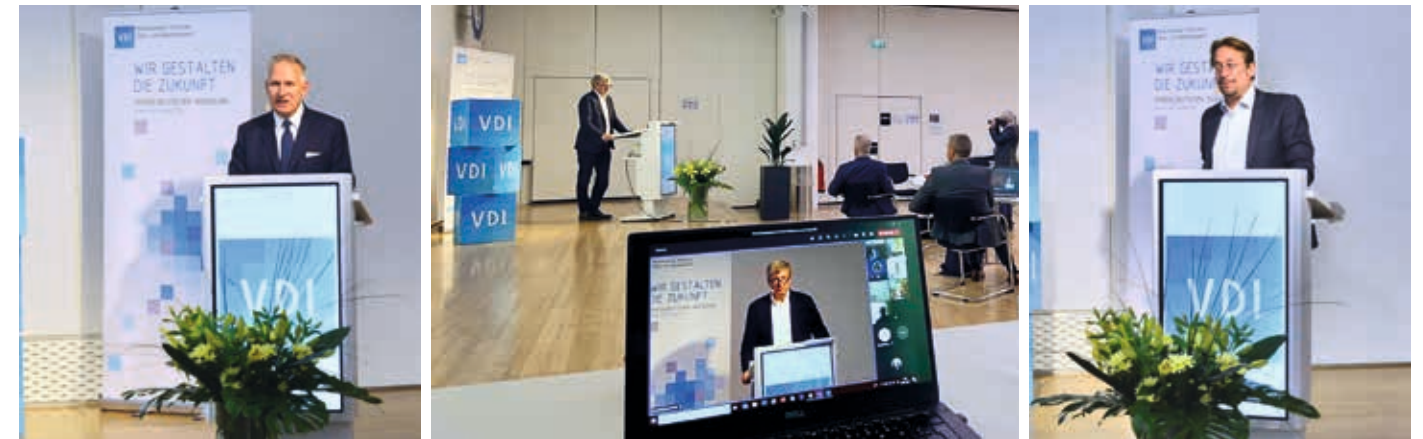
### Haushaltsplanung 2021

Prof. Fottner stellte dar, dass bei den Finanzen 2021 coronabedingt mit deutlich reduzierten Einnahmen gerechnet werden muss. Angekündigt sind bereits deutlich geringere Zuteilungen aus Düsseldorf, die aus dortigen Einnahmeausfällen der GmbHs resultieren.

Die Planung des BV ist trotzdem weitgehend auf dem Niveau der Vorjahre, da die geplanten Projekte (die finanzielle Unterstützung AK und BG, das Projekt VDI Initiative Ingenieurskunst und der Umzug der Geschäftsstelle mit Aufwertung der IT im TÜV SÜD) und Leistungen unverändert realisiert werden sollen, woraus sich eine deutliche Deckungslücke ergibt, die durch Entnahme von 95 t € aus den Rücklagen egalisiert werden wird.

### Bericht des Rechnungsprüfers

Die laut Satzung nach § 14, Ziffer 2, erforderliche Prüfung wurde nach den Richtlinien des VDI-Hauptvereins durch den gewählten Rechnungsprüfer Dr.-Ing. Walter Rathjen am 15. März 2021 in der Geschäftsstelle mit den Steuerberatern Jörn Rathjen und Bernhard Lechner von der Firma Acconsis und in Anwesenheit von Herrn Wüllner, Herrn Prof. Fottner, Herrn Peter Hangen und Frau Dr. Kuwilsky-Sirman sowie Frau Morell vorgenommen. Dr. Rathjen bestätigte die Ausführungen des Schatzmeisters Prof. Fottner zur Einnahmen- und Ausgabensituation



Der Vorstandsvorsitzende des VDI BV München Andreas Wüllner, Prof. Axel Stepken und Schatzmeister Prof. Johannes Fottner (v.l.n.r.)

und merkte an, dass die Budgets annähernd den Vorjahreswerten entsprechen. Dr. Rathjen berichtete von übersichtlichen und transparenten Abrechnungen aller Bereiche des BV und bestätigte, dass die Buchführung des BV und die Jahresabrechnung 2020 den Grundsätzen der ordnungsgemäßen Rechnungslegung entsprechen. Stichprobenweise Prüfungen, insbesondere bei Veränderungen zum Vorjahr wurden durchgeführt, wobei die Arbeit der Firma Acconsis, des Schatzmeisters und der Geschäftsstelle als ordentlich und einwandfrei befunden wurde. Die Finanzen wurden satzungsgemäß verwendet, die Veranstaltungen und Aktivitäten wurden ordnungsgemäß finanziert und verbucht.

### Genehmigung Jahresabschluss 2020

Auf Antrag des Rechnungsprüfers Dr. Rathjen wurde der Jahresabschluss 2020 von den Mitgliedern einstimmig und mit den Enthaltungen der Vorstandsmitglieder genehmigt.

### Entlastung des Vorstands

Die Entlastung des Vorstands wurde auf Antrag des Rechnungsprüfers bei Enthaltungen zweier Mitglieder und der Vorstandsmitglieder von der Mitgliederversammlung genehmigt.

### Wahlen zum Vorstand

Satzungsgemäß lief das Mandat von Dipl.-Ing. Peter Hotka als Schriftführer ab. Herr Hotka stellte sich für die Fortführung des Mandats zur Wahl.

Dipl.-Ing. Martin Schulz wurde als neues ständiges Mitglied im Vorstand des BV der Mitgliederversammlung vorgeschlagen.

### Wahlen zum Rechnungsprüfer

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Peter Hangen bewarb sich als neuer 1. Rechnungsprüfer. Dr.-Ing. Walter Rathjen wird nach langen Jahren als 1. Rechnungsprüfer als 2. Rechnungsprüfer aktiv sein.

Die Wahlen wurden für jedes Mandat mit OpenSlides jeweils einzeln durchgeführt.

Alle gewählten Vorstände/Rechnungsprüfer nahmen die Wahl an, dankten den anwesenden der Mitgliederversammlung für das erwiesene Vertrauen und sicherten auch in Zukunft den vollen Einsatz für den VDI zu.

### Verabschiedung aus dem Vorstand

Frau Dipl.-Ing. Christa Holzenkamp war seit 2013 Vorstandsmitglied, war die letzten Jahre stellvertretende Vorstandsvorsitzende und schied auf eigenen Wunsch aus dem Vorstand aus. Sie war im Vorstand mit verschiedenen Themen und Projekten u.a. zum Onlineauftritt, Kommunikation und Marketing befasst. Aktuell leitet sie den AK Unternehmer und Führungskräfte.

Andreas Wüllner verabschiedete Christa Holzenkamp auch im Namen aller Vorstände sehr herzlich und dankte für ihr stets großes Engagement und die guten Impulse, die sie eingebracht hat und wünschte weiterhin gute Zusammenarbeit für den VDI.

### Änderung der Satzung

Andreas Wüllner berichtete über die Gründe für eine Satzungsänderung. Durch die

Anpassung an die neueste Mustersatzung für Bezirksvereine, die zu Beginn dieses Jahres von der Hauptgeschäftsstelle freigegeben wurde, ist der BV auf dem neuesten juristischen und finanzpolitischen Stand und es besteht Rechtssicherheit. Andreas Wüllner stellte die neue Satzung zur Wahl und bat um Zustimmung.

In einer Online-Abstimmung mit 43 Ja-Stimmen, 1 Nein-Stimme und 8 Enthaltungen wurde die neue Satzung von der Mitgliederversammlung angenommen.

### Verschiedenes

Andreas Wüllner informierte über die nächsten Themen der Technik in Bayern. Anregungen für interessante Themen für 2022 werden gerne in der Geschäftsstelle entgegengenommen.

Er sprach auch die Info-Mails für Ehrenamtliche im VDI an und regte die Mitglieder an, sich für den Newsletter anzumelden unter: [www.vdi-sued.de/vdi-vor-ort/info-mails](http://www.vdi-sued.de/vdi-vor-ort/info-mails).

Abschließend wies Herr Wüllner auf die Auftaktveranstaltung der Reihe Ingenieurskunst „Es werde Licht – von Lichttechnik zu Lichtdesign“ am 28. Juli in der DesignerWerkschau hin (siehe auch S. 27).

### Ehrungen

Für 60 Jahre Fördermitgliedschaft wurden die KlüberLubricationMünchenSE&Co.KG und Wacker Neuson SE geehrt. Die Urkunden konnten leider bei der Mitgliederversammlung nicht übergeben werden.

Dies wird vom Vorstand zu einem geeigneten Zeitpunkt in einem persönlichen Besuch und Gespräch nachgeholt.





Die langjährige stellvert. Vorsitzende Christa Holzenkamp wird von Andreas Wüllner verabschiedet

Alexander Kraus bei seinem Festvortrag

### Festvortrag „Revolution in der Individualmobilität – Wie bestätigen wir die Sicherheit neuer Fahrzeugtechnologien?“

Andreas Wüllner begrüßte den Redner des Festvortrages Alexander Kraus, Senior Vice President TÜV SÜD Mobility Division, sehr herzlich und übergab das Wort an Prof. Pfeffer für eine Einführung in das Thema aus VDI-Perspektive.

Prof. Pfeffer stellte die VDI Autonomous Driving Challenge vor. Mit der VDI Autonomous Driving Challenge, die am 13. März 2020 erstmals stattfand, wurde ein Veranstaltungsformat etabliert, das Studenten ermöglicht, sich lokal, bundesweit und international zu vernetzen, Kenntnisse anzuwenden und sich im Wettbewerb zu erproben. Das soll die Sichtbarkeit des VDI bei Studenten, in der Fachwelt und in der Öffentlichkeit verstärken.

Alexander Kraus stellte die hohe Komplexität des autonomen Fahrens mit den vielfältigen notwendigen automatischen Fahrzeugfunktionen für alle denkbaren Fahrsituationen den aktuellen Standards für eine Überprüfung auf Einhaltung der sicherheits-technischen Anforderungen gegenüber und zeigte auf, dass derzeit technische oder regulatorische Eingrenzungen auf der einen oder der anderen Seite für eine Zulassung eines Fahrzeuges notwendig sind, zum Beispiel Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Begrenzung anderer Rahmenbedingungen wie z.B. Interkonnektivität.

Weiterhin driften einerseits die Geschwindigkeit von technischen Entwicklungen und damit einhergehenden Möglichkeiten – Zyklen etwa im 2 Jahresrhythmus, auch disruptiv – und die Ausarbeitung von Prüfvorschriften – etwa im 5 bis 10 Jahresrhythmus und ggf. mit anderen nationalen Sicherheitsphilosophien – weit auseinander.

Hinzu kommen noch nationale Interessen und politisch motivierte Vorgaben bei den internationalen Treibern USA, China und EU bei den Regulatorien ins Spiel. So hat zum Beispiel die EU eine Vision Zero 2050 ohne internationale Abstimmung postuliert, die besagt, dass im Jahr 2050 keine Verkehrstoten in der EU mehr zu beklagen sein dürfen. In Deutschland ist das Thema der Datensicherheit des Einzelnen sehr im Vordergrund, was wiederum in China keinerlei Hinderungsgrund für eine Entwicklung darstellt.

Aus derartigen Gründen ist es derzeit kaum möglich, international gängige Fahrzeugmodelle zu produzieren, was Geschäftsmodelle und Refinanzierung der notwendigen Investitionen einschränkt. Kraus führte aus, dass die Komplexität der Systeme neuer Fahrzeugtechnologien gegenüber den heute eingesetzten Systemen zum Beispiel in Flugzeugen extrem hoch ist und daher zurzeit meist nur Einzelgenehmigungen aufgrund der Vorgaben möglich sind.

Dennoch gäbe es Grund zum Optimismus in Hinblick auf die technische Ent-

wicklung und insbesondere im Hinblick auf höhere Rechnerleistungen. Weiterhin sieht er in einer Kollaboration der internationalen Experten in einer technisch orientierten internationalen Allianz und einem entsprechenden Erfahrungsaustausch große Chancen für die Entwicklung von Metastandards. Auch die Weiterentwicklung der Prüfmethodik, zum Beispiel mit dem V-Modell, beinhaltet noch erhebliches Potenzial.

Im Fazit ist festzuhalten, dass vieles in Bezug auf Einzelsysteme leistungsfähig und prüf- und zulassungsfähig ist, in Bezug auf die Anforderungen der Gesellschaft und der Politik (Standards, Prüf- und Zulassungsmethodik und Verfahren) aber noch großer Nachhol-, Abstimmungs- und Beschleunigungsbedarf besteht.

Einige Fragen aus dem Mitgliederkreis, die die große Komplexität der Technologien und das hohe Anforderungsspektrum des Themas zeigten, wurden von Herrn Kraus detailliert beantwortet.

Andreas Wüllner bedankte sich sehr herzlich bei Alexander Kraus für die interessanten und kompetenten, aus der Praxis gegriffenen Ausführungen, übergab ein Präsent und schloss die Mitgliederversammlung um 20:30 Uhr und warb um weitere aktive Mitarbeit im BV und für das ehrenamtliche Engagement.

Dipl.-Ing. Peter Hotka  
Schriftführer VDI BV München

## VDI

# 30. Deutscher Ingenieurtag

## Gemeinsam für das Klimaziel 1,5 ° - Impulse geholt und mitgemacht!

Herzlichen Dank an den VDI für eine sehr erfolgreiche Veranstaltung am 20.05.2021! Der 30. Deutsche Ingenieurtag fand statt und wir waren live dabei – #DIT2021 erstmals als neues, innovatives Digital-Format, professionell umgesetzt im Extended Reality Studio von einem super Technikteam! Die eigene Plattform: Für das „Weltgemeinschaftsprojekt Klimawandel“ – Tenor: Deutschland allein reicht nicht. Immerhin: 56-58 % der Zuschauer finden, wir schaffen die 1,5 °C des Pariser Klimaabkommens. Wichtige Fragen hierbei: Was sind die Anforderungen? Was müssen wir tun? Wer hat welche Aufgaben?

### Zusammen haben wir die Kraft

Start durch Begrüßung von Dipl. Wirtsch.-Ing. Ralph Appel, Direktor des VDI e.V. und einem Grußwort der Bundesumweltministerin Svenja Schulze an die Ingenieure als die Gestalter der Technik. „Zusammen haben wir die Kraft, uns gemeinsam als Verein auch mit Sinnhaftigkeit für die Welt einzubringen, verschiedene Lösungsoptionen ausgewogen darzustellen, und das ist als neutrale Stimme der Technik ganz besonders wichtig, denn unsere Beiträge sind heute wichtiger denn je.“

### CO<sub>2</sub>-Äquivalente

Interaktionen waren dann während des Hauptprogramms mit dem jeweiligen Panel möglich. So gaben sich die Referent\*innen nacheinander die Klinke in die Hand, u.a. Robert Habeck (Parteivorsitzender BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN), Dr. Dina Barbian (Institute for Sustainability), Prof. Dr.-Ing. Burghilde Wieneke-Toutaoui (Vorsitzende des Netzwerks Frauen im Ingenieurberuf), Dr. Frank Mastiaux (Vorstandsvorsitzender EnBW Energie Baden-Württemberg AG), Dr. Patricia Parlevliet (Airbus), Prof. Dr.-Ing. Harald Bradke (Vorsitzender des Interdisziplinären Gremiums Klimaschutz und Energiewende



Grafik: VDI

im VDI) oder Prof. Dr. Martin Faulstich (Vorstand und Direktor des INZIN (Instituts für die Zukunft der Industriegesellschaft)). Am faszinierendsten fand ich, dass der Reihe nach Konsum, Ernährung, Heizung, Mobilität außer Flugreisen, Strom, Öffentliche Emissionen und dann erst Flugreisen scheinbar den größten Treibhausgas-Ausstoß eines deutschen Durchschnittsbürgers in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten erzeugen!

### Breakout-Sessions

In den Breakout-Sessions folgten Themen wie Klimaschutz im Wärmemarkt, Gebäude der Zukunft, Strom & Netze, Innovativer Braunkohleausstieg, Future Mobility oder Grüner Wasserstoff. Bei VDI Young Engineers fand ich besonders gut, dass mit der Gen Y/Z auch gleich die Startup-Gründerin Dr.-Ing. Anne Lamp von traceless materials erzählte, dass 85 % aller Plastikstoffe, die seit 1950 produziert wurden, heute immer noch in der Umwelt liegen. Sodann folgten Ehrungen des VDI zum Ehrenmitglied: Prof. Dr. phil. Christoph Hubig – Ordinarius an der Technischen Universität Darmstadt (i.R.), mit besonderer Hervorhebung der Ethik und Philosophie im Ingenieurberuf, ebenso Prof. Dr.-Ing. Udo

Ungeheuer (VDI-Präsident 2013-2018), und mit der höchsten Auszeichnung des VDI, die man als den „Oscar der Ingenieursleistungen“ bezeichnen kann: Prof. Martin-Christoph Wanner (Fraunhofer IGP).

### „Wir sind VDI“

Im Experience Café „Wir sind VDI“ traf ich mich mit Dipl. Wirtsch.-Ing. Ralph Appel, Sandra May, Undine Stricker-Berghoff (Inhaberin ProEconomy), Stephan Haselbach, Ulrich Fligge (Beirat Technikgeschichte VDI-Süd) und im Raum „Arbeite ich jetzt Zuhause oder lebe ich im Büro“ mit Wolfgang Kötter (Arbeitswissenschaftler) – Es gab auch weitere Sessions wie „Gen Y und Gen Z – Wie gehe ich mit den veränderten Bedürfnissen und Erwartungen des Nachwuchses um?“ und Frauen im Ingenieurberuf. Spannender Abend, viele Anregungen – Wir sehen uns herzlich gerne wieder in zwei Jahren! Schließen kann man mit den Worten von Albert Einstein: „Die reinste Form des Wahnsinns ist es, alles beim Alten zu belassen und zu hoffen, dass sich etwas ändert.“

Martin Grosse



## VDI BV Bayern Nordost Die Operation am Stromversorgungs-Herzen

Die Firmengruppe Max Bögl will ihr Werk Neumarkt-Sengenthal gegen großflächigen Stromausfall wappnen: Der gilt vielen Industriebetrieben als Bedrohung.

Bögl Neumarkt ist eine feste Größe in der Baubranche für Lösungen von Infrastruktur über Erneuerbare Energien bis zu Mobilität. Schon der Ausfall der Produktion könnte Schäden in Millionenhöhe verursachen. Ein künftig innovatives, insel-fähiges Energienetz soll das verhindern. Den Weg dorthin soll INZELL ebnen, das vom Bund mit 1,65 Mio. Euro geförderte Projekt „Netzstützung und Systemdienstleistungserbringung durch eine Industriezelle mit Inselnetzfähigkeit und Erneuerbaren Energien“.

„INZELL ist eine Operation am Offenen Herzen des Werks“: Entwicklungsleiter Josef Bayer weiß, was der bewusste Eingriff in die Stromzuführung von außen bedeutet. Wenn es beim Betongießen zu einem Blackout kommt, entstehen Schäden bis in den Millionenbereich. Versorgungssicherheit wird deshalb bei immer empfindlicher werdenden Industrie-prozessen unabdingbar.

Bei INZELL ist deshalb die unterbrechungsfreie Umschaltung von Netz- auf Inselbetrieb ein zentrales Thema. Andererseits soll die Bögl-Insel dem örtlichen Verteilnetzbetreiber Bayernwerk Systemdienstleistungen bereitstellen können. Insgesamt sollen solch kleine Stromzellen in kritischen Situationen den „Schwarzstart“ des Gesamtnetzes ermöglichen. Durch Erkenntnisse aus INZELL hofft Bayernwerk Netz, die Versorgungssicherheit in der Zukunft besser planen zu können.

Bögl-Mann Bayer wiederum arbeitet im VDE-Arbeitskreis „Zellulare Netze“ maßgeblich mit. Dessen Studie „Der Zellulare Ansatz“ aus dem Jahr 2015 ist ein Plädoyer für dezentrale Energie-Inseln und

weniger Übertragungsnetz-Ausbau. „Es braucht solche Projekte wie INZELL als Beispiele, dass er funktioniert“, der Zellulare Ansatz, sagt Bayer.

Sich „ohne überdimensionierten Speicher im Notfall selbst zu versorgen“, das habe seines Wissens bislang kein Industriebetrieb dieser Größenordnung auf die Beine gestellt, hebt Projektpartner Prof. Oliver Brückl von der OTH Regensburg heraus. 2023 soll das bei INZELL funktionieren.

Die Ziele 100 % CO<sub>2</sub>-neutrale Versorgung des Werkes sowie Unterstützung des vorgelagerten Stromnetzes soll durch Optimierung interner Energieflüsse, nach und nach mehr Eigenversorgung durch Wind- und PV-Kraftwerke erreicht werden. Josef Bayer ganz plakativ: „Wenn das Schiff untergeht, kann sich Max Bögl noch retten.“ Damit das andere Industriebetriebe leichter schaffen, stellt das Projektteam einen „Handlungsplan“ in Aussicht.

Ein Netz aus vielen solchen Inseln wünscht sich auch Josef Hasler, der Vorstandsvorsitzende der Nürnberger N-ERGIE AG. „Dass Versorgungssicherheit und der Einsatz von Erneuerbaren Energien auch bei industriellen Großverbrauchern kein Widerspruch sind, zeigt das Modell der Stromnetzzellen. Diese können einen wertvollen Beitrag zum Gelingen der dezentralen Energiewende leisten.“ Die N-ERGIE hat die Machbarkeit bereits in einer Studie für ihr Netzgebiet in Nordbayern untersuchen lassen.

**Knut Bergmann und  
Heinz Wraneschitz**



Max Bögl-Werk

Foto: Heinz Wraneschitz

### Informationen

INZELL: Die „Energiezelle Max Bögl“ in Neumarkt-Sengenthal

Spitzenlast 6,3 MW, 26 GWh Stromverbrauch pro Jahr (Vergleichbar mit einer Stadt mit 25000 Einwohnern).

Aktuell speisen firmeneigene 10,5 MW Windkraftwerke, dazu 2,5 MW PV-Dachanlagen, ein 0,4 MW Dampfmotor 25,5 GWh Regenerativ-Strom p.a. ein, gepuffert mit einem 2,5 MW / 2,25 MWh Stromspeicher. Weitere 6 MW PV-Freiflächenanlagen und 1,5 MW „schwimmender PV“ kommen noch dazu.

Beteiligt sind: Die Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Regensburg zusammen mit der Max Bögl Wind AG als Projektkoordinatoren. Die Technische Universität München, die Technische Universität Clausthal und das Zentrum für angewandte Energieforschung Bayern e.V. als Verbundpartner aus der Forschung. Als Industriepartner sind dabei: INTILION GmbH, Bayernwerk Netz GmbH, Bredenoord BV, OMICRON electronics GmbH, Siemens Gamesa Renewable Energy GmbH & Co. KG.

## VDE/VDI AK Informationstechnik München Mit High Throughput Satelliten und Megakonstellationen in die 6G Ära

Heutzutage werden Satellitenkommunikationssysteme oft zusammen mit den Schlüsselbegriffen „Very High Throughput Satelliten“ und „Megakonstellationen“ verknüpft. Aber was bedeuten diese Begriffe genau? Und wie können Satelliten dazu beitragen, dass die sogenannte „jederzeit und überall“ Konnektivität in den nächsten 10 Jahren erreicht werden kann? VDE Bayern stellt dazu drei Fragen an Dr. Thomas Delamotte, einen Preisträger der VDE Bayern Awards 2020, der für den Arbeitskreis Informationstechnik am 20. Mai sein Promotionsthema präsentierte.

Dr. Delamotte, Forschungsgruppenleiter an der Universität der Bundeswehr München, koordiniert Forschungsprojekte im Munich Center for Space Communications (MCSC), das sich als Teil des Zentrums für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr (DTEC.Bw) mit Technologien für Satellitenkommunikationssysteme in der 6G Ära beschäftigt.

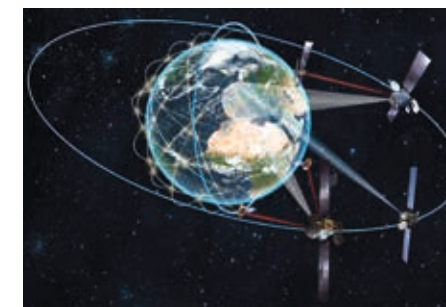
*Für welche Anwendungen wurden Kommunikationssatelliten bis heute eingesetzt?*

Es ist bekannt, dass Satelliten seit Jahrzehnten äußerst effektiv für Fernseh- und Rundfunkübertragungen verwendet werden. Mit einer Orbithöhe von ungefähr 36.000km sind geostationäre Satelliten dafür besonders geeignet, da sie ganze Kontinente abdecken können und für einen Beobachter auf der Erde scheinbar fest am Himmel fixiert sind. Millionen Haushalte können gleichzeitig versorgt werden. Aber das Nutzerverhalten hat sich geändert, das Internet wurde zum dominierenden Verbreitungsmedium, weil es Medien orts- und zeitunabhängig zu konsumieren erlaubt. Als Antwort auf diese Entwicklung hat die Satellitenkommunikationsindustrie seit den 2000er Jahren mit den sogenannten geostationären High Throughput Satelliten (HTS)

eine langsame Trendwende in Richtung Breitbandversorgung gestartet. Mithilfe einer räumlichen Frequenzwiederverwendung kann ein HTS eine Vielzahl von Breitbandzugängen gleichzeitig anbieten und Internetdienste kostengünstig bereitstellen, insbesondere dort, wo terrestrische Infrastrukturen nicht vorhanden sind. Zu diesem Zweck werden immer leistungsfähigere geostationäre Satelliten gestartet, man spricht heute sogar über Very High Throughput Satelliten (VHTS). Erwähnenswert ist z. B. der für 2022 geplante Eutelsat Connect VHTS für die Abdeckung von Europa mit einer Gesamtkapazität von 500 Gbit/s. Neue Akteure aus der sogenannten „New Space“ Industrie, wie z. B. die US-amerikanische Firma Starlink des Technologie-Entrepreneurs Elon Musk versuchen, mit Hilfe von Satellitenkonstellationen in niedrigeren Umlaufbahnen ebenfalls auf dem Breitbandmarkt Fuß zu fassen. Diese Megakonstellationen haben den Vorteil, dass sie sehr hohe Datenraten mit geringer Latenz anbieten können, jedoch sind diese Systeme mit bis zu 10 Mrd. Euro Investitionsbedarf bei vergleichsweise kurzer Lebenszeit der Satelliten von wenigen Jahren sehr teuer.

*Welche Technologien können eine Schlüsselrolle in der Entwicklung künftiger Satellitennutzlasten spielen?*

In einer digitalen Welt, wo das Datenaufkommen sehr dynamisch und unvorhersehbar ist, müssen Satellitensysteme in der Lage sein, automatisch die verfügbaren physikalischen Ressourcen, sei es Zeit, Frequenz oder Raum, flexibel zu allokalieren. In diesem Zusammenhang sind weltraumtaugliche On-Board-Prozessoren von hoher Bedeutung. Sie werden in den kommenden Jahren zur Standardausrüstung von modernen Satelliten gehören. Aktive Antennen sind hier ebenfalls von zentraler Bedeutung, damit die Nutzung räumlicher Ressourcen tatsächlich op-



Satelliten in Megakonstellation

Foto: DLR

timiert werden kann. Die Phased Array Antennen Technologie, die eine Vielzahl von synchronisierten Strahlelementen ausnutzt, um die Richtcharakteristik zu beeinflussen, wird diese Entwicklung dominieren.

*Wie werden die Satellitennetzwerke der Zukunft aussehen?*

Bis vor kurzem haben sich terrestrische Netze und Satellitensysteme komplett unabhängig voneinander entwickelt. Im Zeitalter der Digitalisierung und der „jederzeit und überall“ Konnektivität beobachten wir aber einen deutlichen Paradigmenwechsel. In künftigen Netzen werden sich terrestrische Infrastrukturen und Satelliten gegenseitig ergänzen und zusammen neue Dienste und eine neue Kommunikationsqualität anbieten können. Dieses Zusammenwachsen hat bereits mit der Standardisierung des neuen 5G Mobilfunkstandards wesentliche Schritte nach vorne gemacht. Der Weg zu vollständig integrierten Satellitennetzen ist aber noch lang. Diese Konvergenz wird voraussichtlich in 10 Jahren im Rahmen des 6G Standard realisiert. Bis es soweit ist, wird im Weltraum ein „intelligentes“ Netzwerk aufgebaut, welches Kapazitäten von Satelliten in unterschiedlichen Umlaufbahnen optimal nutzt.

**Peter Rief**

## VDI Cross Cultural Group München

**Beziehungsorientierter Managementstil****Veranstaltung: Multikulturelle Teams erfolgreich leiten**

In unserer globalisierten Welt vernetzen wir uns immer häufiger mit Menschen verschiedenster Kulturen. In Arbeitsprozessen und Managementsituationen treffen wir daher im In- und Ausland auf Personen, deren Verhalten unterschiedlich kulturell geprägt ist. Manager müssen den damit verbundenen Herausforderungen in geeigneter Weise begegnen und weiterhin zielorientiert handeln und kommunizieren.

Für diese Situationen hat Prof. Eckart Koch, Hochschule München, einen inzwischen vielfach erprobten Managementstil entwickelt, der sowohl im multikulturellen Projekt- und Teammanagement sowie in vielen interkulturellen Managementsituationen eingesetzt werden kann.

Das kulturübergreifende Konzept, der Beziehungsorientierte Managementstil (BMS), baut auf einem kulturtheoretischen Ansatz auf und vermittelt unmit-

telbar umsetzbare praxisrelevante Grundsätze und Tools. Dabei kombiniert es vielfach Bekanntes in einem neuen Kontext. „Mit nur geringem Aufwand werden Sie sich in interkulturellen Situationen sicherer fühlen, weil Sie besser einschätzen können, was Ihre Partner und Mitarbeiter erwarten. Sie können adäquat reagieren und sind als Manager in interkulturellen Managementsituationen erfolgreich mit einem Konzept, das Sie schrittweise in Ihren eigenen Managementstil integrieren können“, so Prof. Koch.

In einem **2-teiligen Vortrag mit digitalem Workshop** diskutiert Prof. Koch mit den Teilnehmern das Konzept. Beim ersten Termin (07.07.2021) wird das BMS-Konzept in einem Online-Vortrag vorgestellt. Nach einer anschließenden individuellen „Erprobungsphase“ besteht für die Teilnehmer beim zweiten Termin (21.07.2021) die Möglichkeit, in Online-Arbeitsgruppen eigene Erfahrungen bei

der Anwendung zu diskutieren. Im darauffolgenden Plenum werden die Erkenntnisse zusammengefasst und gemeinsam evaluiert.

Prof. Koch ist Mit-Initiator des Masterstudienganges „Interkulturelle Kommunikation und Kooperation“ an der Hochschule München, er leitete mehrere Entwicklungsprojekte und ist seit über 20 Jahren u.a. Management- und Strategieberater für Projekte der internationalen Zusammenarbeit. Seine regionalen Schwerpunkte sind Süd- und Südostasien, Zentralasien, Nord- und Ostafrika.

*Marcelo Costa e Silva & Thomas Erler*

**Anmeldung + Information**

Termine: 07.07. & 21.07.2021, jeweils 19:00 Uhr  
Anmeldung: [www.vdi-sued.de/ccg](http://www.vdi-sued.de/ccg)

Mehr zum Referenten: [www.eckart-koch.de](http://www.eckart-koch.de)

**Vorankündigung zum VDI Forum 2021 „Zirkuläre Wertschöpfung“**

Der VDI Landesverband Bayern hat es sich zur Aufgabe gemacht, den vertrauensvollen Kontakt mit der Gesellschaft zu pflegen. Deshalb laden wir alle Interessierten recht herzlich zum VDI Forum 2021 ein, das diesmal gemeinsam mit dem Augsburgener Bezirksverein veranstaltet wird.

Gemeinsam mit Ihnen möchten wir Stärken, Schwächen, Chancen, aber auch Risiken der zirkulären Wertschöpfung diskutieren und die notwendigen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung erörtern.

Im Anschluss gegen 21:00 Uhr findet ein Empfang statt, bei dem Sie mit anderen Gästen ins Gespräch kommen.

Wir planen das VDI Forum 2021 in Augsburg im Zeitraum Ende September bzw. Anfang Oktober 2021 und hoffen sehr, dass die Entwicklung der Corona-Pandemie dies zulässt.

Den genauen Termin mit Programmübersicht, die Anfahrtsbeschreibung sowie weitere Informationen veröffentlichen wir rechtzeitig auch auf unserer Internetseite [www.vdi.bayern](http://www.vdi.bayern)

## VDI München

**Augentraining am Arbeitsplatz****Frische und entspannte Augen an Bildschirm und Smartphone**

Foto: Barbara Brugger

Die Augen brennen, der Kopf schmerzt, die Sicht wirkt verschleiert. Unter solchen und ähnlichen Reaktionen leiden viele Beschäftigte im Homeoffice. Seit dem ersten Lockdown haben sich noch viel mehr berufliche wie auch private Aktivitäten in den virtuellen Raum verlagert. Das beansprucht besonders die Augen.

Mit ihren Augen und dem guten Sehen haben sich im Mai 2021 rund 50 Teilnehmer\*innen aus Deutschland, Österreich und Italien im **Münchener VDI Arbeitskreis Unternehmer und Führungskräfte** beschäftigt. Nicht nur theoretisch, sondern im eigenen Tun, Erleben und Fühlen. Mit viel Respekt vor unseren Sehwerkzeugen wie auch vor der **Referentin und Expertin für betriebliches Sehtraining Barbara Brugger**.

Klares Sehen ist das wichtigste persönliche Werkzeug, um bei der digitalen Arbeit Informationen aufzunehmen. Mobile Computer, virtuelle Meetings und die Tätigkeit im Homeoffice beanspruchen die Augen vieler Beschäftigten zurzeit besonders stark. Oft sind im Homeoffice die Aufgaben auf dem kleinen Display eines Notebooks statt auf einem oder gar zwei großen übersichtlichen Bildschirmen im Büro zu bewältigen. In der eigenen Wohnung beschränkt sich die Bewegung auf den Gang vom Computer zum WC und ein

spontaner Plausch mit den Kollegen in der Kaffeeküche entfällt ganz. Das bietet auch den Augen kaum Abwechslung. Sie starren meistens auf den Computerbildschirm oder das Smartphone.

Barbara Brugger kennt aus ihrer Praxis in der betrieblichen Gesundheitsförderung die Sehprobleme von Beschäftigten, die täglich sechs bis zehn Stunden digitale Arbeit verrichten. An diesem online Themenabend lernten die Teilnehmer\*innen einfache und entspannende Augenübungen, die sich gleich am nächsten Morgen am Arbeitsplatz umsetzen lassen, das Sehen erleichtern und eine Überanstrengung der Augen reduzieren. Solche Augenübungen lindern Sehbeschwerden und helfen, bei der digitalen Arbeit konzentriert und produktiv zu bleiben.

Was kann man sich von solchen Augenübungen erwarten? Nur ein bis zwei Minuten des Augentrainings zwischendurch haben bereits einen deutlich wohltuenden Effekt. Eine Teilnehmerin mit verspannten Schultern, die regelmäßig zu Kopfschmerzen führten, berichtete: „Seit ich zwischendurch die Schultern lockere und öfter aus dem Fenster sehe, sind meine üblichen Kopfschmerzen wie weggeblasen.“

Langfristig wirken sich die Augenübungen aus, wenn man sie immer wieder macht. Um sie zu verinnerlichen, empfahl die Referentin, sich während der Arbeit bestimmte Erinnerungsanker zu setzen.

Übliche Gewohnheiten, wie sich einen frischen Kaffee zu holen oder andere wiederkehrende Momente, eignen sich ideal als Erinnerungspunkt an die nächste Augenübung. Beispielsweise vor und nach dem Video-Meeting kurz die Augen zu schließen oder aus dem Fenster zu sehen, bringt den Augen schnell die nötige Entspannung.

**Zwei Augenübungen zum Ausprobieren**

1. **Blinzeln** Sie beim nächsten Einatmen einige Male locker mit den Augenlidern. Beim Ausatmen schließen Sie die Augen und ruhen sich aus. Wiederholen Sie den Ablauf drei bis fünf Atemzüge lang.
2. **Bewegen** Sie Ihre Augen sanft und langsam zunächst von links nach rechts, dann von oben nach unten und schließlich im Kreis. Jede Richtung zwei- bis dreimal wiederholen. Danach die Augen für eine Weile schließen und tief durchatmen.

*Barbara Brugger, ecovital  
Christa Holzenkamp, Leiterin AK  
Unternehmer und Führungskräfte*



**Wir bringen Schwung  
in die Region.**

Wissen, Können und Begeisterung –  
Die TH Nürnberg forscht und lehrt am Puls der Zeit.  
[www.th-nuernberg.de](http://www.th-nuernberg.de)



## VDI Young Engineers München Zwischen H2 und Zukunftsvisionen

Im April haben die VDI Young Engineers Dr. Nicos Larass, Linde AG, zu unserem Wasserstoff-Q&A eingeladen. Diesmal hatten wir wieder neue Gesichter zu sehen, welche ganz gespannt waren auf Dr. Larass Vortrag bezüglich der Herstellung und Anwendung von Wasserstoff.

Zuerst hat uns Dr. Larass in die Herstellung von Blauen Wasserstoff bei Linde eingeführt. Dabei zeigte er uns Steam Methane Reformer, die aus Erdgas Wasserstoff synthetisieren.

Zudem demonstrierte er uns grünen Wasserstoff, der aus der Elektrolyse mittels Strom aus erneuerbarer Energie, hergestellt wird.

Die Anwendungen von Wasserstoff rangierten von wasserstoffbetriebenen Bussen und LKWs bis hin zu Schiffen und Zügen. Zu unserem Erstaunen gibt es sogar wasserstoffbetriebene Fahrräder.

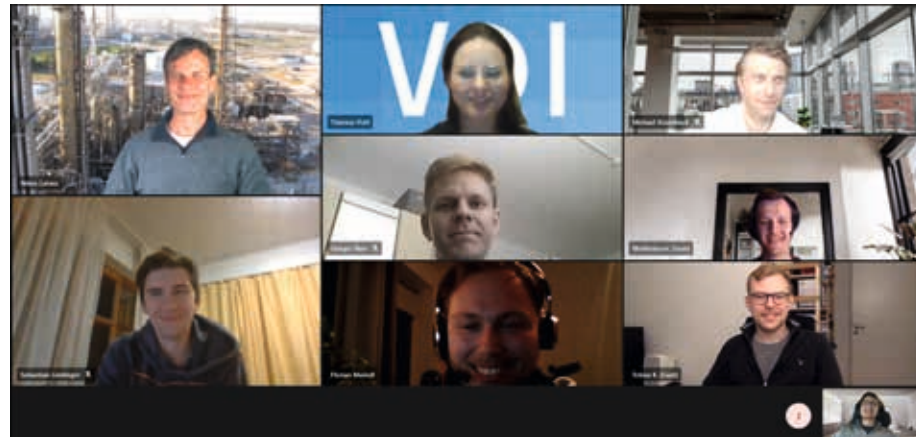
Zudem betonte Dr. Larass die Wichtigkeit von Puffer und Reservoirs für Wasserstoff, um dem zukünftigen dynamischen Verbrauch entgegenzukommen. Dabei erfuhren wir von Kuriositäten wie beispielsweise der Benutzung eines abgedichteten Salzstollens als Wasserstofflagergefäß in den Vereinigten Staaten.

Unsere Young Engineers haben viele Fragen an Dr. Larass bezüglich des Wasserstoffs gestellt. Durch diesen lebendigen Austausch zu aktuellen Themen konnte sich jeder mit seinem Fachwissen und seiner Expertise einbringen, um die eigenen Thesen zu testen.

*Maximilian Listl*

Eine weitere Diskussionsrunde der SuJ München gab es zum Themengebiet **Ingenieure ohne Grenzen**.

Montagabend, zwei Vereine treffen sich: Nein, es geht nicht um Fußball. Die Young Engineers München laden die Ingenieure



Online-Stammtisch der VDI Young Engineers München

Collagen: VDI Young Engineers München

ohne Grenzen zu ihrem Online-Stammtisch ein und erfahren Gemeinsamkeiten und Unterschiede.

### Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Die beiden Vereine haben gemäß ihrer Natur die Gemeinsamkeit, ein Ehrenamt auszuführen. Im Team werden gemeinsam Ziele erreicht, wobei auch immer der Weg dahin durch das Team unterstützt werden muss. Organisatorische, strategische und allgemeine Projektarbeit ist die vorwiegende Aufgabe, bei der die Ehrenamtlichen unterstützen.

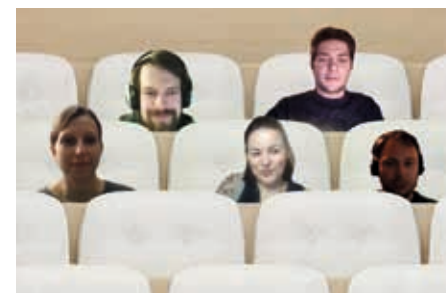
Die Ingenieure ohne Grenzen heben sich heraus durch ihr definiertes Ziel: Sie unterstützen die lokale Wirtschaft in den hilfsbedürftigen Regionen unserer Welt. Mit 5 Kompetenzgruppen, ungefähr 3500 Fördermitgliedern und ca. 1000 aktiven Mitgliedern führen sie Projekte in Afrika, Asien, Latein Amerika und seit der Flüchtlingswelle auch in Deutschland durch. Das Motto ist immer: Hilfe zur Selbsthilfe.

### Was bringt das für einen selbst, hier mitzuwirken?

Auch die aktiven Mitglieder wachsen mit ihren Aufgaben, können ihre eigenen Ideen umsetzen und erweitern ihre per-

sönlichen Grenzen im Umgang und Kommunikation mit anderen Menschen. Alles in Allem versuchen die Ingenieure ohne Grenzen genauso wie der VDI, einen positiven Fußabdruck zu hinterlassen und die Welt nachhaltig zum Positiven zu ändern.

*Florian Meindl*



### Information

Unsere Stammtische sind immer gemütliche und vor allem lustige Abende und wir freuen uns über neue Gesichter in unserer Runde.

Falls ihr auch euren Horizont erweitern wollt, in der Diskussion mit Ingenieuren aus unterschiedlichen Fachrichtungen, dann folgt uns auf unserer Webseite <https://www.suj-muenchen.de/> und unserem Whatsapp Broadcast unter +4915150322854.

## Landeswettbewerb Jugend forscht Lass Zukunft da. Jugend forscht auch in Corona-Zeiten

Mit fast 1.400 angemeldeten TeilnehmerInnen startete der Wettbewerb Jugend forscht im Pandemie-Jahr 2021. In 13 Regionalwettbewerben „Schüler experimentieren“ für die Jüngeren und „Jugend forscht“ für die Älteren wurden die Arbeiten begutachtet. Bei „Jugend forscht“ erreichten 95 TeilnehmerInnen mit 65 Projekten in den sieben Fachbereichen den Landeswettbewerb der Besten in Bayern.

Dieser war für alle Beteiligten wie für die Veranstalter ebenso ein Forschungsprojekt: Er fand nach 56 Jahren zum ersten Mal vollständig digital statt. Die Konferenzplattform veertly lieferte die virtuelle Basis und war bestens auf die Bedürfnisse aller am Wettbewerb Beteiligten zugeschnitten. Wir Juroren konnten uns bereits am Abend vorher, nach der Einführung in die neuen Modalitäten, bei einer virtuellen Weinprobe kennenlernen und austauschen – kein wirklicher Ersatz für ein reales Treffen, aber immerhin ein Hinweis, was im digitalen Raum alles möglich ist.

Beeindruckend war die Vielfalt der Themen im Wettbewerb und auch der teils anspruchsvolle soziale Kontext der Projekte. Dieser reichte von der Entwicklung eines omnidirektional fahrenden Rollstuhls (für den behinderten Sohn eines Lehrers) bis zu Führungssystemen für Blinde. Auch Nachhaltigkeit ist ein Kontext mit steigender Priorität für Projekte: Hier beeindruckten insbesondere praktische und pragmatische Ansätze wie bei der spontanen Hilfe eines professionellen „Bastlers“ im Familienkreis, der kurzerhand eine defekte Steuerung für ein Berechnungssystem wieder funktionstauglich machte und dabei noch zukunftsfähig umrüstete, z. B. für die Bedienung über ein Tablet und mit diversen Zeitsteuerungsfeatures, um die Kon-

trolle des Bewässerungsvorgangs zu erleichtern. Im beliebten 3D-Druck wurde eine Methode entwickelt, Abfälle direkt wiederzuverwerten. Für den nötigen Spaßfaktor sorgte ein 3D-Drucker, der mit Schokolade druckt – an diesem Punkt bedauerte auch die Jury, dass alles nur online ablief.

Viele Projekte liefen anders als geplant und die jungen Leute mussten improvisieren und flexibel sein – Hartnäckigkeit und eine hohe Frustrationstoleranz zahlten sich aus. Die virtuelle Umgebung im Wettbewerb bot genügend Möglichkeiten zum Austausch der TeilnehmerInnen untereinander, aber auch im Kontakt mit der Jury.

Das Rennen um die ersten Plätze und damit das Ticket zum Bundeswettbewerb nach Berlin machten im Fachbereich Technik schließlich der GUIDE WALK 2.0, ein Blindenführungssystem, das quasi produktreif vorgestellt wurde, zusammen mit EasyVision, einer Entwicklung, die die Sichtbarkeit von Schildern (z. B. für Gefahrstoffmarkierung) in einer verrauchten Umgebung gewährleistet, eine beträchtliche Unterstützung für die Feuerwehr bei kritischen Einsätzen. Im Fachbereich Technik gab es noch einen weiteren Spitzenreiter: Die Analyse eines Lebenserhaltungssystems für eine Mondbasis am lunaren Südpol wurde als bestes interdisziplinäres Projekt ausgezeichnet. Die Gautinger Schülerin Lena Kahle hat sich im Rahmen eines speziellen Oberstufenprogramms in ein Simulationstool an der TU München ein-



Quelle: Stiftung Jugend forscht

gearbeitet und eigene Untersuchungen zur Nahrungsversorgung auf dem Mond mit Algen durchgeführt. Die Ergebnisse sind übrigens auch für uns Erdlinge interessant!

Beim Blick über den Technik-Rand fiel die rege weibliche Beteiligung in der Physik auf: 5 der 11 Projekte waren von Schülerinnen eingereicht worden, die gleich zwei Landessiegerinnen stellten. Das lässt hoffen, dass die MINT-Initiativen bei den Mädels langsam Früchte tragen!

Für Interessierte: Eine hervorragende Dokumentation des Wettbewerbs gibt es auf [www.jugend-forscht-bayern.de](http://www.jugend-forscht-bayern.de).

*Dr. Hermine M. Hitzler*  
Beirätin im VDI fib München und Jurorin im Landeswettbewerb Jugend forscht für den VDI im Fachbereich Technik

## VDI Netzwerk Frauen im Ingenieurberuf München 3D-Druck in der Chirurgie

Mitte Mai hatte der VDI Arbeitskreis Frauen im Ingenieurberuf zu einem interdisziplinären Online-Vortrag eingeladen, der sowohl bei ausgewiesenen Experten als auch bei Interessierten auf großes Interesse stieß: Über 30 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus ganz Deutschland und Österreich wählten sich zum Vortrag 3D-gedruckte anatomische Modelle zur Simulation chirurgischer Eingriffe in das abendliche Online-Meeting ein.

Referentin des Abends war Dr.-Ing. Hannah Riedle. Sie nahm die Teilnehmerenschaft mit auf eine faszinierende Reise in ein fachliches Gebiet, das die Ingenieurwissenschaft mit der Medizin verbindet und in dem sie mittlerweile langjährig tätig ist: Nach ihrem Master an der Fakultät für Maschinenwesen in Medizintechnik forschte und promovierte die Expertin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg zum Thema „Haptische, generische Modelle weicher anatomischer Strukturen für die chirurgische Simulation“. Heute ist sie Geschäftsführerin des Startups ANAMOS in München.

Für die sehr heterogen zusammengesetzte Zuhörerschaft erläuterte Frau Dr. Riedle zunächst die allgemeinen Methoden des 3D-Druckes mit ihren jeweiligen Vorzügen verglichen zu konventionellen Fertigungsverfahren. Hierzu zählen die Stärken des 3D-Druckes bei der Fertigung komplexer Geometrien sowie – speziell auch im Bereich der Medizintechnik wichtig – die Integration von Funktionen in die gefertigten Produkte. Aus diesen Vorteilen ergeben sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten des 3D-Druckes in der Medizin: Wichtige Beispiele sind etwa eine Individualisierung von Implantaten und Prothesen, beispielsweise von Unterarmprothesen für Kinder, deren Herstellung durch 3D-Druck zeit- und kostensparend möglich ist. Beim sogenannten Bioprin-

ting lassen sich durch den 3D-Druck biologischer Materialien faszinierende Ergebnisse erzielen. Dabei sollen Organe wie beispielsweise ein Ohr oder eine Leber nachgebildet werden. Hierzu können Zellen oder Gewebestandteile direkt 3D-gedruckt werden oder für eine nachträgliche Besiedelung eines 3D-gedruckten Gerüsts genutzt werden.

Nach dieser bereits für sich genommen sehr spannenden und anschaulichen Einführung in das Thema folgte dann das eigentliche Highlight des Abends, der Vortragsteil zum 3D-Druck von chirurgischen Modellen. Chirurgische Modelle sind nicht für die Implantation gedacht. Stattdessen veranschaulichen sie Organe und Strukturen oder dienen Chirurgen zum Training komplexer chirurgischer Eingriffe. Diese können sonst nämlich nur schwer oder gar nicht eingeübt werden, so zum Beispiel eine Operation des Herzens oder etwa eine Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte-Korrektur bei einem Neugeborenen. Wie genau muss geschnitten werden? Wie fühlt es sich an, diese Gewebeart zu durchtrennen? Wie muss genäht werden? Dies alles sind Fragen, die sich ohne eigene langjährige chirurgische Praxis nur schwer beantworten lassen. In der Praxis müssen Mediziner deshalb ihre ersten chirurgischen Schnitte an Leichen oder an Tiermodellen durchführen – wenn nicht gar am Patienten Nummer 1. Zusätzlich kam die Verwendung von einfachen Modellen zu Übungszwecken auf, die aber nicht in allen wichtigen Punkten dem Original entsprechen. Und genau hier setzt unsere Referentin mit ihrem Startup aktuell neue Maßstäbe: Die konfigurierbaren Modelle von ANAMOS kombinieren die komplexe Geometrie des anatomischen Originalgewebes mit weichen und somit „realistischen“ Materialien. Es lassen sich deshalb hoch realistische Anatomien und Krankheits-



Foto: privat

Dr.-Ing. Hannah Riedle

bilder darstellen. Den Ausgangspunkt zur Modellherstellung bilden jeweils computertomografische (CT) Daten oder Daten einer Magnetresonanztomografie (MRT bzw. NMR). Dabei handelt es sich also um digitale Modelle, die aus 3D Bildern (einer Sequenz von 2D Schnittbildern) abgeleitet worden sind. Der einmalige ANAMOS Prozess ermöglicht nun die Erstellung wirklich jeder Anatomie und jedes Krankheitsbildes für den Einsatz in ganz unterschiedlichen medizinischen, speziell chirurgischen, Fachbereichen. Basierend auf dem digitalen Modell erfolgt die additive Fertigung der chirurgischen Modelle aus beispielsweise Silikon in verschiedenen Farben und Härten. Insbesondere in der kardiovaskulären Chirurgie gibt es bereits sehr erfolgreiche Anwendungen, z.B. bei der Herstellung von Gefäßen, Aortenbögen, Herzklappen oder von kompletten Herzen.

Der Markt für chirurgische Modelle ist groß, ebenso das Interesse von potentiellen Investoren an diesem Technologiebereich. Das Startup ANAMOS um Hannah Riedle arbeitet deshalb auch bereits mit bekannten externen Partnern zusammen. Dabei profitiert das Team stark vom unterschiedlichen fachlichen Background seiner Mitglieder, wie bei der sich an den Fachvortrag anschließenden lebhaften Diskussion ebenfalls deutlich wurde. Das Beispiel ANAMOS (www.anamos.com) ist eine junge Erfolgsstory, die als Ansporn für zukünftige technische Unternehmensgründungen dienen kann.

*Dr. Carmen Tesch-Biedermann  
Leiterin VDI fib München*

# Nicht verpassen!

## Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI München/VDE Südbayern

### 06. Juli 2021 / Dienstag

19:00 Online-Veranstaltung

Entwicklungen auf dem Weg zu netzneutralen Quartieren

Veranstalter: IDV / VDI AK Technische Gebäudeausrüstung  
Referent: Prof. Dr. Werner Jensch, Christian Rust, Steffen Lauterbach  
Info: Im Falle einer Onlineveranstaltung ist der Beginn um 17<sup>00</sup> Uhr und wir reichen den Einwahllink rechtzeitig nach

### 07. Juli 2021 / Mittwoch

19:00 Online-Veranstaltung

Cross Cultural Group – Workshop (1/2)

Veranstalter: Cross Cultural Group  
Info: Der Link zum Webmeeting ist in der Anmeldebestätigung enthalten, diese wird automatisch versendet. Weitere Informationen unter [ccg@vdi-sued.de](mailto:ccg@vdi-sued.de)  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 12. Juli 2021 / Montag

16:30 Online-Veranstaltung

Podiumsdiskussion »Algorithms, Trust and Regulation«

Veranstalter: Münchner Zentrum für Wissenschafts- und Technikgeschichte  
Info: Teilnahme nur nach Anmeldung

19:00 Online-Veranstaltung

Online-Stammtisch/Q&A der SuJ München

Veranstalter: VDI AK Studenten und Jungingenieure München  
Info: Es ist keine Installation oder Anmeldung von Microsoft Teams nötig. Bei Fragen erreicht ihr uns unter „[info@su-j-muenchen.de](mailto:info@su-j-muenchen.de)“.  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 13. Juli 2021 / Dienstag

19:00 Treff

VDI / VDE Treff

Veranstalter: VDI BG Landshut  
Ort: Landshut  
Adresse: Altstadt 107, 84028 Landshut, Gasthaus „Zum Krenkl – Weißes Bräuhaus“

### 14. Juli 2021 / Mittwoch

18:00 Online-Veranstaltung

Workshop Geld, Scham & Selbstwirksamkeit

Veranstalter: VDI Netzwerk Frauen im Ingenieurberuf (fib)  
Referent: Nadjeschda Taranczewski  
Info: Dieser Workshop findet online statt – den Einwahllink erhalten Sie rechtzeitig vor Veranstaltungsbeginn.  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 15. Juli 2021 / Donnerstag

18:30 Online-Veranstaltung

Sustainability – how to surf the killer waver

Veranstalter: VDE AK Unternehmensmanagement  
Referent: Rüdiger A. Röhrig

### 21. Juli 2021 / Mittwoch

19:00 Online-Veranstaltung

Cross Cultural Group – Workshop (2/2)

Veranstalter: Cross Cultural Group  
Info: Der Link zum Webmeeting ist in der Anmeldebestätigung enthalten, diese wird automatisch versendet. Weitere Informationen unter [ccg@vdi-sued.de](mailto:ccg@vdi-sued.de)  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 27. Juli 2021 / Dienstag

19:00 Online-Veranstaltung

Webmeeting Cross Cultural Group

Veranstalter: Cross Cultural Group  
Info: Der Link zum Webmeeting ist in der Anmeldebestätigung enthalten, diese wird automatisch versendet. Weitere Informationen unter [ccg@vdi-sued.de](mailto:ccg@vdi-sued.de)  
Anmeldung: Online Anmeldung

### 30. August 2021 / Montag

19:00 Online-Veranstaltung

Webmeeting Cross Cultural Group

Veranstalter: Cross Cultural Group  
Info: Der Link zum Webmeeting ist in der Anmeldebestätigung enthalten, diese wird automatisch versendet. Weitere Informationen unter [ccg@vdi-sued.de](mailto:ccg@vdi-sued.de)  
Anmeldung: Online Anmeldung



# Nicht verpassen!

## Treffs, Vorträge und Exkursionen des VDI BV Bayern Nordost

### 08. Juli 2021 / Donnerstag

18:45 Online-Veranstaltung

#### Praxistipps zur Produkt- und Sortimentspolitik

Veranstalter: NW Technischer Vertrieb und Produktmanagement  
 Referent: Prof. Dr. Roland Schnurpfeil  
 Info: Die Zugangsdaten werden Ihnen zeitnah vor der Veranstaltung per Email zugestellt.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

### 15. August 2021 / Sonntag

19:00 Treff

#### FIB Nürnberg Stammtisch

Veranstalter: NW FIB Nürnberg  
 Ort: Nürnberg  
 Adresse: 90489 Nürnberg  
 Info: Format und Inhalt werden ca. 14 Tage vor dem Termin in unserer FIB-Einladung bekannt gegeben.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

### 15. Juli 2021 / Donnerstag

19:00 Treff

#### FIB Nürnberg Stammtisch

Veranstalter: NW FIB Nürnberg  
 Ort: Nürnberg  
 Adresse: 90489 Nürnberg  
 Info: Format und Inhalt werden ca. 14 Tage vor dem Termin in unserer FIB-Einladung bekannt gegeben.  
 Anmeldung: Online Anmeldung

Die tagesaktuelle Veranstaltungsliste finden Sie unter [www.technik-in-bayern.de](http://www.technik-in-bayern.de)

## VDE AK Unternehmensmanagement Münche

### Sustainability – how to surf the killer waver

Referent: Rüdiger A. Röhrig, Managing Partner der Sustainable Growth Associates GmbH (SGA), Planegg bei München

Nachhaltigkeit ist ein Handlungsprinzip zur Ressourcennutzung, bei dem ein besonderes Augenmerk auf die Bewahrung der natürlichen Regenerationsfähigkeit der beteiligten Systeme gelegt werden soll. Mit dem gesteigerten Umweltbewusstsein begegnen wir dem Begriff in allen Bereichen des täglichen Lebens.

Klimawandel, Artensterben, Vielfalt, Gesundheit sind nur einige der Themen, die regelmäßig durch die Medien getrieben werden. Immer mehr Unternehmen engagieren sich für Nachhaltigkeit, wollen nachhaltig werden. Kaum ein Unternehmen bringt neue Produkte auf den Markt, ohne diese in den Kontext der

Nachhaltigkeit zu stellen. Auf die Frage, was Nachhaltigkeit bedeute, stolpern sie jedoch am schnellsten.

Ist Nachhaltigkeit also nur ein Schlagwort, das von vielen schon lange nur noch mit Augenrollen beantwortet wird? Wie können wir uns in Richtung Nachhaltigkeit bewegen, wenn wir nicht einmal eine gemeinsame Definition dessen haben, was es wirklich bedeutet? Wie würden wir ein nachhaltiges Unternehmen erkennen, wenn wir eines sehen würden? Wie können wir feststellen, wie weit wir von Nachhaltigkeit entfernt sind?

In seiner Key Note nimmt Rüdiger Röhrig Stellung zu all diesen Fragen und

diskutiert gemeinsam mit Ihnen, welche konkreten Ansätze Sie in Ihrem Unternehmen verfolgen können, um dem Schlagwort Nachhaltigkeit auch Nachdruck in der Unternehmensstrategie zu verleihen.

Wir freuen uns auf Ihr Kommen!

**15. Juli 2021**  
**18:30 – 19:30 Uhr**  
**Online-Veranstaltung**

Die Teilnahme ist kostenlos  
 Verbindliche Anmeldung unter:  
<https://www.vde-suedbayern.de/de/veranstaltungen>

*Rainer Klos*

VDE AK Unternehmensmanagement

## Probelauf für die TECHNIK IN BAYERN DIGITAL

Seien Sie dabei und ergänzen Sie für einen E-Paper-Probeversand Ihre aktuelle E-Mail-Adresse unter

MEIN VDI unter: [www.vdi.de/mitgliedschaft/login](http://www.vdi.de/mitgliedschaft/login)



VDE Mitglieder aktualisieren Ihre E-Mail-Adresse unter:

[info@vde-suedbayern.de](mailto:info@vde-suedbayern.de) mit dem Betreff „E-Paper“

**VIELEN DANK!**

NEU! Campus Neuburg der Technischen Hochschule Ingolstadt

Im Oktober startet der in Bayern einzigartige Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen – Bau. Informationen zum Studium und zur Bewerbung: [www.thi.de/campus-neuburg](http://www.thi.de/campus-neuburg)

## VDI BG ERLANGEN

Die Jahresversammlung 2021 der Bezirksgruppe Erlangen wird wegen Corona auf September 2021 verschoben. Eine Ankündigung mit dem genauen Termin wird rechtzeitig im Veranstaltungskalender und der TiB (Ausgabe Sept/Okt,) erfolgen.

## VDI BV München

Leider werden wegen Corona der VDI TAG „Ingolstadt, im Herzen von Bayern“ und der VDI Preis 2021 auf nächstes Jahr verschoben. Informationen folgen!

Foto: Stadt Ingolstadt



## VDI Bezirksgruppe Innviertel Wasserstoff als künftige Energiequelle für das ChemDelta?

Welche Chancen bietet grüner Wasserstoff für das bayerische Chemiedreieck und die dortige Industrie? Dieser spannenden Frage gingen Prof. Dr. Wolfgang Arlt, FAU Erlangen und Dr. Bernhard Langhammer, Sprecher der Initiative ChemDelta Bavaria nach. Über 250 Teilnehmer verfolgten gespannt die beiden Online-Vorträge, die als gelungener Auftakt der Veranstaltungsreihe cb live des Campus Burghausen der TH Rosenheim gemeinsam mit der VDI Bezirksgruppe Innviertel stattfanden.

„Es ist höchste Zeit, auf den Wasserstoff-Zug aufzuspringen!“, drängte Prof. Arlt. Der nur langsam voranschreitende Netzausbau und die in Deutschland verfügbaren Kapazitäten an erneuerbaren Energiequellen würden dazu führen, dass insbesondere der Süden Deutschlands auch künftig Energie importieren muss. Grüner Wasserstoff, der preisgünstig beispielsweise in den sonnenreichen Regionen Nordafrikas erzeugt wird, spielt hier eine zentrale Rolle. Die Herausforderung ist, diesen auch über weitere Strecken möglichst verlustfrei zu transportieren. Die Lösung könnten sogenannte liquid organic hydrogen carrier (LOHC) sein, in denen der Wasserstoff chemisch gebunden ist. Vielversprechend als LOHC sind Wärmeträgeröle, in denen der gebundene Wasserstoff völlig gefahrlos, ohne Druck und verlustfrei als dieselähnliche Flüssigkeit mit der bestehenden Infrastruktur transportiert, gespeichert und am Ort des Bedarfes wieder freigesetzt werden. Der organische Wasserstoffträger selbst wird im Kreislauf geführt und kann mehrere hundertmal wieder mit Wasserstoff beladen werden.

Derzeit werden zahlreiche Anwendungen für LOHC bereits in der Praxis erprobt, beispielsweise in Wasserstofftankstellen, Bussen und Zügen. Für Industrieanwendungen, etwa bei der Herstellung von

Grundchemikalien oder CO<sub>2</sub>-neutralem Stahl, sei ein Preis von circa 2 Euro pro kg Wasserstoff im Vergleich zu derzeit 9,5 Euro pro kg notwendig, was die Dringlichkeit des Imports aus Regionen mit günstiger regenerativer Energie verdeutliche.

Potential in der Nutzung von Wasserstoff sieht auch Dr. Bernhard Langhammer. In seinem Vortrag legte er den Fokus auf die Perspektiven für die chemische Industrie. In seinen Augen eigne sich Wasserstoff auch als Energiespeicher der Zukunft für die klimaneutrale Stromerzeugung. „Die gesamte chemische Industrie in Deutschland hat bereits derzeit einen Anteil von etwa 10 % des deutschen Stromverbrauchs.“, so Langhammer. Er gab weiterhin zu bedenken, dass die Transformation zu einer klimaneutralen Chemie in Deutschland einen deutlich steigenden Strombedarf bedeuten würde. Bis zu 628 TWh Strom würden dann nach Schätzungen einer Studie des Verbands der chemischen Industrie zufolge benötigt werden. Dieser Bedarf müsse durch günstige Energie gedeckt werden, da sonst ein Abwandern der energieintensiven Produktion in Länder mit geringeren Energiekosten drohe.

Langhammer riet deshalb dazu, neben der sehr stromintensiven Produktion von grünem Wasserstoff durch Elektrolyse hierzulande auch alternative Quellen, beispielsweise die Methanpyrolyse, in Betracht zu ziehen und im globalen Wettbewerb auf den Import von grünem Wasserstoff aus Ländern mit geringen Produktionskosten zu setzen. In jedem Fall werden für die Umstellung der chemischen Industrie auf eine klimaneutrale und gleichzeitig global wettbewerbsfähige Produktion innovative Technologien notwendig sein. Das H<sub>2</sub>-Reallabor Burghausen/ChemDelta Bavaria mit dem geplanten Wasserstoff-Technikum am Campus Burghausen der TH Rosenheim

biere hier hervorragende Chancen und die ideale Plattform, um Wasserstofftechnologien in der Praxis zu erproben und Innovationen voranzutreiben.

Anton Maier

### ChemDelta Bavaria

Das Chemiedreieck im südöstlichen Oberbayern ist das Zentrum der bayerischen chemischen Industrie und blickt auf eine über 100jährige Geschichte zurück. Es gehört zu den wichtigsten Wirtschaftsfaktoren des High-Tech-Standorts Bayern und zu den bedeutenden Chemieregionen Europas. Mit einer Exportrate von 80 Prozent in weltweite Märkte werden die überwiegend am Standort entwickelten innovativen Chemie- und Raffinerieprodukte vertrieben – wie zum Beispiel Polysilicium für die Photovoltaik, Siliciumwafer für die Mikroelektronik, Silikone für die Automobil- und Textilindustrie, Polymere für die Bauindustrie, Cyclodextrine für die pharmazeutische Industrie oder auch Jet-Benzin für Flugzeuge.

Wegen ihres industriellen Potenzials und ihrer Bedeutung für die Region ist die Bezeichnung „Bayerisches Chemiedreieck“ seit vielen Jahren ein fester Begriff. Er steht für das gedachte Dreieck der Chemiestandorte Aschau, Burghausen, Burgkirchen/GENDORF, Tittmoning, Töging, Trostberg und Waldkraiburg.

Ein Großteil der in der Region angesiedelten Chemieunternehmen und die Bayerischen Chemieverbände haben sich zu einer Gemeinschaftsinitiative zusammengeschlossen, um die Entwicklung dieser Wirtschaftsregion zu fördern. <https://www.chemdelta-bavaria.de/>

### Information

cb live Veranstaltungsreihe  
cb live steht für eine Reihe von Live-Veranstaltungen am Campus Burghausen der TH Rosenheim. Derzeit werden die kostenlosen, öffentlichen Vorträge natürlich online übertragen, aber künftig sollen die Veranstaltungen im Audimax des Campus Burghausen stattfinden. Zielgruppe sind alle Interessierten auch außerhalb der Hochschule. Die Vorträge finden jeden ersten Mittwoch im Monat in der vorlesungsfreien Zeit statt.

Weitere Infos und Anmeldung unter <https://www.campus-burghausen.de/campus/veranstaltungen/cb-live/>

## VDE-Studie Antriebsportfolio der Zukunft

Um die Fragen „Haben Politik und Wirtschaft ähnliche Einschätzungen und Erwartungen an das Antriebsportfolio der Zukunft? Und wie kann es gelingen, auch die Bevölkerung mitzunehmen und Deutschlands Vorreiterposition im internationalen Wettbewerb zu behaupten?“ hat der VDE seine neue Mobilitätsstudie *Antriebsportfolio der Zukunft* vorgestellt.

Nach der Befragung von von acht Meinungsführenden aus der Politik und 19 Meinungsführenden aus der Wirtschaft konnte ein Meinungsbild zu den Vorstellungen zur Zukunftsmobilität verfasst werden. Die Hauptbotschaft: Nur mit einem intelligenten Mix aus allen verfügbaren klimaneutralen Antriebstechnologien Batterie, Brennstoffzelle und E-Fuels kann das ambitionierte Klimaziel der EU „Zero Emission“ erfüllt werden.

### Antriebsportfolio 2030+ mit dem Fokus Straßenverkehr

Alle verfügbaren klimaneutralen Antriebstechnologien werden entsprechend ihrer spezifischen Stärken eingesetzt



Außerdem muss das Antriebsportfolio 2030+ ausgewogen sowie ökologisch sein und sich an den Bedürfnissen der Bevölkerung ausrichten. Dazu gehören klimafreundliche Lösungen für den Individualverkehr wie für den Personennahverkehr und den Gütertransport. Einen ausführlichen Beitrag über die Mobilität der Zukunft von Dr. Ralf Petri, Leiter des Geschäftsbereichs Mobility im VDE, lesen Sie in der TiB06-2021.

Die VDE Studie „Antriebsportfolio der Zukunft“ ist ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt des vom BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) geförderten Verbundprojektes ELSTA („Förderung der Elektromobilität durch Normung und Standardisierung“). Die Studie ist kostenfrei unter [www.vde.com/shop](http://www.vde.com/shop) erhältlich.

Silvia Stettmayer

## Die Jury für den VDI Award "Prädikat Ingenieurskunst"

Es ist uns eine große Ehre, Ihnen die Jury-Besetzung für den VDI Award "Prädikat Ingenieurskunst" vorstellen zu dürfen.

Martin Ertl  
Vice President Innovation & Portfolio Management, Knorr-Bremse

Prof. Dr. sc. ETH Kathrin Dörfler  
Digitale Fabrikation & Portfolio Management, Fakultät für Architektur

Dr.-Ing. Stefan Floeck  
Leiter BMW Group Entwicklung Karosserie, Exterieur und Interieur

Ken Fouhy  
Chefredakteur der vdi nachrichten

Prof. Fritz Frenkler  
Technische Universität München Industrial Design

Adrian van Hooydonk  
Leiter BMW Group Design

Prof. Marion Kießling  
Hochschule München Fakultät für Design

Holger Koos  
Leitender Designer MAN Truck & Bus SE

Weitere Informationen zur Ingenieurskunstreihe finden Sie unter: [www.vdi-sued.de/ingenieurskunst](http://www.vdi-sued.de/ingenieurskunst)



## Hochschule München Klimaneutrale PKWs durch Wasserstoff

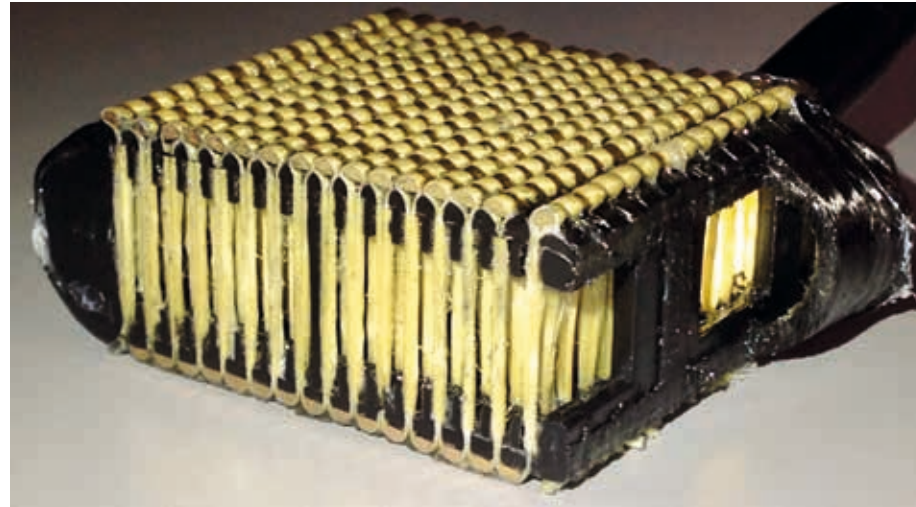
**W**ie kann der Wasserstoffantrieb einen Beitrag zur klimaneutralen Mobilität leisten? Prof. Dr. Horoschenkoff von der Fakultät für Maschinenbau, Fahrzeugtechnik der Hochschule München und sein Team arbeiten an der Lösung. Sie forschen mit Hochdruck an neuartigen Tankkonzepten um Fahrzeuge mit Brennstoffzelle wirtschaftlicher zu machen. Entscheidend für den Erfolg ist die Anpassung der Tanks an das Platzangebot bestehender E-Fahrzeugmodelle, wofür neue Konzepte zum Einsatz kommen.

### Zwei Antriebskonzepte, eine Baureihe

In Zukunft werden zwei elektrische Antriebskonzepte den Fahrzeugbau dominieren: das E-Fahrzeug mit Batterie und das E-Fahrzeug mit Brennstoffzelle, betrieben mit Wasserstoff. Als Treibstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge liefert Wasserstoff die elektrische Energie für den Antrieb und wird CO<sub>2</sub>-neutral zu Wasser umgewandelt. Somit ist Wasserstoff ein aussichtsreicher Energieträger für eine klimaneutrale Mobilität in der Zukunft. Damit die Brennstoffzellenfahrzeuge gegenüber den heutigen batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen wettbewerbsfähig werden, müssen unter anderem die Herstellkosten sinken. Die Forscher der Hochschule München wollen den Wasserstofftank gemeinsam mit BMW im Sinne von Baureihensynergien dort unterbringen, wo im E-Mobil die Batterie vorgesehen ist: Im Unterboden des Fahrzeugs. Hierfür gut geeignet ist eine Quaderform. Dabei muss die Konstruktion einem Betriebsdruck von 700 bar standhalten.

### Hohe Anforderungen an Wasserstoffdrucktanks

Die Speicherung des Wasserstoffs für die Brennstoffzelle in Drucktanks ist technisch eine Herausforderung. Derzeit verur-



Querschnitt durch ein an der Hochschule München entwickeltes Baumuster des zugverstrehten Drucktanks

sacht die Integration von Drucktanks aufgrund ihrer zylindrischen, sperrigen Form hohe Einbußen bei Kundennutzen und Fahrdynamik. Hier setzt das Forschungsprojekt BRYSON an, das vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert wird und als Zielsetzung die Entwicklung von neuartigen Drucktanks für Wasserstoff im Automobilbau verfolgt. Die Hochschule München ist über ihr Competence Centre Smart Composites der Fakultät Maschinenbau, Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau eingebunden. Die Bauweise sieht eine näherungsweise quaderförmige Tankgeometrie vor, bei der eine unerwünschte Aufweitung des Tanks durch eingearbeitete Zugstreben, die das Tankinnere durchziehen, verhindert wird. Wesentliche Herausforderungen des neuen Konzepts sind die Auslegung des Tanks, die Sicherstellung der Dichtigkeit und die Entwicklung eines geeigneten Fertigungsprozesses. Das Themengebiet Wasserstoffspeicherung in kohlenstofffaserverstärkten Tanks ist für das Team um Prof. Dr. Alexander Horoschenkoff nicht neu. Bereits in der Vergangenheit wurden Forschungsarbei-

ten zur Erhöhung der Betriebssicherheit von Drucktanks mit speziellen Kohlenstoff-faser-Sensoren erfolgreich durchgeführt.

### Unterstützung durch Nachwuchswissenschaftler

Unter Leitung von Prof. Dr. Alexander Horoschenkoff arbeiten derzeit vier Studierende des Studiengangs Master of Applied Research in Engineering Sciences (Forschungsmaster) mit an dem Projekt. Der vor einigen Jahren eingeführte Forschungsmaster ermöglicht es Hochschulen auch an größeren Forschungsprojekten mit längeren Laufzeiten teilzunehmen. Mit Baumustern konnten bereits erste Druckversuche durchgeführt werden. Das Projekt Bryson läuft seit Dezember 2019 und ist für eine Dauer von 3,5 Jahren ausgelegt. Das Bundeswirtschaftsministerium fördert das Projekt. Die Leitung des Projekts mit insgesamt fünf Partnern und einer Gesamtfördersumme von über 1,7 Mio. Euro liegt bei der BMW AG.

Ralf Kastner  
Hochschule München

Foto: Alexander Horoschenkoff

## Intelligente Verknüpfung von Biogas und Wasserstoff FAU und THI bündeln wissenschaftliche Expertise für dezentrale Energiespeicherung

**B**iogasanlagen sind ein wichtiger Bestandteil der zukünftigen Energieversorgung, denn sie können flexibel Strom und Wärme einspeisen. Zusätzlich kann die Flexibilität, gekoppelt mit der Elektrolyse und Nutzung von Wasserstoff, signifikant erhöht werden. Das Institut für neue Energie-Systeme (InES) der Technischen Hochschule Ingolstadt (THI) arbeitet hierzu eng mit dem Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen (FAU) zusammen. Im Rahmen von gleich zwei parallelaufenden Forschungsvorhaben untersuchen die Wissenschaftler rund um Prof. Jürgen Karl (FAU) und Prof. Markus Goldbrunner (THI) vielversprechende Ansätze zur Energiespeicherung und Sektorkopplung durch Methanisierung von Wasserstoff.

**Das Ziel der beiden Forschungsprojekte** „FlexBiomethane“ und „Hy2BioMethane“ besteht darin, mit „grünem“ CO<sub>2</sub> aus dem Biogas und Wasserstoff (H<sub>2</sub>) aus einer vor Ort angeschlossenen Elektrolyse Methan (CH<sub>4</sub>) zu erzeugen. Dadurch kann Überschussstrom aus Erneuerbaren Energien im Methan zwischengespeichert und bei Bedarf im BHKW der Biogasanlage rückverstromt oder ins Gasnetz eingespeist werden. Dafür werden zwei Methoden für eine einfache und kosteneffiziente, dezentrale Biogasaufbereitung untersucht und im Labor erprobt. Das Projekt „FlexBiomethane“ untersucht die katalytische Direktmethanisierung von Biogas für kleine und mittlere Biogasanlagen. Der große Vorteil gegenüber herkömmlichen Anlagen besteht darin, dass für die Methanisierung keine aufwendige Biogasaufbereitung mit CO<sub>2</sub>-Abspaltung notwendig ist. Das Biogas mit CO<sub>2</sub>-Anteilen von lediglich bis zu 50 %-Vol. wird zusammen mit H<sub>2</sub>, im eigens entwickelten



Laborbiogasanlage der THI, an der die Methanisierungsverfahren unter möglichst realen Bedingungen wissenschaftlich untersucht werden. An der FAU werden hierzu die beiden unterschiedlichen Reaktoren zur Methanherstellung entwickelt. Als Industriepartner ist die Firma regineering GmbH aus Denkendorf an beiden Forschungsprojekten beteiligt.

Foto: Technische Hochschule Ingolstadt

Reaktor der FAU, zu synthetischem Methan umgewandelt. Das Speichersystem „FlexBiomethane“ ist als Nachrüstoption für bestehende Biogasanlagen konzipiert. Die gespeicherte Energie wird bei Bedarf über das BHKW rückverstromt. Prof. Karl: „Der Clou des Speichersystems besteht darin, das Inertgas CO<sub>2</sub> des Biogases im vorhandenen Gasspeicher durch den Energieträger Methan zu ersetzen. Wir verwenden dafür nicht nur grünen Wasserstoff, sondern auch grünes CO<sub>2</sub> aus dem Biogas“. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert und wurde 2020 gestartet. Im Forschungsvorhaben Hy2BioMethane, für das die Projektpartner FAU, THI und regineering erst kürzlich die Förderzusage erhielten, wird im Gegensatz zur katalytischen Umwandlung ein biologischer Methanisierungsreaktor untersucht. Das benötigte CO<sub>2</sub> wird aus einer Druckwasserwäsche gewonnen, die bereits das Bio-

gas zu Biomethan aufbereitet. Ein von der FAU speziell für diese Projekt entwickelter Rieselbettreaktor für eine biologische Methanisierung soll hier zum Einsatz kommen. Im Reaktor erfolgt die Umwandlung von CO<sub>2</sub> und des zugeführten H<sub>2</sub> zu Methan durch Mikroorganismen, sogenannten Archaeen. Das erzeugte reine Methan kann ebenfalls direkt ins Gasnetz eingespeist, oder zum Gasspeicher/BHKW der Biogasanlage zurückgeführt werden. Das Projekt Hy2BioMethane wurde im April gestartet und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert. „Wir freuen uns sehr, diese beiden, neuartigen Verfahren der partiellen Biogasaufbereitung zusammen mit der FAU in unserem Labor testen zu können und so der Marktreife einen wichtigen Schritt näher zu kommen“, so Prof. Goldbrunner.

Stefan Schneider  
Institut für neue Energie-Systeme (InES)  
Technische Hochschule Ingolstadt

## VDI BV Bayern Nordost

## Von der Egosystem- zur Ökosystem-Wirtschaft

### Ein interessanter Ansatz: Führen, aber von der Zukunft her

**P**andemie, das Thema beherrscht schon länger als ein Jahr die Schlagzeilen und wirkt sich drastisch aus auf die Wirtschaft, das soziale Leben, das Bildungswesen – eigentlich alle Bereiche unseres Lebens. Doch auch vorher hatten wir schon mit vielerlei Krisen zu kämpfen: Finanzkrise, Klimakatastrophe etc. prägen unsere Welt.

#### Was sind die Ursachen - was können wir tun, um dies nachhaltig zu verändern?

Ist die Prämisse maximalen Konsums zur Stimulierung einer unendlich wachsenden Wirtschaft noch aufrechtzuerhalten? Die Autorin Katrin Käufer und der Autor C. Otto Scharmer gehen davon aus: „Der Zustand organisierter Verantwortungslosigkeit produziert Ergebnisse, die niemand wirklich wollen kann.“ In ihrem Buch „Von der Zukunft her führen“ stellen sie die Theorie U vor als einen Weg hin zu einem neuen, umfassenderen Ökosystem-Bewusstsein, ausgerichtet auf das Gemeinwohl.

Es geht darum, bei negativen Entwicklungen nicht wegzusehen, nicht oberflächlich zu verschlimmbessern, sondern Ursachen im Kern zu erkennen und gemeinsam wirksame, für alle sinnvolle Lösungen zu erarbeiten.

#### Beispiel Ökologischer Fußabdruck

Betrachten wir das Problem, dass der ökologische Fußabdruck weltweit größer als 1,5 ist. Das heißt, wir verbrauchen jährlich Ressourcen, für deren Erneuerung eineinhalb Planeten wie die Erde nötig wären. Untersuchen wir die Ursache, sehen wir, dass sich der Anspruch auf unbegrenztes Wachstum, den wir als Maxime einer florierenden Wirtschaft ansehen, losgelöst hat von der begrenzten Verfügbarkeit von Ressourcen.

Wir stoßen hier an eine Systemgrenze: Grenzenloses Wachstum ist nicht mög-

lich, ohne unsere eigenen Lebensgrundlagen bzw. die künftiger Generationen zu zerstören. Wenn wir die Begrenztheit der Ressourcen erkennen, kann die einzig schlüssige Entscheidung nur sein, dass wir nachhaltig damit umgehen.

#### Wandlungsprozess in 8 Schritten

Die Theorie U in ihren 8 Phasen stellt den roten Faden des Buches dar. Durch die intensive Betrachtung (1) eines Problemfeldes lassen sich dessen Strukturen erkennen (2). Daraus wird auf Basis der historischen Entwicklung eine Matrix der ökonomischen Evolution (3), die als nächste zu erreichende Stufe ein co-kreatives, dialogisches und ökozentrisches Bewusstsein beschreibt.

Dieses immer tiefere Eintauchen (1 - 3) findet seinen Abschluss durch Vergegenwärtigung der zukünftigen Möglichkeit (4) wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklung: Ein neues, methodisches Herangehen, innovative Antworten und kollektive Kreativität für die komplexen Herausforderungen.

Diese Erkenntnis ist die Basis, um an der Realisierung der zukünftigen Möglichkeit zu arbeiten: Eine Wandlung der persönlichen Perspektive vom Ich zum Wir (5) und eine relationale Veränderung vom Ego- zu einem Öko-Bewusstsein (6).

Weiterhin folgt daraus das Bedürfnis nach einer institutionellen Veränderung, hin zu einer empathischen Gesellschaft (7) mit einer sektorübergreifenden Demokratie, die partizipativ, direkt und dialogisch gelebt wird. Dieser Prozess sollte kein Ende finden, der Blick nach vorn (8) auf künftige, im Entstehen begriffene neue Entwicklungen – Landebahnen der Zukunft – bleibt offen und veränderungsbereit.

#### Neuer Blick im Kollektiv erarbeitet

Es geht um einen Bewusstseinswandel, der nicht nur Individuen umfasst, sondern

Gruppen, Organisationen, letztlich bis zur Gesellschaft als Ganzes. Jedem der acht Entwicklungsschritte ist ein Kapitel gewidmet mit Praxisbeispielen von Dr. C. Otto Scharmer, Senior Lecturer am Massachusetts Institute of Technology (MIT), und Katrin Käufer, Fellow am Community Innovators Lab des Instituts für Urbane Studien und Planung des MIT. Gemeinsam haben beide das Presencing Institute in Cambridge gegründet. Dort wurden viele Projekte, ausgehend von der Theorie U, entwickelt und weltweit angestoßen, deren Erfahrungsberichte die vielfältigen Möglichkeiten der praktischen Anwendung aufzeigen.

Nicht nur Führungskräfte, sondern alle, die sich aktiv und verantwortungsvoll einbringen wollen in technische, soziale, politische Entwicklungen, finden zukunftsweisende Ansätze und Unterstützung, sie in den eigenen (Führungs-)Alltag zu transferieren und selbst Impulse zu setzen in ihrem Umfeld. Und vielleicht, und wenn es viele tun, dann schaffen wir das: die Bewältigung der Pandemie, das Stoppen des Klimawandels, eine gerechtere Gesellschaft...

*Marianne Schweinesbein*

#### Informationen



Von der Zukunft her führen  
Von der Egosystem- zur Ökosystem-Wirtschaft  
Theorie U in der Praxis  
C. Otto Scharmer,  
Katrin Käufer  
Carl-Auer Verlag GmbH  
2. Auflage 2017

## VDI BG Donau-Iller

## VDI stellt sich der Vernetzungsaufgabe beim Klimaschutz

**A**ls „Mitantreiber zu einer CO<sub>2</sub>-freien Gesellschaft“ sieht sich Prof. Oliver Herkommer von der VDI BG Donau-Iller.

Hierzu organisierte die VDI Donau-Iller Gruppe durch die Burgauer Ingenieurin S. Doberenz eine Veranstaltung im Internet. Die Organisatorin und Moderatorin dieses Webinars „Wasserstoff – eine Zukunftstechnologie“ stellte dazu am 06.05. Firmen vor, die dazu beitragen können. Denn auf der Homepage des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung ist zu lesen, dass wir bei einem „weiter so“ bis 2100 eine globale Temperaturerhöhung von 4 °C haben werden.

Den Beginn machte Dr. Stefan Kaufmann, seit 2009 Mitglied des Bundestages und als solches der Innovationsbeauftragte für „Grünen Wasserstoff“. Er verwies auf die Notwendigkeit des großflächigen Einsatzes von sog. „grünem“ Wasserstoff, um 750 Millionen Tonnen klimaschädliches Kohlendioxid zu vermeiden.

Mit Neugründungen und Start-Ups beschäftigt sich sehr erfolgreich Fr. Hudelmaier aus Ulm. Mit ihrem neuen Accelerator „Creative Energy“-Programm können sich regionale Macher in der Gründungsphase beraten lassen – auch für Wasserstofftechnologien.

Erster Sprecher zum Thema selbst war Dr. Jörissen vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW). Er legte dar, dass gegen den Klimawandel nur die „erneuerbaren Energien“ (EEn) helfen. Sie begründen quasi die bei der klassischen Verbrennungstechnik zur Stromgewinnung auftretenden Umwege wie Abfallwärme oder schädliches Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>).

Mit einem Teil dieses „Stroms von der Sonne“ kann man durch Elektrolyse aus Wasser das Element Wasserstoff (H<sub>2</sub>) erzeugen, dieses speichern und in so-

genannten Brennstoffzellen wo anders wieder abfallfrei Strom erzeugen (Die Fertigung dieser „Stacks“ wird am ZSW beherrscht).

Der so hergestellte Wasserstoff wird „grüner Wasserstoff“ genannt im Gegensatz zu blauem oder grauem Wasserstoff (nicht mit EEn erzeugt). Es wird angestrebt, dass dieser grüne H<sub>2</sub> langfristig die Funktion von Kohle übernimmt, z. B. bei der Stahl-, Aluminium- oder Zementindustrie.

Um aber den Ersatz H<sub>2</sub> gegen Öl und Kohle zeitnah durchführen zu können sind Spezialfirmen vonnöten. So die Firma Fichtner aus Stuttgart, die durch ihren Vertreter Matthias Schlegel einen Blick auf die globale Wasserstoffindustrie mit Firmen wie Equinor oder Gazprom werfen ließ.

Dr. Wenger von der gleichnamigen Engineeringgesellschaft entpuppte sich einerseits als Fan von H<sub>2</sub>-Autos und andererseits auf die Unterstützung der EU (Frau von der Leyen) zum Aufbau von fünf GW Elektrolyseurleistung zur Gewinnung von H<sub>2</sub> hin.

Zu beklagen hatte er sich jedoch – wie fast alle Firmen im Webinar – über die hohe Bürokratisierung in Deutschland, welche neue Projekte erschwert.

Bedeutung und einen Ausblick zu speziell grünem Wasserstoff gab auch Dr. M. Forstmeier von der Firma H-TEC Systems, welche ihren Firmensitz in Augsburg hat. Die Firma ist führend in großen Elektrolyseuren und sagt, dass die Realisierung von Großprojekten eine lange Dauer hat und man deshalb von der Politik aus bald anfangen soll! Forstmeier verwies auf Probleme durch die Langsamkeit der Politik bei Förderzusagen und das Fehlen eines regulatorischen Rahmens (was genau ist „grüner“ H<sub>2</sub>, wieviel Prozent H<sub>2</sub> ist wo erlaubt usw.).

Keinen Engpass sieht die Firma bei Materialien für die Zellen, jedoch muss das Thema Recycling von Politik und Wirtschaft stärker angegangen werden.

Eine interessante Anwendung beim Betrieb von Brennstoffzellen schilderte mit Dr. Klunker von der G+L innotec GmbH ein Vertreter der Automobilindustrie. Die Firma sitzt in Laupheim und ließ im Webinar ebenfalls den Wunsch nach mehr Entscheidungsfreudigkeit auf Seiten von Politik und Behörden durchblicken.

Aus Illertissen kam die Weh GmbH, welche jahrelange Erfahrung in Hochdruckkupplungssystemen gerade bei Kälte besitzt (Wasserstoff muss oft flüssig bei sehr niedrigen Temperaturen transportiert werden).

Über ein Projekt der Firmen Nikola und Iveco zu Lastkraftwagen berichtete Herr Kuchlmayr. Er zeigte die Probleme auf bei der Umrüstung von vorhandenen Fahrzeuggestellen zu solchen für die Aufnahme von Brennstoffzellen-Stacks mit Wasserstofftanks.

Der Ingenieur lobte das Donautal um Ulm und sprach bezüglich der Ländlichkeit der Gegend auch einmal von einem „Landwirtschaftsprojekt“ (unten Weiderinder, drei Meter darüber die PV-Anlage) zur zügigen Entwicklung nachhaltiger Brennstoffzellenantriebe.

Als Resümee bleibt 2021 nur zu sagen, was man schon bei einer Führung im Jahre 2012 bei General Electric für die Erneuerbaren Energien generell feststellte:

„Die Ingenieure sind bereit und haben sowohl das Wissen wie auch das Engagement, die Sache vorwärts zu bringen. Leider fehlt noch die Politik.“

Das Webinar ist auf der Seite VDI Donau Iller zu sehen. Der Austausch mit Fachexperten ist prinzipiell gewünscht.

*Reinhold Glasl*



**Herausgeber:**  
Verein Deutscher Ingenieure (VDI),  
Bezirksverein München, Obb. u. Ndb. e.V. (BV München)  
**Anschrift der Redaktion:**  
„Technik in Bayern“, Westendstr. 199 (TÜV)  
80686 München  
**Chefredakteur:** Dipl.-Ing. Friedrich Münzel (verantw.)  
**Chefin vom Dienst:** Silvia Stettmayer  
Tel. (0 89) 57 91 24 56, Fax (0 89) 57 91 21 61  
E-Mail: tib@bv-muenchen.vdi.de

**Redaktion:**  
Hermann Auer Ing. (grad.); Dr. Dina Barbian; Dipl.-Ing.  
Wolfgang Berger; Dipl.-Ing. Knut Bergmann; Dr. Frank  
Dittmann; Christina Kaufmann M.A.; Bernhard Kramer  
M.Sc.; Dipl.-Ing. Jochen Lösch; Dipl.-Ing. Harold Plesch;  
Dipl.-Ing. Walter Tengler

**Verlag:**  
MuP Verlag GmbH  
Nymphenburger Str. 20b, 80335 München  
Tel. (089) 1 39 28 42-0, Fax: (089) 1 39 28 42-28  
Geschäftsführer: Christoph Mattes

**Anzeigenleitung:** Christoph Mattes  
Tel. (089) 1 39 28 42-20, Fax: (089) 1 39 28 42-28  
E-Mail: christoph.mattes@mup-verlag.de

**Anzeigenverkauf:** Regine Urban-Falkowski  
Tel. (0 89) 1 39 28 42-31, Fax: (0 89) 1 39 28 42-28  
E-Mail: regine.urban@mup-verlag.de  
Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 24 von 01.01.2021

**Vertriebsleitung:** Philip Esser  
Tel. (0 89) 1 39 28 42-33, Fax: (0 89) 1 39 28 42-28  
E-Mail: philip.esser@mup-verlag.de

**Layout und Grafik:** Ratchaniwan Klautke

**Internet-Service:** SpaceNet AG

24. Jahrgang 2021  
Technik in Bayern erscheint zweimonatlich und ist das  
gemeinsame Mitgliederjournal des VDI BV München,  
des VDI BV Bayern Nordost e. V. und des VDE Südbay-  
ern. Der Bezugspreis ist bei VDI- und VDE-Mitgliedern  
der Bezirksvereine in Bayern sowie dem IDV in der  
Mitgliedschaft enthalten.

Jahresabonnement 36,- Euro / 72,- SFr; Einzelheft 8,-  
Euro / 16,- SFr. Jahresabonnement für Studenten gegen  
Einsendung einer entsprechenden Bestätigung 27,-  
Euro/ 54,- SFr. Der Euro-Preis beinhaltet die Versand-  
kosten für Deutschland und Österreich, der SFr-Preis  
die Versandkosten für die Schweiz. Bei Versand in das  
übrige Ausland werden die Porto-Mehrkosten berechnet.  
Die Abodauer beträgt ein Jahr. Das Abo verlängert sich  
um ein weiteres Jahr, wenn es nicht zwei Monate vor  
Ablauf schriftlich gekündigt wird.

**Urheber- und Verlagsrecht**  
Die Redaktion behält sich vor, Manuskripte und Leser-  
briefe zu redigieren. Sie übernimmt keine Haftung für  
unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustra-  
tionen. Die systematische Ordnung der Zeitschrift und  
alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildun-  
gen sind urheberrechtlich geschützt.  
Mit der Annahme eines Beitrags zur Veröffentlichung  
erwirbt der VDI vom Autor umfassende Nutzungsrechte  
in inhaltlich unbeschränkter und ausschließlicher Form,  
insbesondere Rechte zur weiteren Vervielfältigung mit  
Hilfe mechanischer, digitaler und anderer Verfahren.

**Druck:** Mayr/Miesbach GmbH  
Am Windfeld 15, 83714 Miesbach

Technik in Bayern ISSN1610-6563

**Nächster Redaktionsschluss:** 19.07.2021

## DAM Deutsches Architekturmuseum Einfach grün Greening the City



Foto: Benjamin Marx © Aachener Stedlungs- und Wohnungsgesellschaft mbH

Begrünte Hausfassade an Kölner Mehrfamilienhaus

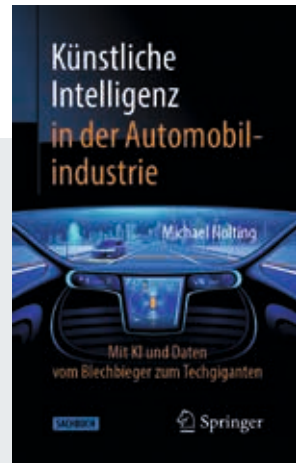
**K**ann GRÜN in der Architektur das Klima in den Städten verbessern, Hitzebildung reduzieren, Feinstaubbildung reduzieren und das Wohlbefinden der Menschen steigern? Selten waren Grünräume derart gefragt wie seit der Konfrontation mit Corona. Es ist an der Zeit, die Architektur im Hinblick auf Grünflächen zu entwickeln, die Stadtlandschaften aufzurüsten und GRÜN nicht nur auf ökologische Aspekte herunter zu brechen.

Die Ausstellung widmet sich den Vorteilen und Herausforderungen urbanen städtischen GRÜNS – insbesondere der Haus- und Dachbegrünung im Bestand und Neubau. Neben der wissenschaftlichen Perspektive nimmt die Ausstellung zugleich die technischen Möglichkeiten und prak-

tische Fragen in den Blick. Gezeigt werden gelungene Grünbauten von Düsseldorf über Mailand bis Singapur, bereits Erprobtes und völlig neue Entwicklungen. Die Ausstellung ist eine Kooperation mit der Forschungsabteilung des Internationalen Planungs- und Beratungsbüros Arup „Green Building Envelopes“ und mit dem Umweltamt der Stadt Frankfurt am Main.

### Informationen

Ausstellung bis 11. Juli 2021  
DAM Deutsches Architekturmuseum  
Schaumainkai 43  
60596 Frankfurt am Main  
Das Museum ist seit dem 24.05.2021  
wieder geöffnet  
<https://dam-online.de/>



**Künstliche Intelligenz in der Automobilindustrie**  
Michael Nolting  
Springer 2020  
ISBN 978-3-658-31567-2  
22,99 Euro

„Schuster bleib bei deinen Leisten!“ – Auf die Automobilindustrie angewendet würde das bedeuten, sich auf die bisherigen Kernkompetenzen zu konzentrieren, z. B. den Antriebs- und den Karosseriebau. Gemäß Michael Nolting würden es die Unternehmen so aber nicht „vom Blechbieger zum Techgiganten schaffen“. Vielmehr sollten sie das große und aufstrebende Feld der künstlichen Intelligenz nicht den Googles, Amazons und Apples dieser Welt überlassen. Sonst droht den OEMs nicht nur das Überholtwerden von Tesla, sondern eben auch von solchen IT-Größen, die bisher andere Branchen beherrschen. Der Autor schafft es glaubwürdig, die Frage nach der Zukunft der deutschen Automobilindustrie zu beleuchten, da er bei einem Vertreter ebendieser, nämlich bei VW, arbeitet. So sieht er die Großkonzerne am Scheideweg: Nutzen sie die vielseitigen Möglichkeiten der KI entlang der gesamten Wertschöpfungskette aus, so können sie zum Techgiganten werden. Andernfalls gehen sie als Blechbieger unter oder entwickeln sich zum „Foxconn der Automobilindustrie“. Dabei würden die OEMs kostenminimal Fahrzeuge herstellen – die große Marge mit vernetzten, kundenzentrierten IT-Lösungen machen andere. Nolting hat ein Buch geschrieben, das alle Aspekte dieses großen, notwendigen Umbruchs beschreibt, von den Grundlagen der KI über zahlreiche Use Cases bis hin zum Change Management in den Unternehmen. Darunter leidet hier und da die Tiefe der einzelnen Kapitel. Dennoch gilt es zu hoffen, dass sein Arbeitgeber und die weiteren OEMs auf seine Botschaft hören und die richtigen Weichen stellen!

*Bernhard Kramer*



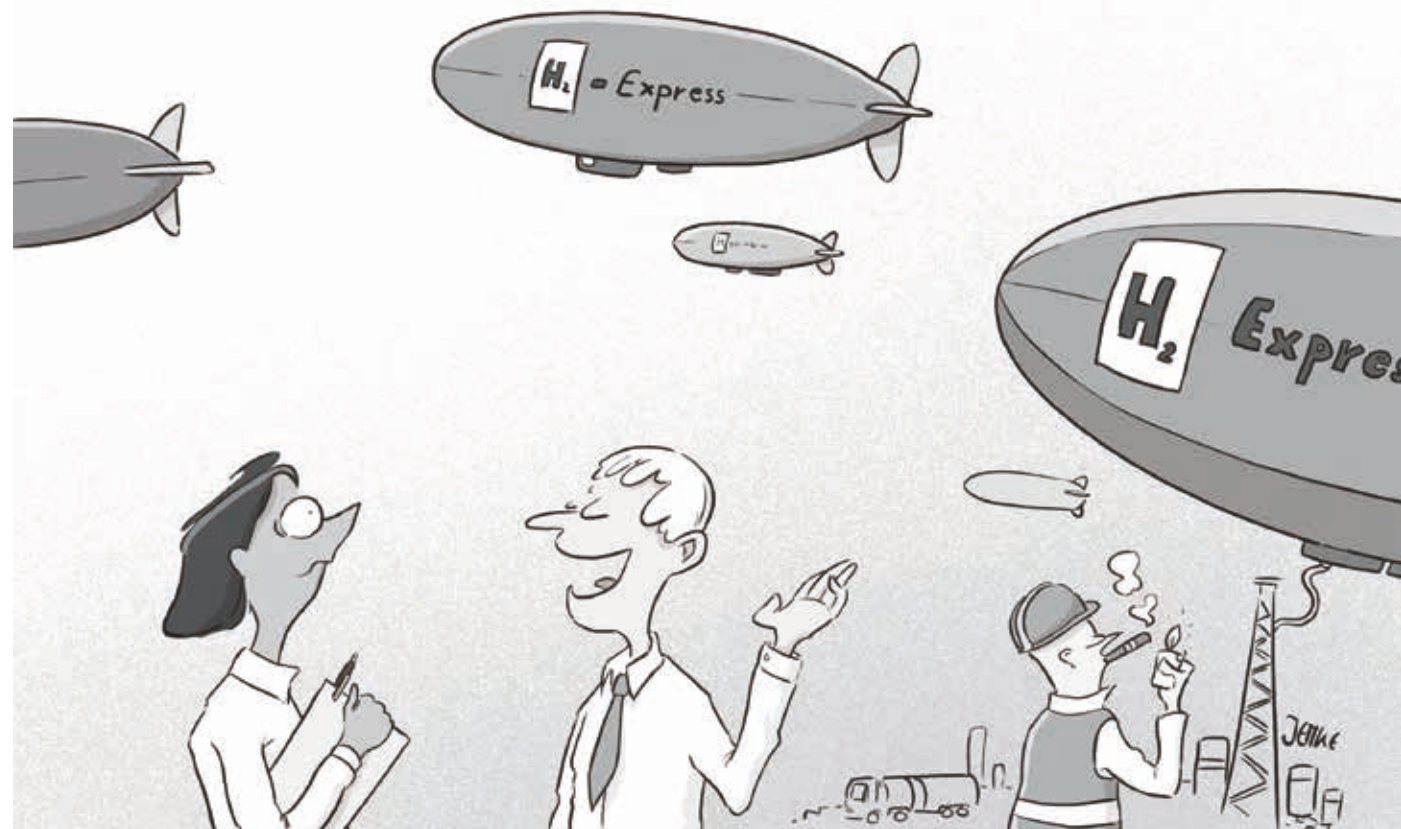
**Bessere Menschen?**  
Technische und ethische Fragen in der transhumanistischen Zukunft  
Michael C. Bauer,  
Laura Deinzer (Hrsg.)  
Springer 2020  
ISBN 978-3-662-61569-0  
22,99 Euro

Der Mensch als „Mängelwesen“ (Arnold Gehlen) trachtet seit jeher danach, seine Defizite zu kompensieren. Mit Medizin und Technik strebt er an, Schäden durch Krankheiten und Unfälle zu reparieren. Der Transhumanismus, um den es in diesem Sammelband geht, will dagegen neue Fähigkeiten, den „besseren Menschen“ eben. „Enhancement“ statt Therapie. Hörgeräte etwa sollen gleichzeitig übersetzen, Brillen Gesichter erkennen und als ferne Utopie sollen im Gehirn implantierte Elektronikchips neurologische Erkrankungen heilen und gar neue Denkmöglichkeiten erschließen. Es gibt eine große Bandbreite von Themen. Verschwörungstheoretiker befürchten die Abschaffung des Menschen durch den Transhumanismus (z. B. durch Impfungen). Die Verschmelzung von menschlicher und maschineller Moral ist ein aktuelles Thema (autonome Roboter). Etwas abgehobener ist die Frage, ob Roboter unter die Sex- und Genderthematik fallen (ja, zumindest gibt es schon Sexroboter). Unvermeidlich ist die Debatte um die Künstliche Intelligenz, vor allem wie man ihr vertrauen kann. Schon jetzt gibt es großes Interesse an der Robotik in der Psychotherapie. Ein noch nicht wirklich gelöstes Problem ist die möglichst dauerhafte Energieversorgung von medizinischen Implantaten im Körper. Und der Autor des letzten Kapitels fordert ein europäisches Sozialkreditsystem (Überwachung nach chinesischem Vorbild) wegen des „überragenden Nutzens“ von Daten. Für die sicher noch notwendigen kritischen Diskussionen liefert dieses Buch viele Anregungen.

*Gerhard Grosch*



## CARTOON



Cartoon: Cornelis Jettke

„Endlich gibt es eine ideale Lösung für den Wasserstoff-Transport“

## VORSCHAU

Ausgabe 05/2021 erscheint am 01. September 2021 mit dem Schwerpunktthema

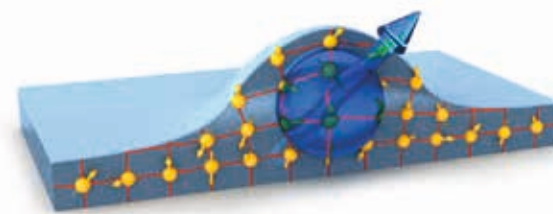
## Quantentechnik

Mit großzügigen Fördergeldern wurde kürzlich das „Munich Quantum Valley“ gegründet, eine Initiative, um die Quantentechnik voranzubringen. Unser nächstes Heft wird sich nicht nur mit dem prominentesten Vertreter dieser Technik, dem Quantencomputer, beschäftigen, sondern auch mit künftigen Revolutionen bei der Kommunikationstechnik, der Datensicherheit und der Sensorik.

Anzeigenschluss: 06. August 2021

Schwerpunktthema der Ausgabe 06/2021  
Klimaziel 1,5 Grad

Anzeigenschluss: 08. Oktober 2021



Grafik: Fabian Flässig, TUM

Elektron im Quanten-Punkt, beeinflusst von Kernspins der Umgebung – erforscht am Walter Schottky Institut (WSI) der TUM

Schwerpunktthema der Ausgabe 01/2022  
Ingenieurskunst

Anzeigenschluss: 03. Dezember 2021



H<sub>2</sub> Süd  
DIE WASSERSTOFF-INITIATIVE  
BAYERN & BADEN-WÜRTTEMBERG

Ab Herbst 2021 können Sie unsere Elektrolyse im Wasserstoffhaus Irschenhausen besichtigen, wo im Rahmen eines Forschungsprojektes umfassende Lösungen für Wasserstoffanwendungen in Bestandsgebäuden demonstriert werden. Schreiben Sie bei Interesse eine E-Mail an: [info@ohs.energy](mailto:info@ohs.energy)

# Wasserstoff selbst erzeugen, speichern und nutzen.

Wir bieten Gebäudeeigentümern, Unternehmen und Forschungseinrichtungen kostengünstige und individuelle Lösungen rund um die Wasserstoffproduktion und -speicherung.

Wir analysieren Ihre Bedürfnisse und entwickeln die zu Ihnen passende Wasserstofflösung:

- Lokale Wasserstoffproduktion
- H<sub>2</sub>-Batterie
- H<sub>2</sub>-Tankstelle
- Power-to-X

Sie wollen mehr erfahren?

Rufen Sie uns an oder schreiben Sie uns eine E-Mail:

ostermeier H<sub>2</sub>hydrogen Solutions GmbH

Tel.: +49 (0)8444 92490-0 • E-Mail: [info@ohs.energy](mailto:info@ohs.energy) • [www.ohs.energy](http://www.ohs.energy)



ostermeier  
H<sub>2</sub>YDROGEN SOLUTIONS



# FÜHRUNGSKRÄFTEAUSBILDUNG IM DIGITAL BUSINESS IHR BERUFSBEGLEITENDER KARRIERESPRUNG



**Technologiemanagement, B.Eng.**  
Für Techniker, Meister & beruflich Qualifizierte  
7-8 Semester berufsbegleitend



**Digital Business Engineering, M.Eng.** **NEU**  
Für Ingenieure & Informatiker  
Weiterbildung in Engineering, Digitalisierung, IT & Management



**Hochschulzertifikate | Digitalisierung**  
Six Sigma Yellow & Green Belt  
Data Analytics in Python  
Lean & Kaizen

