

## H<sub>2</sub> in der Infrastruktur / Zukunftsfähige KWK

### **Anpassung von Erdgas-BHKW für den Betrieb mit Wasserstoff**

Entwicklungsstand und Ausblick für  
die Umstellung der gasmotorischen  
Kraft-Wärme-Kopplung auf den  
Betrieb mit grünem Wasserstoff

SOKRATHERM<sup>®</sup> GmbH



## Neue Technologie braucht ein Geschäftsmodell - Analogie Wärmepumpe

*Exkurs:* Aufbau eines Nahwärmenetzes zur rationellen Wärmeversorgung im Jahr 1980 durch SOKRATHERM am Stammsitz in Hiddenhausen. Erste Generation der Wärmeerzeugung in diesem Netz: Wasser/Wasser-Wärmepumpe, zukunftsweisendes, hocheffizientes Produkt, eine Kilowattstunde Strom für drei Kilowattstunden Wärme.

*Rahmenbedingungen:* Strom seinerzeit größtenteils aus Steinkohle-Kraftwerken, 1/3 Nutzenergie, 2/3 Kühlturm.

*Energetische Betrachtung „alte Welt“:*

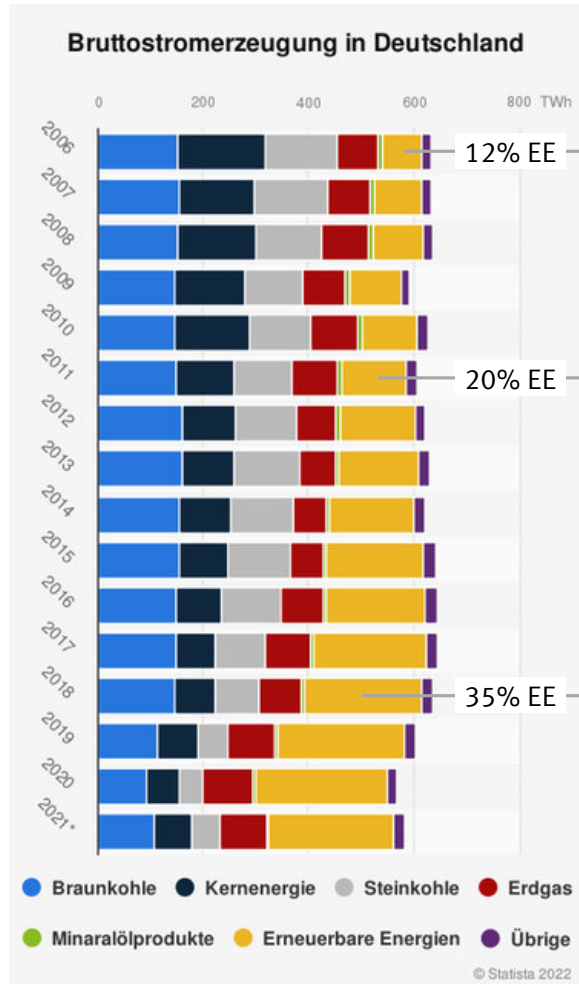


*Fazit dieses frühen Musterprojekts mit Wärmepumpe:* Hoher apparativer Aufwand für einen primärenergetischen Wirkungsgrad, der seit den 1990er Jahren auch mit Brennwertkesseln erreichbar ist; fehlendes Geschäftsmodell.

*Ausblick:* 2022 stammten 46,3 % des in Deutschland erzeugten Stroms aus Erneuerbaren Energien. Politische Zielsetzung ist ein regenerativer Stromanteil von 80 % bis 2030. KWK wird auch künftig für Residuallast benötigt.

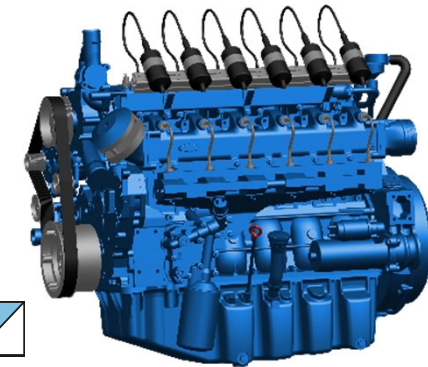
➤ **Aktuell sind Wärmepumpenkonzepte in Kombination mit KWK eine wegweisende Option!**

### beispielhafte Pilotprojekte mit wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotoren



2006: EU-Projekt „Hy Fleet:CUTE“, 14 MAN Stadtbusse mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren bei den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) im Einsatz

2011: H<sub>2</sub>-Verbrennungsmotor Typ H07 unserer Schwesterfirma adapt engineering (Basis: bewährter MAN Gasmotor E0836)



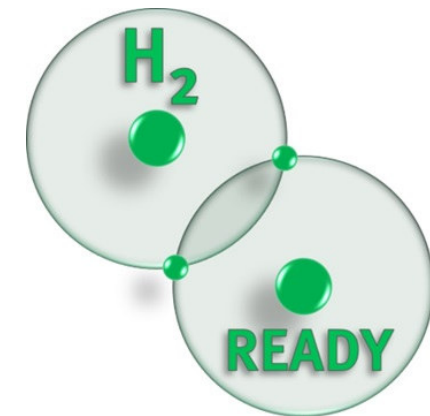
adapt  
engineering

2018: Pilotprojekt der Stadtwerk Haßfurt GmbH, dezentrale Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff aus Windstrom, Erprobung der Einspeisung ins Erdgasnetz, Rückverstromung mit H<sub>2</sub>-BHKW

- **Leitungsgebundene Versorgung mit grünem Wasserstoff aus regenerativem Strom schafft erst den Markt für die breite Anwendung bereits erprobter, gasmotorischer Wasserstofftechnologien!**

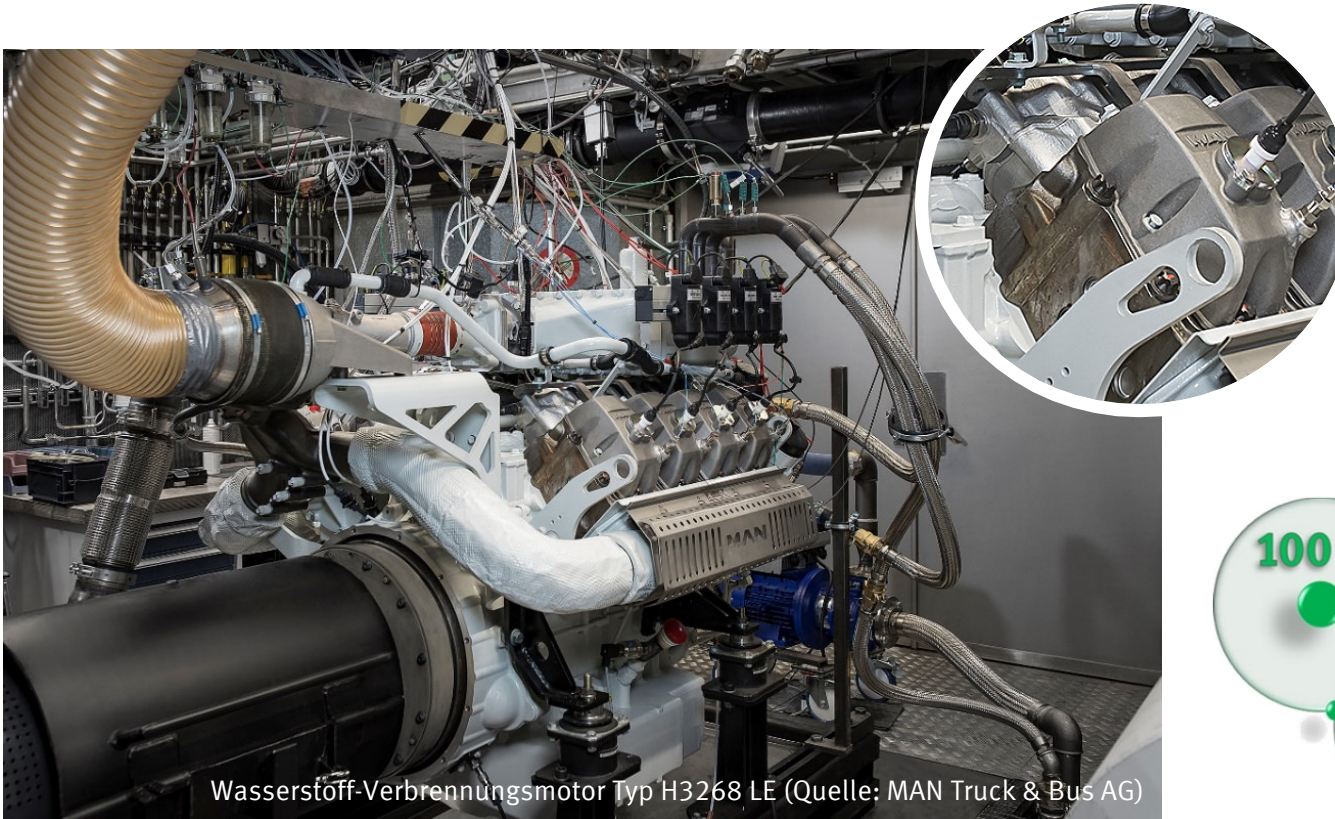
## Anteilige Nutzung von grünem Wasserstoff im BHKW - Beimischung

Anteilige Wasserstoffeinspeisung ins Erdgasnetz aus Motorensicht unkritisch. Alle unsere BHKW sind „H<sub>2</sub>-Ready“ und können ohne technische Modifikation Erdgas-Wasserstoff-Gemische verarbeiten. Je nach Motortyp ist ein Wasserstoff-Anteil von bis zu 40 % möglich.



## Gasmotor für den Betrieb mit 100 % Wasserstoff

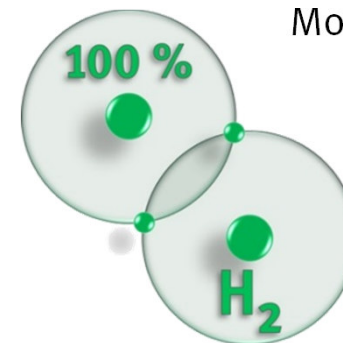
Achtzylinder-V-Motor H3268 LE aktuell bei MAN in Nürnberg auf dem Prüfstand, Finalisierung gegen Ende 2023. Im kommenden Jahr steht der Motor für die Feldanwendung zur Verfügung. Basis ist der bewährte MAN-Gasmotor E3268 LE, den wir in unserem BHKW-Kompaktmodul GG 355 einsetzen.



Wasserstoff-Verbrennungsmotor Typ H3268 LE (Quelle: MAN Truck & Bus AG)

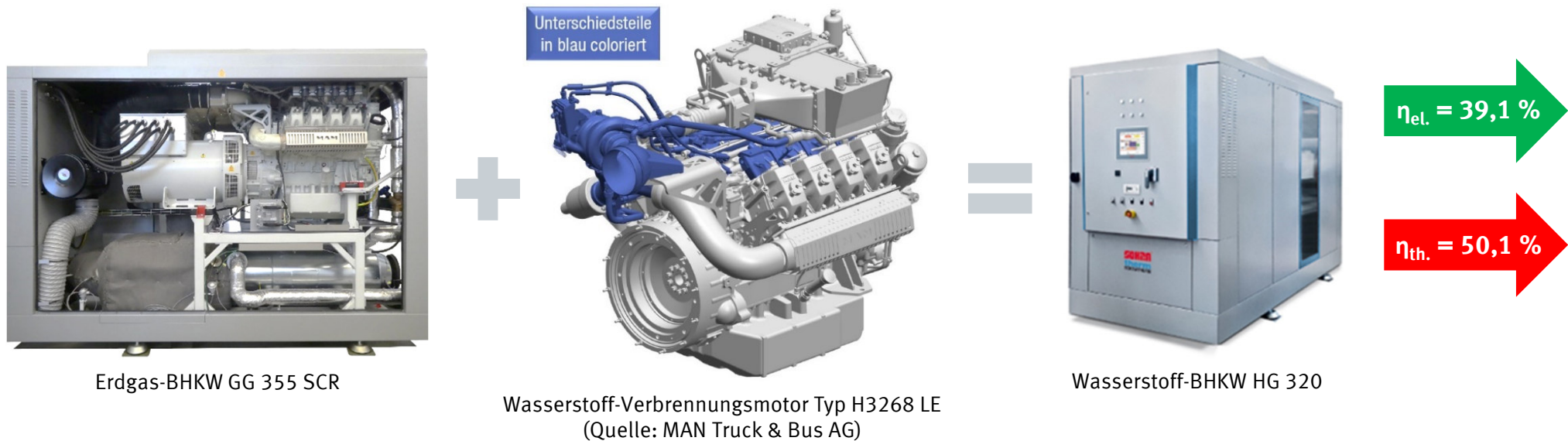
Anpassungen gegenüber der Erdgasausführung:

- Selektive Wasserstoffinjektoren im Ansaugtrakt
- Turboaufladung für hohen Luftüberschuss
- Gemischaufbereitung und Motormanagement



## SOKRATHERM BHKW-Kompaktmodul zum Betrieb mit reinem Wasserstoff

Als erstes BHKW mit der neuen Motorenbaureihe H32 bieten wir das BHKW-Kompaktmodul HG 320 mit 320 kWel. an, basierend auf unserem Typ GG 355 zum Betrieb mit Erdgas. Es werden zudem Nachrüstkits angeboten, mit denen bestehende BHKW z.B. im Rahmen der Grundüberholung auf den Betrieb mit Wasserstoff umrüstbar sein werden.

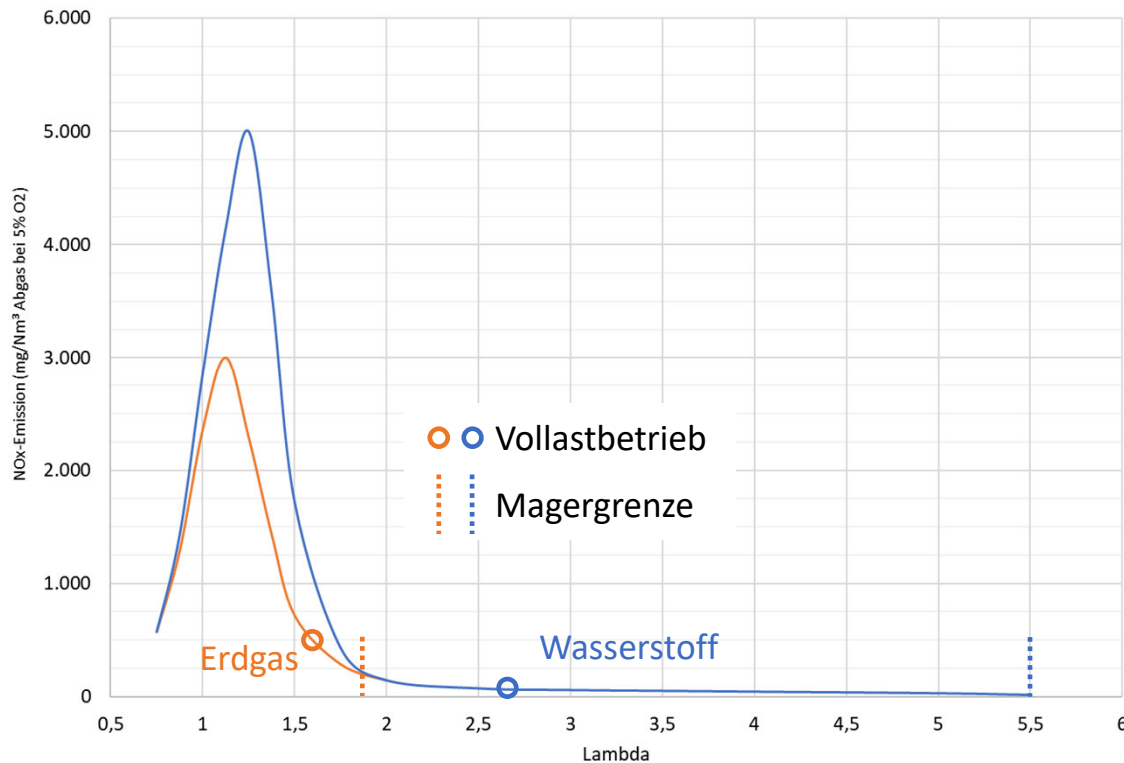


Die Adaption weiterer Baureihen aus dem Erdgas-Stationärmotorenprogramm wurde bei MAN bereits in die Wege geleitet.

## Abgasemissionen bei Betrieb mit Wasserstoff

Das bei der Verbrennung von Wasserstoff entstehende Abgas ist Wasserdampf. Da Wasserstoff keinen Kohlenstoff enthält, entsteht bei der Verbrennung kein CO und auch kein CO<sub>2</sub>. Formaldehydemissionen und Methanschlupf (C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>) entfallen ebenfalls; sie treten nur bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoff-Verbindungen auf.

Stickoxid-Emissionen von Erdgas und Wasserstoff

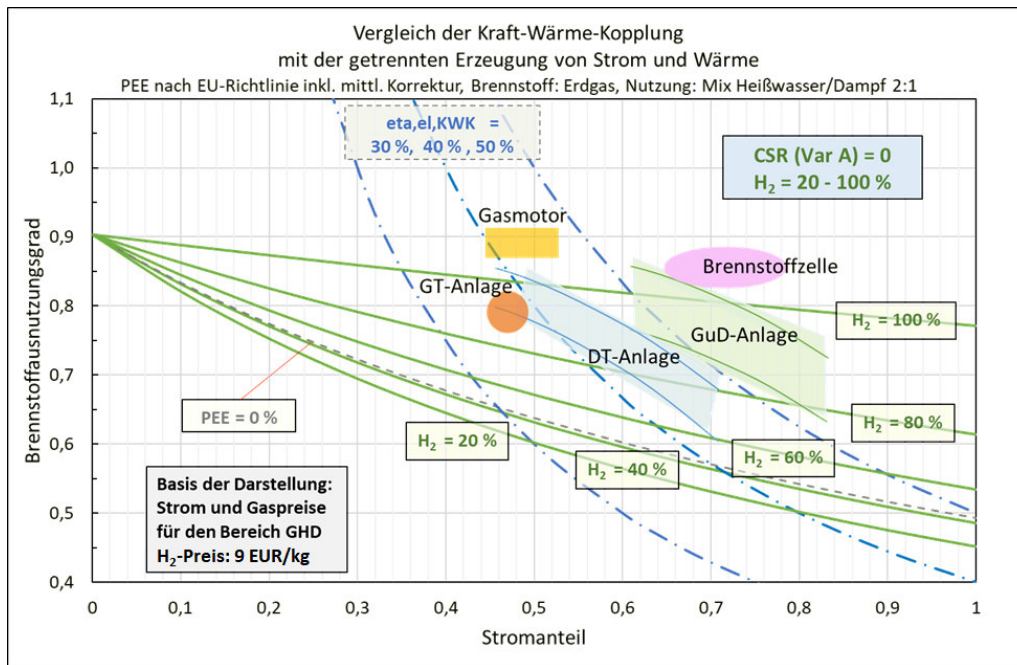


In Verbindung mit dem Stickstoff aus der Verbrennungsluft entstehen in der Praxis auch Stickoxide. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen von Wasserstoffmotoren liegen jedoch schon ohne Abgasnachbehandlung deutlich unterhalb des gemäß 44. BImSchV vorgesehenen Grenzwerts.

Kohlenstoffverbindungen, die durch das erforderliche Schmieröl in den Brennraum gelangen, verursachen vernachlässigbare Spuren von CO, CO<sub>2</sub> und Kohlenwasserstoffen.

## Wirtschaftlicher Kraftwerksbetrieb mit grünem Wasserstoff

Eine Betrachtung der Universität Duisburg-Essen zeigt grafisch sehr anschaulich anhand von CSR-Grenzkurven (CSR = cost-saving-ratio) die Einsatzgrenzen für den wirtschaftlichen Betrieb verschiedener Kraftwerkstypen in Abhängigkeit eines zunehmenden Wasserstoff-Anteils im Erdgas auf.



**Kraft-Wärme-Kopplung mit einem Gesamtwirkungsgrad von mindestens 80 % ist Grundvoraussetzung für die wirtschaftliche Nutzung von wertvollem, grünem Wasserstoff!**

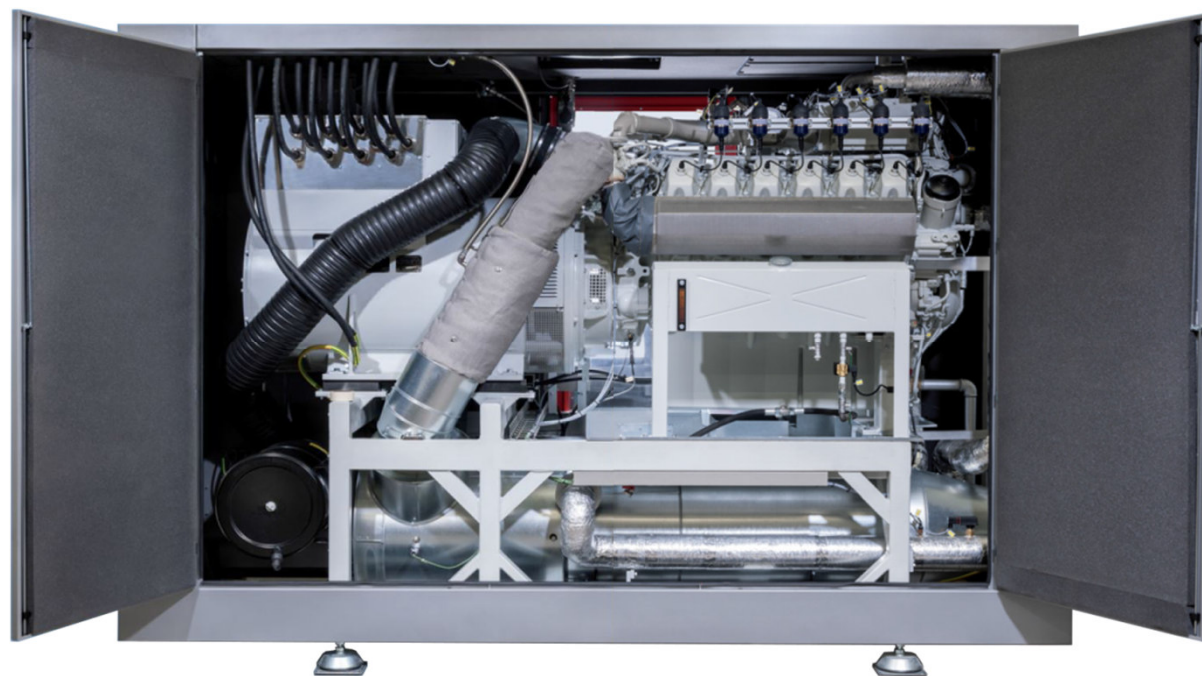
In der nationalen Wasserstoffstrategie des BMWK vom 26.7.2023 erwähnt; muss in Verbindung mit einer Novellierung des KWKG auch Einzug in der Kraftwerksstrategie halten!

Quelle: Dr.-Ing. Vassilios Vrangos, Dr.-Ing. Gerd Oeljeklaus, Lehrstuhl für Umwelt- und Anlagentechnik (LUAT) der Universität Duisburg-Essen

Möglichkeit des Transports und der Langzeitspeicherung mit hoher Kapazität in vorhandener Infrastruktur macht grünen Wasserstoff unverzichtbar für die Vollendung der Energiewende!



**Wir sind offen für Ihre Fragen!**



*Kompetenz in KWK*