



# ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik

Tagungsband zum Expertentreffen vom 11./12. Juni 2024

## VERANSTALTER

ASUE im DVGW e. V.  
Robert-Koch-Platz 4  
10115 Berlin

## VERANSTALTUNGsort

Engler-Bunte-Institut für Verbrennungstechnik am Karlsruher Institut für  
Technologie (KIT)  
Engler-Bunte-Ring 7  
76131 Karlsruhe

## ASUE EXPERTENKREIS GASTURBINENTECHNIK 2024

Das Treffen des Expertenkreises stand 2024 unter dem Zeichen meines Abschieds vom Vorsitz dieser stets hochinteressanten und spannenden Runde. 15 Jahre lang hatte ich die Ehre, unter wechselnden Geschäftsführern der ASUE und schließlich dem Übergang in den DVGW die Sitzungen zu organisieren und zu leiten. Ich freue mich außerordentlich, dass wir mit Herrn Dr. Peter Kutne vom DLR in Stuttgart einen hochgradig geeigneten und mit tiefgründigem Fachwissen der Gasturbinentechnik ausgestatteten Nachfolger gefunden haben. Ich wünsche ihm hiermit alles Gute und viel Erfolg für die zukünftige Entwicklung dieses spannenden Forums.

In Karlsruhe informierten wir uns in verschiedenen Beiträgen über die aktuelle Situation der Gasturbinen. Die Debatte über die immer noch fehlende Kraftwerksstrategie ist dabei ebenso relevant gewesen, wie die Zukunft der Erneuerbaren Gasversorgung. Zum Beispiel erklärten uns die Kollegen vom DLR und dem Engler-Bunte-Institut die verschiedenen Ansätze der Forschung, welche Änderungen der Einsatz von Wasserstoff bei der Ausgestaltung von Brennern in Gasturbinen erfordert. Darüber hinaus war für Betreiber von besonderem Interesse, wie der Einsatz von einfacher Sensoren mit einer angeschlossenen, intelligenten Auswertung den vorausschauenden Betrieb von drehenden Anlagen im Allgemeinen und Gasentspannungsanlagen im Speziellen stützen kann.

Die Vorträge der Sitzung haben wir für Sie wieder in diesem Tagungsband zusammengestellt. Wir bedanken uns bei allen Teilnehmern des Expertenkreises für die regen Diskussionen und hoffen, Sie bei unserem nächsten Treffen im Jahr 2025 wieder begrüßen zu dürfen.

Herzliche Grüße,

Ihr Dietmar Jelinek

## REFERENTEN UND VORTRÄGE

<b>Begrüßung und Werksführung: Palm Papierfabrik Wörth</b> Andreas Wirth, Palm	<a href="#"><u>Seite 4</u></a>
<b>Begrüßung und Einleitung</b> Dietmar Jelinek, Bayerngas Energy GmbH	<a href="#"><u>Seite 11</u></a>
<b>ASUE-Bericht: Aktivitäten und Energiepolitik</b> Thomas Wencker, ASUE im DVGW e.V.	<a href="#"><u>Seite 15</u></a>
<b>Gasmarkt aktuell</b> Dietmar Jelinek, Bayerngas Energy GmbH	<a href="#"><u>Seite 23</u></a>
<b>Update CO<sub>2</sub>-Emissionshandel</b> Rainer Sternkopf, Umweltbundesamt (UBA), Fachgebietsleiter Energiewirtschaft, Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)	<a href="#"><u>Seite 31</u></a>
<b>Standortentwicklung der KMW AG – Planung eines neuen GuD-Kraftwerks</b> Jens Voigt, Mainzer Stadtwerke	<a href="#"><u>Seite 38</u></a>
<b>Aktuelle Gasturbinenprojekte des DLR</b> Dr. Peter Kutne, Deutsches Institut für Luft und Raumfahrt (DLR), Institut für Verbrennungstechnik, Leiter der Abteilung Gasturbinen	<a href="#"><u>Seite 56</u></a>
<b>Das DVGW-TK „Industrie und Kraftwerke“</b> Sophia Hayen, DVGW e. V.	<a href="#"><u>Seite 73</u></a>
<b>Industrielles Online-Monitoring an Gasentspannungsanlagen</b> Norbert Gomolla, DMT GmbH & Co. KG	<a href="#"><u>Seite 79</u></a>
<b>Gasbeschaffenheitsüberwachung für KWK-Anlagenbetreiber</b> Martin Huhn, SWB Services GmbH	<a href="#"><u>Seite 90</u></a>
<b>Experimentelle Aktivitäten zur Brenntechnik für Gasturbinen für flüssige Brennstoff oder H<sub>2</sub></b> Dr.-Ing. Stefan Harth, EBI am KIT	<a href="#"><u>Seite 84</u></a>

## ÜBER DIE ASUE

Die ASUE ist eine innerhalb des DVGW geführte Marke, die sich für umweltfreundlichen und sparsamen Energieverbrauch einsetzt. Die Tätigkeiten der ASUE werden von einem Kuratorium geleitet, welches mit Mitgliedern aus allen Bereichen der Wertschöpfungskette der Energiewirtschaft besetzt ist.

[www.asue.de](http://www.asue.de)

# Begrüßung und Werksführung in der Papierfabrik Palm GmbH & Co. KG Wörth

Andreas Wirth, Palm

## Zusammenfassung

Die 1872 gegründete Papierfabrik Palm benutzt von Anfang an ausschließlich Recyclingmaterial. An ihrem Standort in Wörth hat sie ein hocheffizientes System, bestehend aus Feststoffkesseln und einer modernen Gasturbinenanlage, zur Versorgung mit dringend benötigtem Prozessdampf installiert. Darüber hinaus betreibt Palm eine eigene Kläranlage, dessen Klärgas auf Erdgasqualität aufbereitet und in ein lokal verfügbares Gasnetz eingespeist wird.



## Firmenpräsentation

Über 150 Jahre alt



## Unser Unternehmen

- Gegründet 1872 von Adolf Palm in Aalen-Neukochen
- Unabhängige Unternehmensgruppe
- 100 % Familienbesitz

Werksgelände in den Gründerjahren

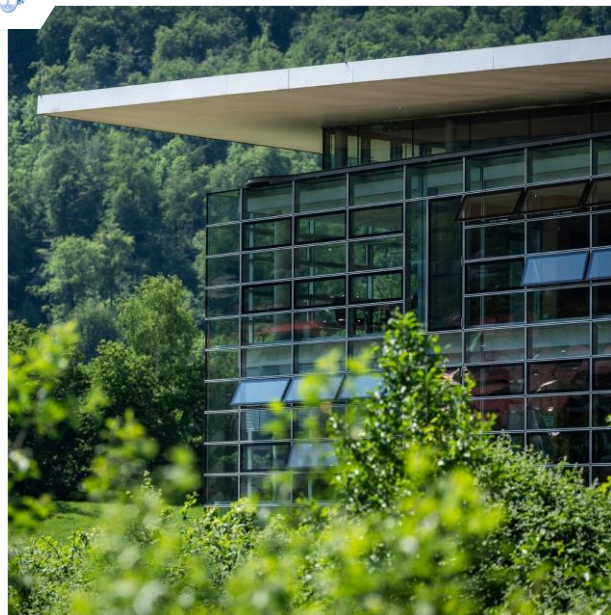


Seite 3



## PALM

- Größtes Papierunternehmen in Deutschland in Familienbesitz
- Seit Gründung Papierproduktion auf reiner Recyclingbasis
- Stetes Wachstum und laufende Innovationen sichern die Zukunft
- Ressourcenschonende Prozesse und die eigene Strom- und Dampferzeugung aus Erdgas und Reststoffen in hocheffizienten KWK-Anlagen führen zu einer umweltfreundlichen Produktion



Seite 4 | 2024



» Tradition und Innovation gehen bei uns Hand in Hand. Als Traditionsunternehmen pflegen wir ein ausgeprägtes Verantwortungsbewusstsein gegenüber unseren Geschäftspartnern, Mitarbeitern und der Umwelt. Wir haben dadurch ein Klima geschaffen, in dem Neues entstehen kann – für den Erfolg unserer Kunden und die langfristige Sicherung unserer Zukunft. «

Dr. Marina Palm und Dr. Wolfgang Palm

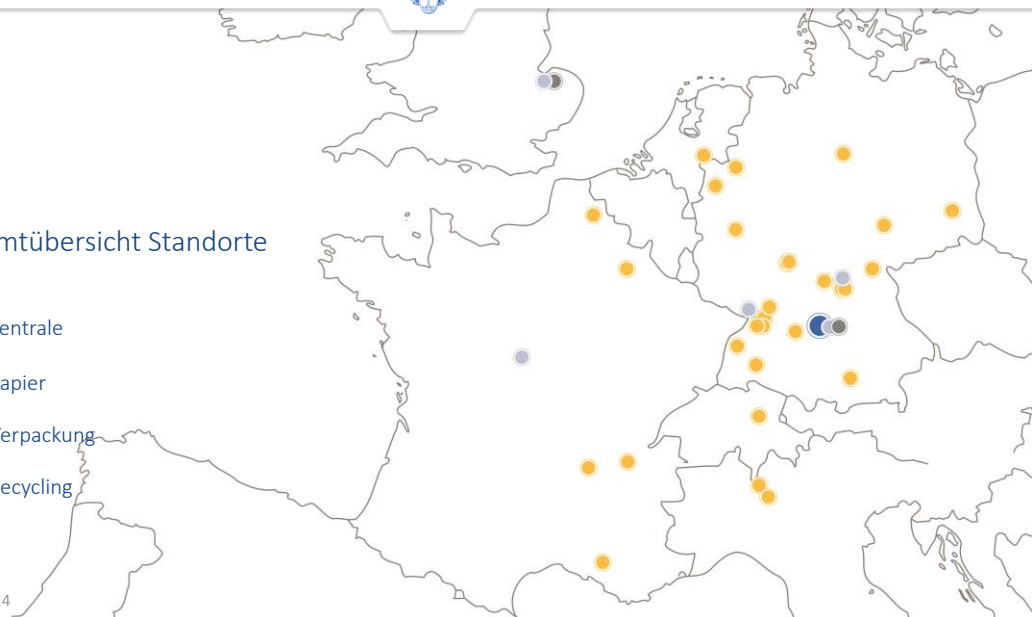


PALM



Gesamtübersicht Standorte

-  Zentrale
-  Papier
-  Verpackung
-  Recycling



PALM Papierfabriken



- 7 Papiermaschinen in Europa
- 950.000 t Zeitungsdruckpapier
- 1.740.000 t Wellpappenrohpapier

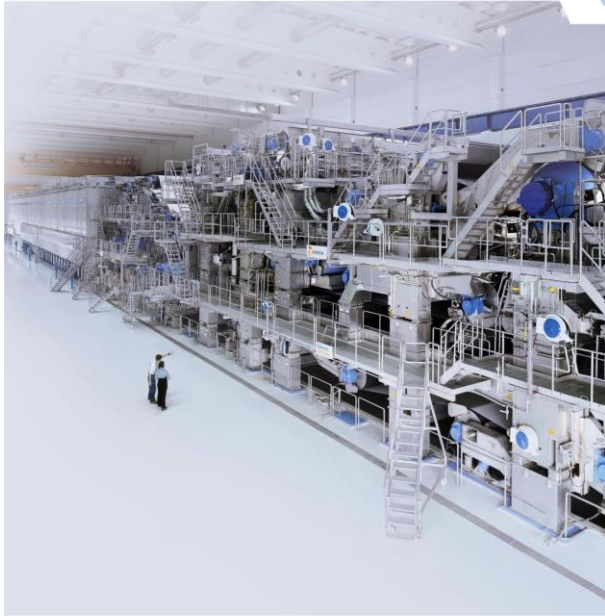


## Der Standort Wörth

- Technologie/Entwicklung
- KWK-Anlage mit hocheffizientem GuD-Kraftwerk und Reststoffkesseln
- Kläranlage mit Erzeugung von Biogas
- Reststoffverwertung
- Schiffsverladung und Bahnanschluss
- 100 % Altpapier
- Zwei Rollenschneider
- Voll automatisches Rollenlager
- PM 6: 750.000 t pro Jahr







## Die PM 6 für Wellpappenroh papier

- Arbeitsbreite 10,30 m
- Kapazität 750.000 t pro Jahr
- Flächengewichte 110 – 200 g/m<sup>2</sup>
- 100 % Altpapier

## Unsere Kernkompetenzen



Wellpappe



Display

Verpackungen



Beratung

Druck



Service



Seite 11 | 2024



*Palm*

Papier hat Zukunft!

# Begrüßung und Einleitung

Dietmar Jelinek, Bayerngas Energy GmbH

## Zusammenfassung

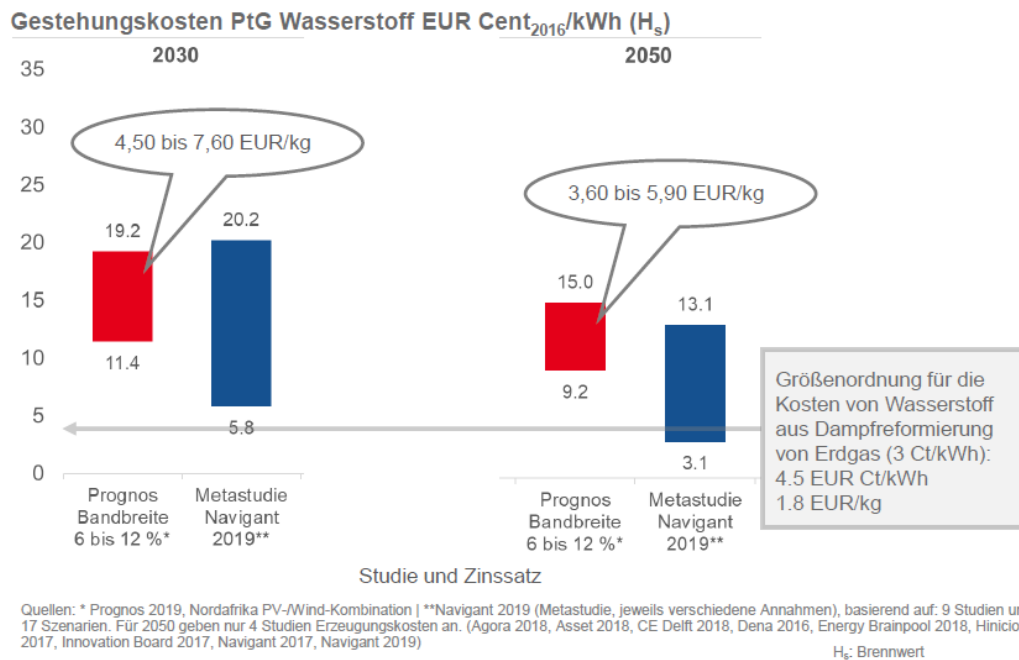
Dietmar Jelinek gab in seinem Vortrag eine Vorschau auf den zukünftigen Einsatz von Gasturbinen. Seiner Meinung nach werde sich der Einsatz von Gasturbinen schon alleine dadurch stark ändern, dass viele Prozessanwendungen zukünftig mit niedrigeren Vorlauf-temperaturen auskommen werden. Außerdem mache die heutige Bandbreite der zukünftig möglichen Wasserstoffkosten wirtschaftliche Beurteilungen quasi unmöglich.

## ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik 12. Juni 2024, Karlsruhe

### Gasturbinen im zukünftigen Umfeld der Energiewende

- Einschätzung Prognos AG bei Expertenkreissitzung in Bremen 2019
  - Entwicklung der Nettostromerzeugung aus Erdgas je nach Dekarbonisierungsszenario bis 2040 zwischen 54 und 67 TWh, bis 2050 um die 48 TWh (2015: 50 TWh inklusive Eigenstromerzeugungsanlagen der Industrie) entsprach 9,2% der gesamten Stromerzeugung – 2023: 44,3 TWh entspricht 9,9% der Stromerzeugung von 448,5 TWh)
  - Gasbasierte Stromerzeugungssysteme (Gasturbinen-, GuD, Gasmotoren) haben auch in 2050 eine hohe Bedeutung für das Stromsystem (Anforderungen hinsichtlich Betriebs- und Brennstoffflexibilität, Anfahrzeiten, Systemdienlichkeit) werden höher.
- Studie insbesondere auf Gesamtstromsystem mit großen Kraftwerkseinheiten bezogen, weniger auf die Vielzahl von Industrieanlagen und Anlagen der Fernwärmewirtschaft mittlerer Leistungsgrößen (< 50 MW).
- Welche zukünftigen Optionen gibt es für erdgasbasierte Bestandsanlagen?
  - In der Fernwärmewirtschaft gibt es im Zuge der Umstellung auf Warmwassernetze mit niedrigeren Systemtemperaturen den Trend weg von Gasturbinen hin zu Gasmotoren.
  - Wasserstoff langfristig eine Lösung für den Gasturbinenbetrieb (Kernfrage: Wann wird Wasserstoff zu welchem Preis verfügbar?)
  - Dekarbonisierung in der Industrie künftig ohne Gasturbinentechnologie (Stichwörter Regenerative Energieerzeugung/Wärmepumpen)?

## Gestehungskosten Wasserstoff



## Europäische Wasserstoffstrategie

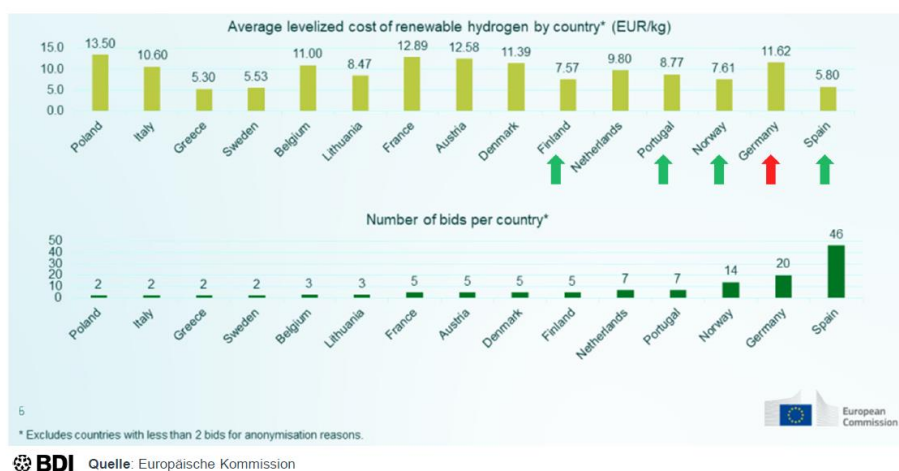
### Angebotsförderung

#### Europäische Wasserstoffbank (März 2023)

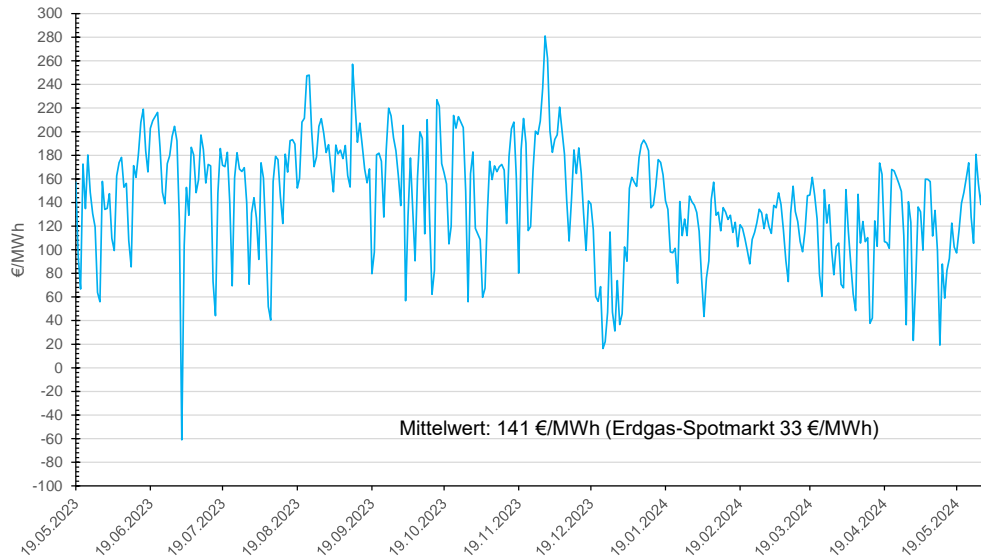
Angebotsseitige Auktionen zur Zuweisung fester Prämienzahlungen an Produzenten von erneuerbarem Wasserstoff in der EU

14

Europäische Wasserstoffbank – Erkenntnisse aus der ersten Auktionsrunde



## Hydex 12 Green - Wasserstoffindex



Seit März 2021 veröffentlichen E-Bridge und energate den Wasserstoffkostenindikator "Hydex Green", der auf dem täglichen 24-Stundendurchschnitt der Spotstrompreise basiert.

Der Index stellt die betrieblichen Kostenkomponenten der Erzeugung von grünem Wasserstoff mittels Elektrolyse dar. Dazu gehören der Stromverbrauch einschließlich Verlusten und Gebühren, die Kosten für Herkunftsnachweise (europäische Wind- und Solarenergie) und eine variable Kostenkomponente, die die operativen Fixkosten widerspiegelt. Kapitalkosten werden nicht berücksichtigt.

Quelle: Energate Messenger/E-Bridge Consulting GmbH

Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 5

## Schwerpunkthemen EK GT

- Analyse wesentlicher Betriebsstörungen/Schadensfälle bei Gasturbinenanlagen, Betriebsdaten und Kennzahlenermittlung, Versicherungskonzepte
  - ASUE-Broschüren Betriebsmanagement, Risikomanagement und Zuluftfiltration, Ratgeber für Gasturbinenbetreiber
- Wasser- und Dampfeinspritzung zur Leistungssteigerung/Betriebsflexibilisierung und Stickstoffoxidsenkung – evtl. wird Thema in Zusammenhang mit H<sub>2</sub>-Einsatz wieder interessant?
- Emissionsverhalten (DLE, Low NO<sub>x</sub>-Brennkammer) und Problem der BK-Schwingungen
- Kennzahlen, Referenzen (letzte Aktualisierung März 2015)
- Rechtliche Aspekte, Genehmigungsverfahren
- Instandhaltungsstrategien, Poolbildung zur Ersatzteilbeschaffung
- Wirtschaftlichkeit – Einfluss von Energie- und Umweltsteuern auf die Wirtschaftlichkeit von GT- /GuD-Anlagen – CO<sub>2</sub>-Emissionshandel (DEHSt)
- Gasbeschaffenheit
- Vorstellung neuer Projekte
- Anlagenhersteller und Wartungsunternehmen stellen ihr Produktportfolio/Leistungen vor
- Mikrogasturbinen und spezielle Anwendungen
- Zukunftsperspektiven, Wasserstoff

Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 6

# ASUE-Bericht: Aktivitäten

Thomas Wencker, ASUE im DVGW e.V.

## Zusammenfassung

Die ASUE ist mehr als 2 Jahre nach dem Übergang in den DVGW vor allem auf den Feldern der kommunalen Wärmeplanung, der Wasserstofftransformation und der Anwendung erneuerbarer Gebäudetechnik aktiv. Die Anzahl der Veröffentlichungen ist zuletzt wegen einer dünnen Personaldecke zurückgegangen, aber in Form von Veranstaltungen wie den Berliner Energietagen, den öffentlichkeitswirksamen Fahrradtouren sowie dem aktuellen Innovationspreis Neue Gase setzt die ASUE weiter Schlaglichter für einen effizienten, umweltfreundlichen und sparsamen Energieeinsatz.



## Willkommen zum ASUE-EK Gasturbinentechnik

Vielen Dank für die Gastfreundschaft des EBI!



## Aktuelles aus der ASUE

11./12. Juni 2024, EK Gasturbinentechnik

Thomas Wencker



## Neuer Mitarbeiter 😊

- Erik Dzhagaryan, seit 01. Feb. 2024
- Referent für ... ← Wird nach Probezeit festgelegt
- M. Sc. Energiemanagement, B. A. Politikwissenschaften
- Vorher: Referent Public Affairs bei SEFE
  
- Erste Projekte:
  - Update NZEB-Broschüre, aktuell Strukturentwicklung nötig
  - Das Gebäudeenergiegesetz - GEG

## Innovationspreis 2024

- Neuer Name: **Innovationspreis Neue Gase – Wege zur Klimaneutralität**
- Neues Design: Eine Chimäre aus IPdDt. Gaswirtschaft & Trafoprojekt



## Innovationspreis 2024

- Die Jury:
  - Vorsitz: Prof. Frank Berendt (TU Berlin)
  - Frank Gröschl (DVGW)
  - Annegret-Claudine Agricola (Zukunft Gas)
  - N. N. (BDEW)
  - Prof. Albert Moser (RWTH Aachen)
  - Prof. Veronika Grimm (TU Nürnberg)
  - Prof. Marc Oliver Bettzüge (EWI Köln)
  - Prof. Karen Pittel (IFO München)
- Termine:
  - Start Bewerbungsphase: 1. Mai
  - Ende Bewerbungsphase: 31. Juli
  - Jurysitzung: 22. August (Reserve-termin 13. September)
  - Innovationswochen: 01.-31. Okt.
  - Preisverleihung: 13. November
- To Dos:
  - Recherche mgl. BewerberInnen
  - Aufbereitung Bewerbungen



INNOVATIONSPREIS  
NEUE GASE

WEGE ZUR  
KLIMANEUTRALITÄT

Jetzt bis zum  
31. Juli 2024  
bewerben!

[www.innovationspreis-neue-gase.de](http://www.innovationspreis-neue-gase.de)



## Energiewende erFAHREN 2024



- 2. – 7. Mai 2024: Vom Münsterland nach Brüssel
- Ziel: Europaparlament im Vorfeld der EU-Wahl, Übergabe des „Goldenen Buchs der Energiewende“
- Etappe 5 (Maastricht → Löwen) organisiert durch ASUE
- Besuch des EU-Parlaments und politische Abschlussdiskussion organisiert durch Helena Ballreich (DVGW-OPÖ)
- Anmeldungen unter: <https://msl.lee-nrw.de/energiewendeerfahren24/>



## Energiewende erFAHREN 2024



## Berliner Energietage 2024

Berliner ENERGIEtage  
Energieevent in Deutschland

KONGRESS 2024 SERVICE THEMEN

PROGRAMM LOGIN

### Lösungen für die Energiewende in Deutschland – Programm 2024

Donnerstag, 16. Mai 2024

16.05.2024 09:00 - 10:30 H.407 kostenfrei Hybrid

Wasserstoff-Readiness: Fiktion und Wirklichkeit | Wasserstoff als Teil unserer Energiezukunft? Die Technik ist da, nur das Gas fehlt. Noch.

Veranstalter: ASUE im DVGW e. V.

Themen: #Energie- und Klimapolitik #Energiewende und Gesellschaft #Infrastruktur • Netze #Energiewirtschaft #Wärmewende #Erneuerbare Energien #Wasserstoff #Kraft-Wärme-Kopplung

<p><b>Moderation</b></p> Thomas Wencker	<p><b>Wasserstoffnetzplanung: Das passiert gerade</b></p> Philipp Ginsberg	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 700 Anmeldungen</li> <li>■ Aufzeichnung auf YouTube im ASUE-Kanal (<a href="#">ASUE e. V. – YouTube</a>)</li> </ul>
<p><b>KWK mit W<sup>2</sup>: Wasserstoff und Wärmepumpe</b></p> Stefan Liesner	<p><b>Weißer Wasserstoff: Entstehung, Vorkommen &amp; Potenziale</b></p> Dr. Dieter Franke	

## Weitere aktuelle Arbeitskreistermine



- 26./27. Juni in Hohenwart bei Ingolstadt: AK IEA
  - Besichtigung: Umstellung Ortsnetz auf 100 % H<sub>2</sub>
  - Themen: H<sub>2</sub>-Transformation der Heizungstechnik, GEG und kWP
- 10./11. September in Enger bei Bielefeld: AK BHKW/BZ
  - Wasserstofftransformation der kleinen KWK
  - Zukunftsbild Biomethan

## Vorträge Q1/2024



- 25. Januar: [Erfahrungsbericht kommunale Wärmeplanung](#) im AK „H<sub>2</sub> im Gasverteilnetz“ vom DVGW NRW inkl. Diskussion mit DStGb und Städtetag
- 31. Januar: [Dezentrale Wasserstoffherzeugung in der kWP](#) im Crashkurs Wasserstoff der DVGW Kongress GmbH
- 14. Februar: [kWP-Perspektiven für kleine Kommunen](#) in der DenkFabrik Fürstenwalde
- 5. März: [Chancen und Herausforderungen der kWP](#) auf der Light + Building 2024 in Frankfurt (M)
- 11. März: [Aktuelles zur kWP](#) im AK „H<sub>2</sub> im Gasverteilnetz“ vom DVGW NRW

## Die ASUE und die Zukunft



- Sorptionstechnik (in Kooperation mit GreenChiller)
- Biogasaufbereitung und –einspeisung (Taskforce Biomethan im DVGW)
- Update kWP-Leitfaden
- Update Niedrigstenergiehausbrochure
- Update Power-to-Gas
- Wasserstoff im Gebäudeeinsatz
- GEG 2024
- Marktübersicht GasHyzungen
- KWK:
  - H2-Modifikation v BHKW
  - BHKW im strompreisgeführten Betrieb
  - Regionale Versorgungsstabilität mit KWK
- Neue Webseite

ASUE Aktuell, 11./12. Juni 2024, EK Gasturbinentechnik

13

TECHNIK  
EFFIZIENZ  
INNOVATION

Noch 21 Jahre.



[www.asue.de](http://www.asue.de)

[thomas.wencker@asue.de](mailto:thomas.wencker@asue.de)

# Gasmarkt aktuell

Dietmar Jelinek, Bayerngas Energy GmbH

## Zusammenfassung

Nach der Energiekrise der letzten Jahre hat sich der Gaspreis zurzeit bei 35 €/MWh eingependelt. Die Versorgungssicherheit ist aktuell wegen niedriger Nachfrage und stabiler LNG-Versorgung stabil. Dennoch könne durch einen kalten Herbst/Winter schnell wieder ein Preis von bis zu 50 €/MWh erreicht werden. In den USA ist das Gas weiterhin extrem günstig, so dass viele Unternehmen über Ansiedlungen in den Vereinigten Staaten nachdenken. Beachtenswert ist, dass das Verhältnis von Strom- zu Gaspreis mit 2,5 fast über die gesamte Zeit immer gleichgeblieben ist. Der Anteil des CO<sub>2</sub>-Preises steigt weiter an und liegt im Rahmen des EU ETS heute bei 70 bis 80 € pro Tonne CO<sub>2</sub>.

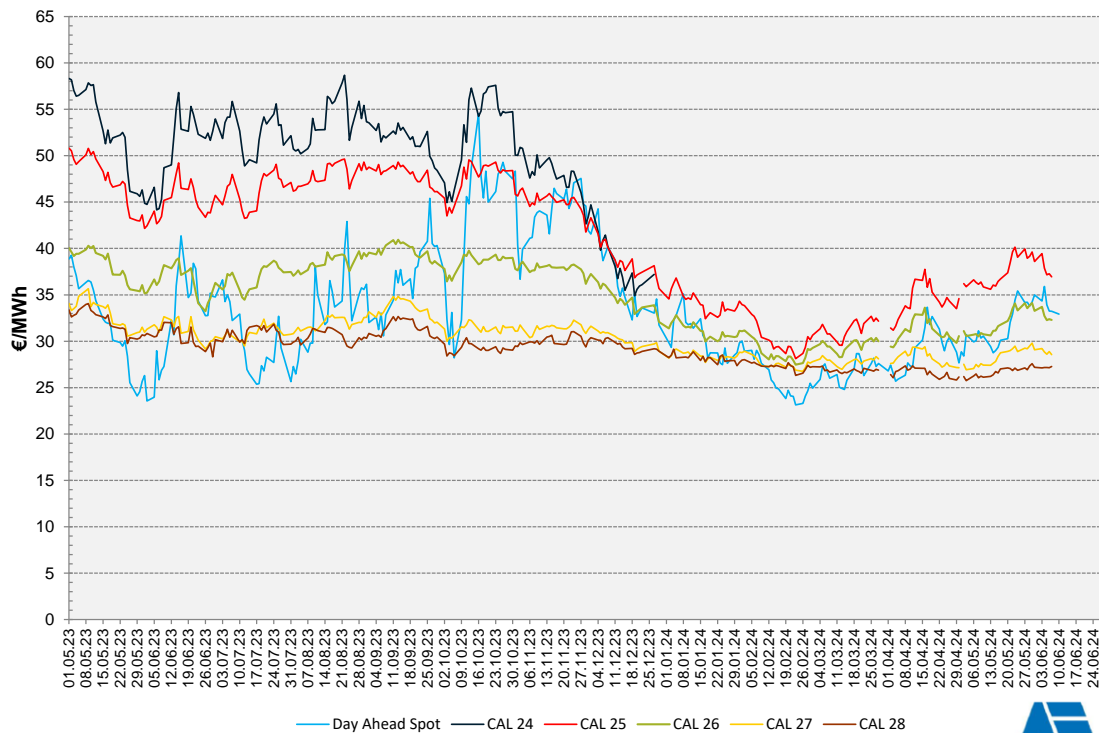
# ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik 12. Juni 2024, Karlsruhe

## Gasmarkt aktuell

Dietmar Jelinek, 12.06.2023

Seite 1

### Preisentwicklung Erdgas am THE



Dietmar Jelinek, 12.06.2024

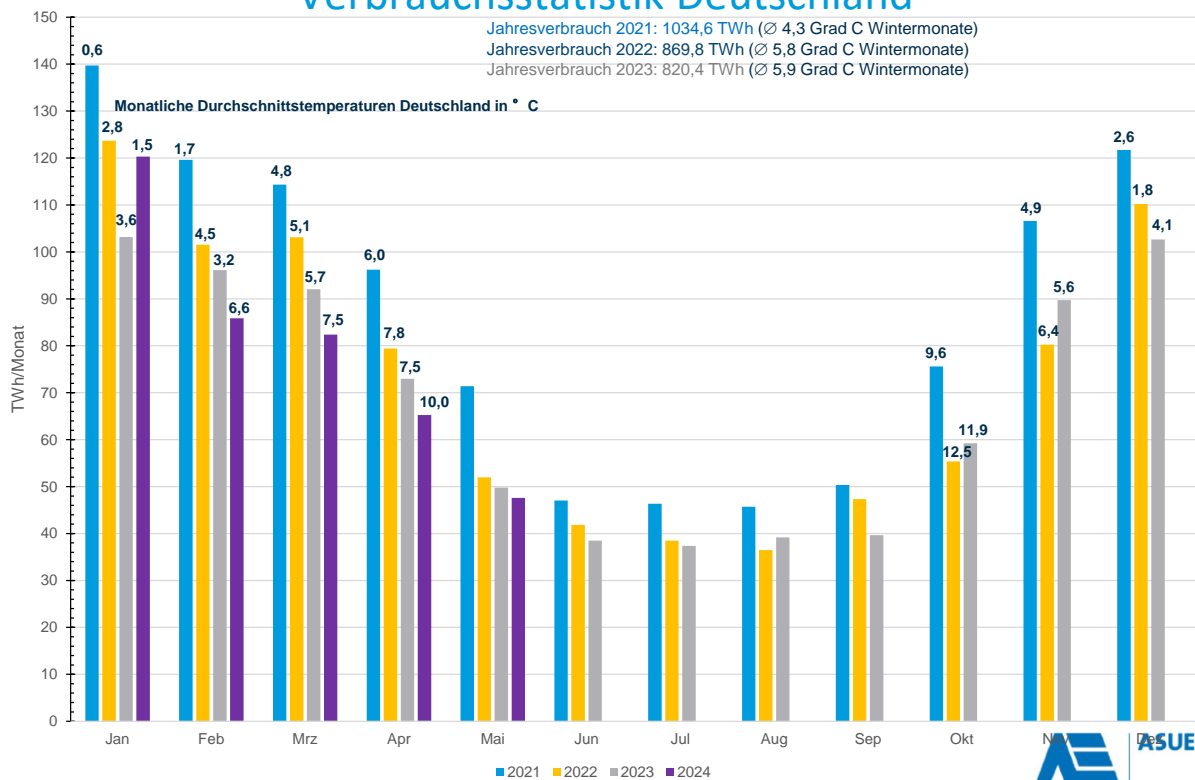
Seite 2



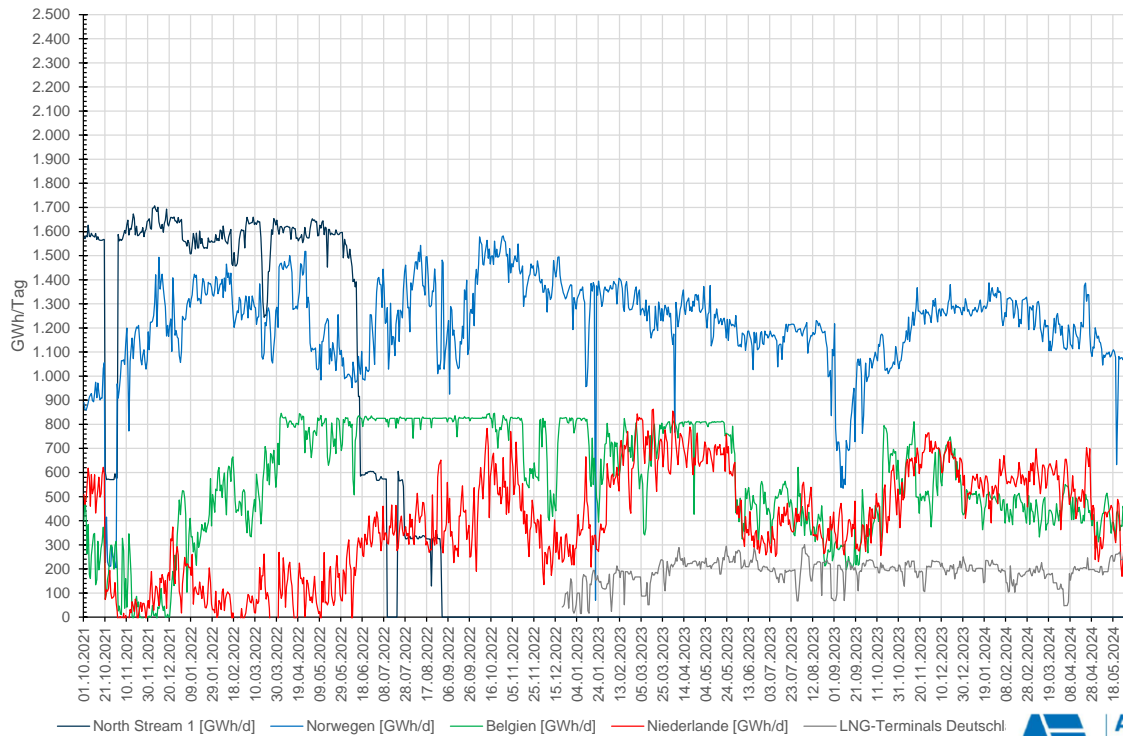
## Marktlage Erdgas

- Das Preisniveau am Day Ahead Markt ist von Februar 24 (Monatsdurchschnitt knapp 26 €/MWh) im Laufe des Frühjahrs wieder auf ein Niveau von 35 €/MWh angestiegen.
- Hohe Preisvolatilitäten bestimmen den Markt – man sieht deutlich die Abhängigkeit Westeuropas von norwegischen Gaslieferungen (Wartungsarbeiten sowie ungeplante Ausfälle im Mai/Juni verursachten die Preissprünge nach oben).
- Die Ankündigung der OMV einer möglichen, kurzfristigen Einstellung der russischen Gaslieferungen nach Österreich hat vorletzte Woche zu steigenden Börsenpreisen geführt. Zudem kommt derzeit erhöhte LNG-Nachfrage auf dem asiatischen Markt.
- Versorgungssituation (hohe Speicherstände, niedrige Nachfrage, stabile LNG-Versorgung) scheint stabil.
- Rohölpreise Brentöl um die 80 \$/bl.

## Verbrauchsstatistik Deutschland



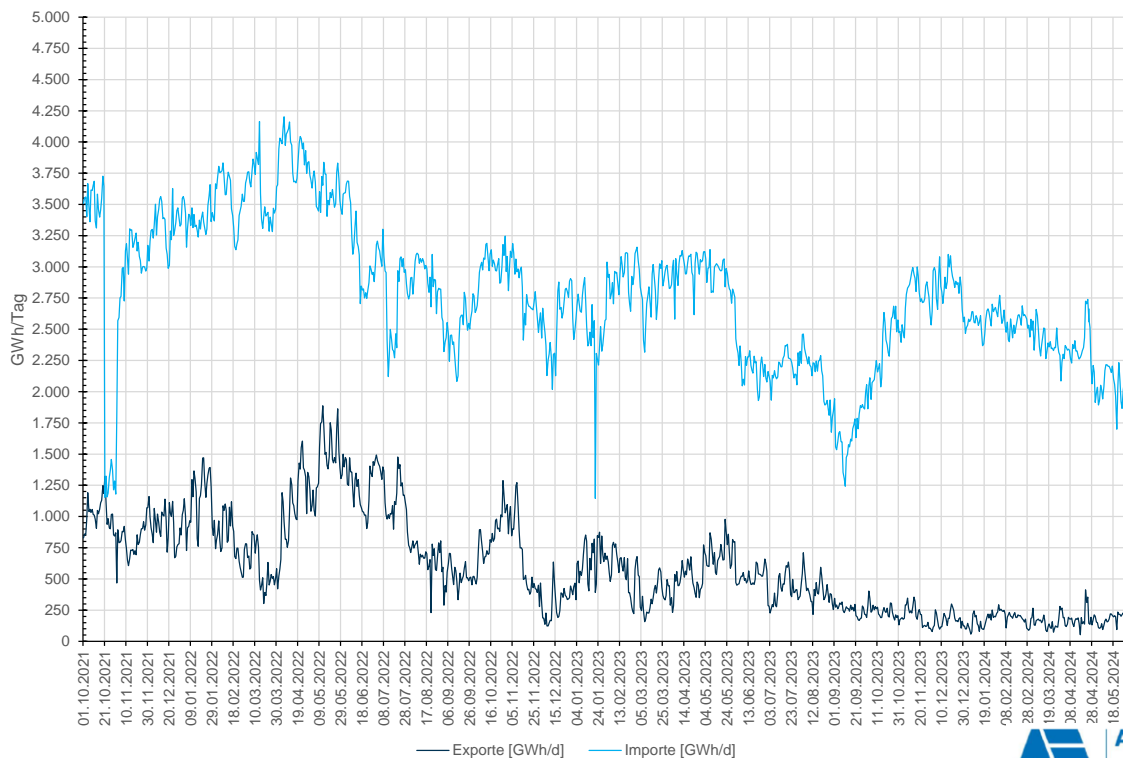
## Hauptgasimportströme nach Deutschland



Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 5

## Importe/Exporte nach/aus Deutschland

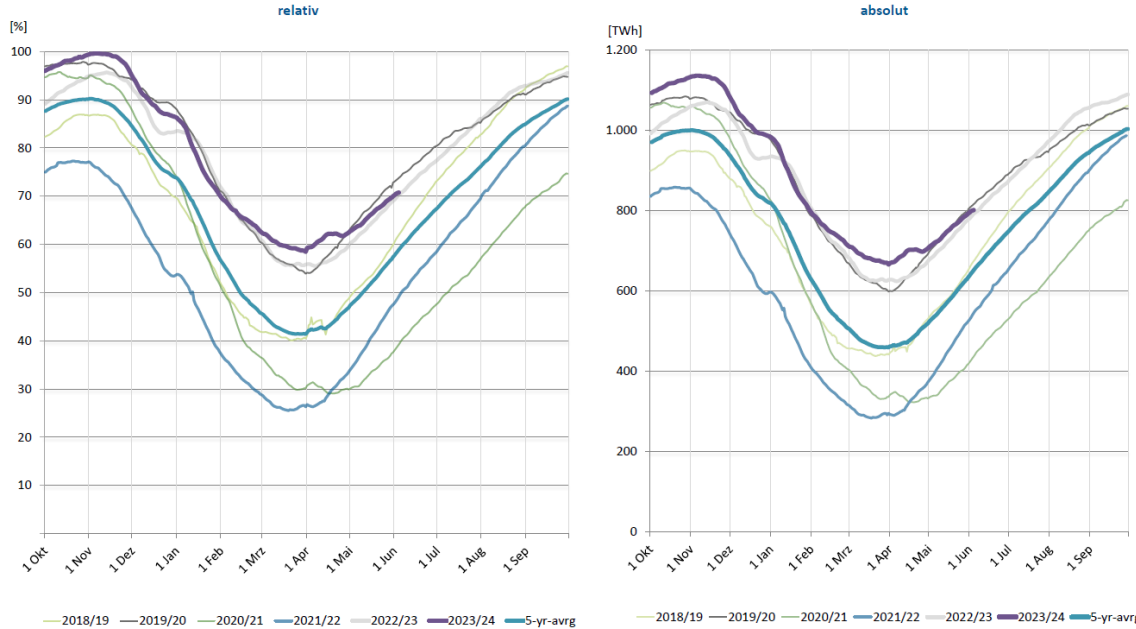


Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 6

## Speicherstände Europa

Speicherstand Deutschland 08.06.2023: 74,5% - 184,3 TWh  
 Speicherstand Europa 08.06.2023: 71,6% - 811,5 TWh

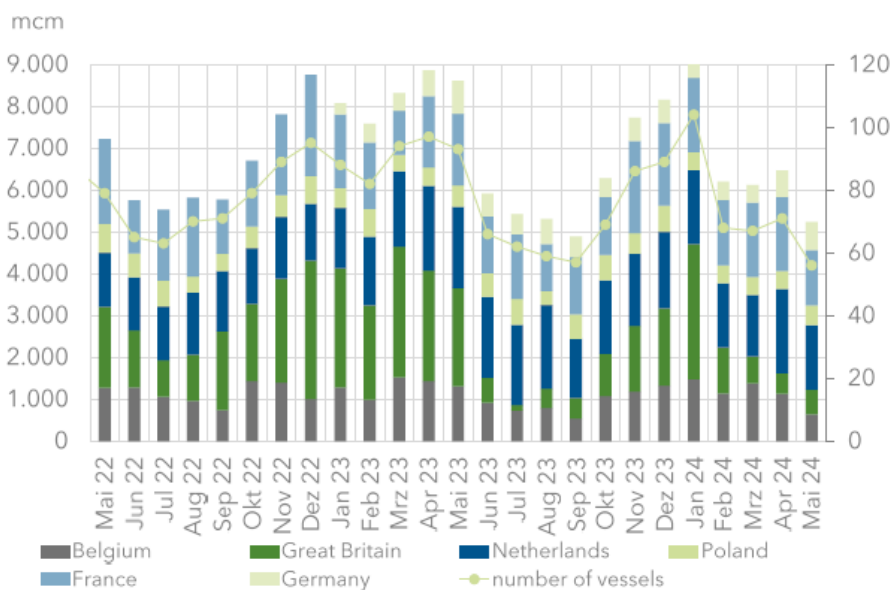


Quellen: AGSI, Wingas Newsletter

Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 7

## LNG-Importe nach Nordwesteuropa

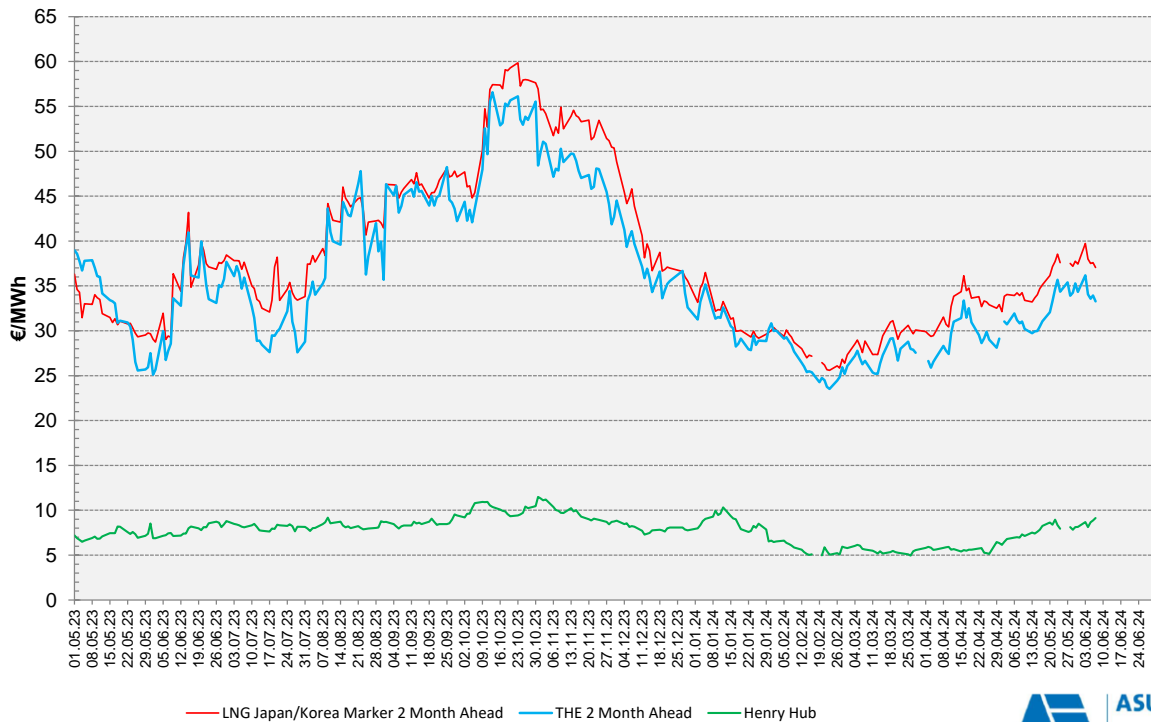


Quelle: Wingas Newsletter

Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 8

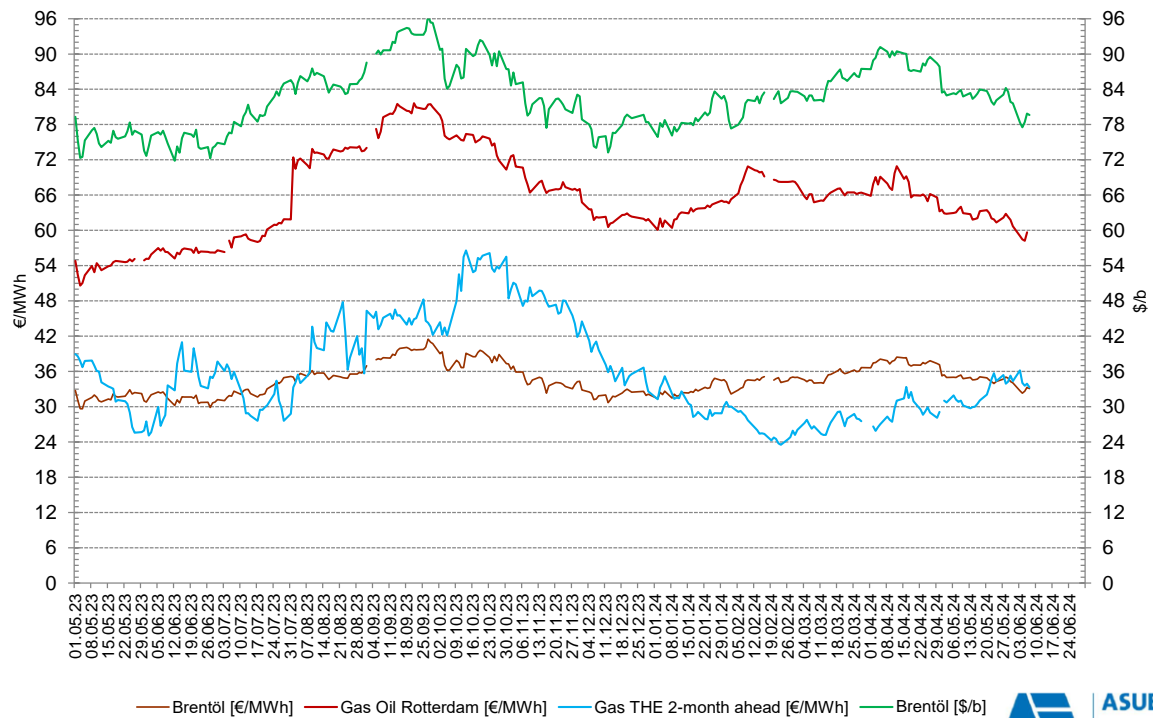
## Preisentwicklung Erdgas JKM vs THE



Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 9

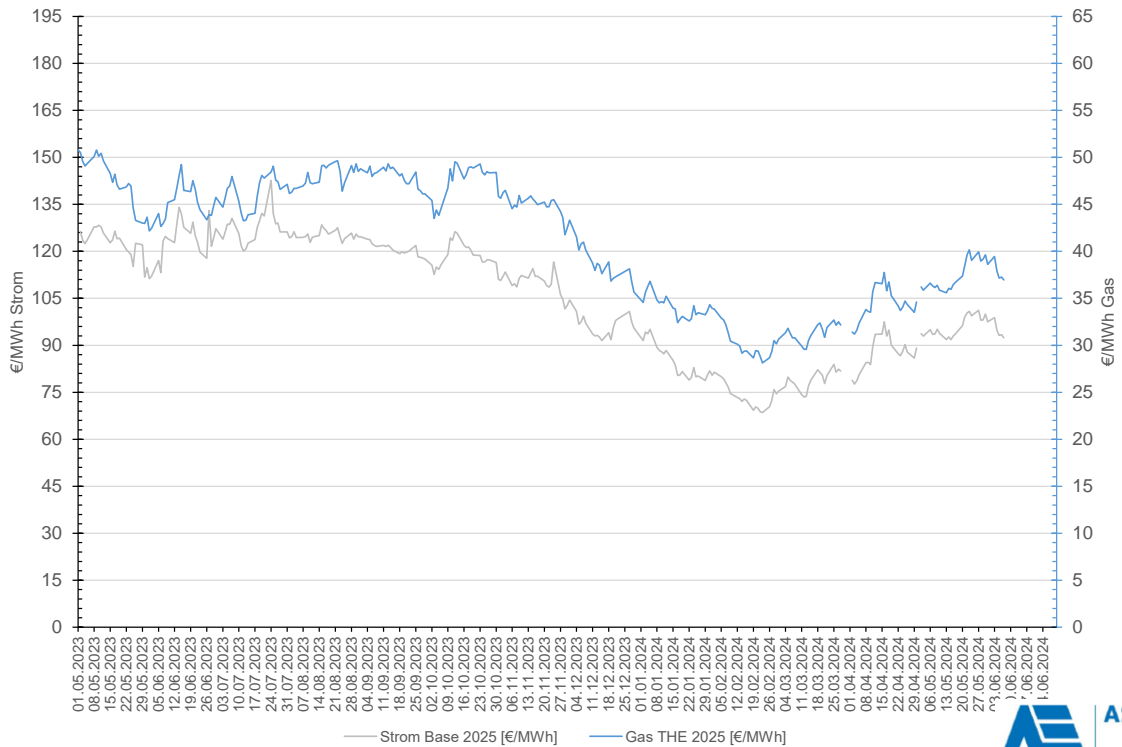
## Rohölpreisentwicklung vs Gas



Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 10

## Strom vs Gas

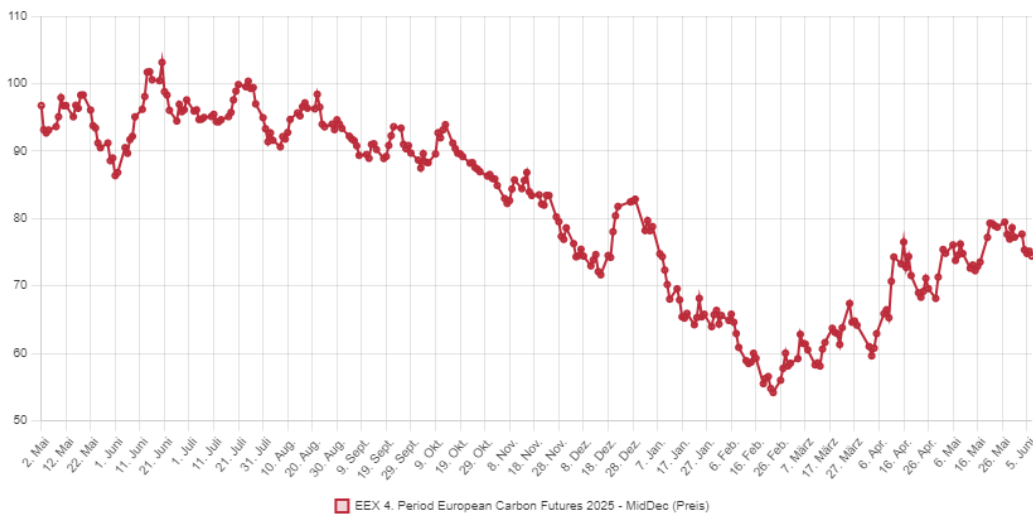


Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 11

## CO<sub>2</sub>

### EEX 4. Period European Carbon Futures 2025 - MidDec



Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 12

## Ausblick

- Die bereits hohen Speicherstände sowie der Ausblick auf höhere LNG Importe sollten bei verhaltener Nachfrage zu einer moderaten Preisentwicklung führen.
- Die grundlegenden Rahmenbedingungen sprechen eher für eine bearische Preisentwicklung. Allerdings ist das Angebot nach Wegfall russischer Pipelinelieferungen nach Westeuropa begrenzt und ein kalter Spätherbst bzw. kalter Winter könnte die Preise wieder in Richtung 50 €/MWh treiben.

## Die Bayerngas Energy GmbH

Wir sind für Sie da!



# Update CO<sub>2</sub>-Emissionshandel

Rainer Sternkopf, Umweltbundesamt

## Zusammenfassung

Die CO<sub>2</sub>-Kosten sind gemäß den gesetzlichen Vorgaben im Mindestpreis von 45 €/t auf 55 €/t in 2024 angestiegen. Dies bedeute für den Staat stabile Milliarden-Einnahmen. Im Jahr 2023 emittierten 1725 emissionshandelspflichtige Unternehmen in Deutschland 289 Mio. t<sub>CO<sub>2</sub>,eq</sub>. Das Umweltbundesamt tritt mit einer Veröffentlichung unter dem Titel „Sozialverträgliche CO<sub>2</sub>-Bepreisung“ für eine Klimaprämie zur Unterstützung vulnerabler Gruppen ein.

## Emissionshandel in Deutschland und der EU: Bericht aus der DEHSt zu Entwicklungen im Europäischen Emissionshandel

Rainer Sternkopf

V 3.1 – Energiewirtschaft  
Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt  
Karlsruhe, 12. Juni 2024



### Die DEHSt im Fachbereich V – Organisation

<b>Fachbereich V</b> Dr. Jürgen Landgrebe							
Klimaschutz, Energie, Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHS)							
Abteilung V 1 Klimaschutz und Energie  Dr. Susanne Dröge	Abteilung V 2 DEHS: Industrieanlagen, Klimaschutzprojekte, Kundenservice und Rechtsangelegenheiten  Juliane Steegmann		Abteilung V 3 DEHS: Energieanlagen, Luft- und Seeverkehr, Register und ökonomische Grundsatzfragen  Prof. Dr. Daniel Klingefeld		Abteilung V 4 DEHS: Brennstoffemissionshandel, IT-Anwendungen und Emissionsüberwachung im Emissionshandel  Christoph Kühfels		
Fachgebiet V 1.1 Klimaschutz	Fachgebiet V 1.2 Strategien und Szenarien zu Klimaschutz und Energie	Fachgebiet V 2.1 Stahlindustrie, Raffinerien	Fachgebiet V 2.2 Mineralverarbeitende Industrie, Papier-, Zellstoff-, Nichtisenmetall-, Rußindustrie	Fachgebiet V 3.1 Energiewirtschaft	Fachgebiet V 3.2 Chemische Industrie und industrielle Feuerungsanlagen	Fachgebiet V 4.1 BEHG-Vollzug: Überwachung und Berichterstattung für gasförmige Brennstoffe	Fachgebiet V 4.2 BEHG-Vollzug: Überwachung und Berichterstattung für flüssige und feste Brennstoffe
Fachgebiet V 1.3 Erneuerbare Energien	Fachgebiet V 1.4 Energieeffizienz	Fachgebiet V 2.3 Kommunikation, Kundenservice, Veranstaltungsmanagement	Fachgebiet V 2.4 Rechtsangelegenheiten und Justizariat Emissionshandel	Fachgebiet V 3.3 Ökonomische Grundsatzfragen des Emissionshandels, Auktionierung, Auswertungen	Fachgebiet V 3.4 Registerführung	Fachgebiet V 4.3 BEHG-Vollzug: Ausgleich indirekter Belastungen zur Vermeidung von Carbon-Leakage	Fachgebiet V 4.4 BEHG-Vollzug: Ausgleich indirekter Belastungen zur Vermeidung unzumutbarer Härten sowie Doppelbelastungen
Fachgebiet V 1.5 Energiedaten, Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)	Fachgebiet V 1.6 Emissionssituation	Fachgebiet V 2.5 Verfahrenssteuerung, Finanzierung, Wirtschaftsprüfungswesen	Fachgebiet V 2.6 Klimaschutzprojekte – Nationale Zustimmungsstelle UNFCCC	Fachgebiet V 3.5 Seeverkehr	Fachgebiet V 3.6 Luftverkehr	Fachgebiet V 4.5 IT-Anwendungen Deutsche Emissionshandelsstelle	Fachgebiet V 4.6 Emissionsüberwachung, Emissionsberichterstattung und Verifizierung im Emissionshandel
Fachgebiet V 1.7 Herkunftsachweisregister für Strom aus erneuerbaren Energien – Kernprozesse (HKNR-K)	Fachgebiet V 1.8 Geschäftsstelle der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEEStat)	Fachgebiet V 2.7 Fachliches Datenmanagement und zentrale Datenqualitätssicherung					
Fachgebiet V 1.9 Herkunftsachweisregister für Strom aus erneuerbaren Energien – Unterstützungsprozesse (HKNR-U)							

■ Standort: Hauptsitz Dessau  
■ Deutsche Emissionshandelsstelle, Standort: Berlin



## Fachbereich V: Themen und Aufgaben

<b>Klimaschutz</b>  Grundsatzfragen zum Klimasystem, Klimawandel und Klimaschutz Ausgleich der residualen Treibhausgasemissionen auf allen Ebenen (international, europäisch, national, kommunal)	<b>Strategien &amp; Szenarien</b>  Transformation zu einer treibhausgasneutralen Gesellschaft & nachhaltigen Energieversorgung unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit anderen Umweltherausforderungen	<b>Erneuerbare Energien</b>  Ambitionierter EE-Ausbau zur vollständigen Umstellung der Strom- und Wärmeversorgung, u.a. Potenziale, Flächenziele, Windatlas, Netze, Speicher, EEG Betrieb HKNR und RNR	<b>Energieeffizienz</b>  Nachhaltige Nutzung von Energie, Senkung des Energiebedarfs auf der Angebots- und Nachfrageseite, insb. im Gebäudesektor EU-Ökodesign, EU-Energieverbrauchskennzeichnung	<b>Monitoring &amp; Compliance</b>  Energie- und Emissionsdaten, Projektionen Berichtspflichten zu Energie, nationalen Treibhausgasen (Vorjahresschätzung zum 15.03.) und Luftschadstoffen Geschäftsstelle der AGEE-Stat
<b>Europäischer Emissionshandel (EU-ETS)</b>  Umsetzung, Evaluierung und Weiterentwicklung EU-ETS: Politikberatung „Fit for 55“ Internationale Zusammenarbeit: Netzwerke und Begleitforschung für globalen Kohlenstoffmarkt	<b>Nationaler Emissionshandel (nEHS)</b>  Umsetzung, Evaluierung und Weiterentwicklung BEHG Erfahrungsbericht Bundestag November 2022 Politikberatung EU fuel ETS	<b>Strompreis-kompensation (SPK)</b>  Ausgleich indirekter Belastungen	<b>Klimaschutzprojekte</b>  Nationale Zustimmungsstelle JI / CDM / UERV Umsetzung Artikel 6 ÜVP Kompensation von THG-Emissionen LULUCF / Naturnaher Klimaschutz	<b>Luftverkehr, Seeverkehr</b>  EU-ETS Luftverkehr CORSIA Monitoring und Vollzug EU Seeverkehr

Quelle: © gunnar3000 – stock.adobe.com; © Fotolia.com; © Fotolia.com; © Susanne Kambor; © Fotolia.com; © Sebastian – Fotolia.com; ©Aunging – stock.adobe.com; ©kalafoto – stock.adobe.com; © Atmosfair; © dell – Fotolia.com

## Aufgaben der DEHSt



## Übersicht

Aktueller Stand zum Vollzug des nationalen Brennstoffemissionshandels (nEHS)

Rückblick auf 2023 im EU-Emissionshandel (EU-ETS 1) in Deutschland und EU

Stand Einführung Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)

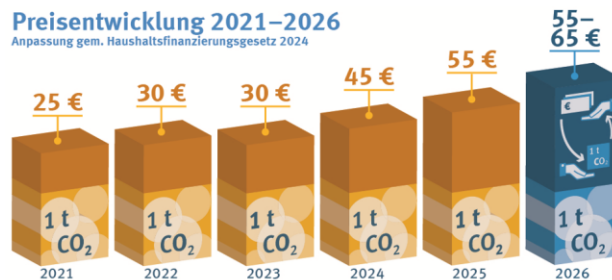
Fazit und Ausblick

6



## Seit 2021 wird der EU-ETS durch den nEHS ergänzt

- Verpflichtet werden die Inverkehrbringer von Brennstoffen (**up stream ETS**), nicht die Emittenten wie im **EU-ETS (down stream ETS)**
- Einbezogen sind **alle** Brennstoffe, unabhängig davon, in welchen Sektoren sie eingesetzt werden:
  - Zielsetzung: „Keine fossile kWh Wärme/Strom und kein fossiler Liter Kraftstoff ohne CO<sub>2</sub>-Preis“
  - Aber Vermeidung von Doppelbelastung durch nEHS/EU ETS
- BEHG ist bis 2025 als Festpreissystem angelegt:



## Überblick Gesamtemissionen 2021 und 2022

### Gesamtemissionen in Deutschland aufgeteilt nach Emissionshandelssystemen



Quelle: DEHSt 2024: [nEHS-Auswertungsbericht 2021 und 2022](#)

- **Verkehr (KSG): + 2,0 Prozent**  
Emissionssteigerung vor allem im Straßenverkehr
- **Gebäude (KSG): - 7,4 Prozent**  
Emissionsrückgang in Folge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine und milder Witterungsverhältnisse

siehe UBA 2024: [Detaillierte Treibhausgasemissionsbilanz 2022](#)



## Überblick zum aktuellen Stand Vollzug des nationalen Brennstoffemissionshandels

- **Emissionsberichterstattung:**
  - 2021: **306,5 Millionen t CO<sub>2</sub>**; 2022: **288,5 Millionen t CO<sub>2</sub>** (siehe [nEHS-Auswertungsbericht](#) und [DEHSt-Neumeldung](#))
  - für 2023: Frist zur Abgabe der Emissionsberichte 31.07.2024
- **Verkauf und nationales Emissionshandelsregister**
  - Mehr als 2.000 Compliance-Konten
  - Verkaufseinnahmen 2021: **7,2 Mrd. € (ca. 287 Mio. nEZ)**
  - Verkaufseinnahmen 2022: **6,4 Mrd. € (ca. 217 Mio. nEZ)**
  - Verkaufseinnahmen 2023: **10,7 Mrd. € (ca. 358 Mio. nEZ)**
- **Kompensationsverfahren gemäß § 11 BEHG:**
  - Härtefallregel
  - EU-ETS-Kompensation: Veröffentlichung des ersten Erfahrungsberichts bis 31.5.2024
  - Carbon-Leakage-Kompensation (CLK):
    - CLK 2021: 55,4 Mio. € ([Link zum CLK-Bericht](#))
    - CLK 2022: 62,3 Mio. € ([Link zur DEHSt-Neumeldung](#))

10

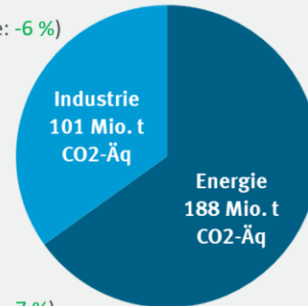
## Rückblick auf 2023 im EU-Emissionshandel (EU-ETS 1) in Deutschland und EU



## EU ETS 1: Anlagen und Emissionen in Deutschland 2023

**Anzahl:** 1.725 emissionshandelspflichtige Energie- und Industrieanlagen  
**THG-Emissionen:** 289 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente (2022: 354 Mio.; 2021: 355 Mio.)  
**2023:** Rückgang um etwa **18 Prozent** (Energie: -22 %; Industrie: -10 %)  
**2022:** In etwa unverändert im Vergleich zum Vorjahr (Energie: +3 %; Industrie: -6 %)

**Luftverkehr:** 71 Lfz Betreiber → **7,6 Mio. t CO<sub>2</sub>** (2022: 7,3 Mio.)  
 Emissionsentwicklung ggü. 2022: **+ 4,5 %** (2022 ggü. 2021: + 56 %)



### Emissionen im EU ETS 1 2023 (stationär, vorläufig)

**THG-Emissionen:** 1,1 Mrd. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente  
**2023:** Starker Rückgang um **15,5 Prozent** ggü. 2022 (Energie: - 24 %; Industrie: - 7 %)  
**2022:** Rückgang um **1,8 Prozent** ggü. 2021 (Energie: + 2 %; Industrie: - 5 %)

Quelle: DEHST (Stand 02.05.2024), DEHST-Neuvmeldung, KOM (Stand 04.04.2024)

(Veröffentlichung Auswertungsbericht im Juli 2024)

12



## EUA-Preisverlauf im EU-ETS 2017 bis 2024



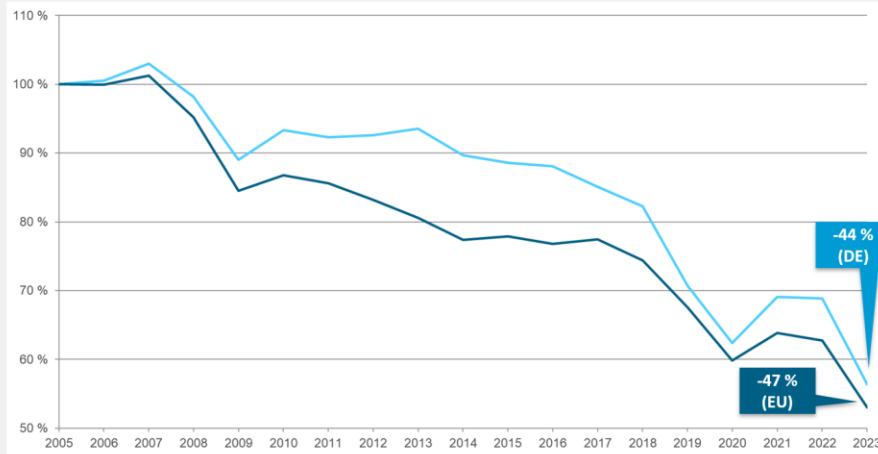
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten von Refinitiv Eikon, ICE (Stand: 14.05.2024)

- EUA Preis zwischen 2019 und Anfang 2023 vervierfacht
- steigenden Gaspreise ab Mitte 2021 drehten den ökonomischen Vorteil der Gaskraftwerke gegenüber der Kohle bei der Stromerzeugung wieder um; 2023 sanken die Erdgaspreise wieder
- Anstieg **Auktionseinnahmen:**
  - 2023:** 7,6 Mrd. € in DE, 43 Mrd. € in EU
  - 2022:** 6,8 Mrd. € in DE, 38 Mrd. € in EU
  - 2021:** 5,3 Mrd. € in DE, 31 Mrd. € in EU
  - 2020:** 2,6 Mrd. € in DE, 19 Mrd. € in EU

13



### Minderung im EU-ETS 1 seit 2005



EU 30 und Deutschland (scope HP 4)

**Minderungsziel 2030**  
(ggü. 2005):  
bisher - 43 %  
neu - 62 %  
(Ambitionssteigerung  
im Rahmen der „Fit for  
55“-Beschlüsse)

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten der Europäischen Umweltagentur. (Stand: 04.04.2024).  
Die Emissionen 2005 bis 2012 beinhalten eine Schätzung der historischen Emissionen für den Anwendungsbereich der 3. Handelsperiode.

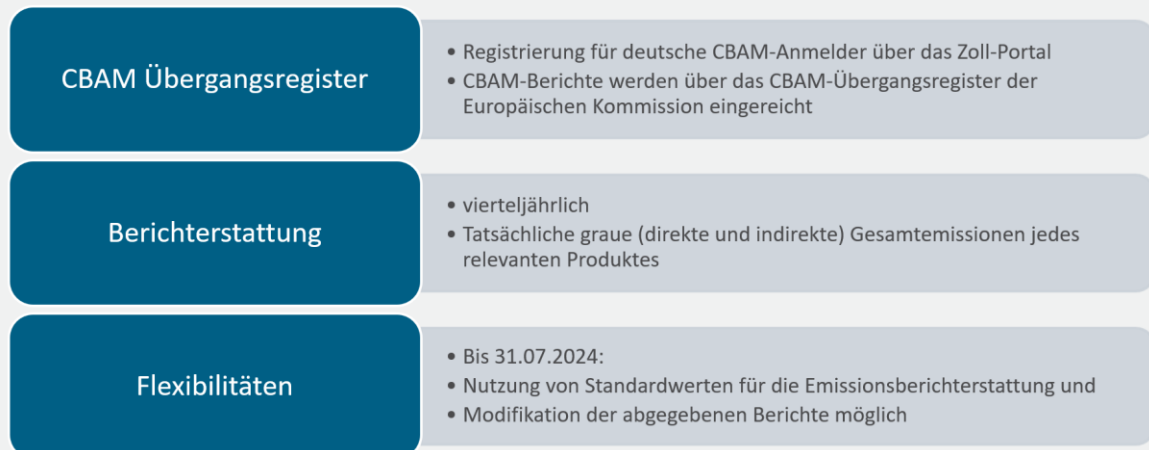
14



## Einführung des CBAM in zwei Phasen



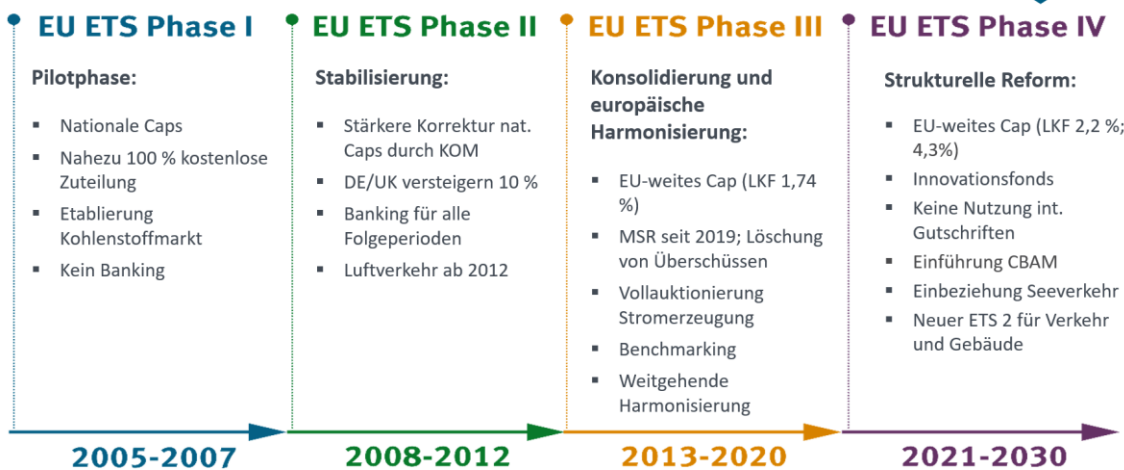
## Berichterstattung in der Übergangsphase





## Phasen des EU-ETS – Allgemeine Übersicht

Die Regeln für Phase IV wurden jüngst im Rahmen des „Fit for 55“-Pakets überarbeitet



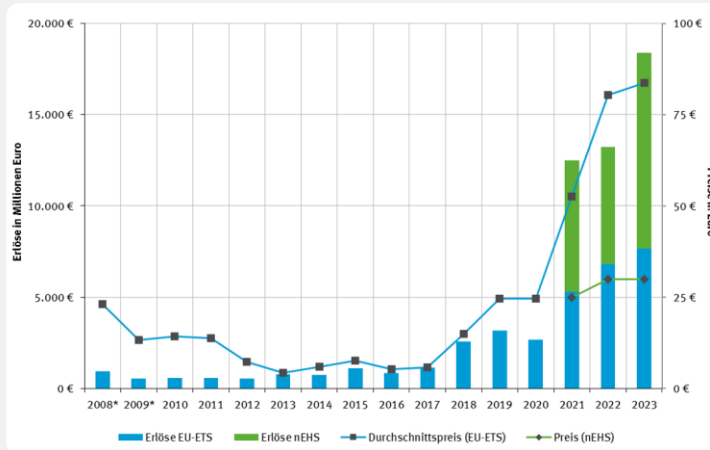


## Fazit und Ausblick

- **nEHS:** läuft im 4. Jahr, Prozesse eingespielt, Überführung ab 2027 in den EU-ETS 2
- **EU-ETS 1:** EU ETS wird mit steigendem CO<sub>2</sub>-Preis grundsätzlich zu einem Treiber für Rückgang der Emissionen im **Stromsektor**
- **CBAM:** Vollzug der Übergangsphase hat begonnen
- Steigende **Auktionseinnahmen** erhöhen die Möglichkeit der Verwendung für klima- und energiepolitische Maßnahmen
  
- **„Fit for 55“-Beschlüsse stärken EU-ETS als Leitinstrument der EU Klimapolitik**
  - deutliche **Verschärfung des Minderungsziels 2030** und abgesenkte Emissionsobergrenzen ab 2024
  - Mit EU-ETS 1 und EU-ETS 2 unterliegt künftig ein **Großteil der europäischen Emissionen festen Caps**
  - **Vollauktionierung im EU-ETS 2** bzw. **absinkende kostenlosen Zuteilung im EU-ETS 1** über den CBAM

20

## Deutsche Auktions- (EU-ETS) und Verkaufsergebnisse (nEHS)



\* Veräußerung durch KfW  
Quelle: DEHST (Stand: Dezember 2023)

- **EU-ETS:** rund 800 erfolgreich durchgeführte EUA-Auktionen seit 2010 mit mehr als 36 Milliarden Euro Auktionserlösen;
- **nEHS:** über 200 nEZ-Verkaufstermine seit 2021 mit mehr als 24 Milliarden Euro Erlösen;
- in Deutschland fließen die CO<sub>2</sub>-Erlöse seit 2012 vollständig in den Energie- und Klimafonds (EKF) – seit 2022 in den Klima- und Transformationsfonds (KTF)



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Rainer Sternkopf**

E-Mail: [emissionshandel@dehst.de](mailto:emissionshandel@dehst.de)

Internet: [www.dehst.de](http://www.dehst.de)

Diese Präsentation basiert auf einem Vortrag der DEHSt und ist nicht zur Veröffentlichung freigegeben. Es gilt das gesprochene Wort. Verweise und Zitate aus Präsentationen müssen von der DEHSt in allen Fällen schriftlich freigegeben werden.



# Standortentwicklung KMW AG – Planung eines neuen GuD-Kraftwerks

Jens Voigt, Mainzer Stadtwerke

## Zusammenfassung

Die Stadtwerke Mainz-Wiesbaden planen zur Erweiterung des Erzeugungsportfolios die Errichtung eines neuen Zukunftskraftwerks mit drei Gasturbinen zum Betrieb mit Wasserstoff. Die Planungen sind bereits fortgeschritten und der Genehmigungsbescheid für den bereits eingereichten Antrag nach BImSchG wird zum Ende des Sommers erwartet. Allerdings ist ein Baustart erst zu erwarten, wenn die Kraftwerksstrategie veröffentlicht wird und das Zukunftskraftwerk auch im Rahmen der dann zu erfolgenden Ausschreibung bezuschlagt wird.



Voigt | Mainz | Juni 2024

Standortentwicklung KMW AG - Planung eines neuen GuD Kraftwerkes

ASUE-EK Gasturbinentechnik – 11./12.06.2024 Karlsruhe

## Inhalt

**01** / KMW auf  
einen Blick

**02** / Motivation für die  
Planung einer  
neuen  
Kraftwerksanlage

**03** / Technologie-  
auswahl

**04** / Planung eines  
GuD Kraftwerk  
(H2 ready)



ENERGIE  
SICHTBAR  
MACHEN

## KMW auf einen Blick



## Wir sind KMW



Seit über 90 Jahren versorgen wir den Großraum Mainz-Wiesbaden zuverlässig mit **Strom** und seit den 60ern mit **Fernwärme**.

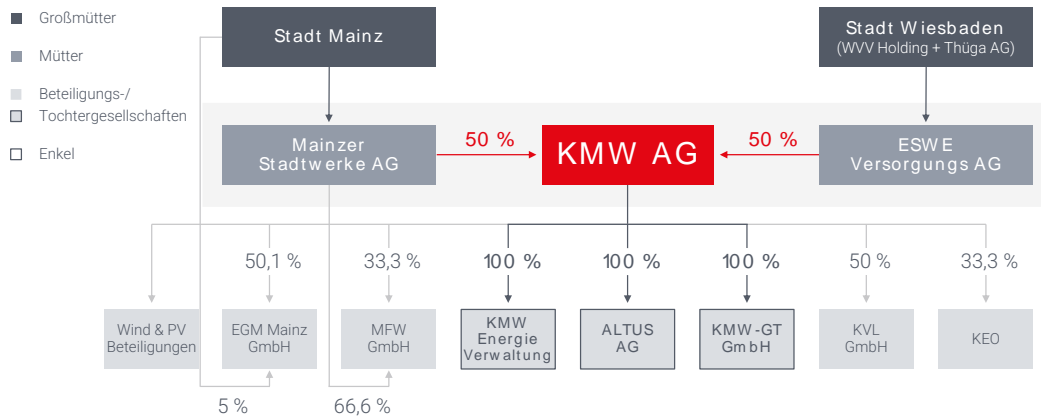
Als kommunaler Dienstleister begegnen wir den ökologischen Herausforderungen der Zukunft mit **maximaler Anlageneffizienz** und **verstärktem Einsatz** bei Erneuerbaren Energien.

4



KMW FAMILIE

# KMW -Familie



5



KMW AUF EINEN BLICK

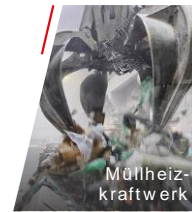
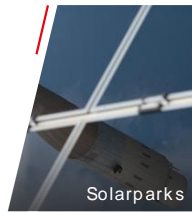
## Unsere Anlagen



6



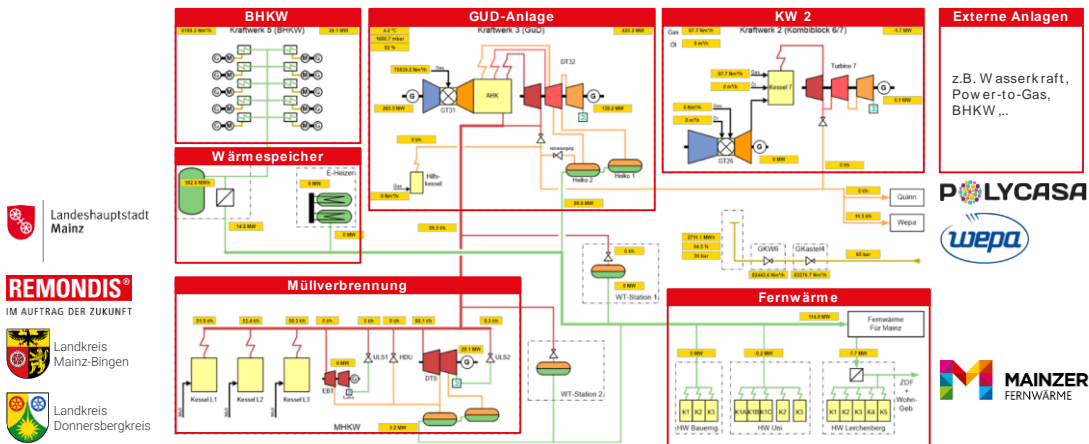
## Unsere Anlagen



7

### UNSERE ANLAGEN

## Die perfekte Symbiose



Landeshauptstadt Mainz

REMONDIS®  
IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Landkreis Mainz-Bingen

Landkreis Donnersbergkreis

POLYCASA

wepa

MAINZER FERNWÄRME

8

## Unsere Mission für eine klimaneutrale Zukunft



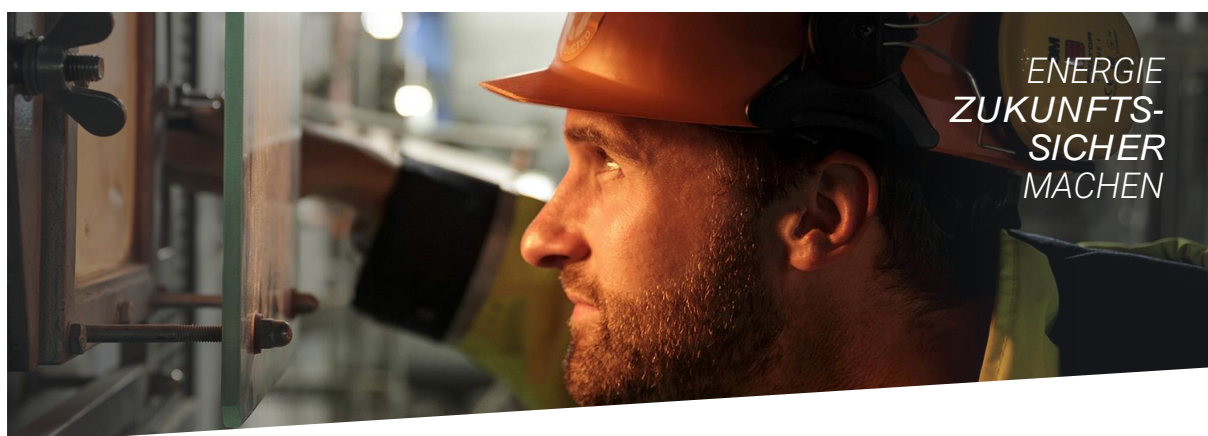
Als effizienter Energieerzeuger liefern wir das **Fundament für das Leben in der Region.** Mit mehr und mehr grüner Energie.



In Zukunft stellen wir als **modernster Kraftwerksbetreiber Deutschlands** sicher, dass die **100 % klimaneutrale Energie** verfügbar ist, wenn sie gebraucht wird.



KMW



ENERGIE  
ZUKUNFTS-  
SICHER  
MACHEN

## Unsere Projekte für die Zukunft

KMW



KMW AUF EINEN BLICK

## Unsere Zukunftsanlagen



ZUKUNFTSPROJEKT

## Wasserstoff



### Wasserstofftechnologie und -systeme

KMW treibt aktiv Innovationen voran  
wie klimafreundlich erzeugter Wasserstoff

### Aufbau eines Wasserstoffnetzes

als Zukunftstechnologie: Wasserstoff erzeugen,  
transportieren und weiterverarbeiten

Wasserstoff ist zudem ein zentraler Baustein für  
eine Dekarbonisierung der Fernwärme

12



ZUKUNFTSPROJEKT

## Rechenzentrum

### Eckdaten

- Grundstück: 24.517 m² Baufläche
- keine Diesel-Notstromgeneratoren
- Kapazität: 80 MW
- Größe 3 Rechenzentrumsgebäude mit 18 MW IT-Leistung

Für eine digitale Zukunft bauen wir ein Rechenzentrum auf unserem Grundstück mit kompletter Infrastruktur. Die Kapazität von 80 MW aus dem Stromnetz ermöglicht drei Rechenzentrumsgebäude mit jeweils 18 MW IT-Leistung

13



ZUKUNFTSPROJEKT

## Zukunftskraftwerk

### Motivation

Um 100 % klimaneutrale Energie zu erzeugen, planen wir nach einer auskömmlichen Förderzusage gemäß der Kraftwerksstrategie des Bundes den Bau eines wasserstofffähigen Gaskraftwerkes (GuD) auf der Ingelheimer Aue. Dieses Zukunftskraftwerk (ZKW) ergänzt das KMW-Erzeugungspotential und sichert das hohe Niveau der Versorgungssicherheit in einer CO<sub>2</sub>-freien Energiezukunft.

Mit dem ZKW unterstützen wir den ambitionierten Plan der Landeshauptstadt Mainz, bis 2035 klimaneutral zu sein. Das ZKW wird im Wasserstoff-Betrieb bis zu 100 MW grüne Fernwärme für Mainz emissionsfrei erzeugen. Diese ist für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung (KWP) für Mainz zwingend erforderlich, ein entscheidender Baustein für die Dekarbonisierung.

Sicherung und Schaffung von Arbeitsplätzen in der KMW und in der Region.

Das ZKW wird so gebaut, dass Erdgas möglichst schnell und vollständig durch Wasserstoff ersetzt werden kann. Eine Voraussetzung für den Bau des ZKW ist, dass die Vorhaltung der Leistung vergütet wird. Erst eine entsprechende Förderung macht die Investition der KMW in ein neues CO<sub>2</sub>-freies Kraftwerk möglich.

Unsere Region als Ballungsgebiet und Industriestandort hat einen stetig steigenden Energiebedarf – also die Energie da erzeugen, wo sie auch gebraucht wird. Unser Standort auf der Ingelheimer Aue liegt geografisch in der Mitte Deutschlands, Südlich des aktuellen Netzengpasses zwischen der Nord- und der Südtrasse. Unsere Kraftwerke stabilisieren das Stromnetz in Deutschland und sind damit systemdienlich.

14



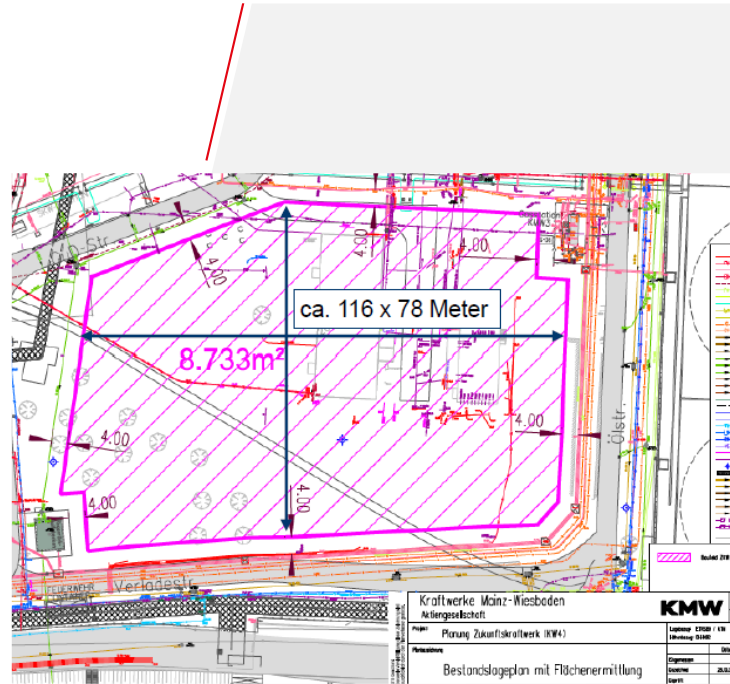
ZUKUNFTSPROJEKT

## Zukunftskraftwerk

### Eckdaten - Basis

- Grundstück: 8.700 m<sup>2</sup> Baufläche
- Bestmögliche Erweiterung des Anlagenparks
- Maximale Gesamtleistung: 300 MWel
- Maximale einzelne Generatorleistung: 200 MVA
- Netzersatzanlagen-Funktionalität für RZ: 40 MW
- Fernwärmeproduktion: 100 MWth
- Schwarzstartfähigkeit
- Inselbetriebsfähigkeit
- Systemdienstleistungen SRL, PRL
- H2-ready

15



ZUKUNFTSPROJEKT

## Zukunftskraftwerk

### Technologieauswahl – Optionen - Ranking

- Industriegasturbinen (GuD), max. Installation 260 MWel
- Gasmotoren (BHKW), max. Installation 120 MWel
- Biomasse Heizkraftwerk (Holz, etc.), Ausschluss wegen Platz und eta
- Brennstoffzelle, Ausschluss wegen Reaktionszeit
- Solarthermie, Ausschluss wegen Platz, eta
- Laufwasser, Ausschluss wegen Leistungsausbeute (10 MWel)

16



ZUKUNFTSPROJEKT

## Zukunftskraftwerk

### Geplante Anlagendaten

Gasturbine (3x):	62 MWeI
Dampfturbine (1x):	80 MWeI
Abhitzeessel (3x):	
HD Dampf Druck	80 bar(a)
HD Dampf Temperatur	540 °C
ND Dampf Druck	6 bar (a)
ND Dampf Temperatur	230 °C
Prozessdampf:	43 -> 14 bar(a)
Fernwärme:	100 MWth
Schornsteinhöhe:	62,5 m

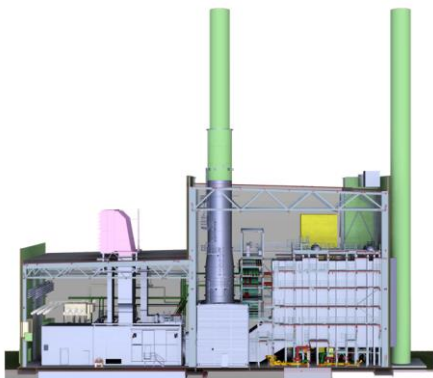
17



ZUKUNFTSPROJEKT

## Zukunftskraftwerk

### Ansichten (Schnitt Gasturbinen- und Kesselhaus)



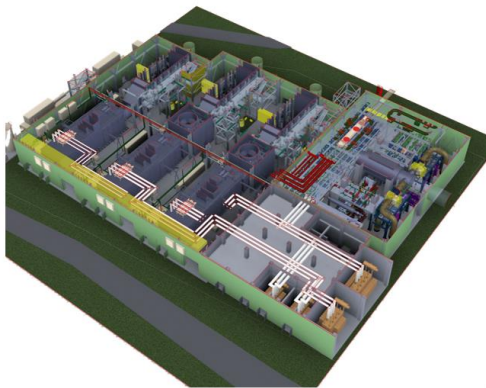
18



ZUKUNFTSPROJEKT

## Zukunftskraftwerk

Ansichten (Schnitt Gesamtgebäude, Draufsicht)



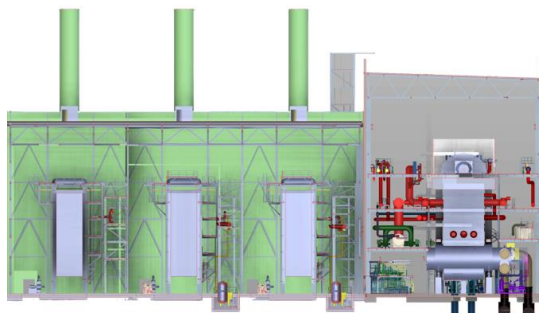
19



ZUKUNFTSPROJEKT

## Zukunftskraftwerk

Ansichten (Schnitt Kessel- und Dampfturbinengebäude)



20



ZUKUNFTSPROJEKT

# Zukunftskraftwerk

Ansichten (Dampfturbinengebäude)



21

ZUKUNFTSPROJEKT

# Zukunftskraftwerk

Termine Projektablauf - Ausblick

01/2022	Technologieauswahl
01/2023	Vergabe Planungsleistungen an DPH
01/2023	Sanierung Baufeld (Altlastensanierung)
05/2023	Antrag Verlängerung BImSchG Genehmigung KW4
05/2023	Anpassung Wasserrechtliche Erlaubnis
05/2023	HS-Netzanschlussanfrage
08/2023	Behördenbescheid Wasserrechtliche Erlaubnis
11/2023	Behördenbescheid BImSchG Genehmigung KW4
12/2023	Ausschreibungsunterlagen final
04/2024	Vergabe Planungsleistungen Kühlwasser und Gas
03/2024	Gutachten Schall, Emission, Schornsteine, Brandschutz
03/2024	UVU-Screening
03/2024	Information der Öffentlichkeit
03/2024	Einreichung Genehmigungsunterlagen
04/2024	Prüfung KWK-Antrag
06/2024	Auswertung Angebote
08/2024	Behördenbescheid BImSchG Genehmigung ZKW
? / 2024	Abschluss GU-Vertrag – mit Vorbehalt
? / 2024	Teilnahme Ausschreibung BMWK KW-Strategie
? / 2025	Ergebnis Ausschreibung BMWK KW Strategie
? / 2025	Start Bau ZKW

22





**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**

# Aktuelle Gasturbinen-Projekte aus dem DLR

Dr. Peter Kutne, DLR

## Zusammenfassung

Kern der Arbeiten des DLR ist die Wasserstoff-Anpassung, weniger die Nutzung von NH<sub>3</sub>. Zudem fokussiert sich das DLR auf kleinere Gasturbinen mit weniger als 500 kW<sub>el</sub>. Mit detaillierten Untersuchungen des Brennverhaltens von Wasserstoff in unterschiedlichen Geometrien der Brenner ermöglicht das DLR die spätere Skalierung auf andere Systeme. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Vermeidung von Flammenrückschlag.



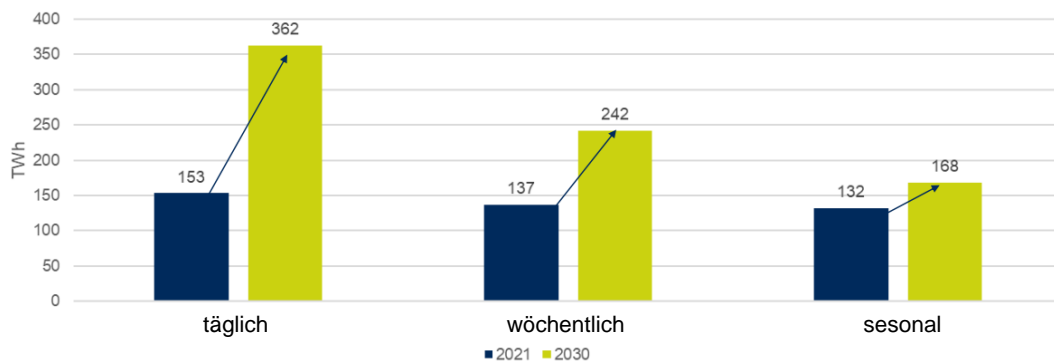
# Aktuelle Gasturbinenprojekte am DLR

Dr. Peter Kutne  
DLR Institut für Verbrennungstechnik, Stuttgart  
ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik, 12.06.2024



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Steigende Nachfrage nach regelbarer Energieversorgung



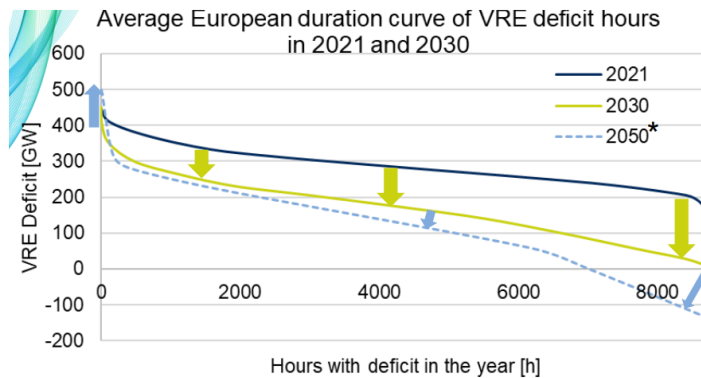
Analyse basiert auf verbundenen ENTSO-E Mitgliedsstaaten  
Quelle: ETN Global angepasst aus ACER, Flexibility solutions to support a decarbonised and secure EU electricity system, 2023, DOI: 10.2800/104041

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Anforderungen an die regelbare Stromversorgung



- Langfristige Zunahme der notwendigen verfügbaren Kapazität
- Abnahme der tatsächlich benötigten Menge an Regelenergie
- Langfristig Reduzierung der Betriebsstunden
- Erhaltung der regelbaren Kapazität bei gleichzeitiger Wandlung zu CO<sub>2</sub>-freien Technologien notwendig



Analyse basiert auf verbundenen ENTSO-E Mitgliedsstaaten  
 Quelle: ETN Global angepasst aus ACER, Flexibility solutions to support a decarbonised and secure EU electricity system, 2023, DOI: 10.2800/104041

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## DLR – Im Überblick



- Das Forschungszentrum der Bundesregierung für Luft- und Raumfahrt
- Raumfahrtmanagement: Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten im Auftrag der Bundesregierung
- 2 Projektträger Forschungsförderung
- Circa 10.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten in 55 Instituten und Einrichtungen an 30 Standorten.
- Büros in Berlin, Brüssel, Paris, Tokio und Washington.



www.DLR.de | Folie 4  
 Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## DLR – Im Überblick



- Institut für Antriebstechnik (Köln / Göttingen)
  - Turbine
  - Verdichter
  - große Verbrennungsprüfstände
- Institut für Verbrennungstechnik (Stuttgart)
  - Gasturbinenverbrennung
  - Dezentrale Kraftwerkssysteme
  - Synthetische Kraftstoffe
- Institut für Test und Simulation für Gasturbinen (Augsburg)
  - Schadensmodellierung
  - Datenmanagement
  - Virtuelle Gasturbine

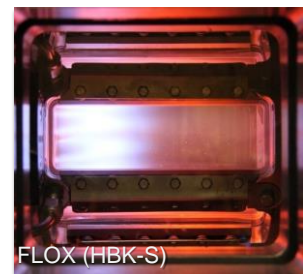


www.dlr.de - Folie 5  
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Aktuelle Forschungsthemen am Institut Brennkammersysteme für Gasturbinen



- Optimierung bewährter, konventioneller und **Entwicklung innovativer Konzepte**
- **Last-Flexibilität**
- **Brennstoff-Flexibilität**
  - H<sub>2</sub>, Biogas, Erdgas, Restgase,
  - erneuerbare synthetische flüssige Brennstoffe, Heizöl, Kerosin
- **Emissionsreduktion** (NO<sub>x</sub>, CO, Ruß)
- **Zuverlässigkeit**



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Aktuelle Forschungsthemen am Institut (M)GT-Kraftwerkssysteme

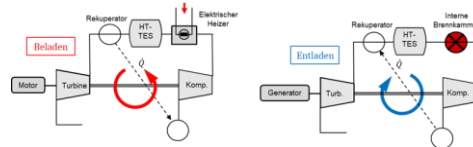
### Optimierung konventioneller MGT-Kraftwerke

- Steigerung der Effizienz / Lebensdauer
- Reduktion der Herstellungskosten



### Innovative MGT-Kraftwerkskonzepte

- Hybridsysteme (MGT + Speicher/Wärmepumpe)
- Brennstoff-flexible KWK Lösungen



### Dezentrale Energieversorgung

- BHKWs (Einfamilienhäuser, GHD, kleine und mittlere Industriebetriebe)



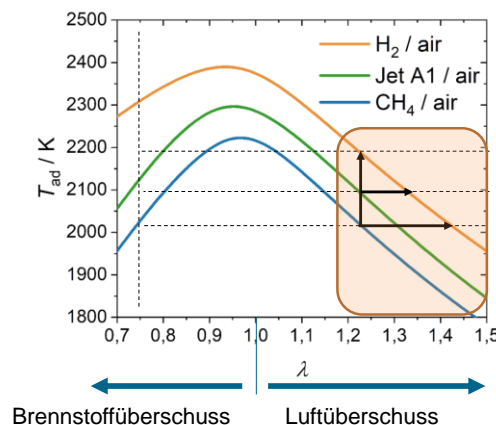
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Brennerkonzepte für Gasturbinen

Chancen und Herausforderungen – Verbrennung von Wasserstoff



- Erhöhung der adiabaten Flammentemperatur
  - Einfluss auf thermisches NOx
  - Effekt durch Vormischung reduzierbar
- Erhöhung der Flammengeschwindigkeit
- Reduktion der Zündverzugszeit (Druckeinfluss!)
  - Hohes Flashbackrisiko, hohe Stabilität / großer Betriebsbereich

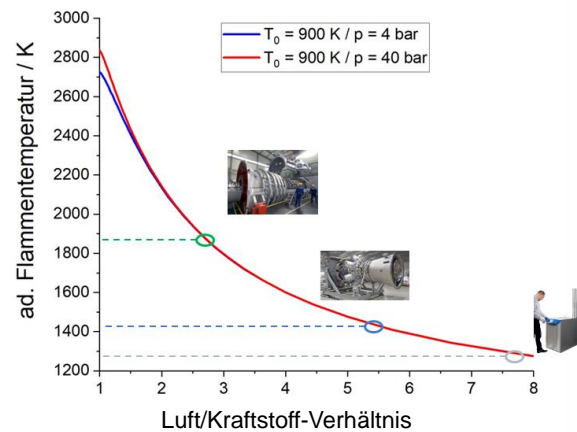


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Unterschiedliche Herausforderungen je nach Größe der Gasturbine



- Wirkungsgrad von Hochleistungsgasturbinen hängt von einer hohen Verbrennungstemperatur ab
- Industriegasturbinen können von mager-vorgemischten Verbrennungssystemen profitieren
- Sehr kleine Gasturbinen (rekuperierte Zyklen) haben die Herausforderung, von hohen Brennkammereintrittstemperaturen > Selbstzündtemperatur

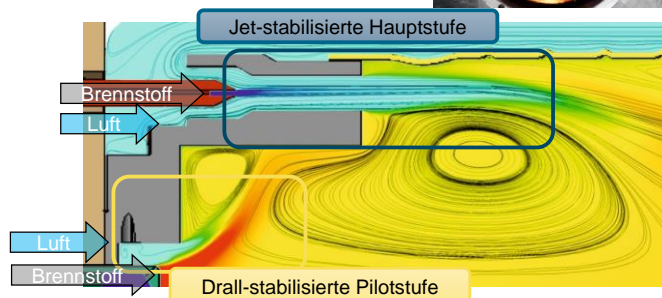


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Brennerkonzepte für Gasturbinen Jet-stabilisierte Brennersysteme

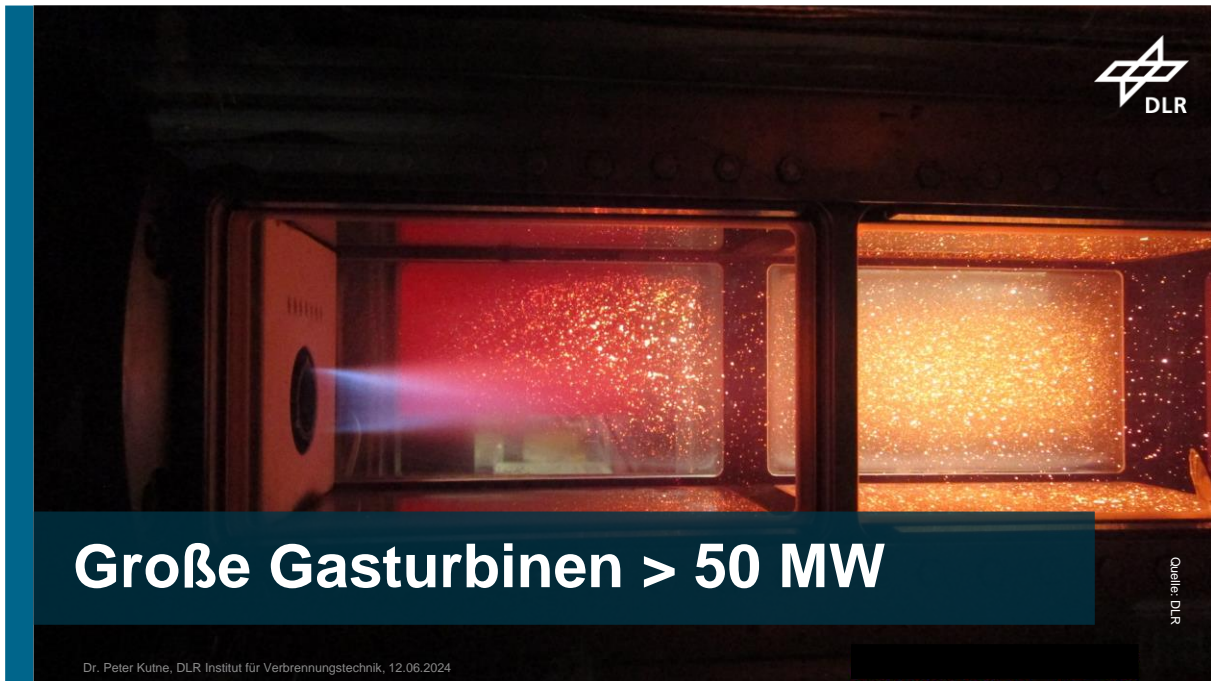


- Prinzip: Im Kreis angeordnete Brennstoff-/ Luft-Jets mit hohem Impuls, unverdrallt und teil-vorgemischt erzeugen eine verteilte Reaktionszone durch intensive Mischung
- Vorteile:
  - Keine Temperaturspitzen
  - Brennstoff-flexibel
  - Geeignet für hohe Eintrittstemperaturen
  - Großer Betriebsbereich
- Nachteil:
  - Längerer Ausbrand



Beispiel: DLR FLOX-Brenner F400s

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## AG Turbo OptiSysKom – Optimierung der Prozesse und Systeme sowie der Lebensdauer der Gesamtanlage und ihrer Komponenten



AP 2.2: Weiterentwicklung und Verbesserung eines Verbrennungssystem für die nächste Gasturbinengeneration

1. Vermessung und Bewertung der Betriebsgrenzen für **Brennstoffe mit erhöhter Reaktivität** unter realen Gasturbinenbedingungen im Labormaßstab
2. Aufklärung primärer Einflüsse auf die Betriebsgrenzen
3. Optimierung der **Wasserstoffverbrennung**

- Partner: DLR, Siemens Energy
- Große Gasturbinen Leistung > 50 MW<sub>el</sub>



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

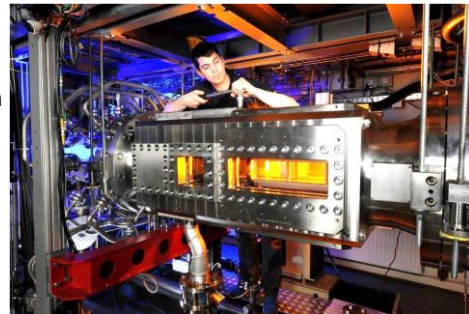
AG Turbo, 18. Statusseminar, 8./9.04.2024, Köln,  
Tagungsband: <https://www.dlr.de/de/ag-turbo/medien/tagungsband>

## Hochdruckbrennkammerprüfstand Stuttgart (HBK-S) Charakteristik



HBK-S ermöglicht die Untersuchung von Brennern bei **Gasturbinen-typischen Bedingungen**

- Skalierte Brenner oder **unskalierte Komponenten**
- Exzellenter **optischer Zugang** für optische und laserbasierte Messtechnik
- Große Bandbreite an einsetzbaren Brennstoffen, gasförmig und flüssig
- Vielzahl konventioneller Diagnostik
  - Abgasmessungen mit verschiedenen Arten Probenahme an verschiedenen axialen Messorten
  - Gaschromatografie
  - Schnelle Drucksensoren (10 kHz)

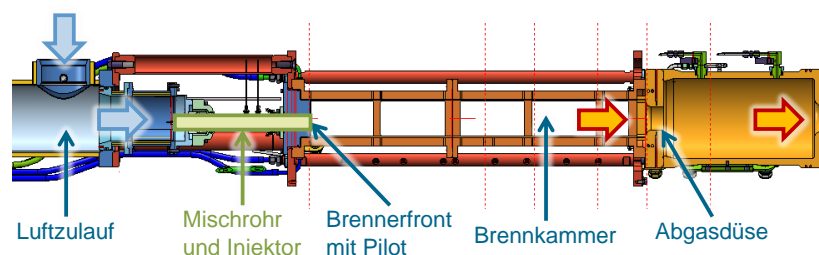


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Versuchshardware Versuchsträger, Einzeldüse und Brennkammer



- **Einzeldüse**
  - Relevantes Bauteil der jetstabilisierten Hauptstufe
  - Aussagekräftige Experimente
- Optische Brennkammer, quadratisch
- Abgasführung, Sondenmesstechnik
- Luft- und Medienführung
- In axialer Richtung verschiebbar
- Brennerhalterung



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024



## Betrieb der Einzeldüse

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

Quelle: DLR

### Betrieb der Einzeldüse Lage und Form der Flammen



- Erdgasflamme
  - Abgehoben
  - Asymmetrisch
  - Ausdehnung der Flamme in die Scherschicht zur Rezirkulationszone hin
  
- Wasserstoffflamme
  - (Fast immer) aufsitzend
  - (Fast immer) symmetrisch
  - Wesentlich kürzer
  - Im sichtbaren Spektralbereich weniger hell



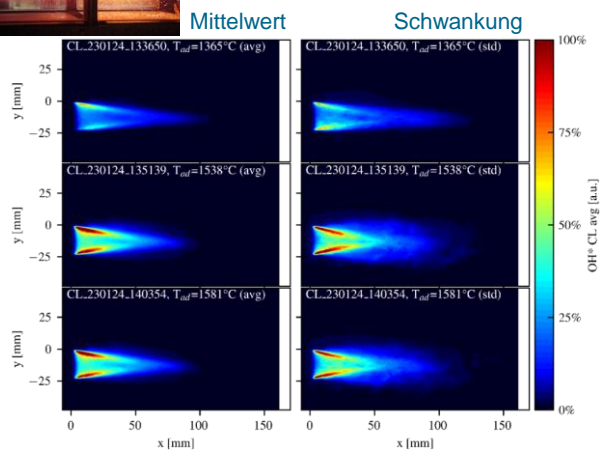
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024



## Betrieb der Einzeldüse Variation der Flammentemperatur



- Wasserstoffflammen
  - OH\*-CL: Mittelwert und Schwankung
  - Variation der Flammentemperatur  $T_{ad} = 1365 / 1538 / 1581 \text{ °C}$
  - Kegelform, keine signifikante Veränderung
  - Lage kaum verändert
  - Länge kaum verändert
  - Flammenreaktion in den Scherschichten
  - Schwankungen in den Scherschichten hoch



Dr. Peter Kütnig, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024



## Flammenrückschlag im optischen Mischrohr

Dr. Peter Kütnig, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Versuchshardware

### Optisch zugängliches Mischrohr und Messtechnik



- Brennkammer
  - Form und Länge unverändert
  - Position axial verschoben
- Brenner
  - Einzeldüse, exzentrisch
  - Kein Pilot
  - Originale Injektion
  - Homogene Luftzuführung
  - Keine Zusatzeinrichtungen
  - Keine Instrumentierung
  - Beobachtung mit CL und Highspeed-CL



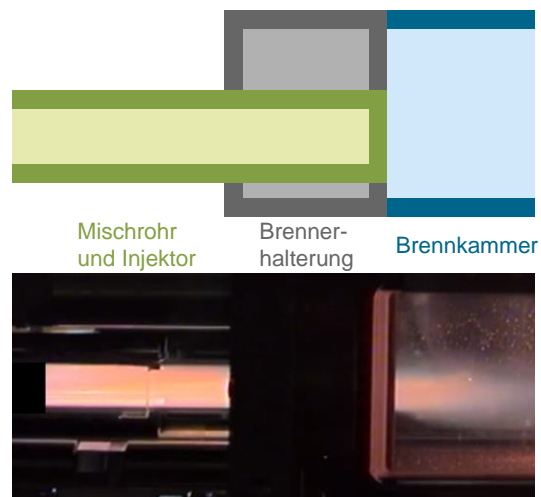
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Flammenrückschlag im optischen Mischrohr

### Beobachtung „abgeschlossen“



- Schema des Versuchsträgers
- Bildausschnitt
  - Fenster des Druckmoduls
  - Kamerablickwinkel
- Flammenreaktion
  - Im Mischrohr
  - Teilweise in der Brennkammer
  - Vollausgebildeter Rückschlag
  - Quarzglasrohr konvektiv gekühlt, keine Beschädigungen

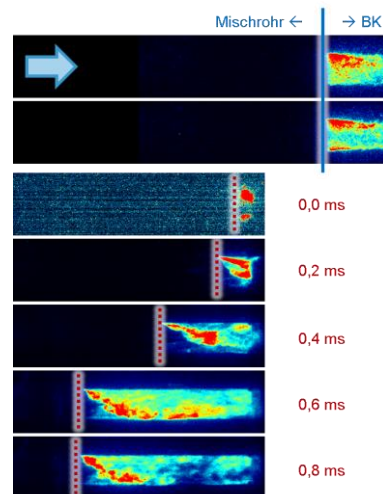


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Flammenrückschlag im optischen Mischrohr Verlauf eines Flammenrückschlags



- Prozedere
  - Parameter einstellen
  - Flammentemperatur sukzessive erhöhen, warten
- Repräsentativer Verlauf
  - Flammenrückschlag setzt ein
  - Flammenfront bewegt sich durch das optische Mischrohr stromauf
    - Jetgeschwindigkeit in der Regel 100 m/s, Stromauf-Ausbreitungsgeschwindigkeit etwa 15 m/s
  - Ort
    - Wandnah
    - Bisher kein Rückschlag durch die Mitte detektiert
- Zeitskala: 1 ms



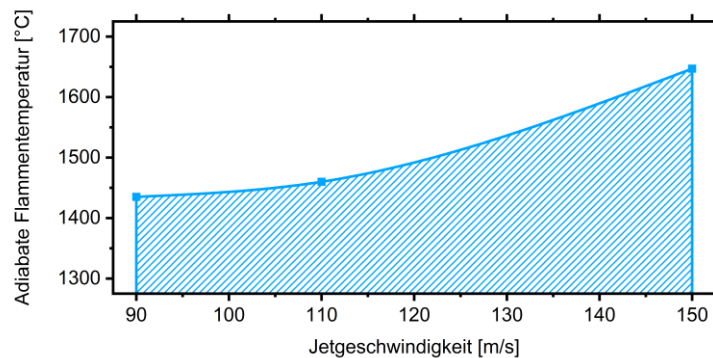
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Flammenrückschlag im optischen Mischrohr Einflussparameter (Beispiele)



### Jetgeschwindigkeit

- Betriebspunkte mit Flammenrückschlag
  - Flammentemperatur (Limit)
- Konstant
  - Druck
  - Eintrittstemperatur
- Höhere Jetgeschwindigkeiten  
→ breiterer Betriebsbereich



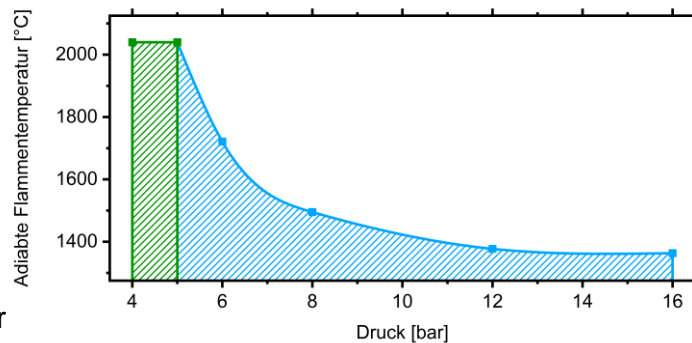
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Flammenrückschlag im optischen Mischrohr Einflussparameter (Beispiele)



### Druck

- Betriebspunkte mit / ohne Flammenrückschlag
  - Flammentemperatur (Limit / stabil)
- Konstant
  - Jetgeschwindigkeit
  - Eintrittstemperatur
- Starke Abhängigkeit vom Druck in der Brennkammer



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Flammenrückschlag im optischen Mischrohr Beobachtungen vor dem Flammenrückschlag



- Beobachtung des Mischrohrendes am Eintritt in die Brennkammer
- Konventionelle und wissenschaftliche Kameras
  - Blickrichtung schräg rückwärts in die Mischdüse



- Zeitreihe
  - Weißes, leicht rötliches Leuchten an der inneren Kante des Mischrohrs; räumlich begrenzt
  - Ausbreitung des Phänomens in Umfangsrichtung
  - Verbindung mit Flammenfront
  - Zeitskala: 20 s
- Danach vollständiger Rückschlag (Zeitskala: 1 ms)

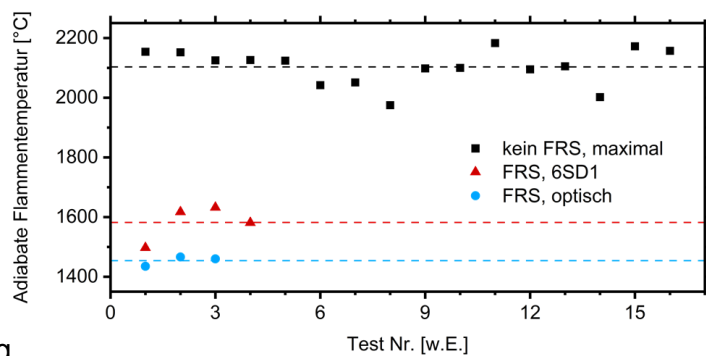
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Metallisches Mischrohr mit Flammenrückschlagsverhinderungsvorrichtung



### Spülluftmenge

- Optisches Mischrohr ohne FRSVV, ohne Spülluft
  - FRS „Basislinie“
- Metallisches Mischrohr mit Zusatzeinrichtung
  - FRS, 6SD1  
sehr geringe Spülluftmenge
  - kein FRS  
maximale Spülluftmenge
- Sehr effektive Verbesserung der Flammenrückschlagsgrenzen



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024



## Dezentrale Gasturbinensysteme

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Retrofit H2 - Retrofitkonzepte für Bestandskraftwerke als Einstieg in die Wasserstoffnutzung



### Übergeordnetes Projektziel

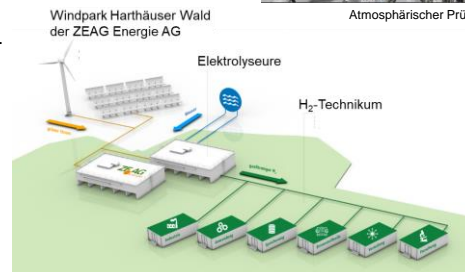
- Entwicklung von skalierbaren Retrofit Konzepten für die Aufrüstung von Bestandskraftwerken mit einer Größe von bis zu 100 MW<sub>el</sub> zur Nutzung von Wasserstoff

### Projektziele

- Entwicklung eines flexiblen Brennerkonzepts für die Nutzung von Wasserstoff
- Entwicklung eines flexiblen Brennstoffregelungs-, Misch- und Verteilsystems unter Beachtung behördlicher Auflagen
- Demonstration an einer 100 kW<sub>el</sub> Mikrogasturbine (MGT) der Firma Ansaldo Green Tech

### Zeitplan

- Beginn 01.01.2022 – Ende 30.06.2024



Übersicht Wasserstofftechnikum  
Quelle: [DLR - Institut für Raumfahrtantriebe - Zero Emission - Wasserstoffstandort Lampoldshausen](#)



**PTKA**  
Projektträger Karlsruhe  
Karlsruher Institut für Technologie



**Baden-Württemberg**

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

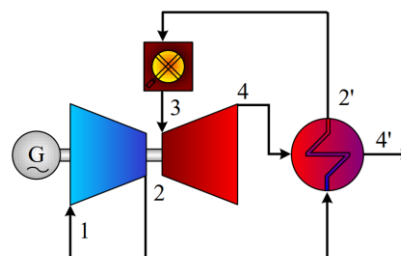
## Demonstrationsanlage Mikrogasturbine Ansaldo Green Tech AE-T100



- Kommerziell verfügbares Mikrogasturbinensystem
- Elektrische Leistung 100 kW
- Elektrischer Wirkungsgrad ca. 30%
- Thermische Nutzleistung Abgas 155 kW



AE-T100, Quelle: ansaldoenergia.com

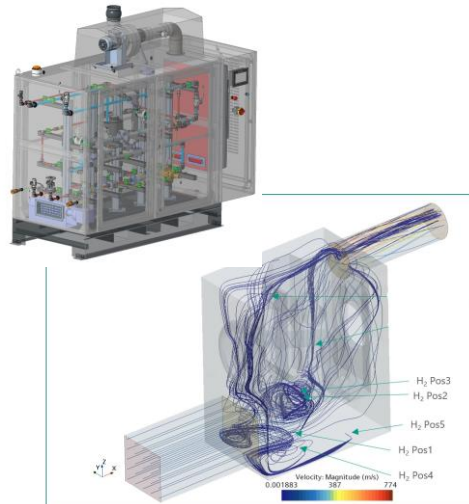


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Brennstoffflexibles Regel-, Misch- und Verteilungssystem



- Analyse der Bestandssysteme Aurelia A400 und Gasturbinen im Bereich 10 - 100 MW<sub>el</sub>
  - Brennstoffregelkonzepte, Massenströme und Systemdynamik ermittelt
  - Übertragung auf H<sub>2</sub> Betrieb und Erarbeitung sicherer Fahrkonzepte
- Entwicklung notwendiger sicherheitsrelevanter Sensorik und Konzepte
  - Überprüfung der vorhandenen Sensorik und der umgesetzten Explosionsschutzkonzepte in Hinblick auf H<sub>2</sub>

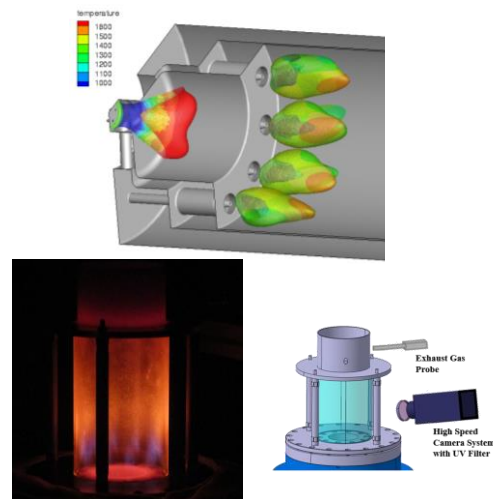


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Brennkammerentwicklung



- Auslegung und Optimierung des Brennkammersystems
  - CFD Charakterisierung - Variation der Betriebsparameter
- Erprobung des Brennkammersystems im Labor
  - Untersuchungen auf einem atmosphärischen Prüfstand
    - Nachweis der Betriebsfähigkeit im Last- und Brennstoffmischungsbereich
    - Emissionsverhalten



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

## Erprobung und Demonstration



- Umrüstung auf H<sub>2</sub> und Inbetriebnahme
  - Einbau und Instrumentierung der entwickelten Systeme und Sensorik
  - Anpassungen an der Brennstoffregelung der AE-T100 Mikrogasturbine
  - Inbetriebnahme der Mikrogasturbine
  
- Demonstration H<sub>2</sub> Betrieb
  - Charakterisierung mit reinem Wasserstoff
  - Charakterisierung der Beimischung von Erdgas zu Wasserstoff



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024



# Das DVGW-TK „Industrie und Kraftwerke“

Sophia Hayen, DVGW e. V.

## Zusammenfassung

Der DVGW bietet mit seinem technischen Komitee Industrie und Kraftwerke ein Forum, in dem sich Anwender, Hersteller und Betreiber bezüglich der zukünftigen Transformation hin zu den neuen Gasen Biomethan und Wasserstoff austauschen können.

www.dvgw.de

# Das DVGW TK-2-8 “Industrie und Kraftwerke“

ASUE-Expertenkreises Gasturbinentechnik  
12.06.2024

Sophia Hayen, M.Sc.

## Der DVGW ist das größte Netzwerk der Gas-, Wasserstoff- und Wasserbranche in Deutschland



### Regelsetzer nach §49, § 113 EnWG

Wir schaffen mit unserer Regelssetzung höchste Standards und sichern die Versorgung mit Energie und Wasser



### Unabhängige Forschungseinrichtung

Wir setzen wichtige Impulse mit unserem Forschungsnetzwerk und fördern praxisnahe technische Innovationen



### Gemeinnützige Organisation

Wir sind bundesweit präsent, unterstützen die Unternehmen und geben Ihnen eine starke Stimme



### EnWG - §49 Anforderungen an Energieanlagen:

- (1) Gewährleistung technischer Sicherheit bei Errichtung und Betrieb von Gasanlagen durch
- (2) Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik, dies wird vermutet, wenn bei Anlagen zur

**Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von ... Gas und Wasserstoff** das DVGW –RW einzuhalten



seit 1859

Hauptsitz in **Bonn**, Repräsentanzen in **Berlin und Brüssel**

- 8 Tochtergesellschaften und Beteiligungen
- 9 DVGW-eigene Forschungsstandorte
- 9 Landesgruppen und 62 Bezirksgruppen
- 20 Hochschulgruppen + 1 Berufsschulgruppe

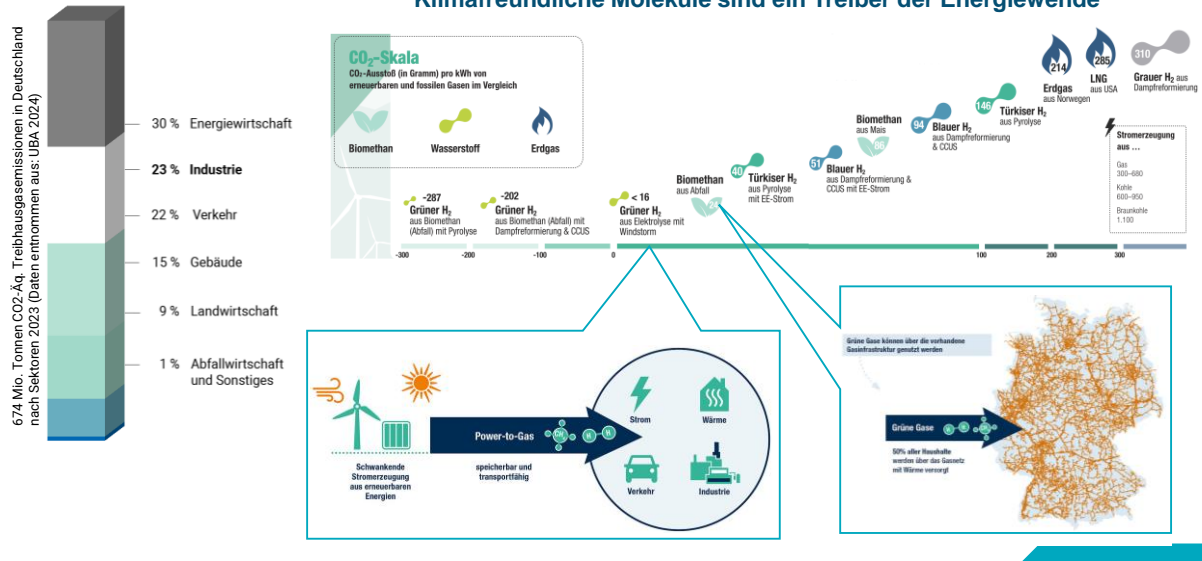
**91%** der deutschen Gasnetzbetreiber sind DVGW-Mitglieder

**73%** des Trinkwassers wird von DVGW-Mitgliedern bereitgestellt

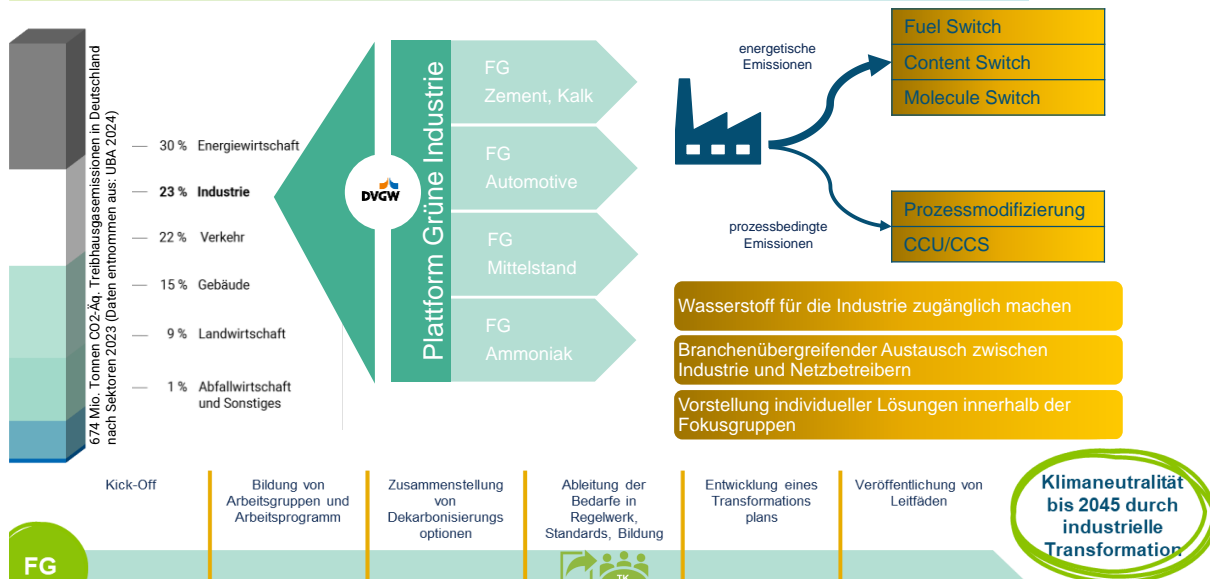
<b>13351</b> Mitglieder gesamt	<b>2128</b> Versorgungseinheiten	<b>1364</b> Unternehmen	<b>269</b> Behörden	<b>9590</b> Personen
-----------------------------------	-------------------------------------	----------------------------	------------------------	-------------------------



## Ziel der Klimaneutralität bis 2045 ist nur durch konsequente Dekarbonisierung aller Sektoren zu erreichen



## DVGW Plattform Grüne Industrie Branchenübergreifender Austausch zur Beschleunigung der industriellen Transformation



## FG Zement, Kalk und Gasinfrastruktur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Transport bei der Produktherstellung



### Motivation

Bei der Transformation der Zement- und Kalkindustrie liegt eine besondere Herausforderung in der Handhabung unvermeidbarer Prozessemissionen. In diesen Industrien resultieren die CO<sub>2</sub> Emissionen durch Austreiben des CO<sub>2</sub> aus dem Kalk. Neben dem Einsatz von erneuerbaren Brennstoffen, wird daher der Abscheidung und Transport von CO<sub>2</sub> eine Schlüsselrolle zuteil. Offene Fragestellungen stellen sich hierbei vor allem in Hinblick auf die zu transportierende CO<sub>2</sub> Qualitäten, sowie zukünftige Energiebedarfe. Das abgeschiedene CO<sub>2</sub> kann anschließend in geologischen Formationen gespeichert (CCS) oder als Edukt für PtX Prozesse oder in anderen industriellen Prozessen (CCU) genutzt werden.

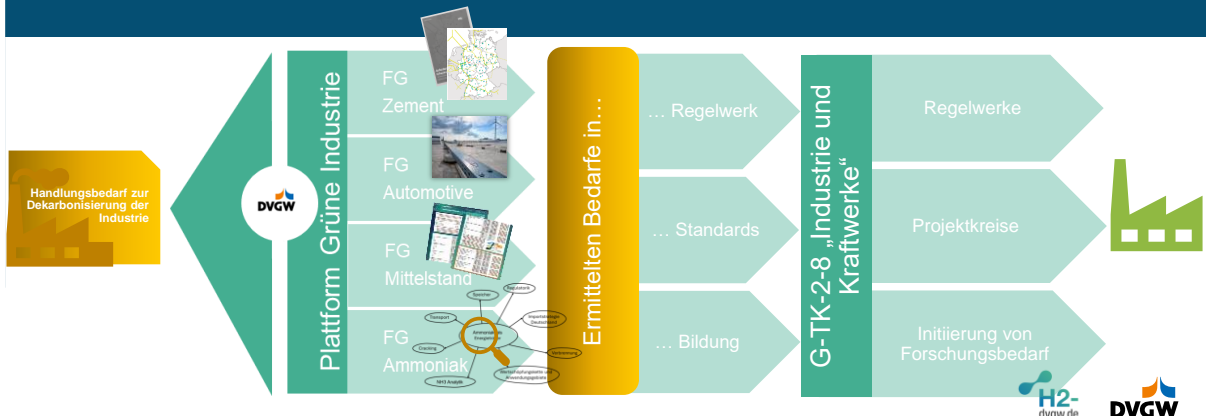
### Aktueller Stand der Fokusgruppenaktivitäten



5 Februar 2024



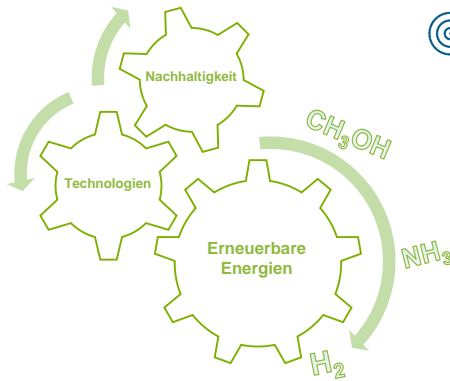
## Die Ergebnissynthese aus den Fokusgruppen wird über den G-TK-2-8 „Industrie und Kraftwerke“ in das Regelwerk, die Forschung und Bildung implementiert



6

## G-TK-2-8 Industrie und Kraftwerke

### Grundgedanke und Inhalte des Technischen Komitees



### Unterstützung der Industrie bei der Transformation zur Klimaneutralität durch Regelwerk und Leitfäden



Berücksichtigung verschiedener erneuerbarer Energieträger:

- Wasserstoff
- Biomethan
- EE-Methan
- Ammoniak
- Methanol
- DME
- CO<sub>2</sub> (CCU/CCS)



Leitplanken

- Dekarbonisierung
- Resilienz
- Umstellung
- Effizienz
- Sicherheit



## G-TK-2-8 Industrie und Kraftwerke

### Themenfindung und Priorisierung



Kick-Off 17. April, GWI Essen  
Konstituierende Sitzung 21. August, DVGW Bonn



- Teilnehmer
- Verbände
  - Institute
  - Anlagenbetreiber
  - Netzbetreiber
  - Hersteller:  
Thermoprozessanlagen, Brenner, Turbinen



#### Offene Fragestellungen bei der Anwendung von erneuerbaren Gasen

- Übertragung der Erkenntnisse aus Fokusgruppe/ Normungsroadmap
- Initiierung von Forschungsprojekten



Veröffentlichung von Schriftstücken  
Checklisten, Regelwerk, Leitfäden



Workshop Kick-off

#### H2 Readiness

(bestehende Anlagen/ Werksgelände pauschalisiert abhandeln): Umstellung; Tauglichkeit von Rohrleitungen, Anlagen, Armaturen; Strömungsgeschwindigkeiten Rohrleitungssysteme

#### TRGE-Effizienz

Hybridisierung, Brennstoffflexibilität, Resilienz, Abwärmenutzung

#### Erzeugungs- und Speicheroptionen

Lokale Nutzung/ Erzeugung, Versorgungsoptionen

#### CCS/CCU-ready

Technologien, Nachrüstbarkeit, Richtlinien, Anforderungen zur Abnahme

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

Anregungen und Themen zum Technischen Komitee:

[sophia.hayen@dvqw.de](mailto:sophia.hayen@dvqw.de)

9

# Industrielles Online-Monitoring an Gasentspannungsanlagen

Nobert Gomolla, DMT GmbH & Co. KG

## Zusammenfassung

Das vorausschauende Instandhalten von drehenden Energieanlagen birgt großes Einsparungspotenzial durch die Vermeidung größerer Schäden und damit der Verlängerung der Lebensdauer von Anlagenteilen. Am Beispiel einer Gasentspannungsanlage in Dortmund wird gezeigt, wie durch die Nutzung eines einfachen Schwingungssensors aufkommende Schäden ohne personell vor Ort anwesend zu sein detektiert werden können.



**DONETZ**  
VERBUNDEN.

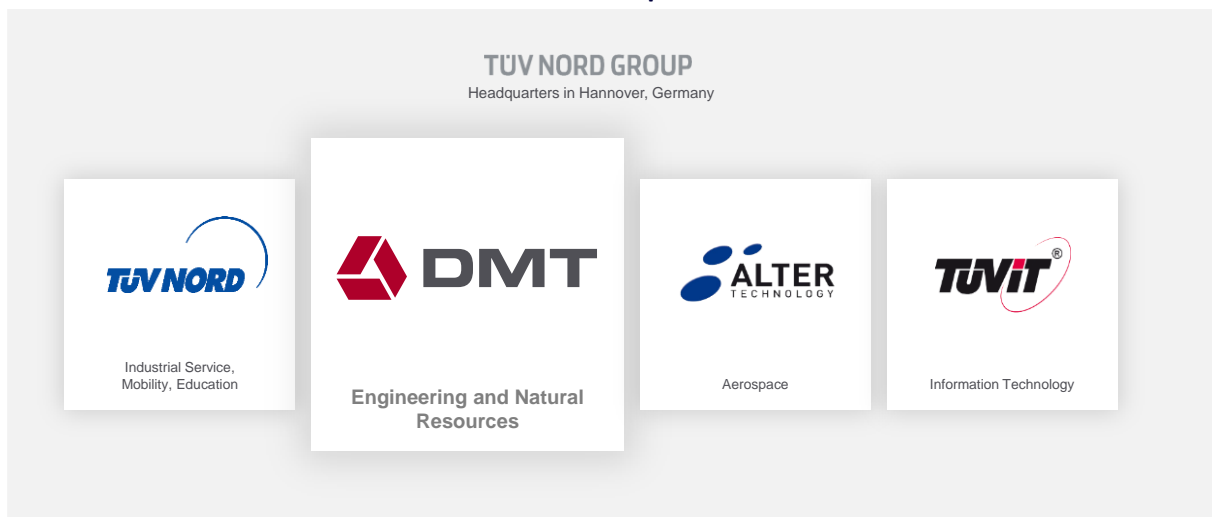


# Industrielles Online-Monitoring an Gasentspannungsanlagen

Vortragender: DMT Norbert Gomolla,  
Thomas Diegißer, Andreas Otten, Michael Schneider,

[www.dmt-group.com](http://www.dmt-group.com)

## DMT als Teil der TÜV Nord Group





## TÜV Nord Group mit HydroHub



[www.hydrohub.de/de/home/](http://www.hydrohub.de/de/home/)



### ▪ Hersteller



### ▪ Netz-, Speicherbetreiber



### ▪ Industrielle Anwender



3 Name | Department | Content | dd.mm.yyyy (Kopf- und Fußzeile bearbeiten)

DMT

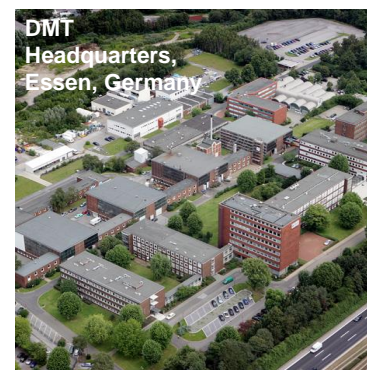
## DMT – International Technology Services Provider in the Fields of Natural Resources / Safety / Infrastructure

### DMT

- Founded in 1990 in Germany
- Technical roots dating back to 1864
- Global group of 15 consulting and engineering firms
- Appr. 1000 employees
- Today a division of TÜV NORD GROUP
- around 10,000 Employees in 70 countries

### Services

Independent services in consulting, engineering, exploration and geotechnics, as well as testing, certification, planning, measuring, research and development



4 Name | Department | Content | dd.mm.yyyy (Kopf- und Fußzeile bearbeiten)

DMT

## DMT – InE - Industrial Engineering Understanding machinery, optimizing operations, increasing profitability

### Abstract

#### Our services:

- Coking technology
- Plant Engineering & Process Engineering
- Geoinstruments & industrial monitoring
- Flow Measuring Technology



5 Name | Department | Content | dd.mm.yyyy (Kopf- und Fußzeile bearbeiten)

DMT

## DMT – InE4 Geo Instruments & Industrial Monitoring Solutions

### Products



Tailor-made measuring technology for flow rate, mass flow rate and flow velocity.

#### Fields of application:

- Water management
- Landfill technology
- Ventilation
- Process plants



World's first explosion-proof 3D laser scanner for fast and accurate 3D scans of the surroundings.

#### Fields of application:

- Safety inspections
- Accident & damage analysis
- Deformation analysis
- Geological rock face survey
- As-built documentation



Seismographs are used for monitoring and exploration of structures

#### Fields of application:

- Monitoring of environmental impact from vibrations, explosions
- Mapping of weak zone by seismic tomography
- Subsoil investigations for the infrastructure sector
- Geological investigations

6 Name | Department | Content | dd.mm.yyyy (Kopf- und Fußzeile bearbeiten)

DMT

## DMT – InE4 Geo Instruments & Industrial Monitoring Solutions

VIB3D is an effective tool for the continuous monitoring of tower vibrations e.g. of amusement rides



Vib3D is an intelligent sensor for vibration monitoring, evaluation and documentation, equipped with alarm functions

### Fields of application:

- Measuring of seismic immissions
- Seismic monitoring at construction sites
- Documentation of seismic events
- Safety for persons and infrastructure



7 Name | Department | Content | dd.mm.yyyy (Kopf- und Fußzeile bearbeiten)

DMT

## DMT – InE4 Geo Instruments & Industrial Monitoring Solutions

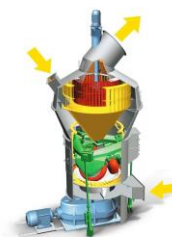
Produkte



Erzielen Sie maximale Transparenz in Ihrer mit unserer innovativen Lösung

### Anwendungen:

- Produktionsdaten analysieren
- Effizienzsteigerungspotentiale identifizieren
- Produktionsabläufe kontinuierlich optimieren



8 Name | Department | Content | dd.mm.yyyy (Kopf- und Fußzeile bearbeiten)

DMT

# DMT SAFEGUARD InE 4 – Industrial Monitoring

## Übersicht der Gasentspannungstation – Im Dashboard

- Öffnet im Web- Browser
- Auf mobilen Endgeräten (Tablet, Smartphone)
- Verschlüsselte Übertragung
- Gesicherter Zugriff über Benutzer-Name und Passwort
- Optional: Zwei Faktor Authentifizierung

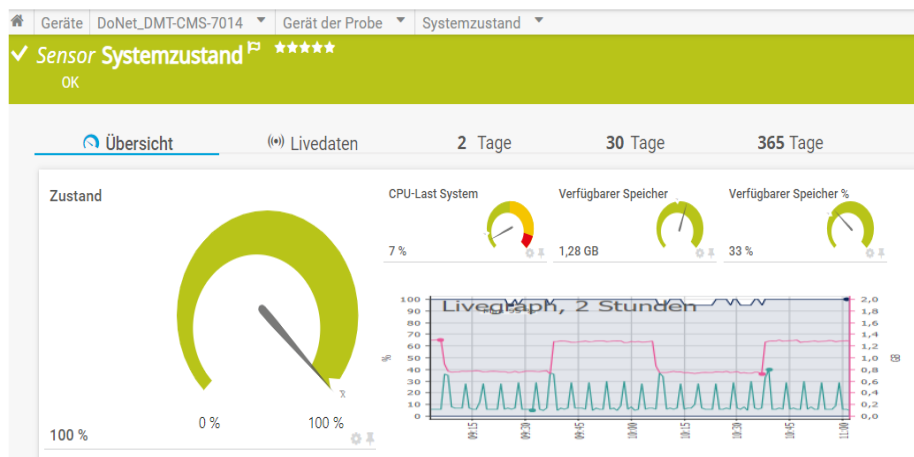


9 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

# DMT SAFEGUARD InE 4 – Industrial Monitoring

## Monitoring-Aufträge – Hardware und Datencheck

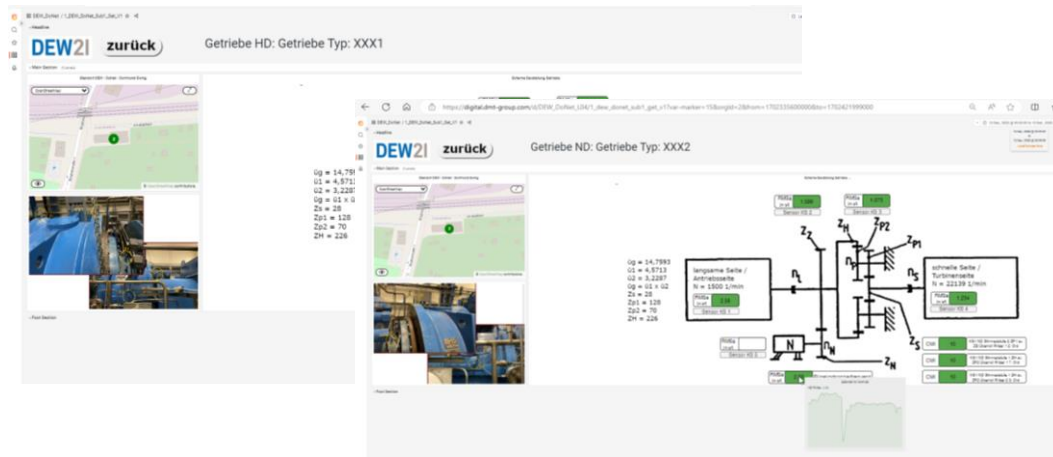


10 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

# DMT SAFEGUARD InE 4 – Industrial Monitoring

## Dashboard Ansicht der Einzelmaschinen

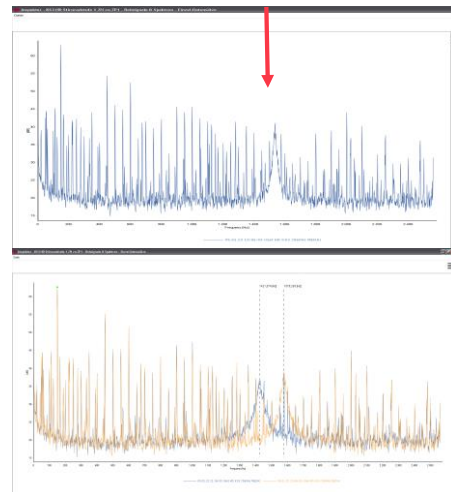
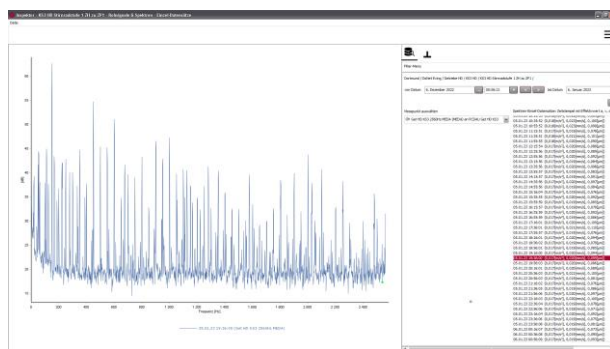


11 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen

DMT

# DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 1

## Einzelanalyse von Frequenzspektren

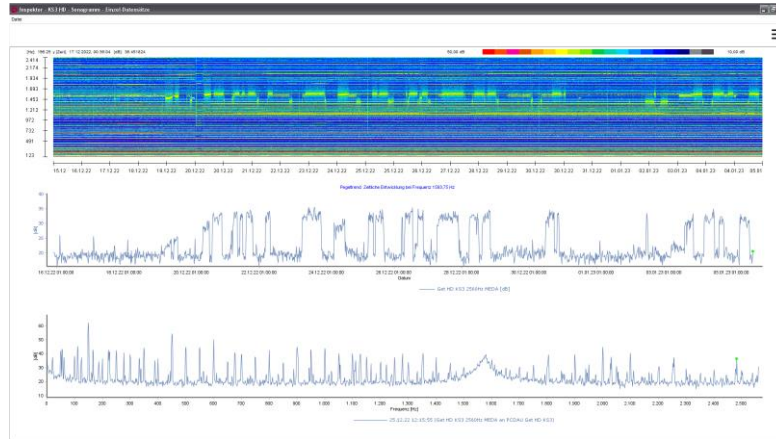


12 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen

DMT

# DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 1

## Trendanalyse von Frequenzspektren

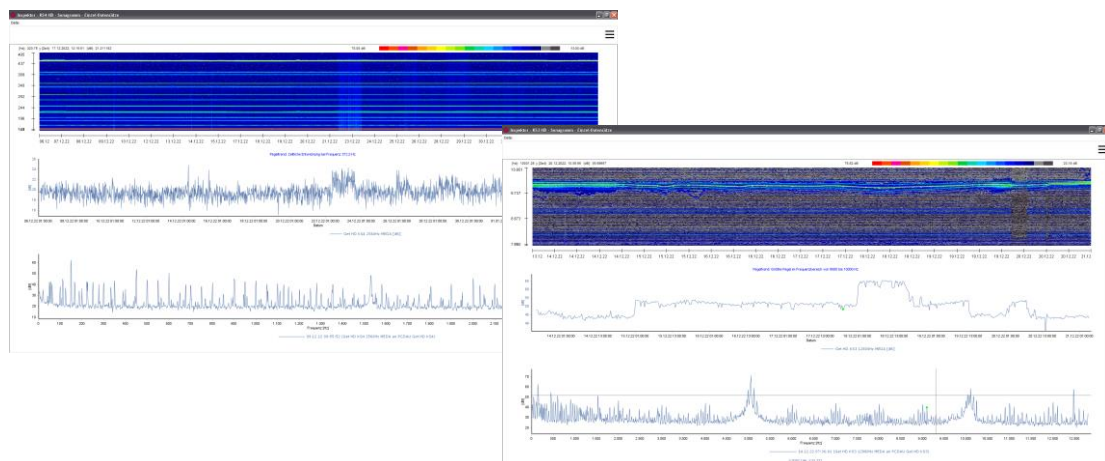


13 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

# DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 1

## Trendanalyse von Frequenzspektren: Drehzahlfrequenz bzw. 14 und 28 Ordnung



14 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

## DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 2

### Trendanalyse vom Pegeltrend



15 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

## DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 3

### Anzeige Frequenzselektiver Merkmale vom Pegeltrend



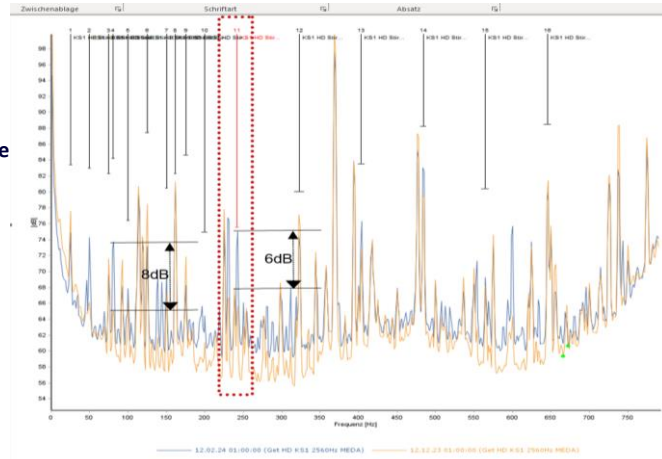
16 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

## DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 3

### Einzelanalyse von Frequenzspektren

- Frequenzselektives Monitoring
- Kinematische Grenzwerte
- Geringfügige Erhöhung der Merkmale
- Bericht erstellt und mit Betreiber besprochen

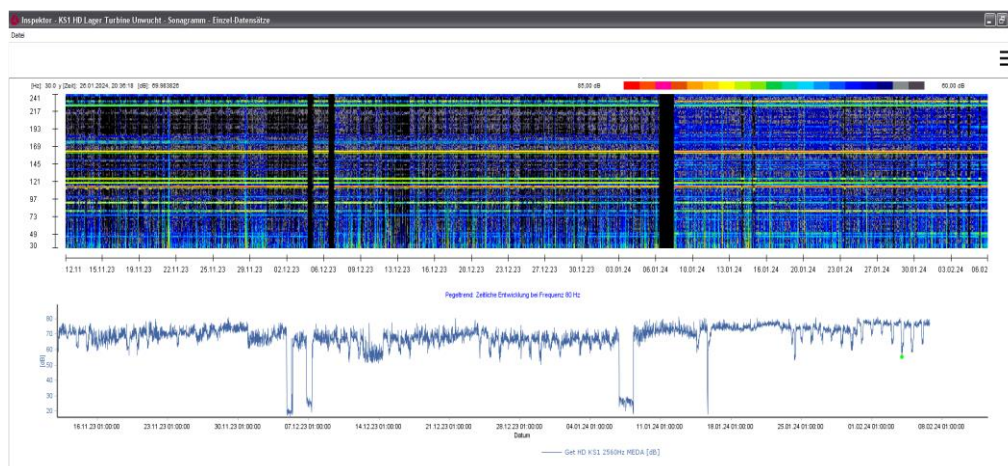


17 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

## DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 3

### Trendanalyse von Frequenzspektren



18 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

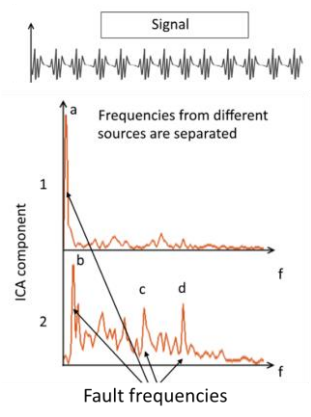
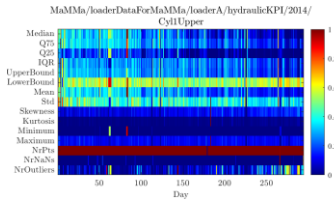
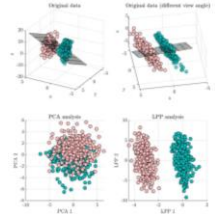
DMT



# DMT SAFEGUARD InE 4 – Industrial Monitoring

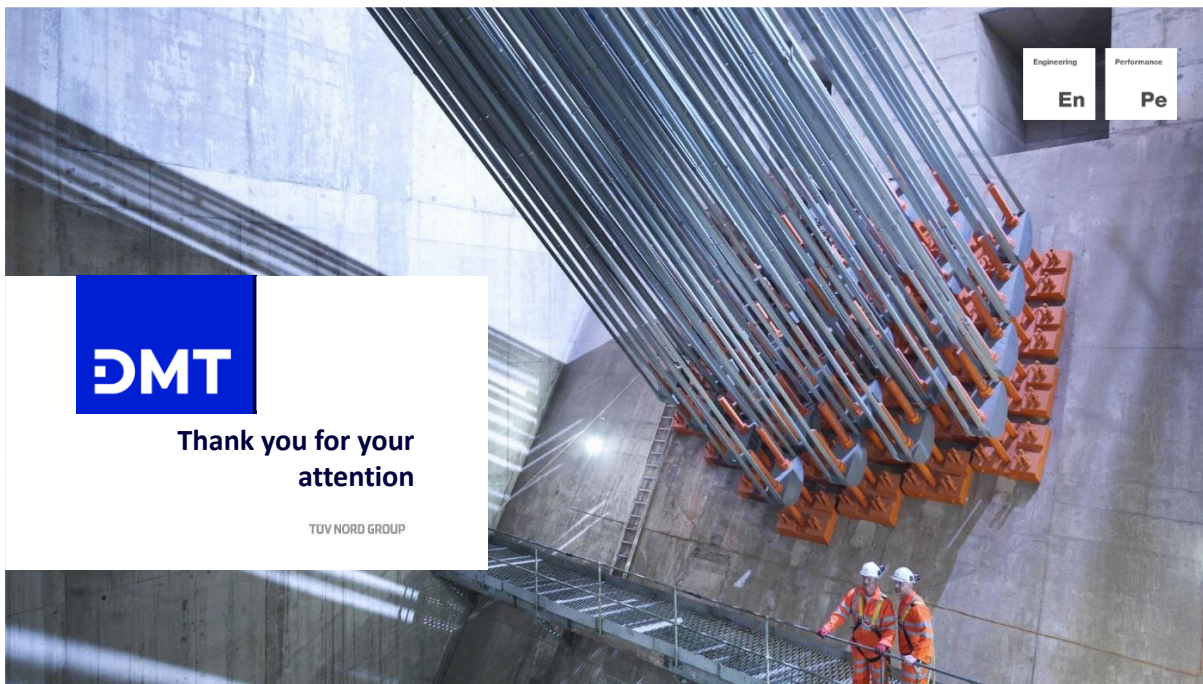
## Services Auto Analytics

- Independent component analysis
- Prinzipal component analysis
- Informative band selection
- Non-negative matrix factorisation
- Cyclostationarity



19 \* Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen

DMT



# Gasbeschaffenheitsüberwachung für KWK-Anlagenbetreiber sowie der SWB-Quick-Check für Erdgasanlagen und Erdgasanwendungen

Martin Huhn, SWB Services GmbH

## Zusammenfassung

Die Gaszusammensetzung ist für viele Gasanwendungen in der Prozesstechnik entscheidender Auslegungsparameter. Weil die Zusammensetzung aber häufig und zukünftig zunehmend schwankt, ist deren Kenntnis für die effiziente Prozessführung entscheidend. Der Vortrag beschreibt ein für diesen Zweck entwickeltes Gerät zum Messen des Wobbe-Index'.

Zusätzlich stellt der Referent einen „Quick-Check Gasinstallation“ vor, bei dem betriebliche Anwender von Gas auf einfache Art und Weise prüfen können, ob ihre Installation noch dem Stand der Technik entspricht.



## Innovative Messtechnik



## swb im Überblick

swb AG			
Energie- und Trinkwasser	Technische Dienstleistungen	Wesentliche Beteiligungen	Weitere Beteiligungen
swb Vertrieb Bremen GmbH	swb Services AG & Co. KG	hanseWasser GmbH*	Stadtwerke Soltau GmbH & Co. KG
swb Vertrieb Bremerhaven GmbH & Co. KG	swb Beleuchtung GmbH	EWE WASSER GmbH	Osterholzer Stadtwerke GmbH & Co. KG
swb Erzeugung AG & Co. KG	swb Gasumstellung GmbH	Gemeinschaftskraftwerk Bremen GmbH & Co. KG*	Harzwasserwerke GmbH
wesernetz Bremen GmbH	Entsorgung	Weserkraftwerk Bremen GmbH & Co. KG*	
wesernetz Bremerhaven GmbH	swb Entsorgung GmbH & Co. KG		

Hundertprozentige Beteiligung im swb-Konzern.

\*Auf assoziierte Unternehmen wird kein beherrschender Einfluss ausgeübt.

# 1. EINFÜHRUNGEN IN DIE VERSCHIEDENEN GASBESCHAFFENHEITEN



Grundsätzlich wirken sich kurzfristige, häufig auftretende Schwankungen deutlich ungünstiger auf sensible Prozesse aus

#### Kategorie 1:

- > Bei Änderung des Wobbe-Index von **weniger als 300 bis 400 Wh/m<sup>3</sup>** konnten negative Auswirkungen auf industrielle Produktionsprozesse bisher nicht festgestellt werden.

#### Kategorie 2:

- > Schwankungen von **400 bis 800 Wh/m<sup>3</sup>** können sich je nach Herstellungsprozess, z.B. Glühlampen- und Ampullen Fertigung, auf Glasfaserherstellung und Glasveredelung ungünstig auswirken.

#### Kategorie 3:

- > Bei Änderungen von **mehr als 800 Wh/m<sup>3</sup>** hat sich in der Vergangenheit unter anderem bei Kundenanlagen der Spezialglasindustrie in Thüringen und im Raum Mainz gezeigt, dass hier Qualitätsmängel bei den Produkten auftreten.



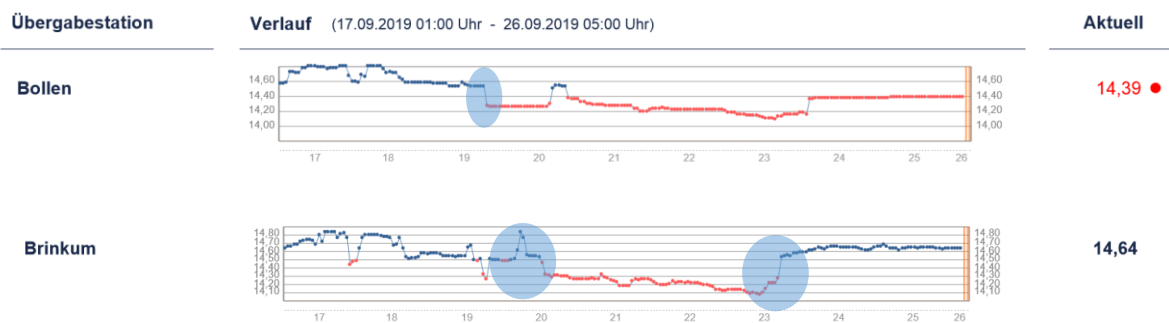
## 2. AUSWIRKUNG AUF DAS BREMER NETZ UND UMGANG IN DER MRU



### Gasbeschaffenheitsschwankungen in Bremen

Bei starken Schwankungen in der Gasbeschaffenheit treten Störfälle, bei der Anpassung von Thermen auf.

Wobbe Index LNG.



19.06.2024

6

## Gründe der Störfälle an Gasverbrauchsanlagen und die Lösung

1. Problem: Verschiedene Gasbeschaffenheiten des Erdgas L und Erdgas H

2. Problem: Es ist während des Schaltung nicht klar, ob das geschaltete beim Kunden zur Verfügung steht.

**Idee:** Das Gas erst direkt beim Kunden oder in den Sektionen stationär messen.

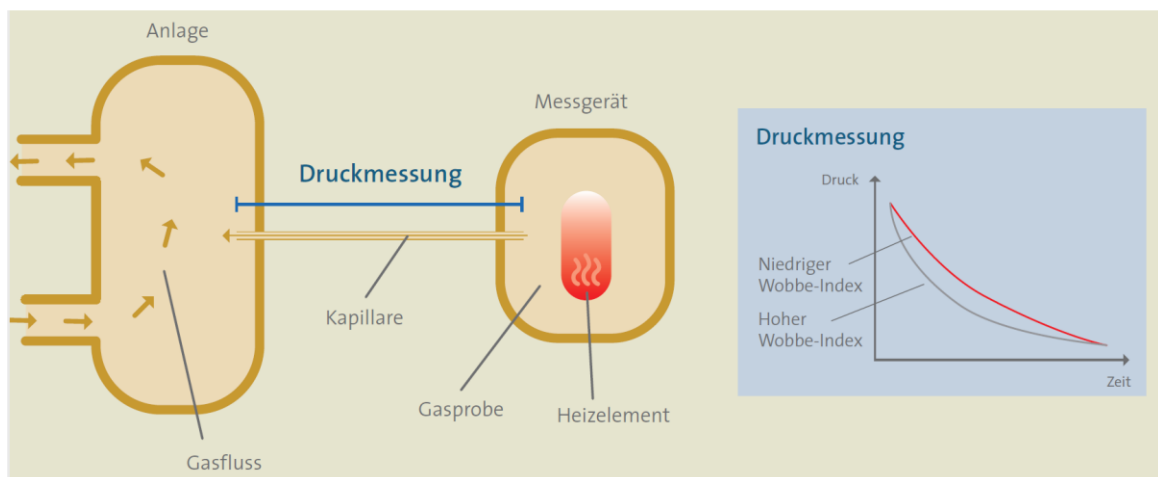
3. Problem: Herkömmliche Messverfahren sind zu teuer. (Chromatographen, Kalorimeter)

**Die Lösung:** Der BlueEye™ Sensor



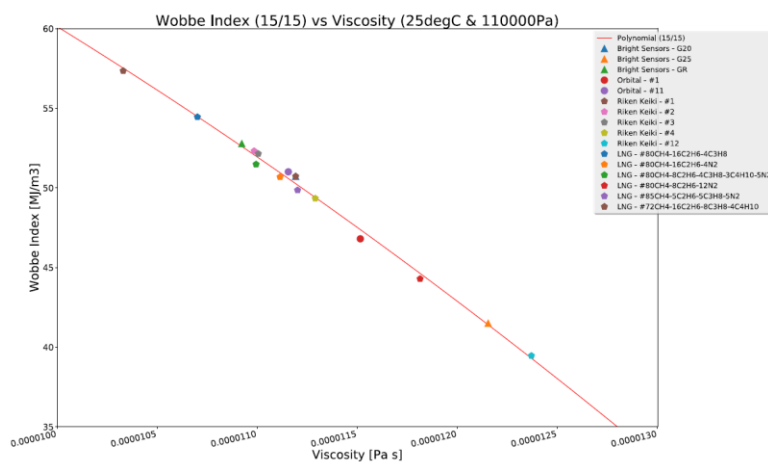
7

### 1. Wirkprinzip: Vom Gas zur Viskosität



8

## 2. Wirkprinzip: Von der Viskosität zum Wobbe- Index



9

Der Sensors kann die Gas-Arten präzise Unterscheiden. Sowie Schwankungen in der Gasbeschaffenheit messen (2019)

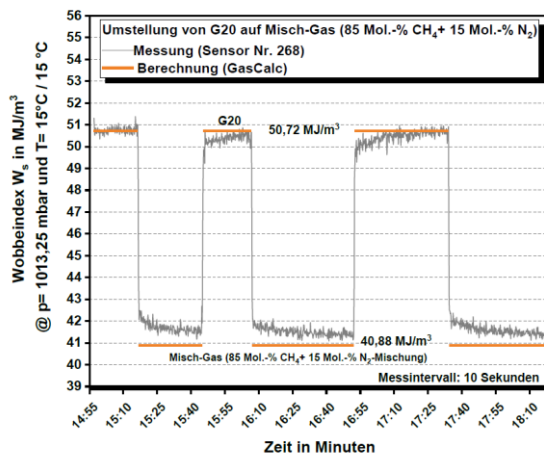


Abbildung 4: Gaswechsel von G 20 und Methan-N2-Mischgas, mit dem Sensor gemessene Werte

- Überaus schnelle Erkennung verschiedener Gasqualitäten.
- **Damit sind Schwankungen sehr schnell detektierbar!**

10

Das erste Geräte für das mobile Messen des Wobbe-Indexes direkt an der Therme (2020)

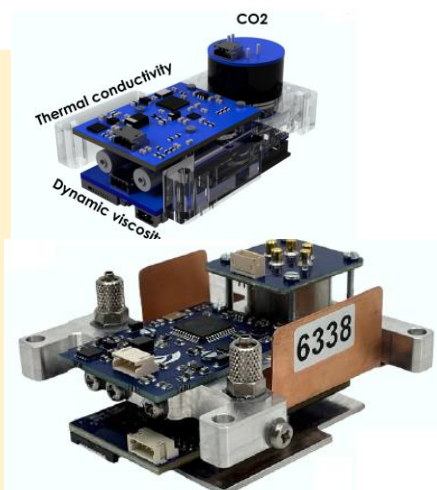
- **Messgrößen**
  - Wobbe Index
  - Druck
- **Benötigt eine geringe Gasmenge (1L/h)**
- **Differenzdruckmessung**
  - Beschleunigt die Gasseitige Arbeit
- **Messabweichung 1-2%**
- 4 Starke Magnete sorgen für sicheren Halt an jedem metallischen Körper.



11

## Weiterentwicklung des Sensors

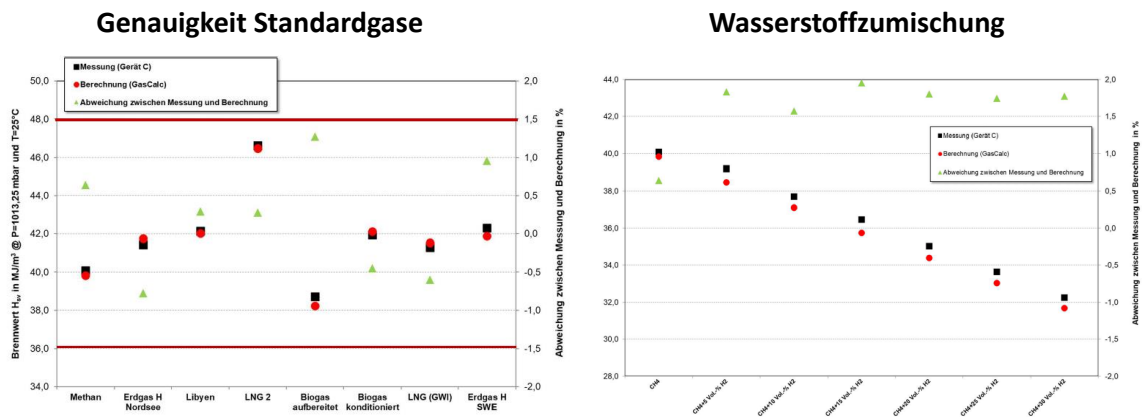
- **Neue Sensoren**
  - CO2 Sensor
  - Sensor für Thermische Leitfähigkeit des Gases
- **Neue Messgrößen**
  - Wobbe Index
  - Brennwert/Heizwert
  - Dichte/relative Dichte
  - Luftzahl / Lmin
  - Wasserstoffanteil
  - CO<sup>2</sup> Anteil
- **Messeigenschaften**
  - Messabweichung 1%
  - Messintervall 1 Sekunde



12



## Validierung durch erneute Tests am GWI (2021)



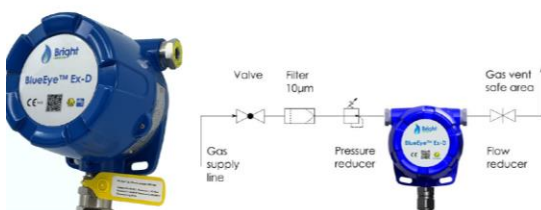
13

## BlueEye™ EX-D

$H_2$ ,  $H_i$ ,  $W_i$ ,  $W_j$ ,  $\rho$ ,  $Z$ ,  $s$ -AFR, MN,  $CO_2$  and  $H_2$  mol%

- Operating range: **960 – 1100 mbar** (abs) **0 – 50 °C**
- 4-20mA current loop output (Property selectable)
- **Digital Modbus RTU communication**
- USB Microsoft Interface
  - Reference conditions & Unit selection
  - Output granularity: 1 second
  - Data storage 6 months (SD card)
- IECEx, ATEX, cLcUs certified
- OIML R140, class A: end 2024
- Cabinet solution
- IoT (TCP/IP, LTE, & cloud) solution
- Brochure and Datasheet:

<https://www.bright-sensors.com/blueeye-ex-d/>



## Kompakter und schneller Aufbau des Gerätes und der Leittechnik Siemens Mindsphere

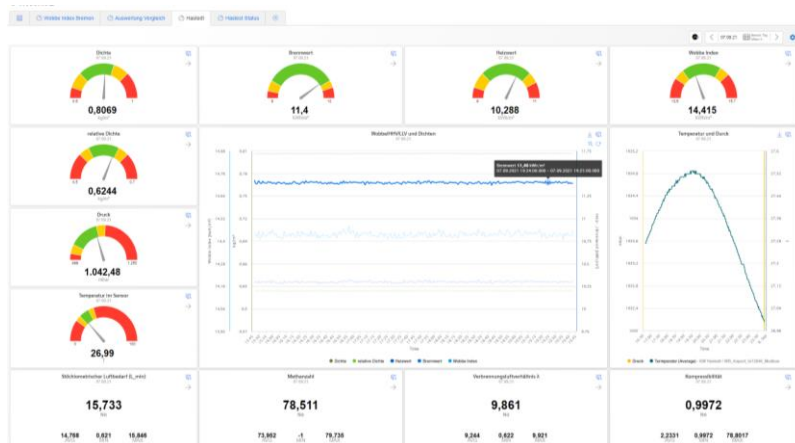


Installation  
Zeit  
Max.  
8 Stunden

19.06.2024

15

## Ausgabe der Daten über Siemens Mindsphere



16

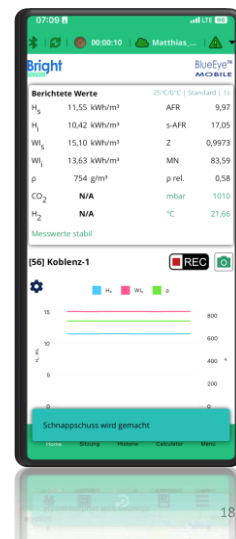
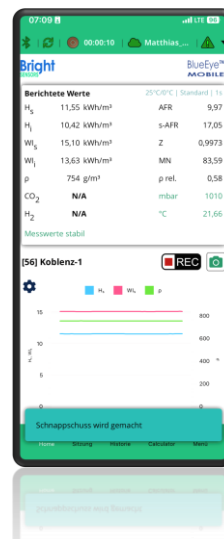
## BlueEye™ Mobile

- iOS & Android App
- Cloud service
- Integrierter Druckregler max. 12 bar-
- Direkte Update über neue Berechnungsmodelle für den spezifischen Anwendungsfall (z.B. Pipelinegas/Biogas etc.)



17

## Mobile Messung



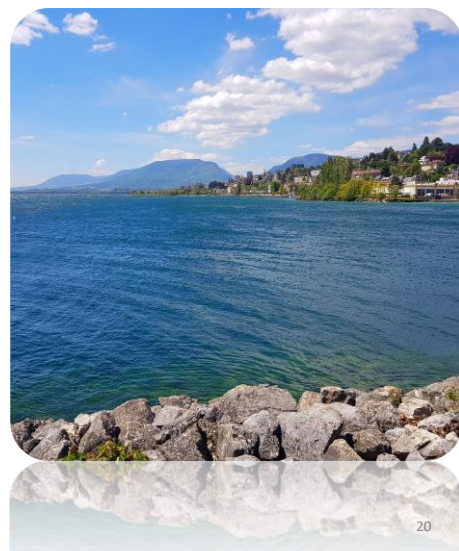
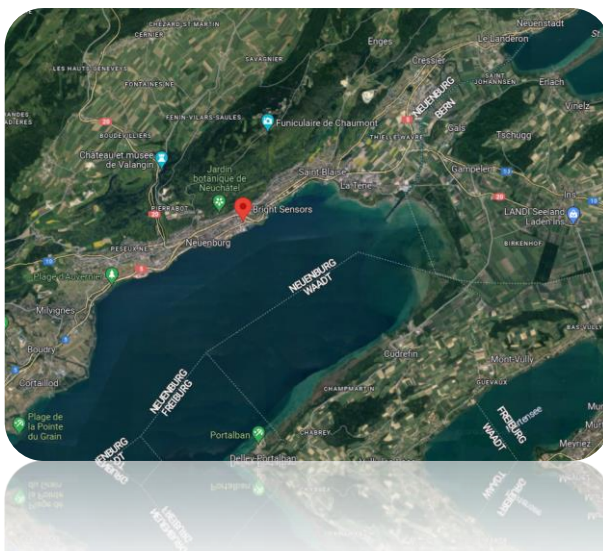
18

# Auswertung der Daten

The screenshot shows the Bright Sensors web interface for a session named 'Koblenz-1'. The session details include: Name: Koblenz-1, Number: 56, Device Name: smh-Energy#1 (1001000), Granularity: 1 sec, Start Time: 2023-03-07 07:05:59, End Time: 2023-03-07 07:09:25, Calculation Model: Standard, Reference Cond.: 25°C/0°C, and Unit: kWh/m³. Below the details is a table of reported values with columns for Measure Date Time, HL, H, WL, WS, p, p HL, Z, AFR, s AFR, MN, CO₂ %, H₂ %, dt FKO, pH (96), Timeconstant, and Transfer. The table contains 18 rows of data points.

19

Bright Sensors



20

# QUICK-CHECK FÜR ERDGASANLAGEN UND ERDGASANWENDUNGEN

Rechtlicher Rahmen, Betreiberverantwortung  
Quick-Check und Sicherheitsleitfaden Industrie

swb Services AG & Co.KG

Martin Huhn, Juni 2024



FÜR HEUTE. FÜR MORGEN. FÜR MICH.



HERAUSFORDERUNG MARKTRAUMUMSTELLUNG UND  
AUSWIRKUNGEN VON GASBESCHAFFENHEITSSCHWANKUNGEN AUF  
INDUSTRIELLE THERMOPROZESSANLAGEN



FÜR HEUTE. FÜR MORGEN. FÜR MICH.

## Sicherheit von Erdgasanlagen und -anwendungen



## Schwerpunkte sicherer Gasinfrastruktur



- Rechtliche Rahmenbedingungen
- Gasanlagen und Gasanwendungen
- Quick-Check – Auszüge
- Sicherheitsleitfaden

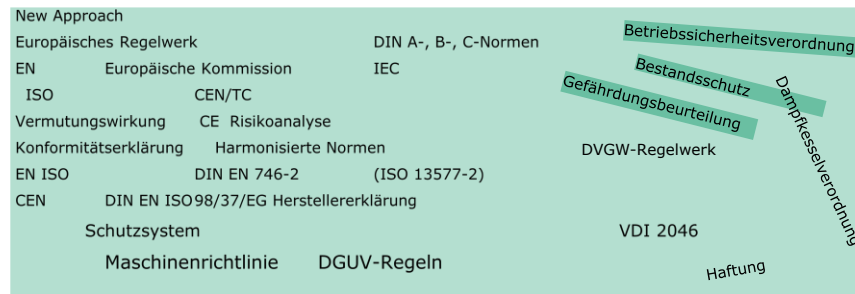
## Betriebliche Gasversorgung – Technisches Sicherheitsrecht

### Kernfragen

Welche Gesetze, Rechtsvorschriften und sonstige Bestimmungen regeln die Anforderungen an die Sicherheit von Gasanlagen auf Werkgelände?

Sind Gasanlagen auf Werkgelände überwachungsbedürftige Anlagen?

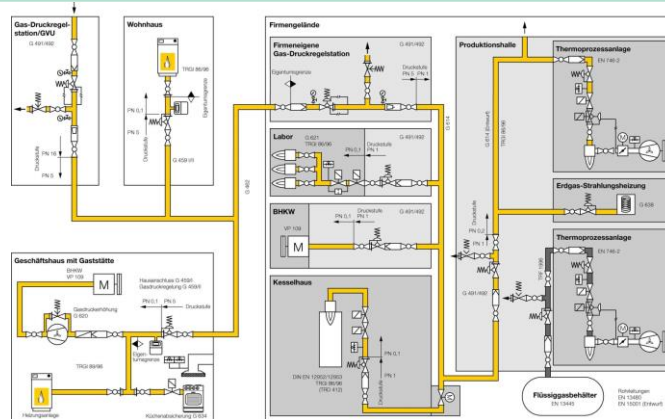
Wo gilt das DVGW-Regelwerk und wo nicht?



5

## Betriebliche Gasversorgung Gasfeuerungen an Thermoprozessanlagen

### Normen für die Errichtung von Gasanlagen



Quelle: Kromschroeder AG

Seite 6

## Betriebliche Gasversorgung auf Werksgelände

EnWG, BetrSichV, DVGW-Regelwerk, DIN EN 746-2

### Erfassung und Überprüfung von erd- und freiverlegten Gasleitungen auf Werksgeländen

Der Betreiber von Erdgasanlagen auf Werksgeländen ist für die Instandhaltung der Gasleitungen verantwortlich. Diese sind Energieanlagen gemäß § 3, Nr. 15 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) und unterliegen den technischen Regeln des Deutschen Vereines des Gas- und Wasserfachs e.V.



7

## Praxisbeispiele zur Betrachtung der Gassicherheit in Industrieunternehmen

"Gasdruckregelstrecke" als Einstellorgan ist ein Wasserhahn verbaut

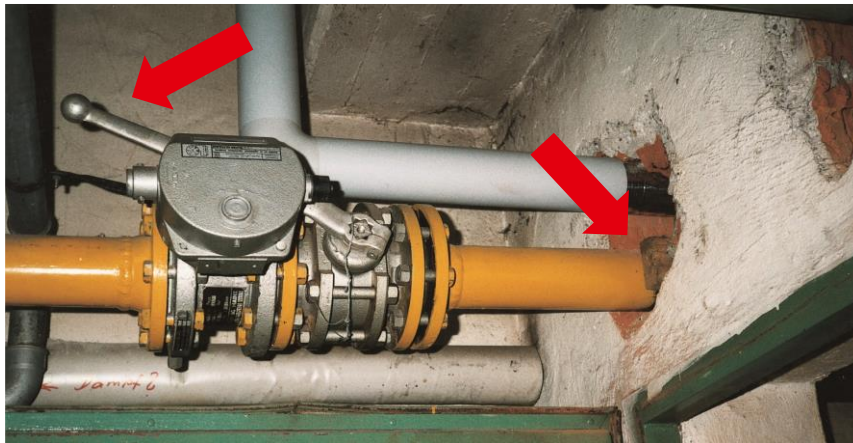


Folie 8



## Praxisbeispiele zur Betrachtung der Gassicherheit in Industrieunternehmen

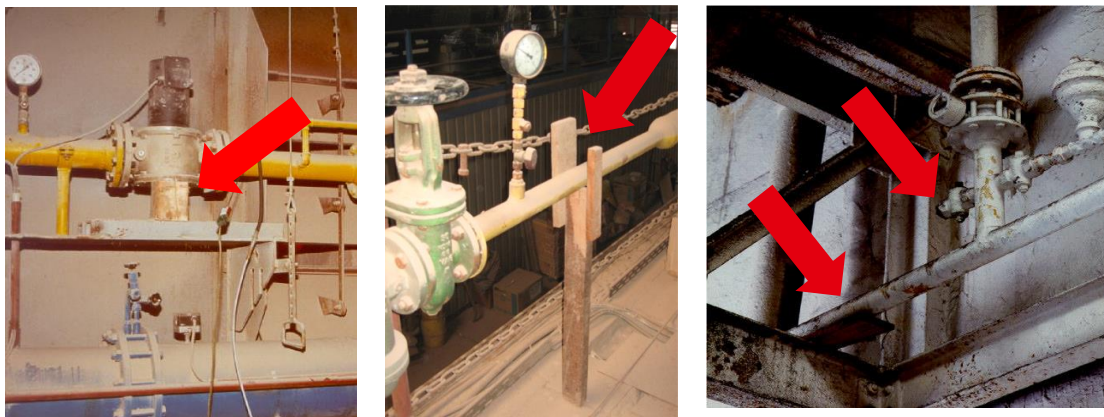
Nur eine „eingeschränkte“ Bedienung ist hier möglich



Folie 9

## Die betriebliche Gasversorgung bringt zahlreiche Anforderungen für Unternehmen mit sich

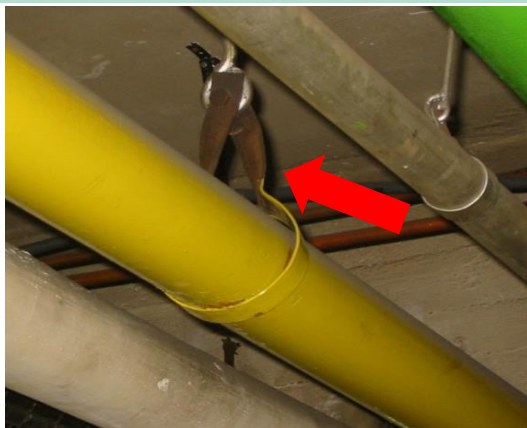
Armaturen- und Rohrbefestigungen sind nicht „ganz“ normgerecht ausgeführt



Folie 10

Anlagen und deren Anwendungen müssen nach aktuellen Vorschriften betrieben werden

Nicht fachgerechte Ausführung von Rohrschellen und Traversen



Folie 11

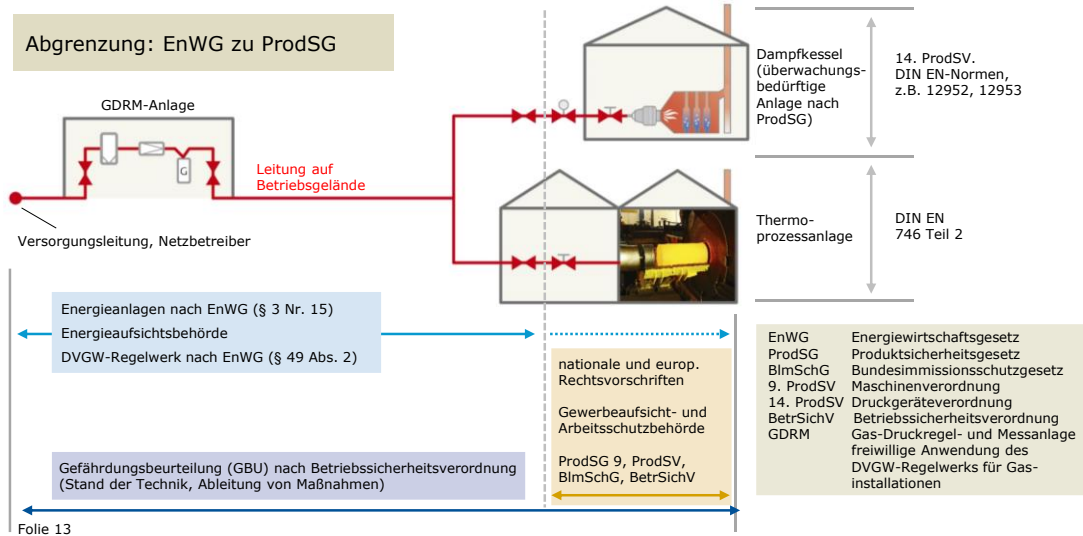
Sicherheitsanforderungen an Thermoprozessanlagen

Regelstrecke / Fehlender Rammschutz



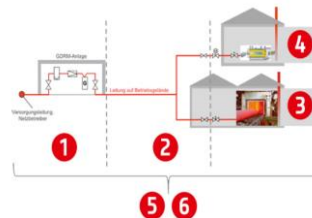
Folie 12

## Rechtliche Rahmenbedingungen



## Eine erste Prüfung ihrer Gassicherheit mit dem swb Quick-Check

- > Einfache, anonyme und kostenlose Beurteilung ihrer betrieblichen Gasversorgung
- > Fragen zu sechs verschiedenen Themenbereichen
- > Prinzip Multiple-Choice, 20-30 Fragen pro Thema
  - 1. Gas-Druckregel- und Messanlagen**
  - 2. Gasleitungen auf dem Werksgelände**
  - 3. Thermoprozessanlagen**
  - 4. Kesselanlagen**
  - 5. Arbeitsschutz**
  - 6. Betrieb von elektrischen Anlagen**
- > Unterteilung der Fragen in Themenschwerpunkte **Allgemeines, Dokumentation, Organisation, Qualifikation** und **technische Ausrüstung**.
- > Anschließende Bewertung des identifizierten Sicherheitsniveau



## Auszug aus Quick-Check

### Auszug aus dem Fragenkatalog:

- > Liegen aktuelle Prüf- und Wartungsprotokolle vor?
- > Ist der Zugang zur GDRM-Anlage im Notfall gesichert? (24h/7d)
- > Ist den mit den Arbeiten am Gasleitungsnetz betrauten Mitarbeitern die berufsgenossenschaftliche Regel "Arbeiten an Gasleitungen,, (DGUV Information 203-0290) bekannt?
- > Liegt eine vom Arbeitgeber erstellte Gefährdungsbeurteilung für die Anlage vor?

Folie 15

## Quick-Check-Fragestellungen im Bereich Betriebliches Leitungsnetz (1/2)

Kennziffer	Strukturnr.	Frage/Antwort	Gewichtungspkt	Bewertungsgruppe
BL	F1	Liegt ein aktuelles Planwerk/Dokumentation des Leitungsnetzes vor?		D
BL	F2	Werden durch den Betrieb eigenverantwortlich Wartungsarbeiten an den Gasleitungen durchgeführt?		O
BL	F3	Hält der Betrieb qualifiziertes Fachpersonal zur Durchführung der Arbeiten vor?		Q
BL	F4	Stehen aktuelle Regelwerksausgaben (DVGW Regelwerk) zur Verfügung?		D
BL	F5	Wird die Qualifizierung der betrauten Mitarbeitern durch regelmäßige Fortbildungsmaßnahmen sichergestellt?		Q
BL	F6	Sind die Mitarbeiter von der Geschäftsführung schriftlich benannt ?		D
BL	F7	Werden durchgeführte Wartungsarbeiten dokumentiert?		D
BL	F8	Werden die Gültigkeitsdaten von Zulassungskennzeichnungen überprüft?		O
BL	F9	Werden mit der Durchführung von Wartungsarbeiten externe Dienstleister beauftragt?		GF
BL	F10	Wird bei der Beauftragung externen Dienstleister die Qualifikation des Dienstleisters überprüft?		O
BL	F11	Liegen Qualifikationsnachweise der Dienstleister vor?		Q
BL	F12	Wird die Gültigkeit der Nachweise nachgehalten?		D
BL	F13	Liegen Managementprozesse zur Organisation/Verwaltung der Abfrageprozesse vor?		O
BL	F14	Wer errichtet Gasleitungen?		GF
BL	F15	Sind die Gasleitungen eindeutig am Rohrleitungsanstrich oder vergleichbarer Kennzeichnung erkennbar?		D
BL	F16	Liegt ein aktueller Rohrleitungsplan des Gasleitungsnetzes vor?		D
BL	F17	Wie oft wird das Leitungsnetz als Maßnahme der Sichtkontrolle durch einen Sachkundigen begangen?		D/O
BL	F18	Stimmen die Schieberkennzeichnung mit entsprechendem Eintrag im Planwerk überein?		D

Folie 16

## Quick-Check-Fragestellungen im Bereich Betriebliches Leitungsnetz (2/2)

Kennziffer	Strukturnr.	Frage/Antwort	Gewichtungspkt	Bewertungsgruppe
BL	F19	Notabschaltplan vorhanden?		D
BL	F20	Einbindung Betriebsfeuerwehr oder der öffentliche Feuerwehr		O
BL	F21	Ist die Erreichbarkeit und Bedienbarkeit der Schieber gewährleistet?		T
BL	F22	Wird die Funktion/Gängigkeit der Schieber regelmäßig geprüft ?		T
BL	F23	Ist eine innerbetriebliche Druckreduzierung vorhanden?		T
BL	F24	Wanddurchführungen von aussen nach Innenleitungen vorhanden?		T
BL	F25	Sind die Gasleitungen bei Mauerdurchführungen durch Schutzrohre (Mantelrohre) verlegt.		T
BL	F26	Ist ein elektrischer Potenzialausgleich (Erdung der Gasleitung) vorhanden?		T
BL	F27	Gewährleisten die verwendeten Rohrhalterung eine spannungsfreie, korrosionsfreie und sichere Lagerung		T
BL	F28	Sind Aussenleitung spannungsfrei für Längendehnungen gelagert.		T
BL	F29	Sind Gasleitungen in ausreichend belüfteten Kanälen, insbesondere Unterflurkanälen, verlegt?		T
BL	F30	Sind Leitungen bei Verlegesituationen im Bereichen von Kranbahnen oder Flurförderfahrzeugen gegen Beschädigung geschützt?		T
BL	F31	Sind erdverlegte Gasleitungen vorhanden?		GF
BL	F32	Wer überprüft erdverlegte Leitungen ?		O
BL	F33	In welcher Weise wird die betriebliche Leitungsdocumentation geführt?		D
BL	F34	Sehen Sie Bedarf für eine elektronisch basierte Leitungsdocumentation mit Komponentenverwaltung?		D

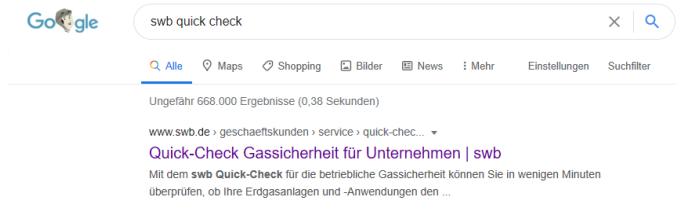
Folie 17

## Quick-Check-Fragestellungen im Bereich Thermoprozessanlagen

Kennziffer	Strukturnr.	Frage/Antwort	Gewichtungspkt	Bewertungsgruppe
TP	F1	Wann wurden die Thermoprozessanlagen in Betrieb genommen?		GF
TP	F2	Fällt die Anlage unter die Sicherheitsanforderungen der G610 oder EN 746?		GF
TP	F3	Liegt eine Risikobeurteilung nach DIN EN 1050 vor?		D
TP	F4	Verfügt die Anlage über eine CE-Kennzeichnung?		D
TP	F5	Ist für die Anlage eine Benutzerinformation durch den Hersteller vorhanden?		D
TP	F6	Ist die Benutzerinformation in Nähe der Anlage verfügbar und einsehbar?		D
TP	F7	Ist das Betriebspersonal mit Verhaltensweisen im Störfall vertraut?		D/O
TP	F8	Wurde das Betriebspersonal durch eine Einweisung des Herstellers mit der Anlage vertraut gemacht.		D/O
TP	F9	Ist eine Anlagenhistorie mit technisch relevanten Änderungen vorhanden. (Documentation)		D
TP	F10	Wird Anlagenwartung durch interne/externe Fachkräfte geleistet?		O
TP	F11	Wie wird das Fachpersonal geschult?		O
TP	F12	Wer führt Instandsetzungsmaßnahmen bei Störungen außerhalb regulärer Geschäftszeiten durch?		O
TP	F13	Wird Anlagenwartung durch ein qualifiziertes Fachunternehmen durchgeführt?		O
TP	F14	Wird Anlagenwartung durch qualifiziertes internes Fachpersonal durchgeführt?		O
TP	F15	Sind in der Ofenregelstrecke Geräte eingebaut, die unter die Druckgeräterichtlinie fallen?		T
TP	F16	Wird die Gasdruckregelstrecke von eingewiesenem Fachpersonal gewartet?		O/Q/D
TP	F17	Sind nicht ortsfeste Brenner (Handbrenner) in Sicherheitsüberprüfungen miteinbezogen?		D
TP	F18	Sind frei brennende Brenner mit Leistungen >50 kW mit einer Flammenüberwachung ausgerüstet?		T
TP	F19	Werden Zünd- und Aufheizvorgang der Ofenanlage überwacht (automatisch, manuell)?		T
TP	F20	Wer ist für die Gasanlagen an Thermoprozessanlagen zuständig?		O
TP	F21	Wird eine Verbrennungskontrolle durchgeführt?		T
TP	F22	Sind die Gasleitungen an Ofenanlagen durch gelben Anstrich oder Kennzeichnungen versehen?		D
TP	F23	Werden bei nicht ortsfesten Brennern zugelassene Gasschläuche verwendet?		T
TP	F24	Ist das Betriebspersonal mit dem Umgang rosarbener Verbindungen für die Gaszurrin (z.B. Schnellsteckverbindungen) vertraut?		Q

Folie 18

# Wie finden Sie den Quick-Check



<https://www.swb.de/quick-check>

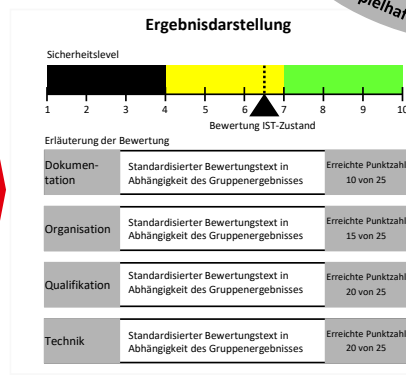


Folie 19

# Industriedienstleistungen Aufbau Sicherheits-Quick-Check

Fragen	Antworten / Kundenbewertung				
	1	2	3	4	5
1) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) .....	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6) .....	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
⋮					

schematisch



beispielhaft

- Einzelgewichtungen für Fragen und Antworten zur gezielten Priorisierung
- Einteilung/Codierung der Fragen in Bewertungsgruppen (Dokumentation, Organisation, Qualifikation, Technik)

- Differenzierte Analyse mittels Bewertungsgruppensystematik

Folie 20

## Auswertung der beantworteten Fragen

**Ihr identifiziertes Sicherheitsniveau**

Wir haben erhebliche Sicherheitsrisiken bei Ihnen festgestellt. Im Bereich der Gas-Druckregel- und Messanlagen sollten Sie vor allem die Regelungen im Energiewirtschaftsgesetz, sowie das DVGW-Regelwerk beachten. Wir haben Ihnen im Folgenden noch einige Erklärungshinweise zu Ihrer Beantwortung zusammengefasst. Diese finden Sie direkt unter den beantworteten Fragen. Aufgrund Ihres Ergebnisses empfehlen wir Ihnen eine persönliche Beratung zum Thema Gassicherheit. So haben Sie die Möglichkeit Ihr Ergebnis detailliert durchzusprechen und bei Bedarf können sich unsere Experten Ihre Anlagen direkt vor Ort anschauen. Auf der nächsten Seite steht Ihnen hierfür ein Kontaktformular zur Verfügung. Alternativ können Sie auch folgende URL kopieren: [www.swb.de/kontakt-gassicherheit](http://www.swb.de/kontakt-gassicherheit).

**Bewertung: 32.9 %**  
25/76 Punkten

1. Ist das Regelwerk des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches) bekannt?

- Ja  
 Nein

0/3 Punkten

Das Regelwerk des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches) stellt den anerkannten Stand der Technik für eine sichere Gasversorgung dar. Jeder Betreiber einer Gasleitung zum Transport von Erdgas sollte die ihn betreffenden Arbeitsblätter kennen und als aktuelle Ausgabe vorliegen haben. [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

8. Werden durchgeführte Inspektionen, Wartungen und Instandsetzungen dokumentiert?

- Ja  
 Nein  
 Weiß ich nicht

0/3 Punkten

Die Dokumentation von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten ist für die Aktualität der Dokumentation (z.B. Rohrleitungsplan) unerlässlich.

Folie 21

## Beratung Sicherheit Sicherheitsbeurteilung von Gasanlagen

**swb**

### Quick-Check Sicherheit

- Gas-Druckregel- und Messanlagen
- Betriebliches Gasleitungssystem
- Thermoprossanlagen
- Kesselanlagen
- Arbeitssicherheit

Ort: \_\_\_\_\_  
Datum: \_\_\_\_\_

Besuchte Firma: \_\_\_\_\_  
Straße: \_\_\_\_\_  
Ort: \_\_\_\_\_  
Verantwortlicher Mitarbeiter: \_\_\_\_\_

Teilnehmer der Werksbegehung: \_\_\_\_\_

Bearbeitung: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

### Werksbegehung

- Betriebliches Gasleitungssystem
- Thermoprossanlagen

Ort: Esven \_\_\_\_\_  
Datum: 05.16. März 2011 \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_  
Straße: \_\_\_\_\_  
Ort: \_\_\_\_\_  
Verantwortlicher Mitarbeiter: \_\_\_\_\_

Teilnehmer der Werksbegehung: Herr \_\_\_\_\_, Herr Gantersmann, Herr Radtjoh \_\_\_\_\_

Bearbeitung: \_\_\_\_\_ Ma 2011 \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Folie 22

## Technisches Sicherheitsmanagement (TSM)

### Nutzen für Industriebetriebe:

- > Haftungsrechtliche Entlastung des Betreibers von Gasanlagen auf Werksgelände
- > Klarstellung der rechtlichen Hintergründe
- > Verbesserung von Dokumentation und Organisation
- > Identifizierung erforderlicher Sicherheitsmaßnahmen
- > Abstellung vorhandener Defizite und Mängel

### Nutzen für Energieversorger:

- > Umsetzung der Sorgfallspflicht des Netzbetreibers zur Sicherheit des Gaseinsatzes beim Industriekunden

Folie 23

Stand 10.11.2005  
HGF La



Leitfaden zur Überprüfung der Aufbau- und Ablauforganisation sowie der technischen Sicherheit von Betreibern von Erdgasanlagen auf Werksgelände nach DVGW-Arbeitsblatt G 1010 „Anforderungen an die Qualifikation und die Organisation von Betreibern von Erdgasanlagen auf Werksgelände“

## Unser Leitfaden zur Gassicherheit



Folie 24



[swb - Leitfaden zur Gassicherheit](#)



## Betriebliche Gasversorgung

Erdgas ist ein besonders anwendungseffizienter und emissionsarmer Energieträger für die Industrie. Die Nutzung dieser Anwendungsvorteile muss aber Hand in Hand gehen mit einem hohen Sicherheitsstandard. Unser »Leitfaden zur Gassicherheit« bietet Industrieunternehmen ein fundiertes sicherheitstechnisches Fachwissen zum sicheren Einsatz von Erdgas. Er stellt ein umfangreiches Nachschlagewerk für alle dar, die mit der betrieblichen Gasversorgung betraut sind und bietet eine nützliche Arbeits- und Orientierungshilfe in der täglichen Praxis.

Aufbauend auf diesem Leitfaden haben wir einen kostenlosen und anonymen Quick-Check zur Erdgassicherheit entwickelt. Unter [swb.de/quick-check](http://swb.de/quick-check) können Sie die Sicherheit des Erdgaseinsatzes in Ihrem Betrieb überprüfen und so mögliche Sicherheitsrisiken direkt identifizieren.



Andreas Guntermann swb Gasumstellung GmbH	Malhar Kuntl Honeywell Process Solutions	Ralph Vollerthun Honeywell Kromschödder, Lötze
Stefan Hoffmann Hermann Sauerer GmbH, Cöbersdorf	Dr. Hans Pöggel BAC Maschinenbau GmbH	Florian Werner-Balfes swb Services AG & Co. KG
Christoph Heilacher Honeywell Kromschödder, Lötze	Karl Hermann Rudolph Sironix swb	Stefan Weiler Honeywell Kromschödder, Lötze
Stefan Kalkschek Schweiben Netz GmbH	Wolfgang Schödel Netze Osnabrück GmbH	
Klaus Kromer Honeywell Kromschödder, Lötze	Christoph Thullen TUV Süd Industrie Service GmbH	



[swb.de/quick-check](http://swb.de/quick-check)  
[swb.de/sicherheitsleitfaden](http://swb.de/sicherheitsleitfaden)

FÜR HEUTE. FÜR MORGEN. FÜR MICH.

Folie 25

## Der swb-Leitfaden zur Gassicherheit, Inhalte im Überblick

### Rechtlicher Rahmen

- Rechtliche Grundlagen
- Zulassung gastechnischer Produkte/ CE-Kennzeichnung
- Bestandsschutz
- Haftungsfragen
- Qualifikation und Weiterbildung

### Gas-Druckregel- und Messanlagen

- Ausführungsvarianten und Anlagen-Komponenten
- Planung der Anlagen
- Herstellung und Inbetriebnahme
- Betrieb und Instandhaltung
- Gasexpansionsanlagen

### Das betriebliche Gasleitungsnetz

- Technische Regeln und Normen
- Planung, Errichtung und Betrieb
- Werkstoffe, Verbindungen
- In- und Außerbetriebnahme
- Dokumentation
- Instandhaltung, Dichtheitsprüfung

### Industrielle Gasfeuerungen Grundlegende Anforderungen

- Komponenten -Vorschriften
- Genehmigungsverfahren
- Öfen, Erwärmungsanlagen, Brenner und Industriekessel

### Gasfeuerungen an industriellen Thermoprozessanlagen Sicherheitsanforderungen

- Europäische Normen
- Gas- und Luftverteilungssysteme
- Zwingend vorgeschriebene Sicherheitsausrüstung
- Steuer- und Schutzsysteme
- Kennzeichnung und Dokumentation
- Betriebsanleitung, Personalunterweisung

### Arbeitsschutz

- Arbeitssicherheit beim Betrieb von Gasanlagen
- Gefährdungsbeurteilungen
- Unterweisungshilfen

### Zusammenfassung wichtiger Verordnungen, Richtlinien und technischer Regeln



Folie 26

## Wie finden Sie den Sicherheitsleitfaden



<https://www.swb.de/sicherheitsleitfaden>



Folie 27

## Wir arbeiten mit ... (Auszug)



Folie 28

## Weitere Info



EUROPÄISCHE NORM **EN 746-2**  
 EUROPEAN STANDARD  
 NORME EUROPÉENNE  
 Mai 2010  
 ICS 25.180.01 Ersatz für EN 746-2:1997

Deutsche Fassung  
**Industrielle Thermoprozessanlagen —  
 Teil 2: Sicherheitsanforderungen an Feuerungen und  
 Brennstoffführungssysteme**  
 Industrial thermoprocessing equipment —  
 Part 2: Safety requirements for combustion and fuel  
 handling systems  
 Équipements thermiques industriels —  
 Partie 2: Principales de sécurité concernant la  
 combustion et la manutention des combustibles

Fachartikel  
 „Sicherheitsrisiko  
 Gasversorgung“



6/2021



Folie 29

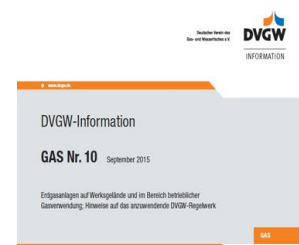
## Betriebliche Gasversorgung auf Werkgelände

Nach der **Betriebssicherheitsverordnung** ist der Anlagenbetreiber für den sicheren Betrieb seiner Anlage verantwortlich und steht damit in der Pflicht, alle dafür notwendigen Vorkehrungen zu treffen.

Dies erfordert ggf.

entsprechende Maßnahmen, damit ein sicherer und bestimmungsgemäßer Betrieb der Anlage auch nach der Umstellung gewährleistet ist.

auf H-Erdgas



Folie 30

---

Herzlichen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!

Andreas Guntermann  
swb Services AG & Co. KG  
Theodor-Heuss-Allee 20  
28215 Bremen

M +49 173 5685376  
[andreas.guntermann@swb-gruppe.de](mailto:andreas.guntermann@swb-gruppe.de)

[swb.de](https://www.swb.de)



**swb**  
FÜR HEUTE. FÜR MORGEN. FÜR MICH.

# Experimentelle Aktivitäten zur Brenner- technik für Gasturbinen (insbesondere Flugzeugtriebwerke) für flüssige Brenn- stoffe oder Wasserstoff

Dr.-Ing. Stefan Harth, Engler-Bunte-Institut am KIT

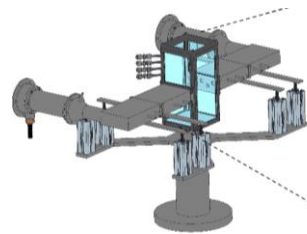
## Zusammenfassung

Die Forschungsarbeiten des EBI am KIT umfassen ein weites Spektrum verschiedenster Verbrennungstechnologien. Neben optimierter Wasserstoffverbrennung stehen alternative Einsatzstoffe wie Eisenstaub oder Schwefel im Fokus.

## Brennertechnik für Gasturbinen / Flugzeugtriebwerke: Wasserstoffverbrennung in RQL-Brennkammern

ASUE-EK, 12. Juni 2024

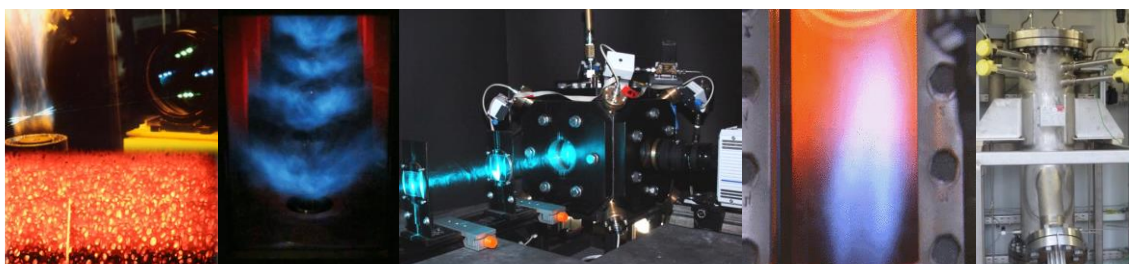
Maurus Bauer, Stefan Harth, Dimosthenis Trimis



KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

[www.kit.edu](http://www.kit.edu)

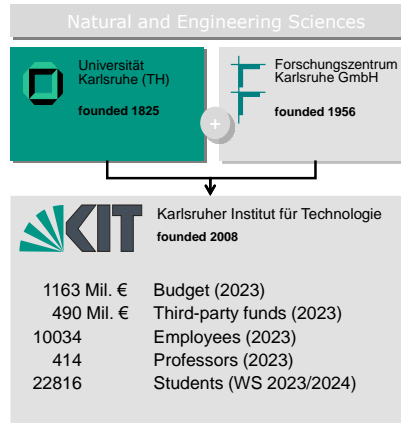
## Einleitung: KIT und DVGW Forschungsstelle am EBI



KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

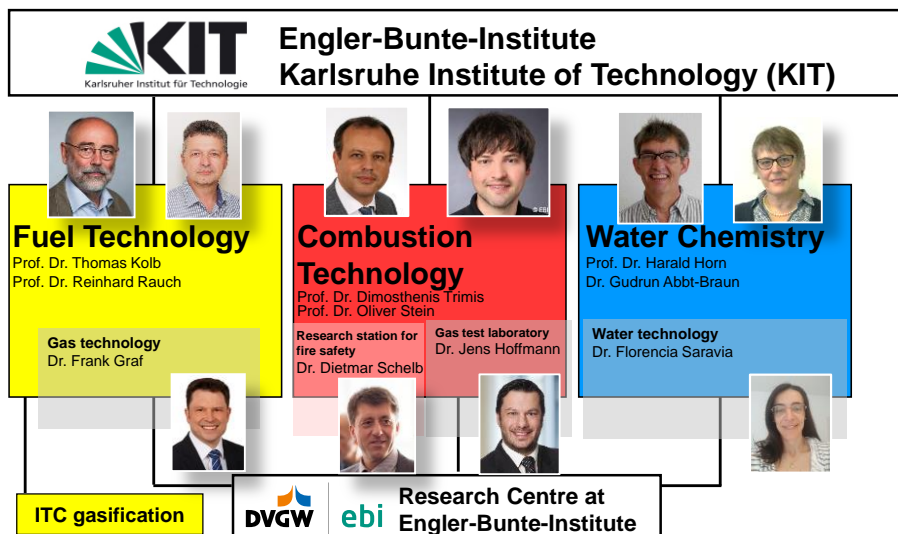
[www.kit.edu](http://www.kit.edu)

## University, KIT and Engler-Bunte-Institute



The **Engler-Bunte-Institute** is one of the largest institutes and represents a considerable part of the faculty of chemical and process engineering

## Engler-Bunte-Institute

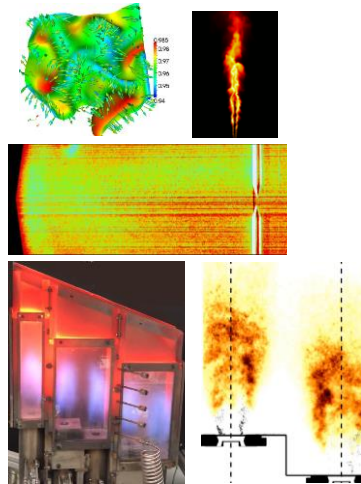


## Combustion Technology

Prof. D. Trimis (Chair for Combustion Technology)  
 Prof. O. Stein (Chair for Simulation of Reacting Thermo Fluid Systems)  
 "in retirement": Prof. N. Zarzalis, Prof. H. Bockhorn

### Basic & Applied Research Topics

- Laminar flame speed
- Turbulence / chemistry interaction
- Ignition processes
  
- Combustion modelling
- Two-phase-flow modelling
- Reaction mechanisms
- Formation of pollutants (NO<sub>x</sub>, CO, UHC, soot)
- Combustion stability limits
  
- Swirl stabilized flames
- Combustion in porous media
- Combustion/reforming in fuel cell systems
- Various industrial burners / combustion systems
- Renewable energy storage / conversion

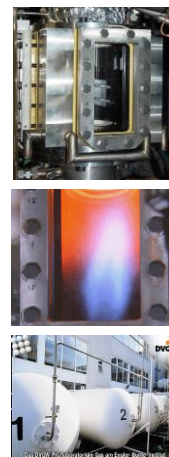


5 18.06.2024 ASUE-EK

Engler-Bunte-Institut | Verbrennungstechnik

## Technical Equipment / Infrastructure

- High-pressure combustion test facilities with a thermal load of up to 0.5 MW
  - air flow 150 g/s at pressures up to 20 bar
  - air-preheaters: 180 kW (up to 750 K)
- Test rig for ignition at altitude reight conditions
  - Absolute pressure 0.3 – 1 bar, -20°C
- Various air- and water cooled combustion-tests rigs
  - air-flow up to 5000 m<sup>3</sup>N/h at 50 kPa
- Atomization tests rigs suitable for
  - Pressure-, Airblast- and Rotary Atomizers
- Various burner systems for different model flames
  - Heat Flux, Counter Flow / Closed Vessel / McKenna
- Infrastructure for gaseous, liquid and solid fuels
  - liquid-fuels with tank-capacities up to 16 m<sup>3</sup>
  - gas storage tank system for providing precise gas compositions
  - advanced seeding systems for solid fuels / metal powder



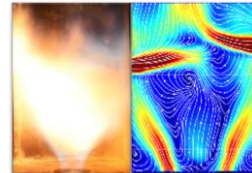
6 18.06.2024 ASUE-EK

Engler-Bunte-Institut | Verbrennungstechnik



## Experimental Capabilities

- Velocity Measurement Methods
  - Laser Doppler Anemometry (LDA), 3 velocity components
  - Particle imaging velocimetry (PIV), high speed
- Two-Phase Flows characterisation
  - Phase Doppler Anemometry (PDA)
  - Shadowgraphy system with far field microscope
- Reactive flow characterisation
  - Laser Induced Fluorescence (LIF), high speed
  - OH\*, CH\* chemiluminescence, high speed
  - Gas Chromatography / Mass Spectroscopy
  - Scanning Mobility Particle Sizer (SMPS)
  - Laser Induced Incandescence (LII)
  - Laser Extinction
  - Tunable diode Laser Absorption Spectroscopy (TDLAS)
  - Schlieren technique
  - Exhaust probe measurements



RQL combustion / PIV

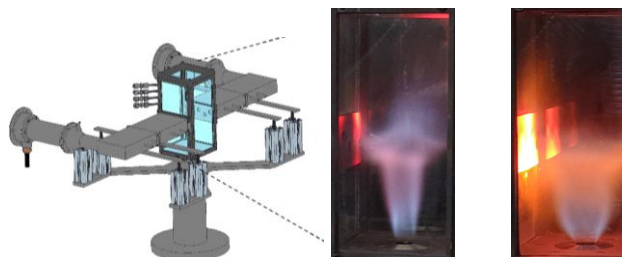


LDA in Turbulent Reactive Flow



Laser Extinction

## Experimentelle Untersuchung von Wasserstoffverbrennung in RQL-Brennkammern



## Motivation

Betrieb von Gasturbinen (mobil oder stationär) mit  $H_2$  anstatt Kerosin oder Erdgas:

- Keine  $CO_2$ -Emissionen
- Keine Emissionen von Feinstaub
- Luftfahrt:
  - Potential für reduzierte  $NO_x$ -Emissionen
  - Reduzierte Bildung von Kondensstreifen (trotz mehr  $H_2O$  im Abgas) aufgrund fehlender Feinstaubemissionen

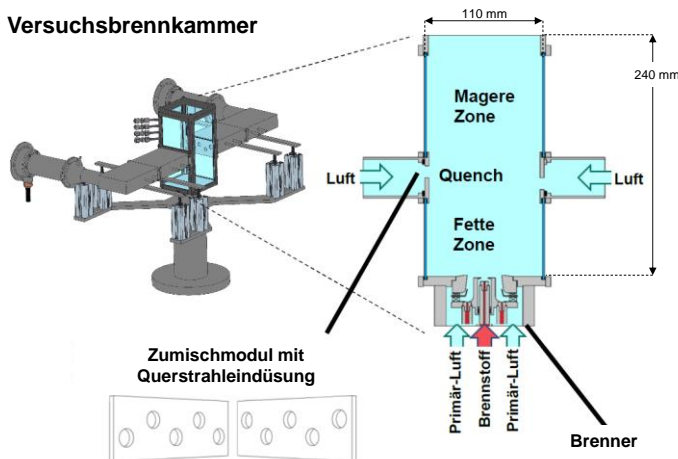
### Zielstellung:

Entwicklung von emissionsarmen Brennerkonzepten für  $H_2$  für moderne Flugzeugtriebwerke mit RQL-Verbrennungskonzept (Rich-Quench-Lean)

➔ Potential der Nachrüstbarkeit bestehender Flugzeugtriebwerke (Retrofit)?

## RQL – Brennkammer für $H_2$

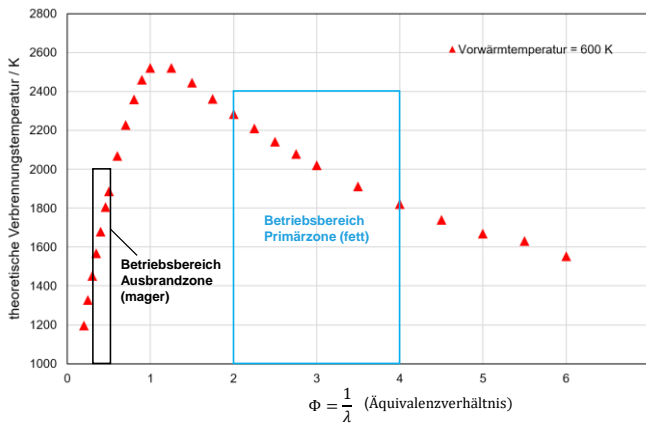
### Versuchsbrennkammer



### Entwicklung flugantriebstauglicher $H_2$ -Brennerdüsen für RQL Brennkammern

- Querstrahleindüsung und Brennerdüse sind separat regelbar bezüglich Massenstrom und Einlass-Lufttemperatur bis 600 K
- Gekühlte Brennstofflanze:  $H_2$  ca. 300 K
- Leistungen bis ca. 130 kW
- Leistungsdichten bis ca. 54 MW/m<sup>3</sup>

## Auslegung des RQL Brennerkonzeptes



### Randbedingungen Auslegungspunkt

- Einlasstemperaturen:
  - H<sub>2</sub>: ca. 300 K → gekühlte Brennstofflanze
  - Luft: ca. 600 K → Vorwärmung

- Maximaltemperatur am Brennkammerauslass:

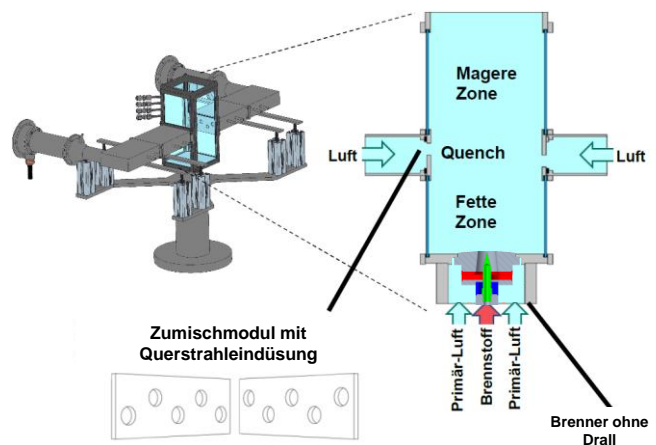
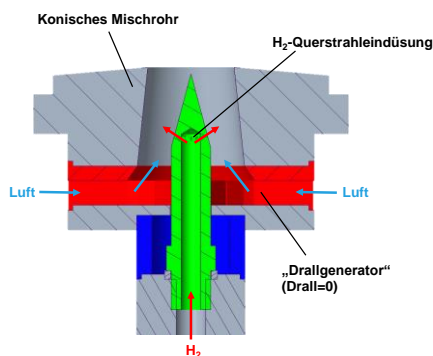
Flugzustand	Turbineneintritts-temperatur / K [1]	$\phi_G$
Take-Off	1800	0,46
Ende Steigflug	1575	
Beginn Reiseflug	1450	0,30

- Auslegungspunkt:

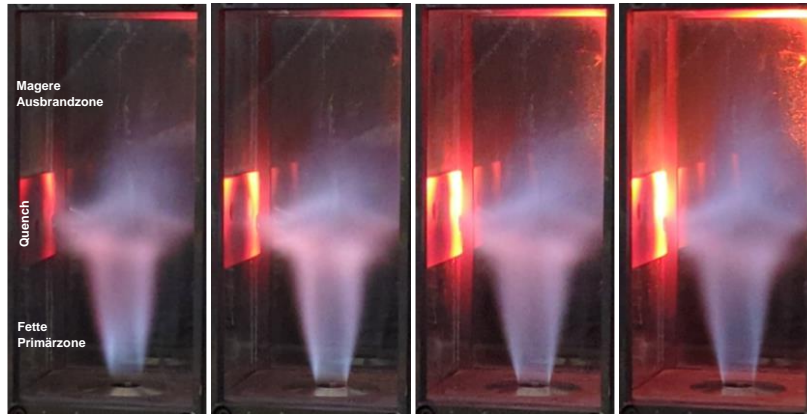
Primärzone		
$\phi_p$ :	4,00	2,00
T:	1820 K	2285 K
Quench		
$\phi_G$ :	0,46	0,30
T:	1800 K	1450 K

[1] Bräunling (2015)

## Brennerdüse ohne Drall



## Ergebnisse – Brenner ohne Drall



$\Phi_{\text{primär}} = 2,23$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,29$

$\Phi_{\text{primär}} = 2,55$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,33$

$\Phi_{\text{primär}} = 2,93$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,38$

$\Phi_{\text{primär}} = 3,34$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,44$

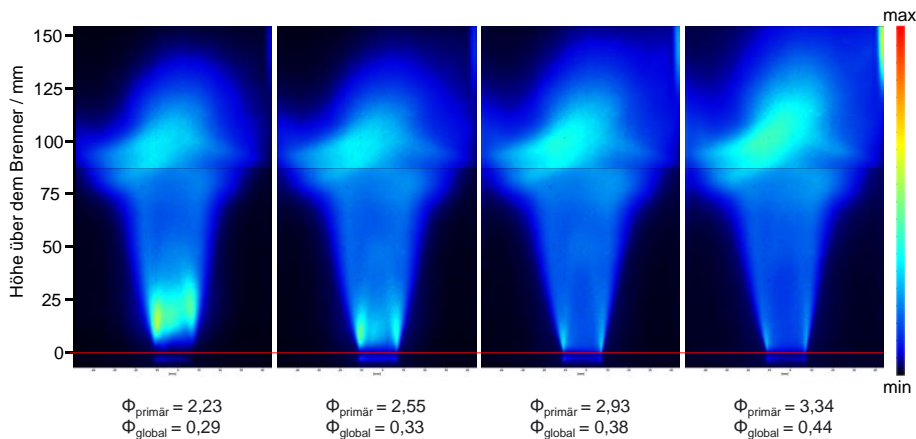
### Betriebsbedingungen:

- > Massenstromverhältnis von Quench/Primärluft: ca. 6,6
- > Vorwärmung Primärluft: ca. 300 °C
- > Quenchluft: ca. 34 °C
- > H<sub>2</sub>: ca. 30 °C
- > Relative Luftdruckdifferenz über Düse: ca. 3,3 %

13 12.06.2024 ASUE-EK

Engler-Bunte-Institut | Verbrennungstechnik

## OH\* Chemilumineszenz – Brenner ohne Drall



$\Phi_{\text{primär}} = 2,23$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,29$

$\Phi_{\text{primär}} = 2,55$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,33$

$\Phi_{\text{primär}} = 2,93$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,38$

$\Phi_{\text{primär}} = 3,34$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,44$

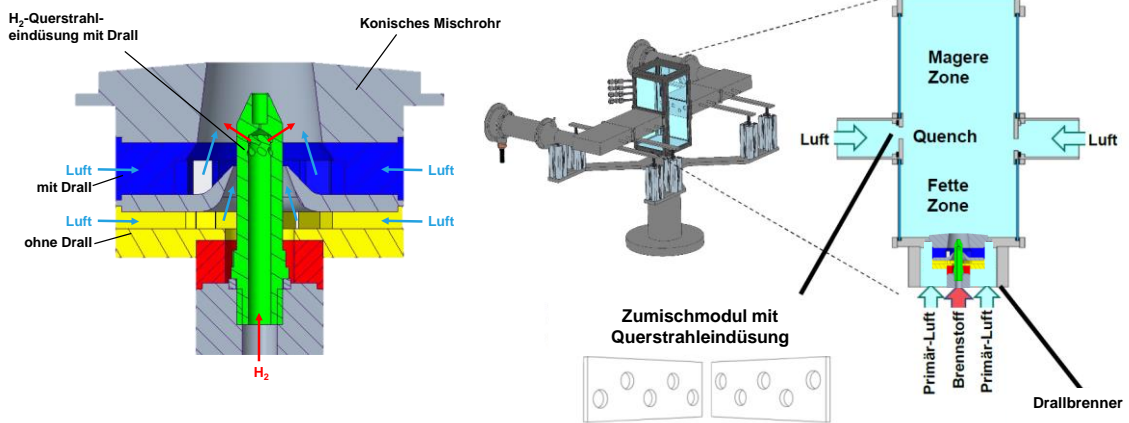
### Chemilumineszenz:

- > Mittelung über 300 Einzelbilder (Aufnahmefrequenz = 50 Hz)
- > Bandpassfilter
  - > Zentralwellenlänge: 320 nm
  - > Halbwertsbreite: 40 nm

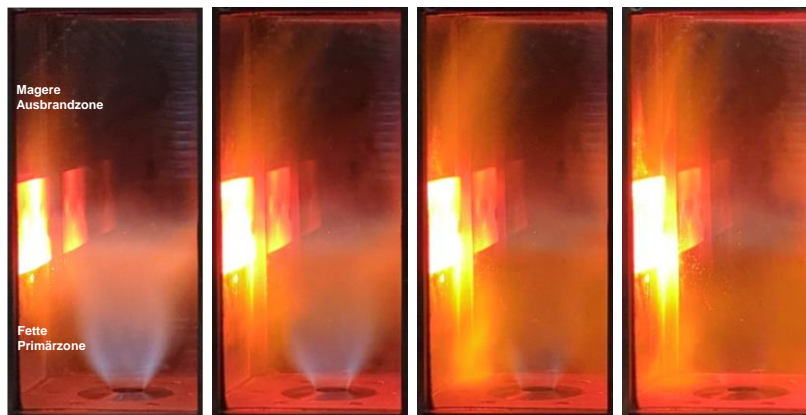
14 12.06.2024 ASUE-EK

Engler-Bunte-Institut | Verbrennungstechnik

## Brennerdüse mit Drall



## Ergebnisse – Drallbrenner



$\Phi_{\text{primär}} = 2,25$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,30$

$\Phi_{\text{primär}} = 2,52$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,33$

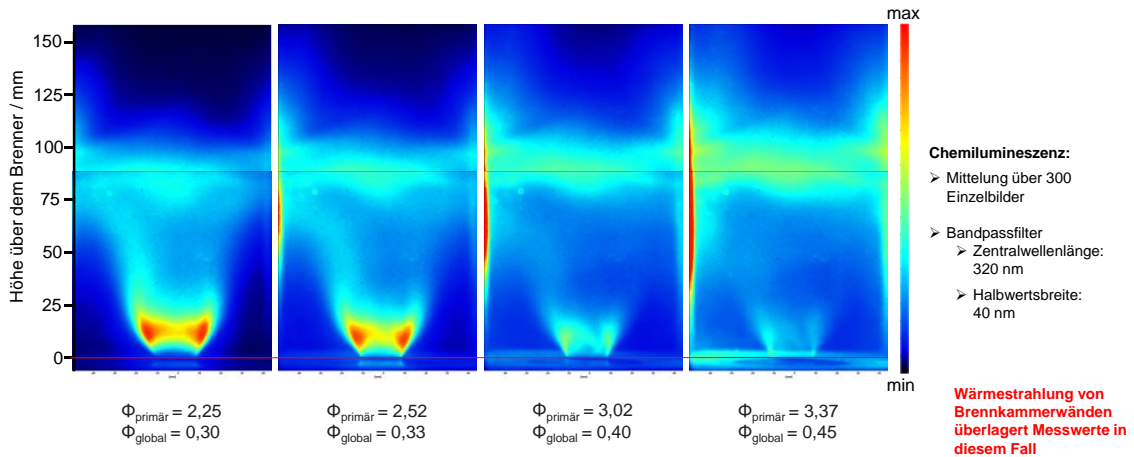
$\Phi_{\text{primär}} = 3,02$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,40$

$\Phi_{\text{primär}} = 3,37$   
 $\Phi_{\text{global}} = 0,45$

### Betriebsbedingungen:

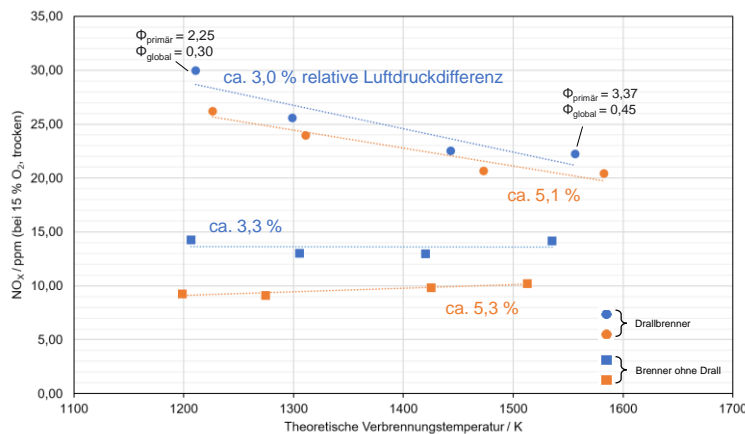
- > Massenstromverhältnis von Quench/Primärluft: ca. 6,6
- > Vorwärmung Primärluft: ca. 300 °C
- > Quenchluft: ca. 30 °C
- > H<sub>2</sub>: ca. 30 °C
- > Relative Luftdruckdifferenz über Düse: ca. 3,0 %

## OH\* Chemilumineszenz – Drallbrenner



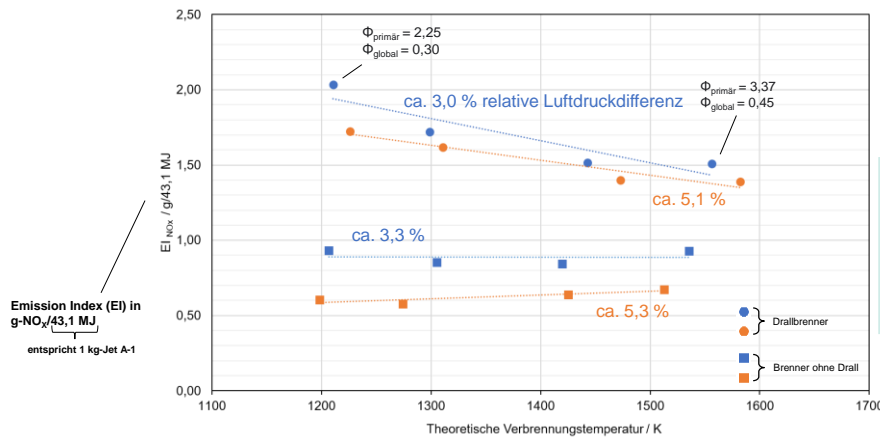
## NO<sub>x</sub>-Emissionen

normiert für 15 % O<sub>2</sub>, trocken



## NO<sub>x</sub>-Emissionen in Bezug auf frei werdende Energie

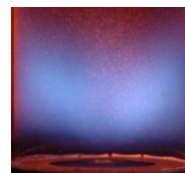
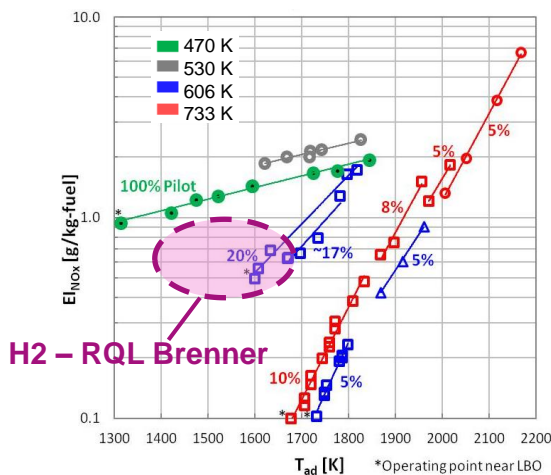
bzw. Angabe äquivalent zu Emission Index für Luftfahrt in g-NO<sub>x</sub> / kg-Jet A1 entspricht g-NO<sub>x</sub> / 43,1 MJ



Niedrigere NO<sub>x</sub> Emissionen im Vergleich zu typischen RQL Brennkammern für Flugzeugtriebwerke mit Kerosin (p = 1 atm):  
 $1,55 \frac{g}{kg} < EI_{NO_x} < 5 \frac{g}{kg}$  [2]

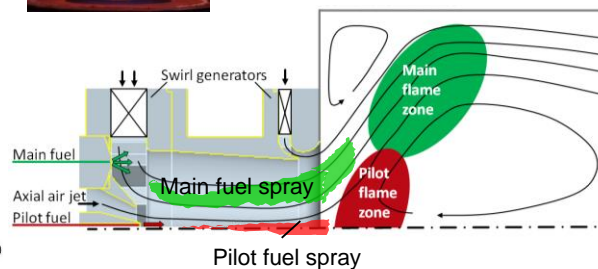
[2] Zarzalis et al., AIAA 92-3339 (1992)

## NO<sub>x</sub>-Vergleich zu mageren Brenner (Kerosin Jet-A1)



### Magerer Brenner\*

- Mit sehr guter Vormischung / Vorverdunstung durch Mischrohr
- Abgehoben brennend



\*S. Harth, N. Zarzalis, H.-J. Bauer und F. Turini, Evaluation of a Piloted Lean Injection System in Terms of Emission Performance and Flame Structure at Elevated Pressure, in Proceedings of ASME Turbo Expo 2013, San Antonio, USA, GT2013-94371, (doi:10.1115/GT2013-94371).

## Zusammenfassung

- Auslegung zweier H<sub>2</sub>-Brennerdüsen (Brenner ohne Drall & Drallbrenner)
- Stabile, d.h. rückschlagsfreie H<sub>2</sub>-Verbrennung in beiden Brennerkonfigurationen
- RQL Brennerkonzept ermöglicht weiten Betriebsbereich
- Geringere Flammenlänge bei Drallbrenner → Potential für kürzere Brennkammer
- Niedrige NO<sub>x</sub> Emissionen (im Vergleich zu RQL-Brennern mit Jet-A1)

## Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) für die Förderung des Projektes (Förderkennzeichen: 03EE5137C).

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**



## Herausgeber

ASUE im DVGW e. V.  
Robert-Koch-Platz 4  
10115 Berlin

Telefon 030 / 22 19 13 49-0  
info@asue.de  
[www.asue.de](http://www.asue.de)

Tagungsband zum ASUE-Expertenkreis 2024