



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

Begrüßung und Werksführung: Palm Papierfabrik Wörth Andreas Wirth, Palm	<u>Seite 4</u>
Begrüßung und Einleitung Dietmar Jelinek, Bayerngas Energy GmbH	<u>Seite 11</u>
ASUE-Bericht: Aktivitäten und Energiepolitik Thomas Wencker, ASUE im DVGW e.V.	<u>Seite 15</u>
Gasmarkt aktuell Dietmar Jelinek, Bayerngas Energy GmbH	<u>Seite 23</u>
Update CO₂-Emissionshandel Rainer Sternkopf, Umweltbundesamt (UBA), Fachgebietsleiter Energiewirtschaft, Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)	<u>Seite 31</u>
Standortentwicklung der KMW AG – Planung eines neuen GuD-Kraftwerks Jens Voigt, Mainzer Stadtwerke	<u>Seite 38</u>
Aktuelle Gasturbinenprojekte des DLR Dr. Peter Kutne, Deutsches Institut für Luft und Raumfahrt (DLR), Institut für Verbrennungstechnik, Leiter der Abteilung Gasturbinen	<u>Seite 56</u>
Das DVGW-TK „Industrie und Kraftwerke“ Sophia Hayen, DVGW e. V.	<u>Seite 73</u>
Industrielles Online-Monitoring an Gasentspannungsanlagen Norbert Gomolla, DMT GmbH & Co. KG	<u>Seite 79</u>
Gasbeschaffenhheitsüberwachung für KWK-Anlagenbetreiber Martin Huhn, SWB Services GmbH	<u>Seite 90</u>
Experimentelle Aktivitäten zur Brenntechnik für Gasturbinen für flüssige Brennstoff oder H₂ Dr.-Ing. Stefan Harth, EBI am KIT	<u>Seite 84</u>

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

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

Andreas Wirth, Palm

Zusammenfassung

Die 1872 in Aalen gegründete Papierfabrik Palm stellt in ihrem Werk Wörth Verpackungspapiere her, wobei das Einsatzmaterial ausschließlich aus Altpapier besteht.

Die aus der Verarbeitung der Recyclingstoffe anfallenden Abfälle werden im eigenen Heizkraftwerk zusammen mit denen aus den Werken Aalen und Eltmann zur Dampferzeugung thermisch verwertet. Die Dampferzeugung aus den beiden Wirbelschicht-Festbrennstoffkesselanlagen ist mittlerweile so hoch, dass die im Heizkraftwerk Wörth installierte Gasturbinenanlage nur noch in den Hochlastzeiten des örtlichen Stromnetzbetreibers zum Einsatz kommt. Der in der Anlage erzeugte Strom wird vollständig in das Netz des Stromnetzbetreibers eingespeist. Darüber hinaus wird am Standort eine Kläranlage für die Abwasserbehandlung betrieben, das entstehende Bio-(Klär-)gas auf Erdgasqualität aufbereitet und in eine am Werk vorbeiführende Hochdruckgasleitung eingespeist.



Firmenpräsentation

Über 150 Jahre alt



Unser Unternehmen

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

Werksgelände in den Gründerjahren

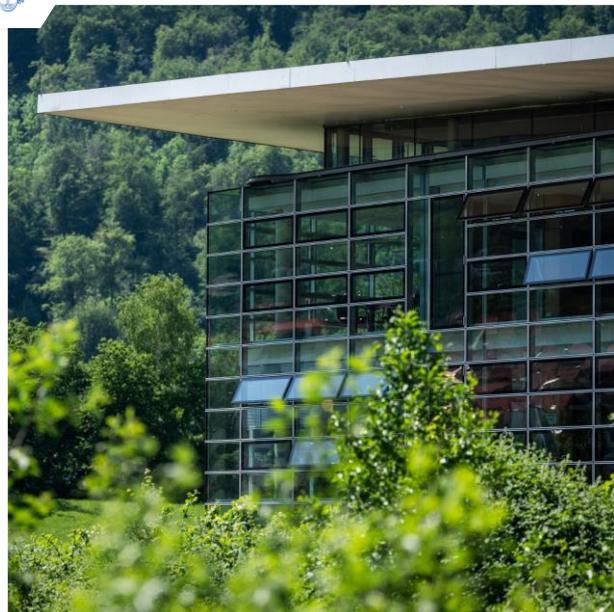


Seite 3



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



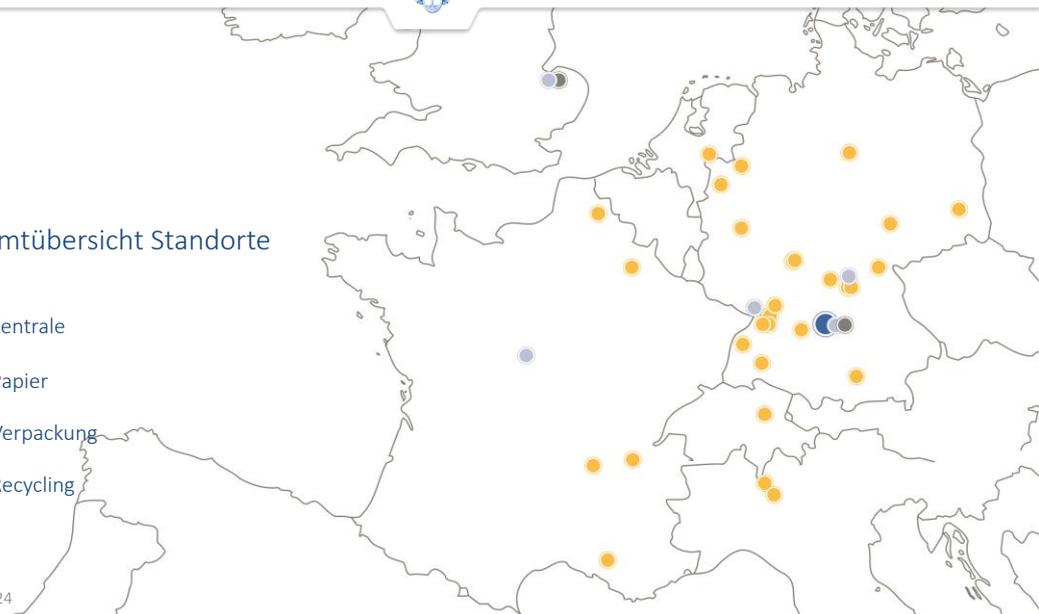
Seite 5 | 2024

PALM



Gesamtübersicht Standorte

-  Zentrale
-  Papier
-  Verpackung
-  Recycling



Seite 6 | 2024

PALM Papierfabriken



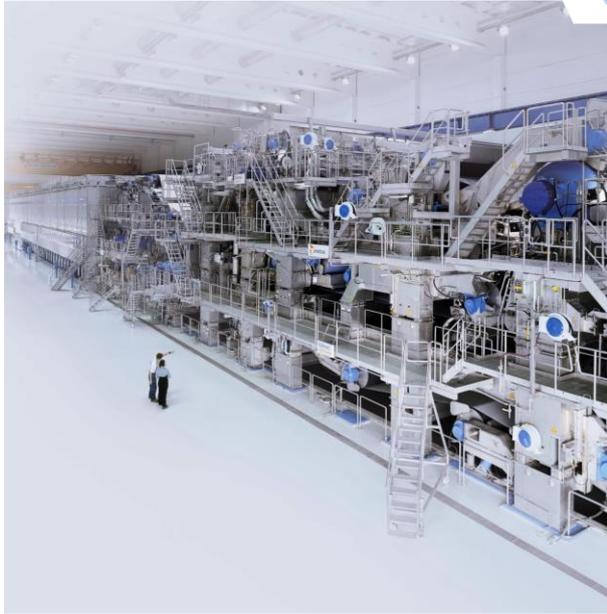
- 7 Papiermaschinen in Europa
- 950.000 t Zeitungsdruckpapier
- 1.740.000 t Wellpappenrohpapier



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/m²
- 100 % Altpapier

Unsere Kernkompetenzen



Wellpappe



Display

Verpackungen

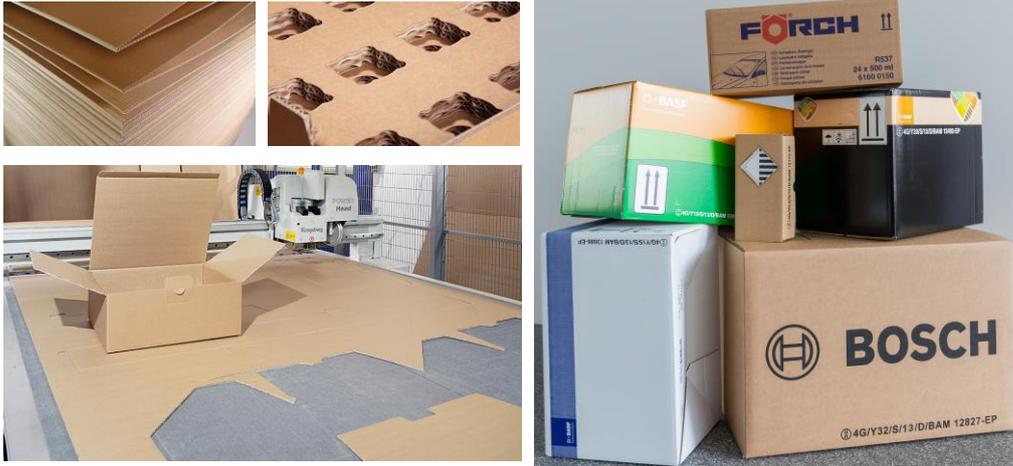


Beratung

Druck



Service



Seite 11 | 2024



Papier hat Zukunft!

Begrüßung und Einleitung

Dietmar Jelinek, Bayergas Energy GmbH

Zusammenfassung

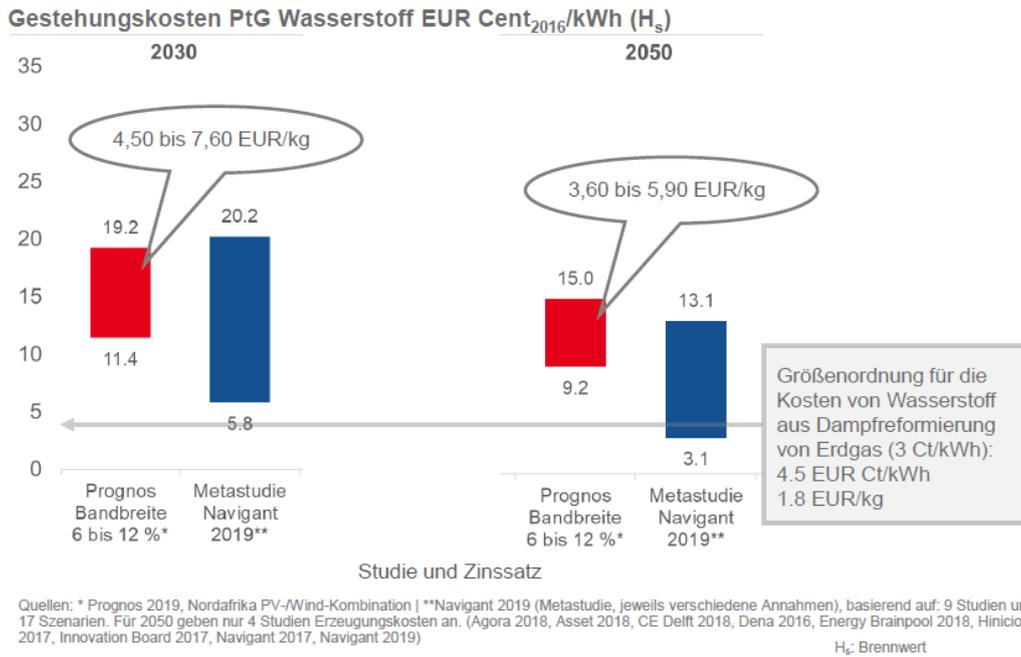
Dietmar Jelinek gab in seinem Vortrag eine Vorschau auf den zukünftigen Einsatz von Gasturbinen. Das Einsatzfeld von Gasturbinen wird sich zukünftig mehr auf Anwendungen mit hohen Prozesstemperaturen verlagern, Fernwärmenetzbetreiber mit Warm-/Heißwassernetzen setzen zunehmend Motoren mit höheren elektrischen Wirkungsgraden ein.. 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

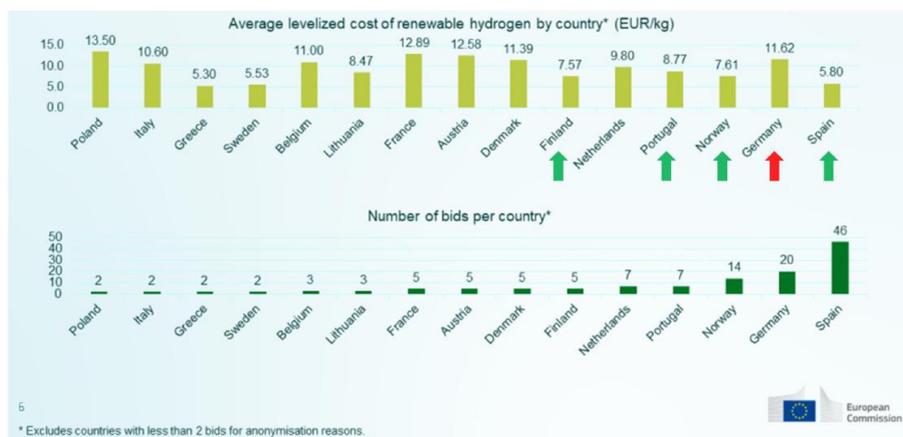
Angebotsförderung

Europäische Wasserstoffbank (März 2023)

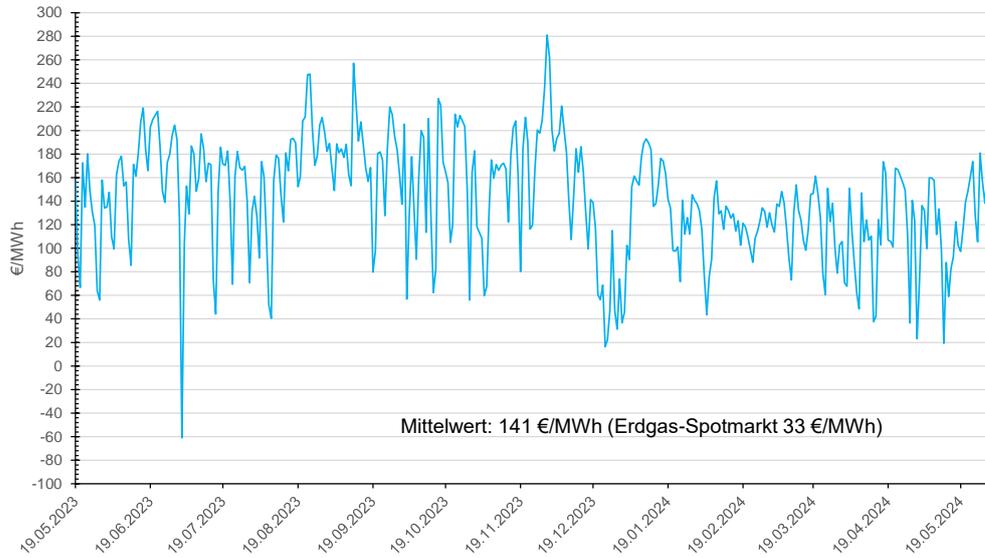
Angebotsseitige Auktionen zur Zuweisung fester Prämienzahlungen an Produzenten von erneuerbarem Wasserstoff in der EU

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 H₂-Einsatz wieder interessant?
- Emissionsverhalten (DLE, Low NO_x-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 – CO₂-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



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>Moderation</p> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Thomas Wencker</p> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <p>Stefan Liesner</p> </div>	<p>Wasserstoffnetzplanung: Das passiert gerade</p> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Philipp Ginsberg</p> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px;"> <p>Dr. Dieter Franke</p> </div>
--	--

KWK mit W²: Wasserstoff und Wärmepumpe

Weißer Wasserstoff: Entstehung, Vorkommen & Potenziale

- 700 Anmeldungen
- Aufzeichnung auf YouTube im ASUE-Kanal ([ASUE e. V. – YouTube](#))

Weitere aktuelle Arbeitskreistermine



- 26./27. Juni in Hohenwart bei Ingolstadt: AK IEA
 - Besichtigung: Umstellung Ortsnetz auf 100 % H₂
 - Themen: H₂-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 „H₂ 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 „H₂ 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

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 CO₂-Preises steigt weiter an und liegt im Rahmen des EU ETS heute bei 70 bis 80 € pro Tonne CO₂.

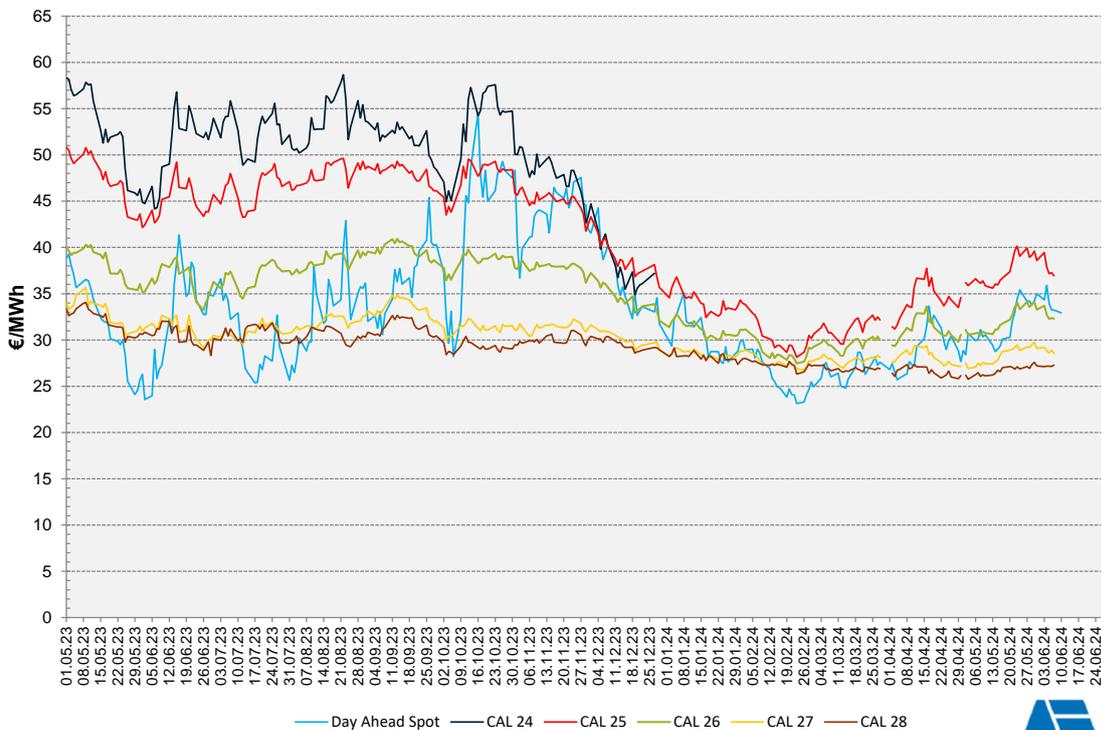
ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik 12. Juni 2024, Karlsruhe

Gasmarkt aktuell

Dietmar Jelinek, 12.06.2023

Seite 1

Preisentwicklung Erdgas am THE



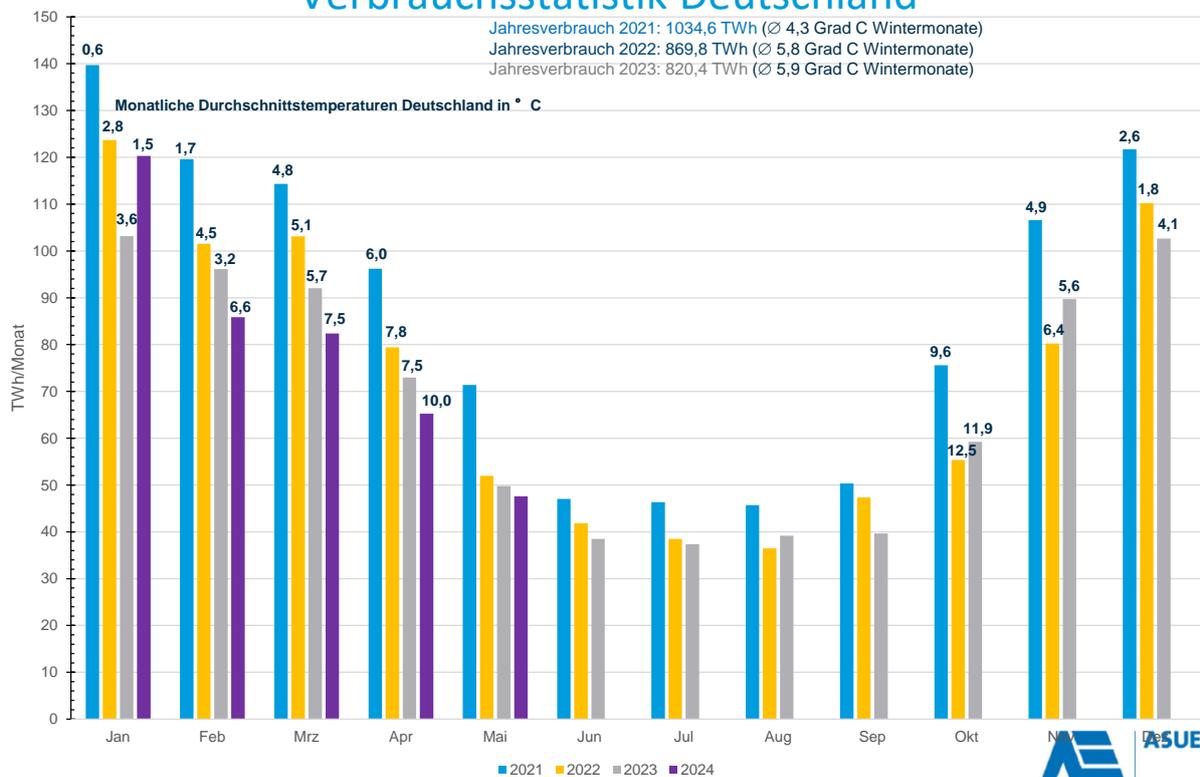
Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 2

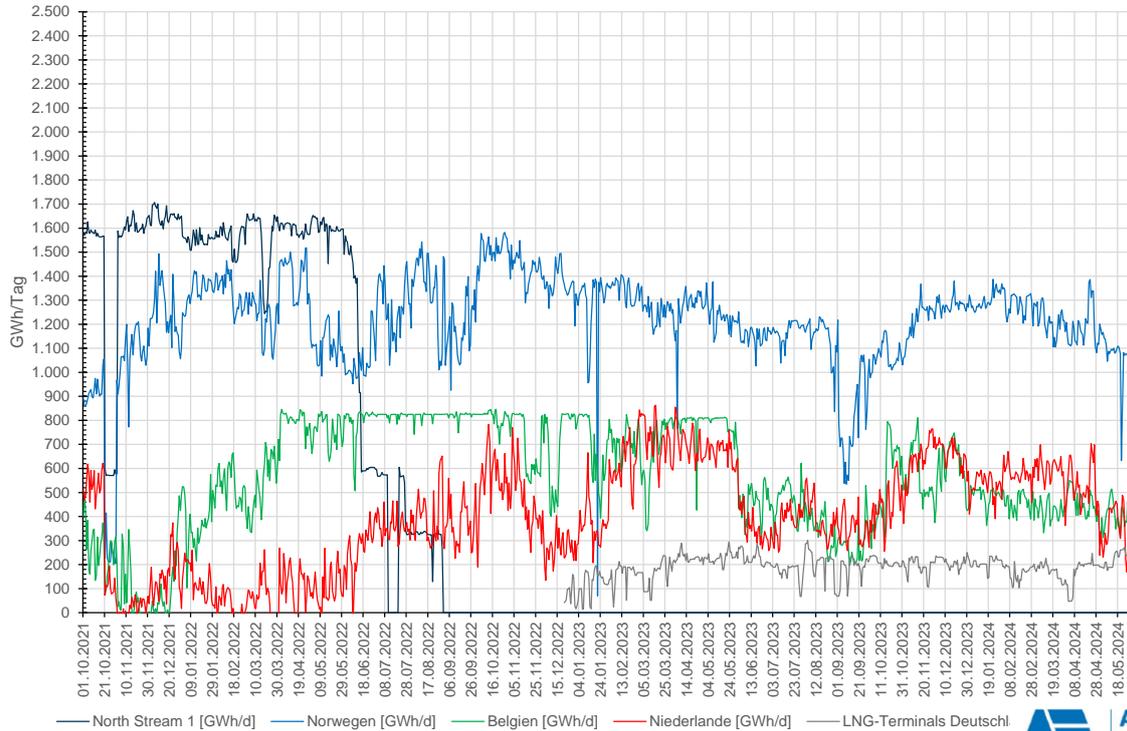
Marktlage Erdgas

- 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



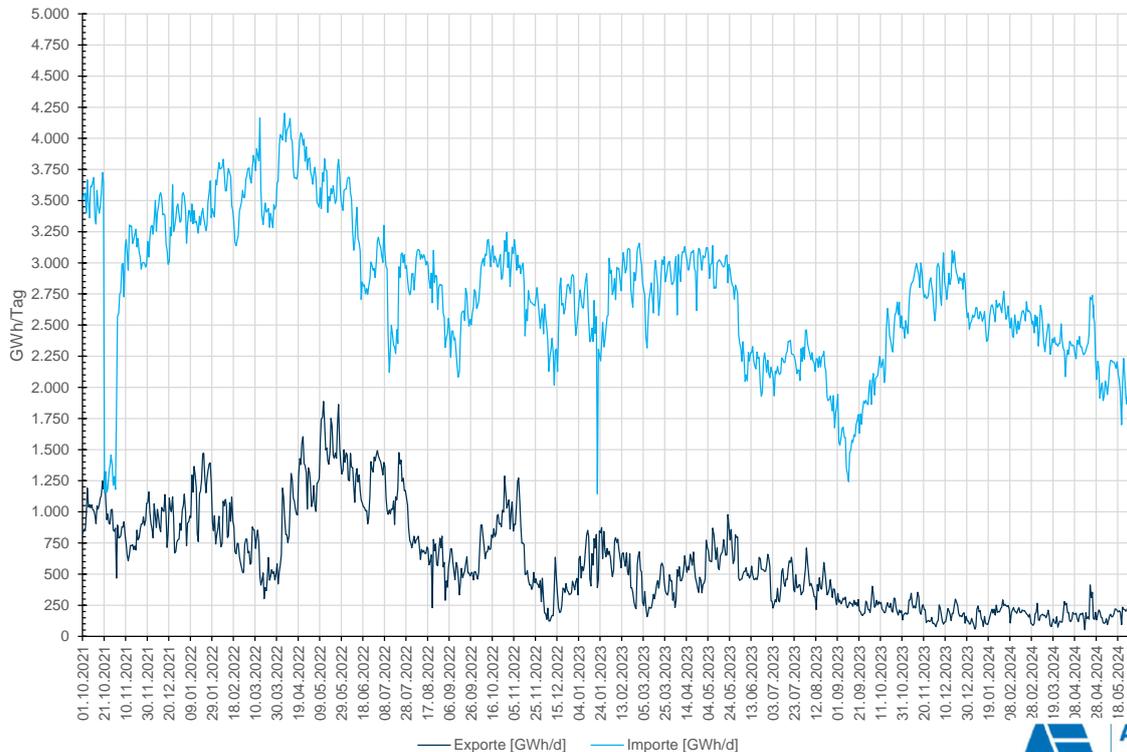
Hauptgasimportströme nach Deutschland



Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 5

Importe/Exporte nach/aus Deutschland

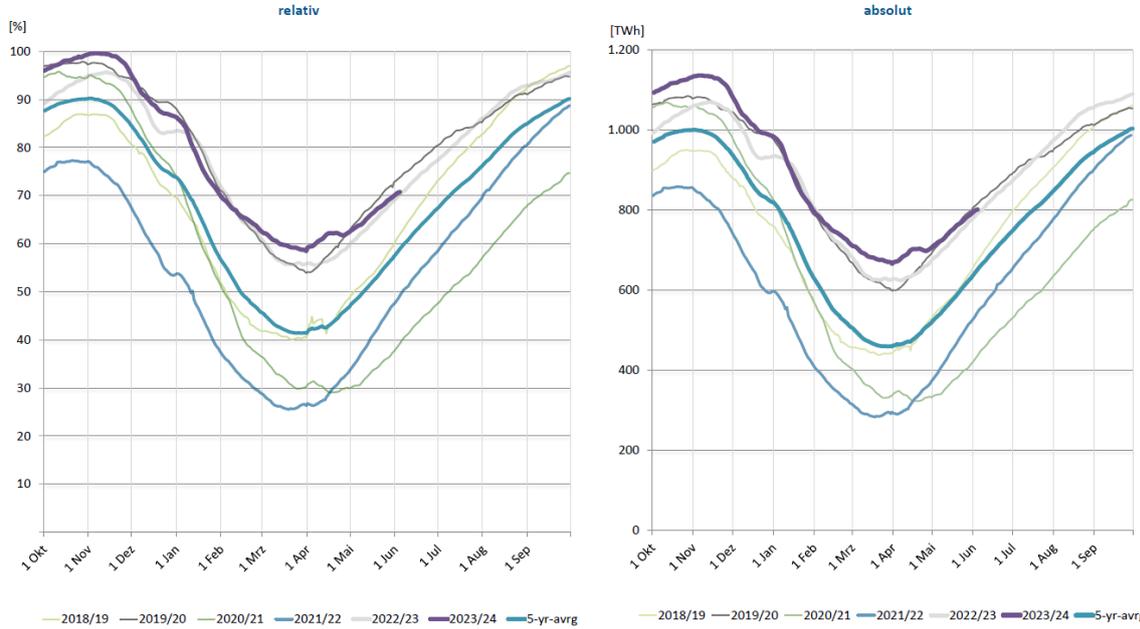


Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 6

Speicherstände Europa

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

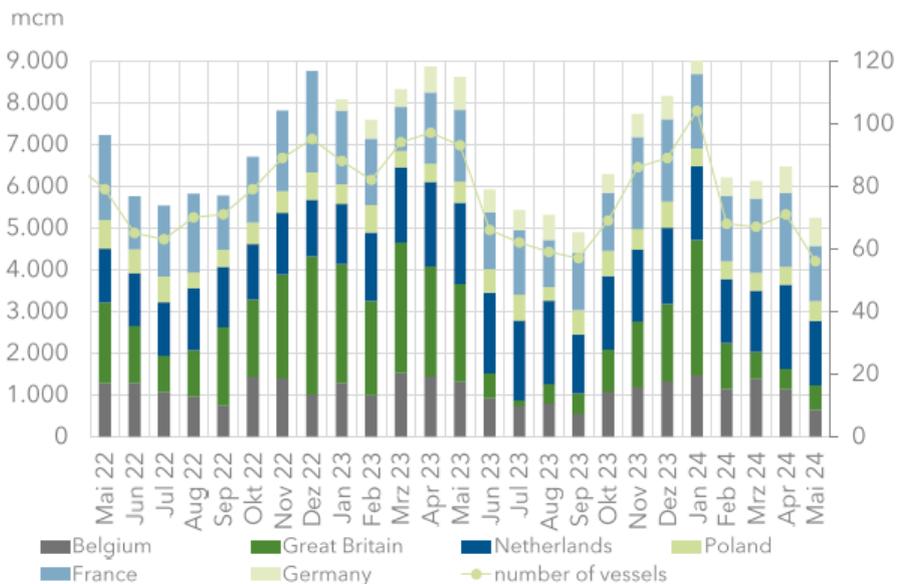


Quellen: AGSI, Wingas Newsletter

Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 7

LNG-Importe nach Nordwesteuropa



Quelle: Wingas Newsletter

Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 8

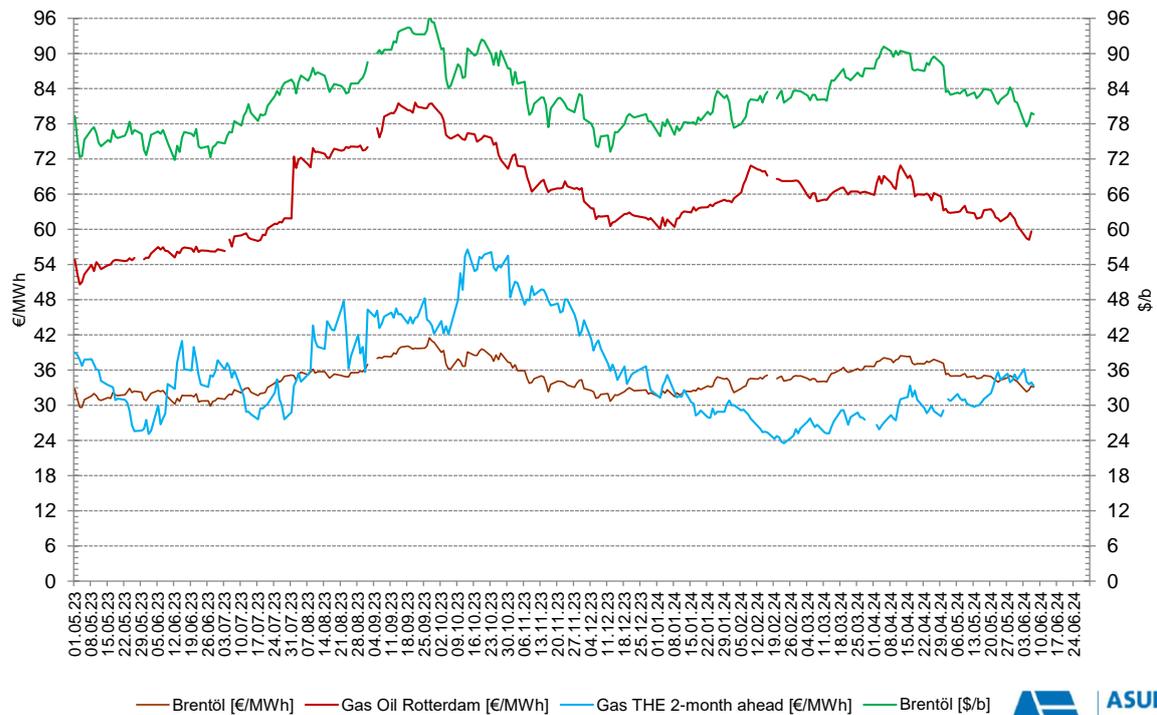
Preisentwicklung Erdgas JKM vs THE



Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 9

Rohölpreisentwicklung vs Gas



Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 10

Strom vs Gas

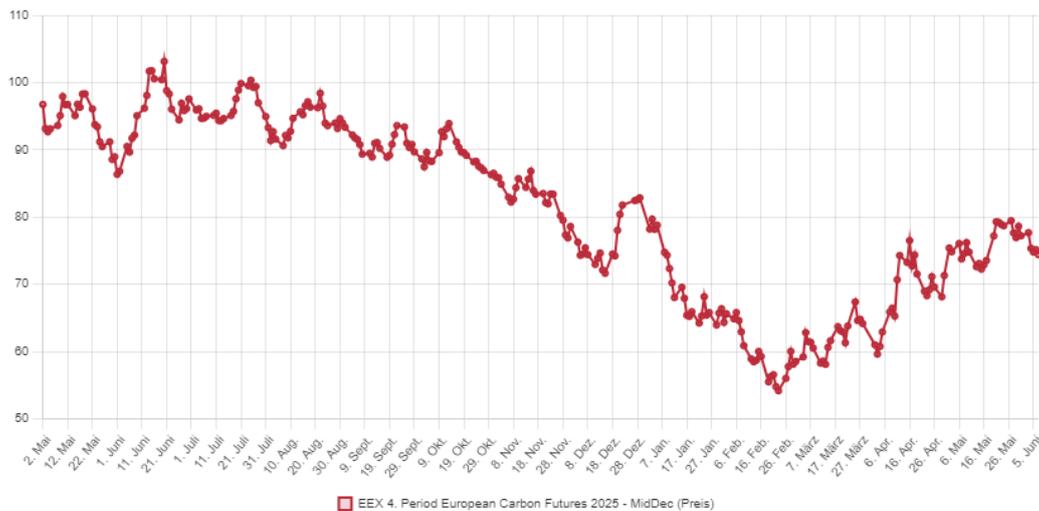


Dietmar Jelinek, 12.06.2024

Seite 11

CO₂

EEX 4. Period European Carbon Futures 2025 - MidDec



Dietmar Jelinek, 12.06.2024

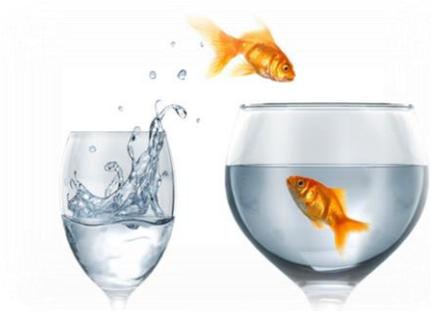
Seite 12

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 CO₂-Emissionshandel

Rainer Sternkopf, Umweltbundesamt

Zusammenfassung

Im Rahmen des 2021 eingeführten nationalen Emissionshandels (nEHS) wurden für fossile Brennstoffe, insbesondere Erdgas, Heizöl sowie Kraftstoffe feste Preise für den bei der Verbrennung entstehenden CO₂-Ausstoß festgelegt. 2024 beträgt der Preis 45 €/t_{CO₂}, nach einer Übergangsphase von 5 Jahren mit festen Preisen soll ab dem Jahr 2026 die Preisentwicklung analog dem EU-ETS dem freien Markt überlassen werden. Innerhalb des letztgenannten EU-weiten Emissionshandelssystems emittierten 1725 emissionshandelspflichtige Unternehmen in Deutschland 289 Mio. t_{CO₂, eq.} Das Umweltbundesamt tritt mit einer Veröffentlichung unter dem Titel „Sozialverträgliche CO₂-Bepreisung“ für eine Klimaprämie zur Unterstützung vulnerabler Gruppen ein.



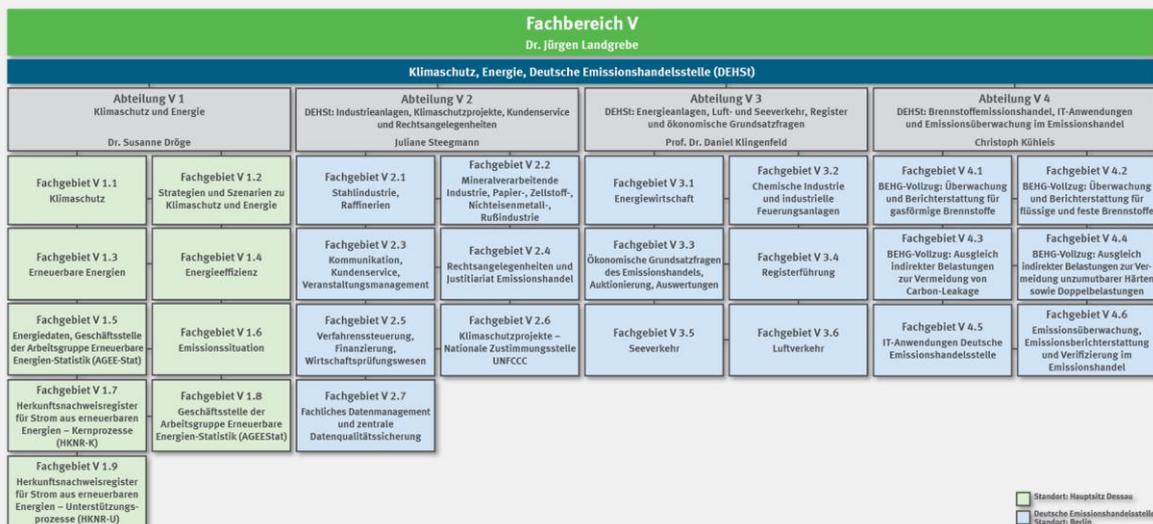
Emissionshandel in Deutschland und der EU: Bericht aus der DEHSt zu Entwicklungen im Europäischen Emissionshandel

Rainer Sternkopf

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



Die DEHSt im Fachbereich V – Organisation



Fachbereich V: Themen und Aufgaben

Klimaschutz Grundsatzfragen zum Klimasystem, Klimawandel und Klimaschutz Ausgleich der residualen Treibhausgasemissionen auf allen Ebenen (international, europäisch, national, kommunal)	Strategien & Szenarien Transformation zu einer treibhausgasneutralen Gesellschaft & nachhaltigen Energieversorgung unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit anderen Umweltherausforderungen	Erneuerbare Energien Ambitionierter EE-Ausbau zur vollständigen Umstellung der Strom- und Wärmeversorgung, u.a. Potenziale, Flächenziele, Windatlas, Netze, Speicher, EEG Betrieb HKNR und RNR	Energieeffizienz Nachhaltige Nutzung von Energie, Senkung des Energiebedarfs auf der Angebots- und Nachfrageseite, insb. im Gebäudesektor EU-Ökodesign, EU-Energieverbrauchskennzeichnung	Monitoring & Compliance Energie- und Emissionsdaten, Projektionen Berichtspflichten zu Energie, nationalen Treibhausgasen (Vorjahresschätzung zum 15.03.) und Luftschadstoffen Geschäftsstelle der AGEE-Stat
Europäischer Emissionshandel (EU-ETS) Umsetzung, Evaluierung und Weiterentwicklung EU-ETS: Politikberatung „Fit for 55“ Internationale Zusammenarbeit: Netzwerke und Begleitforschung für globalen Kohlenstoffmarkt	Nationaler Emissionshandel (nEHS) Umsetzung, Evaluierung und Weiterentwicklung BEHG Erfahrungsbericht Bundestag November 2022 Politikberatung EU fuel ETS	Strompreis-kompensation (SPK) Ausgleich indirekter Belastungen	Klimaschutz-projekte Nationale Zustimmungsstelle JI / CDM / UERV Umsetzung Artikel 6 ÜVP Kompensation von THG-Emissionen LULUCF / Naturnaher Klimaschutz	Luftverkehr, Seeverkehr 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 CO₂-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 CO₂**; 2022: **288,5 Millionen t CO₂** (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

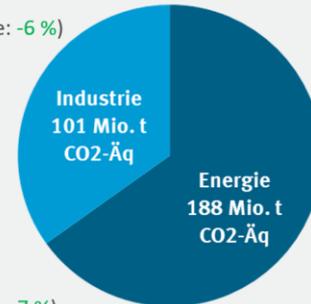
Rückblick auf 2023 im EU-Emissionshandel (EU-ETS 1) in Deutschland und EU



EU ETS 1: Anlagen und Emissionen in Deutschland 2023

Anzahl: 1.725 emissionshandlungspflichtige 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 CO₂ (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 %)

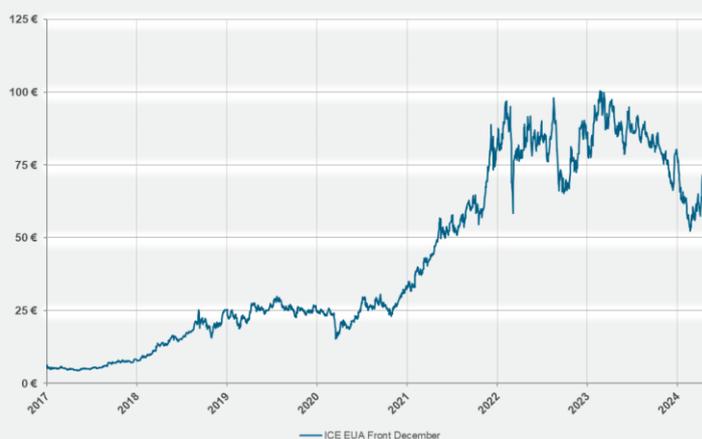
Quelle: DEHST (Stand 02.05.2024), DEHST-Neuvmeldung, KOM (Stand 04.04.2024)

(Veröffentlichung Auswertungsbericht im Juli 2024)

12



EUA-Preisverlauf im EU-ETS 2017 bis 2024



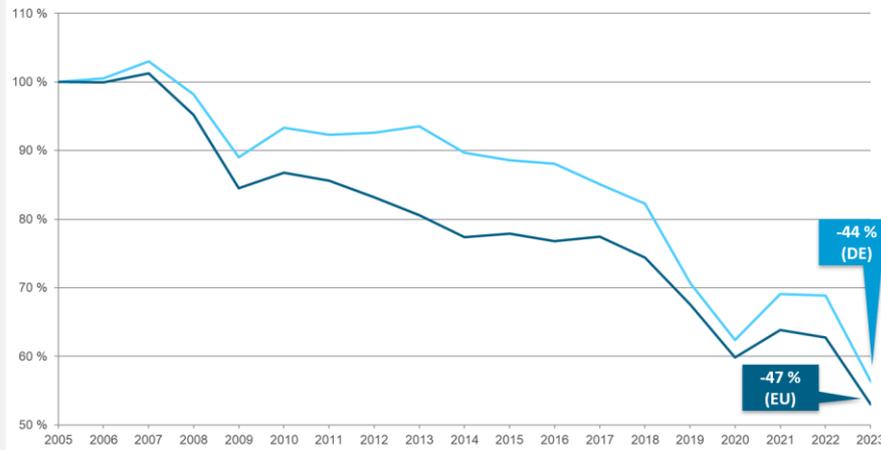
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten von Refinitiv Eikon, ICE (Stand: 14.05.2024)

- 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.

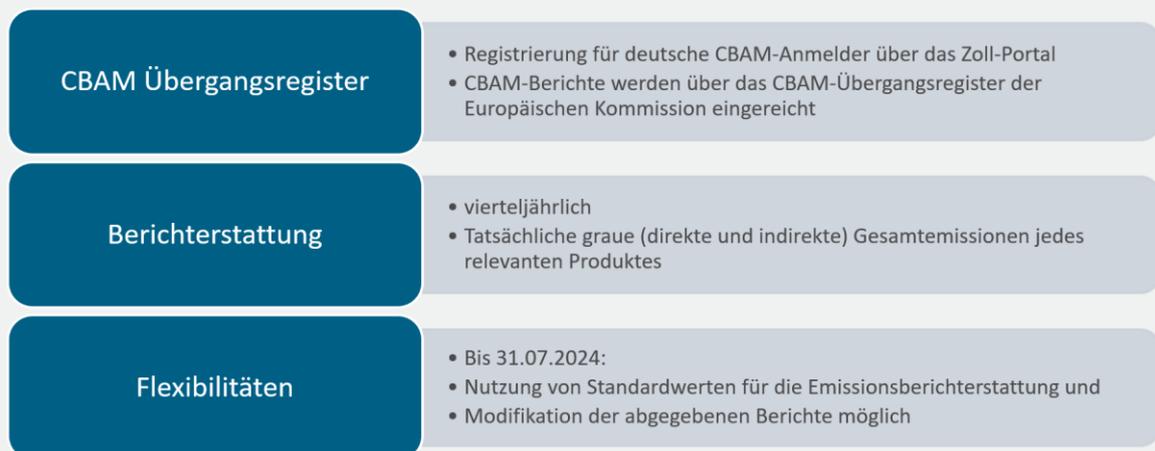
14



Einführung des CBAM in zwei Phasen



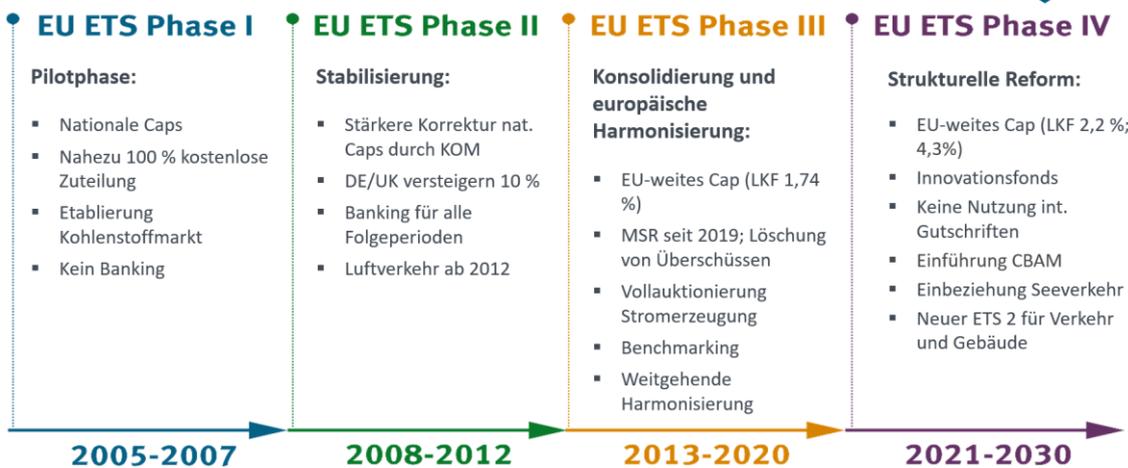
Berichterstattung in der Übergangsphase





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 CO₂-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 CO₂-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

Internet: 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

 KMW

Wir sind KMW



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

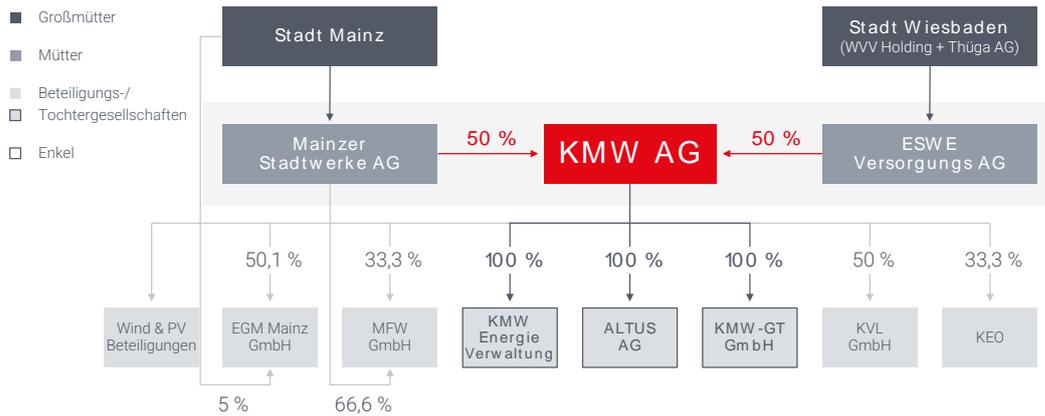
Als kommunaler Dienstleister begegnen wir den ökologischen Herausforderungen der Zukunft mit **maximaler Anlageneffizienz** und **verstärktem Einsatz** bei Erneuerbaren Energien.

4

 KMW

KMW FAMILIE

KMW -Familie



5



KMW AUF EINEN BLICK

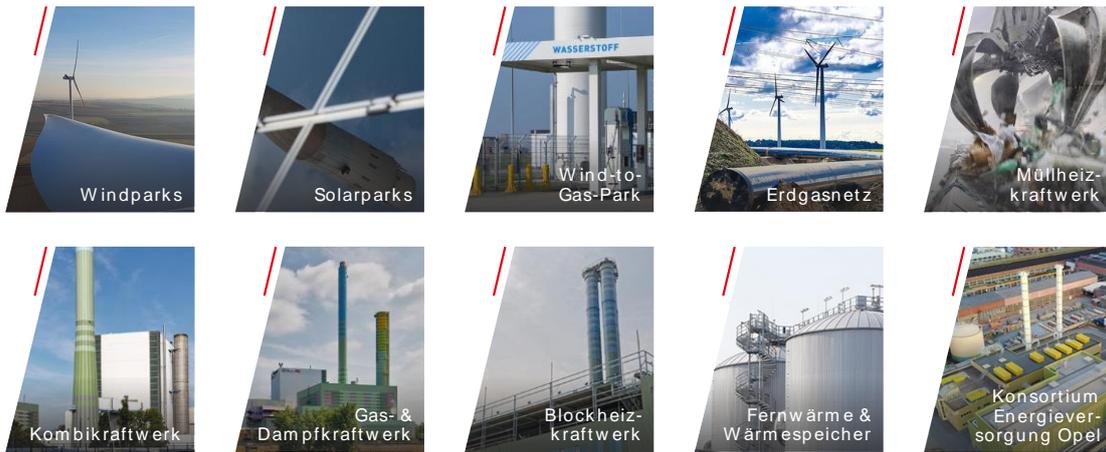
Unsere Anlagen



6



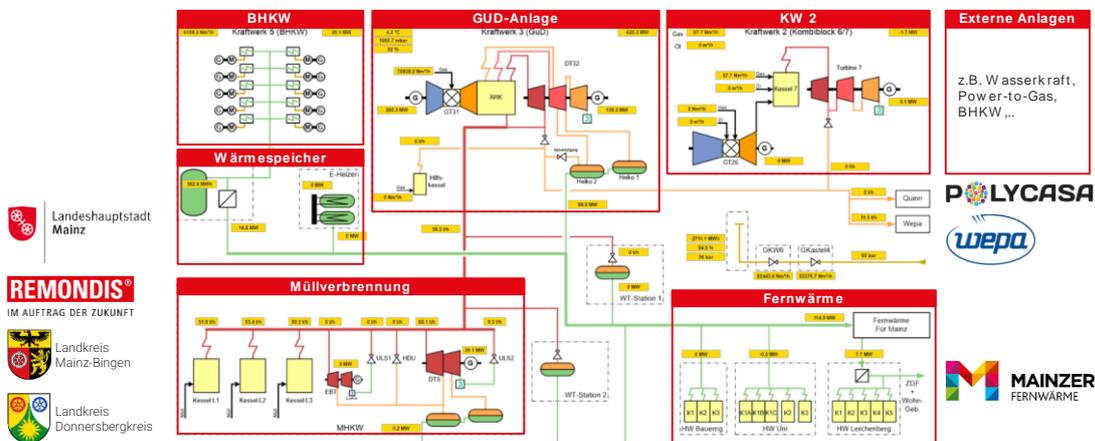
Unsere Anlagen



7

UNSERE ANLAGEN

Die perfekte Symbiose



8

Unsere Mission für eine klimaneutrale Zukunft



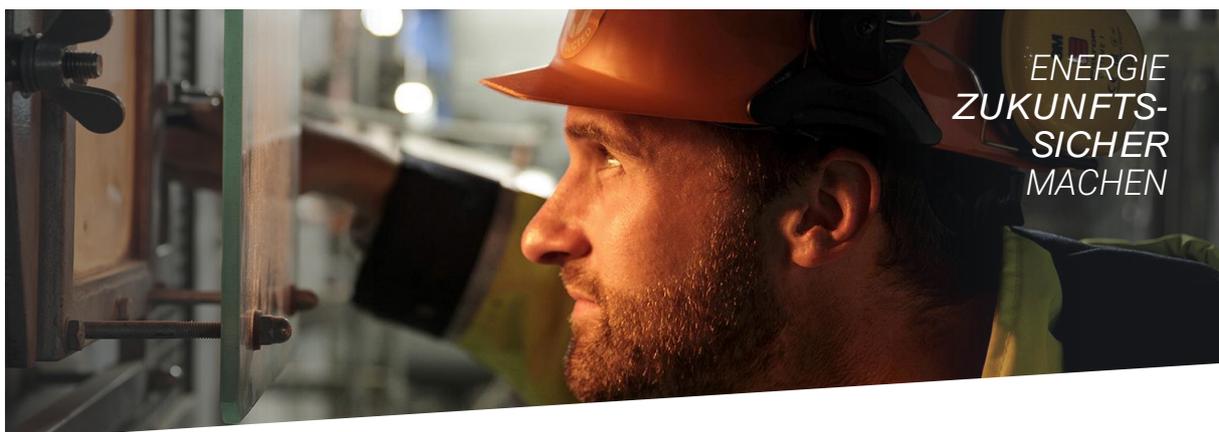
Als effizienter Energieerzeuger liefern wir das **Fundament für das Leben in der Region.** Mit mehr und mehr grüner Energie.



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



KMW

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-Erzeugungspotfolio und sichert das hohe Niveau der Versorgungssicherheit in einer CO₂-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 CO₂-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

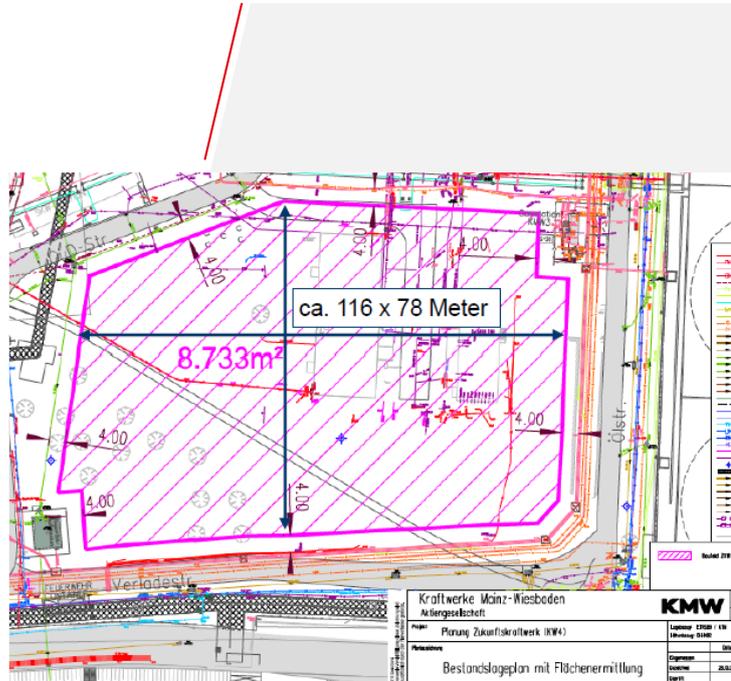


ZUKUNFTSPROJEKT

Zukunftskraftwerk

Eckdaten - Basis

- Grundstück: 8.700 m² 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

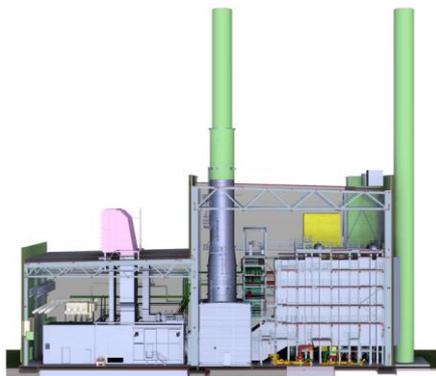
17



ZUKUNFTSPROJEKT

Zukunftskraftwerk

Ansichten (Schnitt Gasturbinen- und Kesselhaus)



18



ZUKUNFTSPROJEKT

Zukunftskraftwerk

Ansichten (Schnitt Gesamtgebäude, Draufsicht)



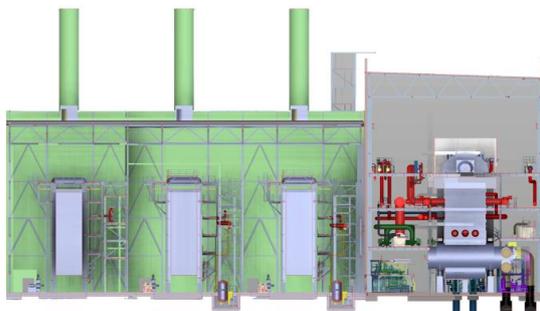
19



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 im Bereich der Gasturbinenverbrennung ist die Wasserstoff-Anpassung, weniger die Nutzung von NH_3 . Dabei arbeitet das DLR gemeinsam mit Herstellern an der Wasserstofffähigkeit großer Gasturbinen in Industrie- und Heavy Duty Bereich. Bei der Entwicklung eigener Brennersysteme fokussiert sich das DLR auf kleinere Gasturbinen mit weniger als 500 kW_{el}. Mit detaillierten Untersuchungen des Brennverhaltens von Wasserstoff in unterschiedlichen Geometrien der Brenner ermöglicht das DLR die spätere Skalierung der neuen Konzepte auf andere Systeme. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Vermeidung von Flammenrückschlag und der Reduktion der Stickoxidemissionen.

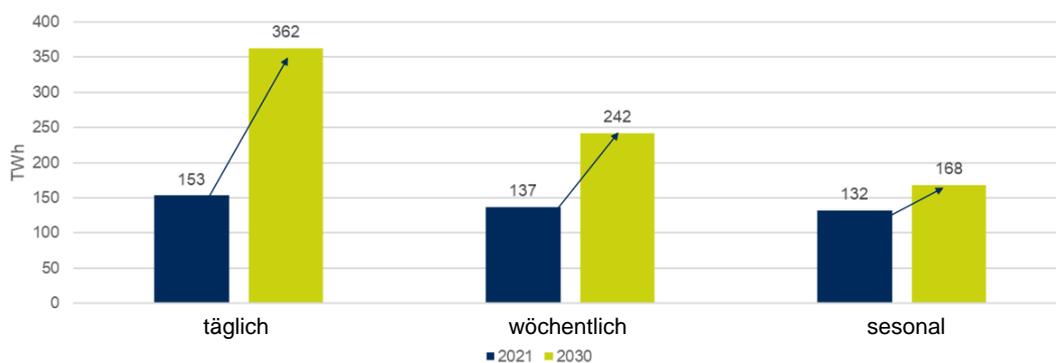
Aktuelle Gasturbinenprojekte am DLR

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



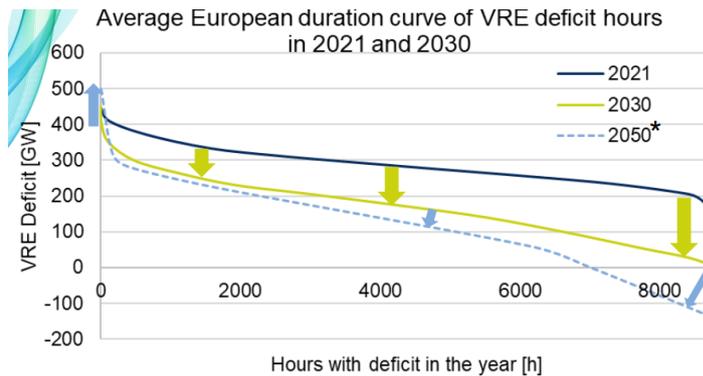
Analyse basiert auf verbundenen ENTSO-E Mitgliedsstaaten
Quelle: ETN Global angepasst aus ACER, Flexibility solutions to support a decarbonised and secure EU electricity system, 2023, DOI: 10.2800/104041

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 CO₂-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

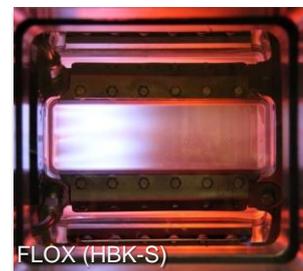


www.dlr.de - Folie 5
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

Aktuelle Forschungsthemen am Institut Brennkammersysteme für Gasturbinen



- Optimierung bewährter, konventioneller und **Entwicklung innovativer Konzepte**
- **Last-Flexibilität**
- **Brennstoff-Flexibilität**
 - H₂, Biogas, Erdgas, Restgase,
 - erneuerbare synthetische flüssige Brennstoffe, Heizöl, Kerosin
- **Emissionsreduktion** (NO_x, CO, Ruß)
- **Zuverlässigkeit**

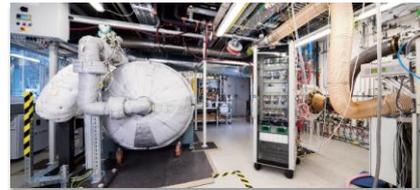


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

Aktuelle Forschungsthemen am Institut (M)GT-Kraftwerkssysteme

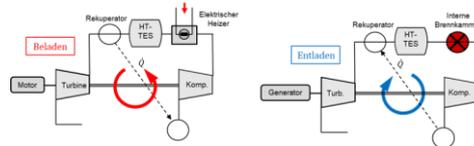
Optimierung konventioneller MGT-Kraftwerke

- 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)



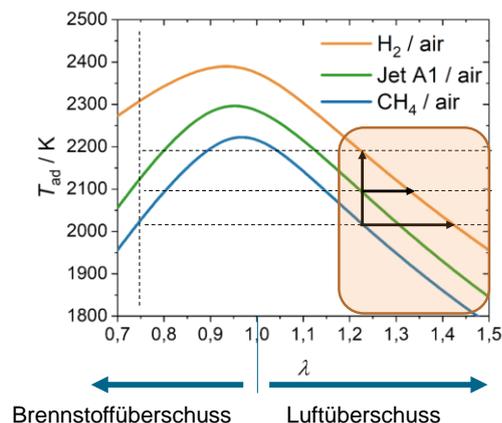
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

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

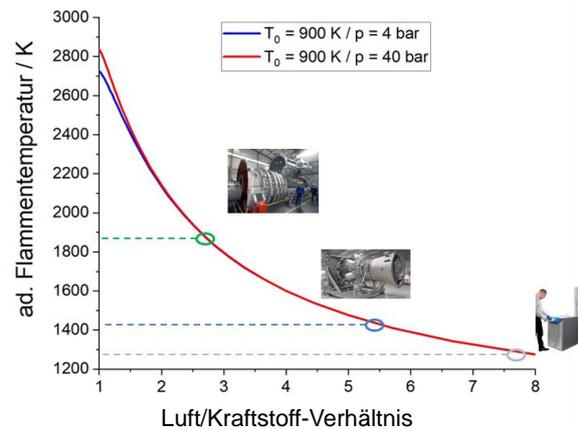


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

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

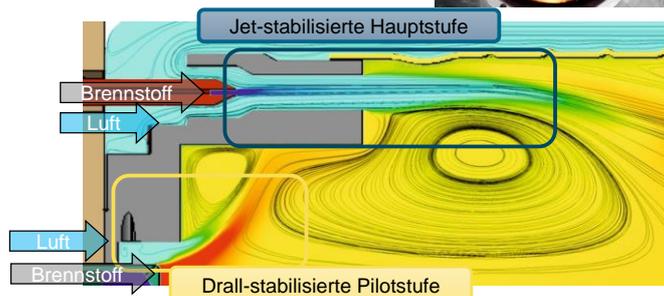


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

Brennerkonzepte für Gasturbinen Jet-stabilisierte Brennersysteme

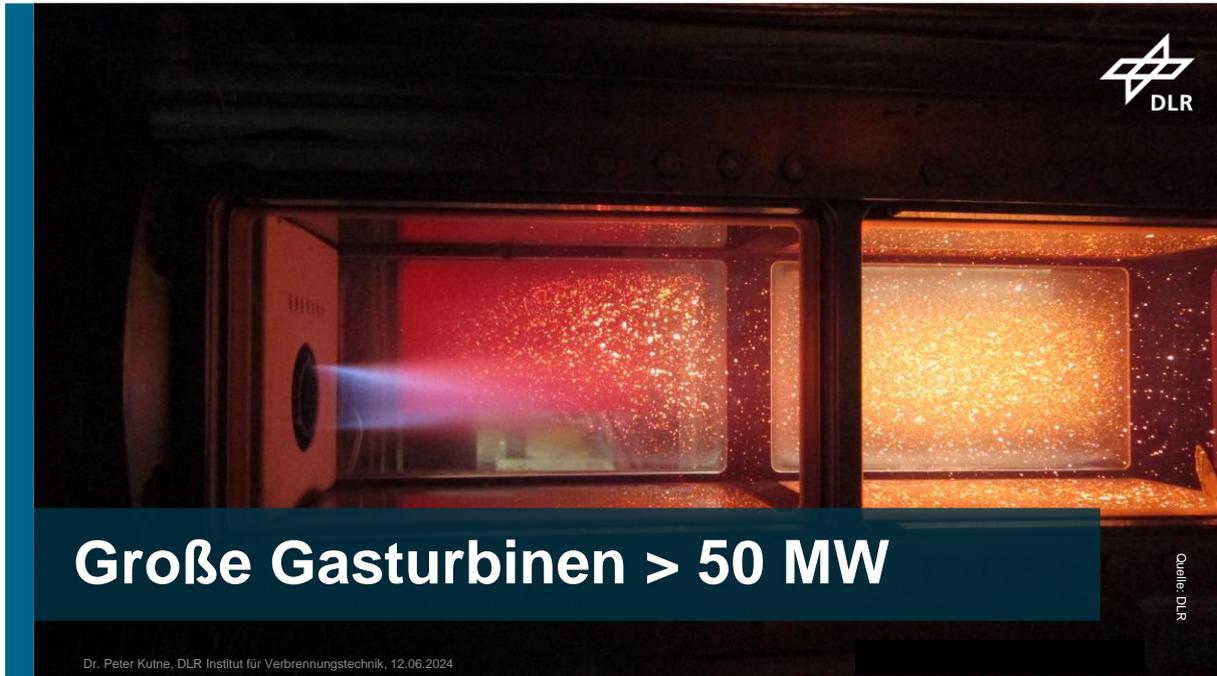


- Prinzip: Im Kreis angeordnete Brennstoff-/ Luft-Jets mit hohem Impuls, unverdrallt und teil-vorgemischt erzeugen eine verteilte Reaktionszone durch intensive Mischung
- Vorteile:
 - Keine Temperaturspitzen
 - Brennstoff-flexibel
 - Geeignet für hohe Eintrittstemperaturen
 - Großer Betriebsbereich
-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

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

- Partner: DLR, Siemens Energy
- Große Gasturbinen Leistung > 50 MW_{el}



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

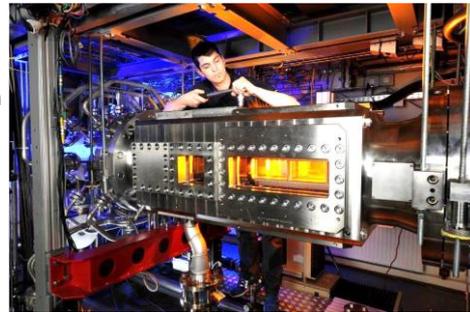
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

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
 - Probennahme an verschiedenen axialen Messorten
 - Gaschromatografie
 - Schnelle Drucksensoren (10 kHz)

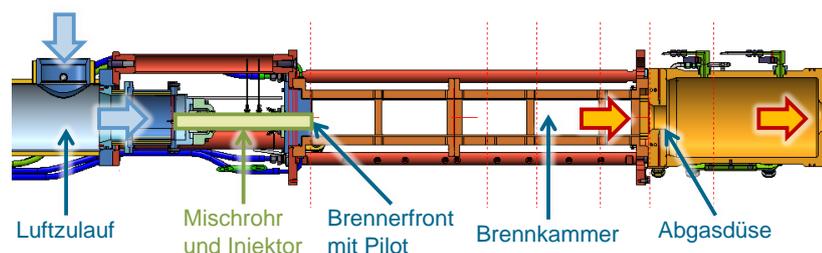


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

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

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

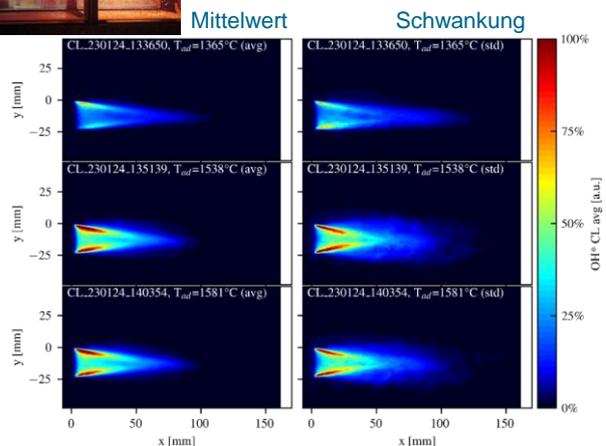


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

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



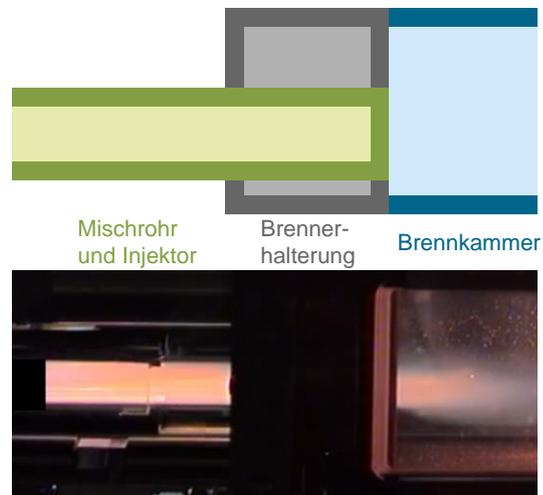
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

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



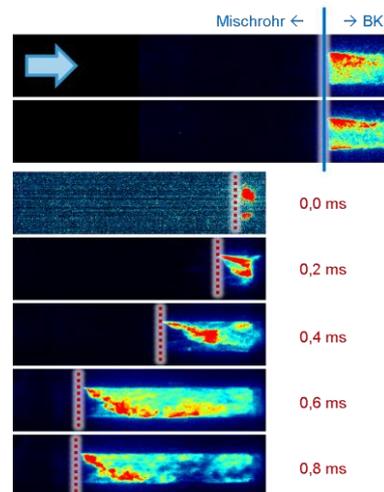
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

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

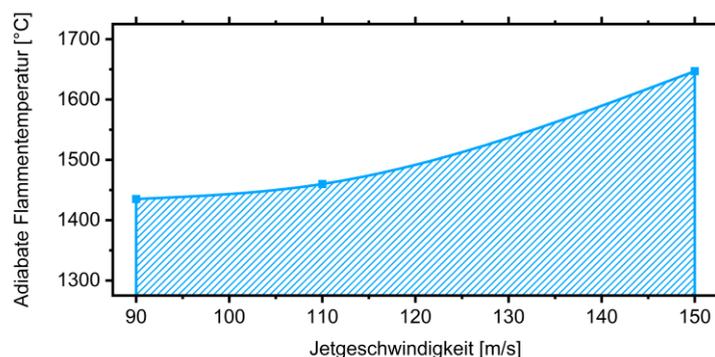
Flammenrückschlag im optischen Mischrohr

Einflussparameter (Beispiele)



Jetgeschwindigkeit

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



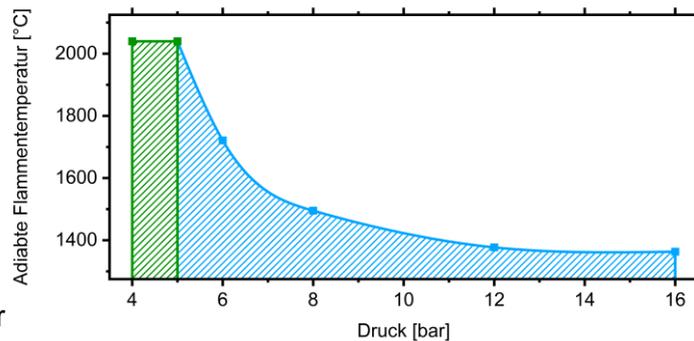
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

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)

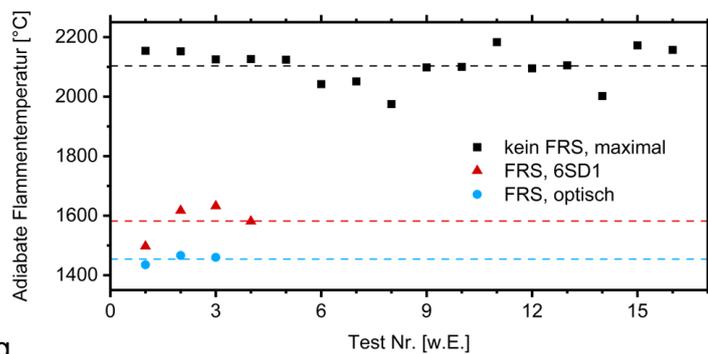
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

Metallisches Mischrohr mit Flammenrückschlagsverhinderungsvorrichtung

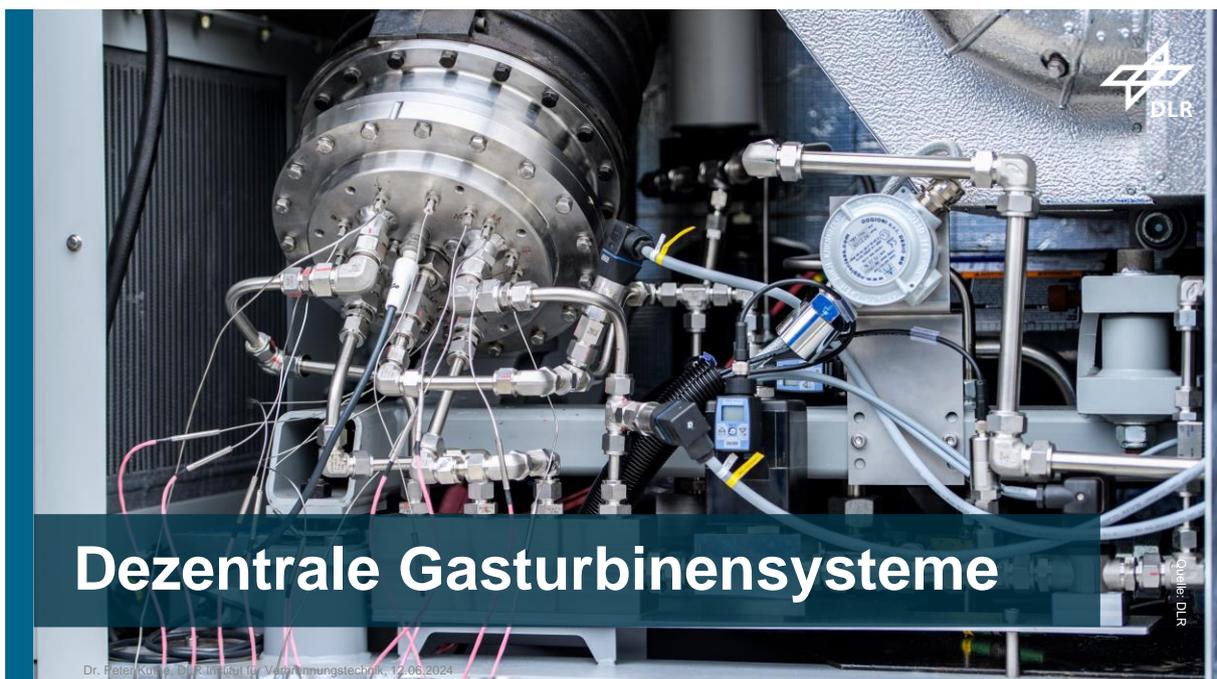


Spülluftmenge

- 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 Flammenrückschlaggrenzen



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

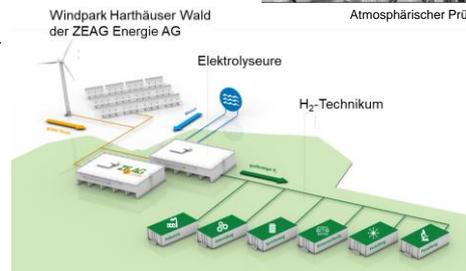
- Entwicklung von skalierbaren Retrofit Konzepten für die Aufrüstung von Bestandskraftwerken mit einer Größe von bis zu 100 MW_{el} zur Nutzung von Wasserstoff

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_{el} Mikrogasturbine (MGT) der Firma Ansaldo Green Tech

Zeitplan

- Beginn 01.01.2022 – Ende 30.06.2024



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

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

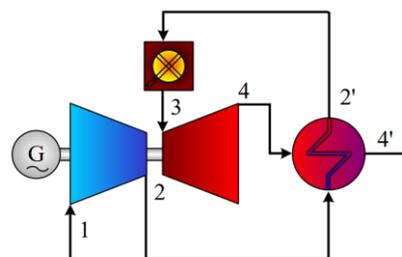
Demonstrationsanlage Mikrogasturbine Ansaldo Green Tech AE-T100



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



AE-T100, Quelle: ansaldoenergia.com

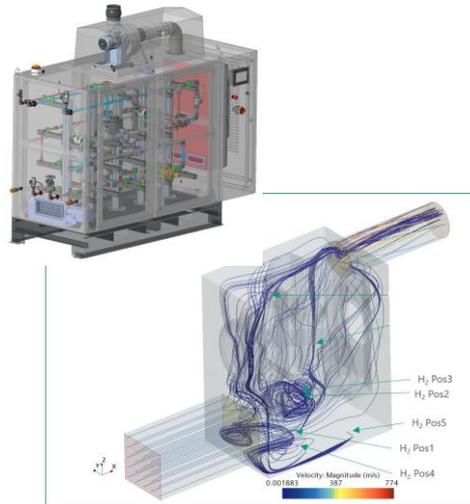


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

Brennstoffflexibles Regel-, Misch- und Verteilungssystem



- Analyse der Bestandssysteme Aurelia A400 und Gasturbinen im Bereich 10 - 100 MW_{el}
 - Brennstoffregelkonzepte, Massenströme und Systemdynamik ermittelt
 - Übertragung auf H₂ Betrieb und Erarbeitung sicherer Fahrkonzepte
- Entwicklung notwendiger sicherheitsrelevanter Sensorik und Konzepte
 - Überprüfung der vorhandenen Sensorik und der umgesetzten Explosionsschutzkonzepte in Hinblick auf H₂

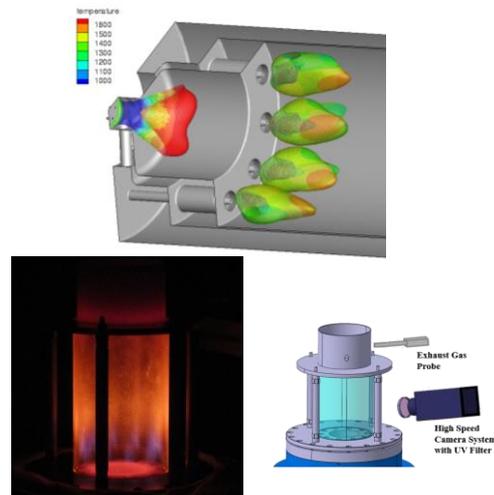


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 12.06.2024

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 H₂ und Inbetriebnahme
 - Einbau und Instrumentierung der entwickelten Systeme und Sensorik
 - Anpassungen an der Brennstoffregelung der AE-T100 Mikrogasturbine
 - Inbetriebnahme der Mikrogasturbine

- Demonstration H₂ 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 Regelsatzung 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

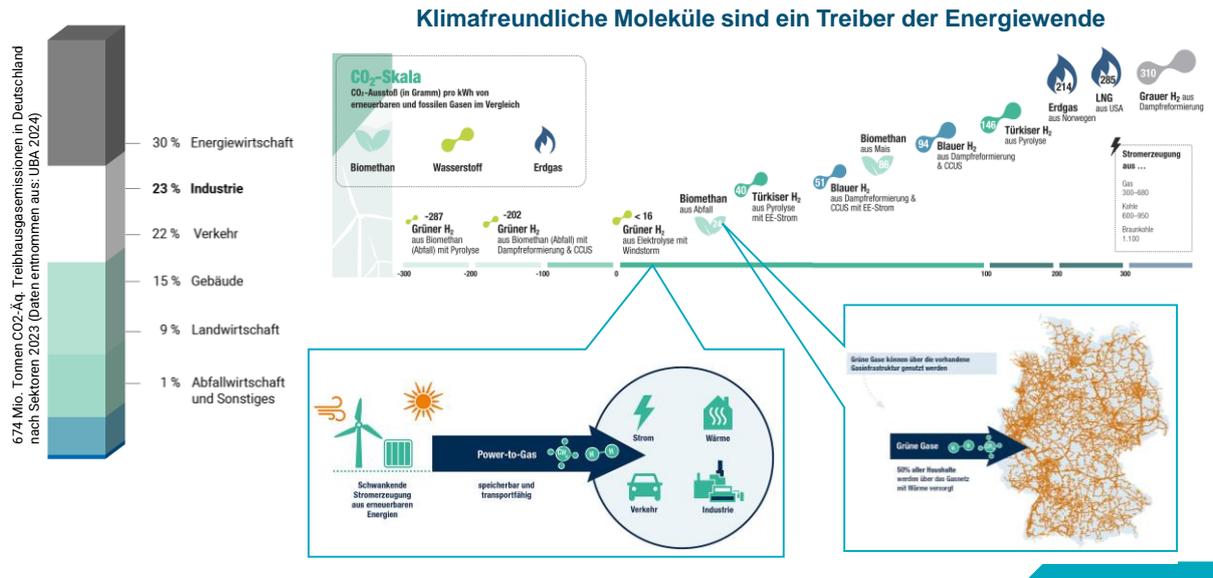
91%
der deutschen Gasnetzbetreiber sind DVGW-Mitglieder

73%
des Trinkwassers wird von DVGW-Mitgliedern bereitgestellt

Mitglieder gesamt	Versorgungseinrichtungen	Unternehmen	Behörden	Personen
13351	2128	1364	269	9590

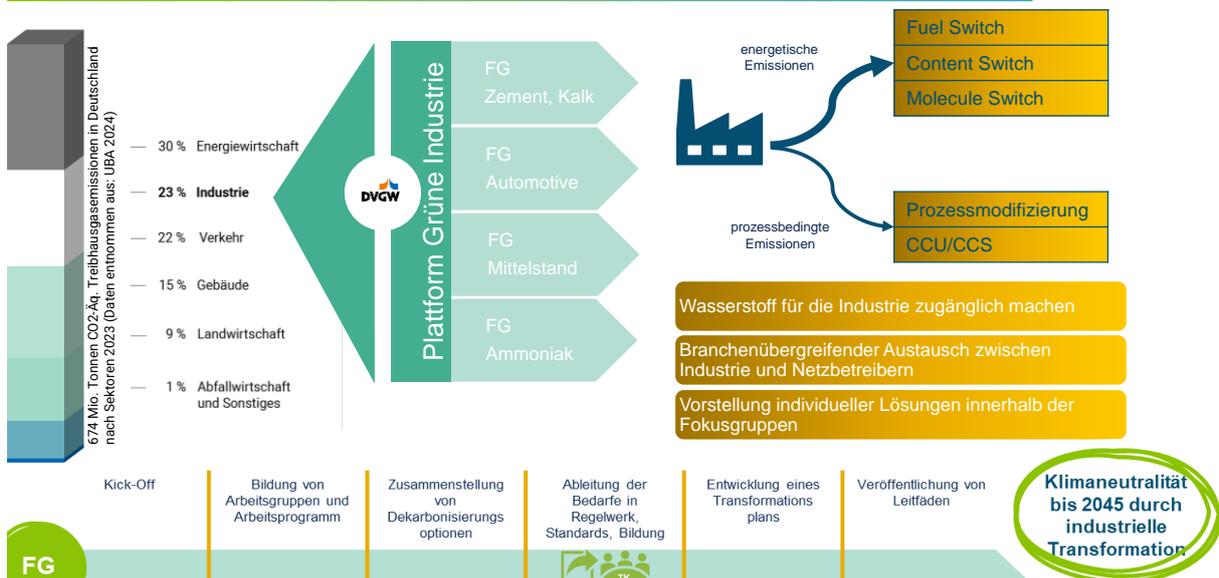


Ziel der Klimaneutralität bis 2045 ist nur durch konsequente Dekarbonisierung aller Sektoren zu erreichen



DVGW Plattform Grüne Industrie

Branchenübergreifender Austausch zur Beschleunigung der industriellen Transformation



FG Zement, Kalk und Gasinfrastruktur CO₂-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 CO₂ Emissionen durch Austreiben des CO₂ aus dem Kalk. Neben dem Einsatz von erneuerbaren Brennstoffen, wird daher der Abscheidung und Transport von CO₂ eine Schlüsselrolle zuteil. Offene Fragestellungen stellen sich hierbei vor allem in Hinblick auf die zu transportierende CO₂ Qualitäten, sowie zukünftige Energiebedarfe. Das abgeschiedene CO₂ 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

- CO₂ Wertschöpfungskette: Abscheidetechnologien, Transportoptionen, CO₂-Spezifikationen
- Vorbereitung des zukünftigen Energiebedarfs
- Zusammensetzung der erneuerbaren Energieträger

Hauptthemen



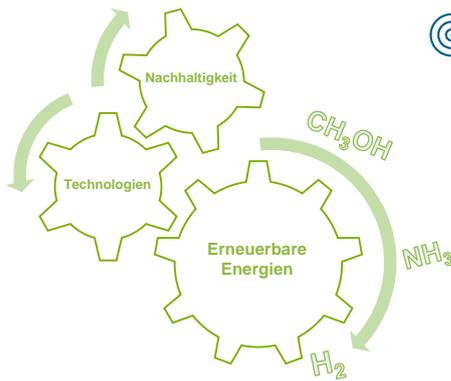
- Vorträge externer Experten
- Kooperation mit Nachbarländern
- Beiträge von Mitgliedern: Speicherfirmen, Transporteure, Anlagenbetreiber
- Begleitung und Beitrag zur Studie „Anforderungen an eine CO₂ Infrastruktur in Deutschland“
- Diskussion der Fortschritte im KSpG
- Spiegelung von Fragestellungen aus G-TK-1-9
- Technische Diskussionen verschiedener Parameter zur Transformation der Industrien

Table 4 - Limit values for accompanying substances of a CO₂ stream

Substance	CO ₂ stream	Limit value	Remarks
CO ₂	CO ₂ stream	99.999%	
H ₂ O	CO ₂ stream	0.001%	
N ₂	CO ₂ stream	0.001%	
O ₂	CO ₂ stream	0.001%	
SO ₂	CO ₂ stream	0.001%	
NO _x	CO ₂ stream	0.001%	
H ₂	CO ₂ stream	0.001%	
CH ₄	CO ₂ stream	0.001%	
HCN	CO ₂ stream	0.001%	
CO	CO ₂ stream	0.001%	
H ₂ S	CO ₂ stream	0.001%	
SiO ₂	CO ₂ stream	0.001%	
HF	CO ₂ stream	0.001%	
HCl	CO ₂ stream	0.001%	
Cl ₂	CO ₂ stream	0.001%	
Br ₂	CO ₂ stream	0.001%	
I ₂	CO ₂ stream	0.001%	
As	CO ₂ stream	0.001%	
Pb	CO ₂ stream	0.001%	
Cd	CO ₂ stream	0.001%	
Hg	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0.001%	
Li	CO ₂ stream	0.001%	
Rb	CO ₂ stream	0.001%	
Cs	CO ₂ stream	0.001%	
B	CO ₂ stream	0.001%	
F	CO ₂ stream	0.001%	
S	CO ₂ stream	0.001%	
P	CO ₂ stream	0.001%	
Se	CO ₂ stream	0.001%	
Te	CO ₂ stream	0.001%	
Mo	CO ₂ stream	0.001%	
V	CO ₂ stream	0.001%	
Cr	CO ₂ stream	0.001%	
Mn	CO ₂ stream	0.001%	
Ni	CO ₂ stream	0.001%	
Cu	CO ₂ stream	0.001%	
Zn	CO ₂ stream	0.001%	
Al	CO ₂ stream	0.001%	
Fe	CO ₂ stream	0.001%	
Ca	CO ₂ stream	0.001%	
Mg	CO ₂ stream	0.001%	
K	CO ₂ stream	0.001%	
Na	CO ₂ stream	0	

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
- CO₂ (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

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.

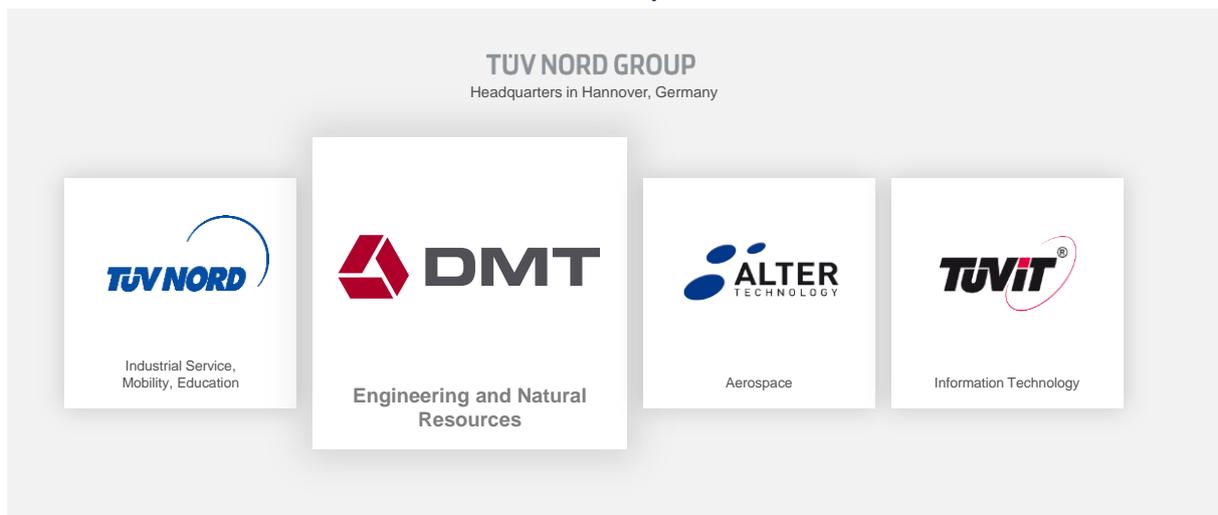


Industrielles Online-Monitoring an Gasentspannungsanlagen

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

www.dmt-group.com

DMT als Teil der TÜV Nord Group



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



TÜV Nord Group mit HydroHub



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

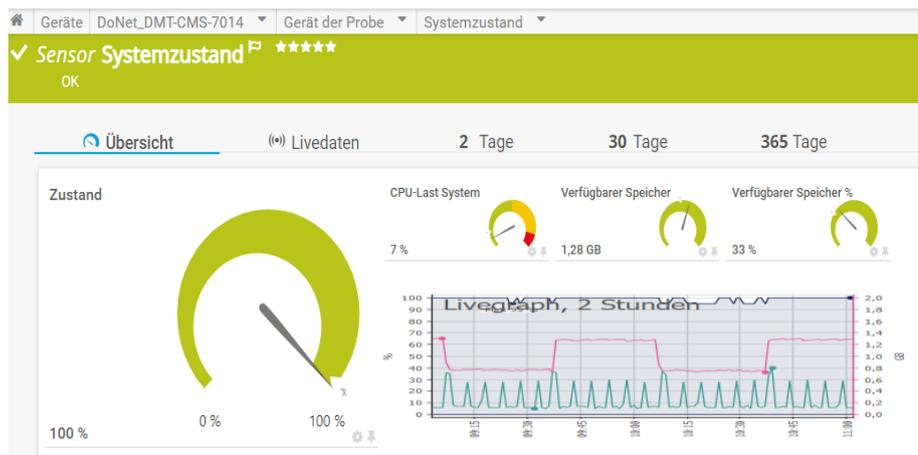


9 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

DMT SAFEGUARD InE 4 – Industrial Monitoring

Monitoring-Aufträge – Hardware und Datencheck

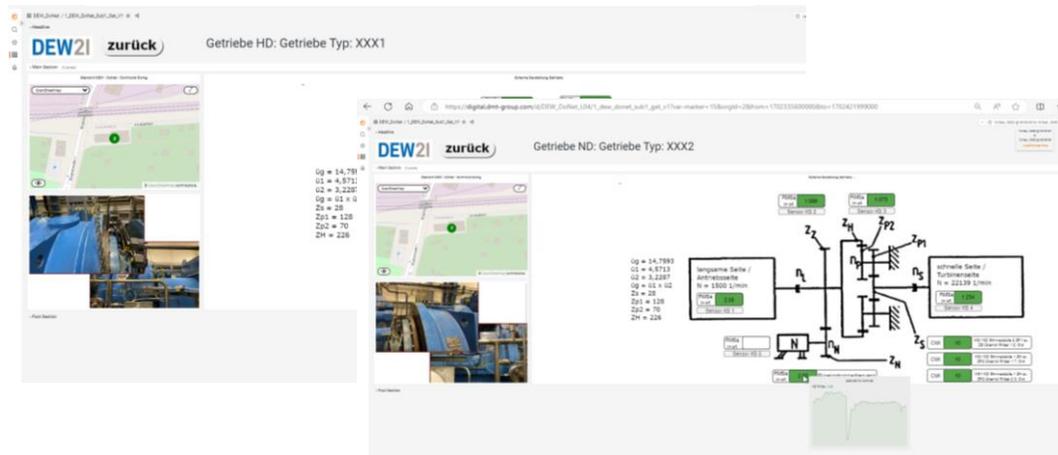


10 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

DMT SAFEGUARD InE 4 – Industrial Monitoring

Dashboard Ansicht der Einzelmaschinen

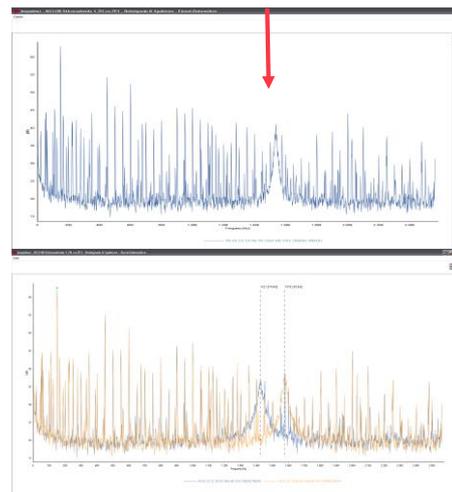
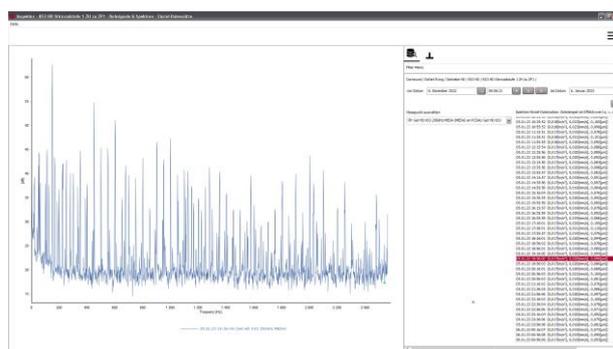


11 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 1

Einzelanalyse von Frequenzspektren

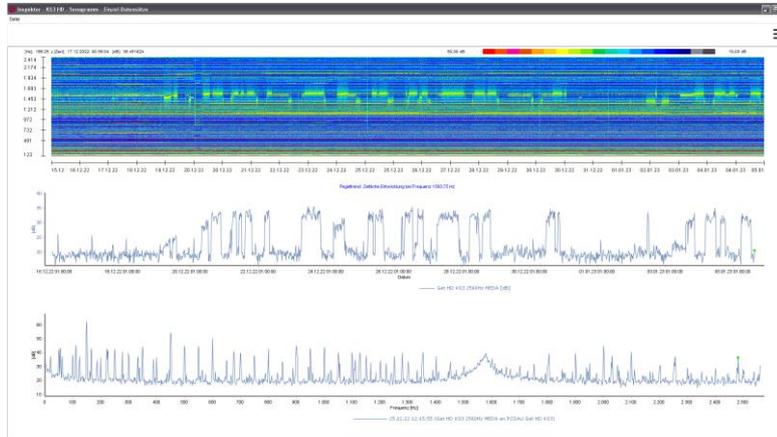


12 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 1

Trendanalyse von Frequenzspektren

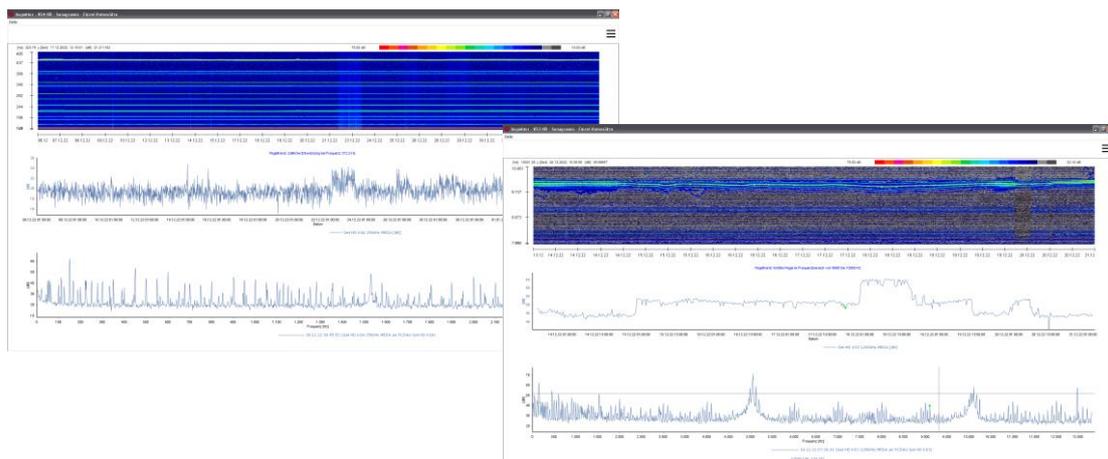


13 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 1

Trendanalyse von Frequenzspektren: Drehzahlfrequenz bzw. 14 und 28 Ordnung

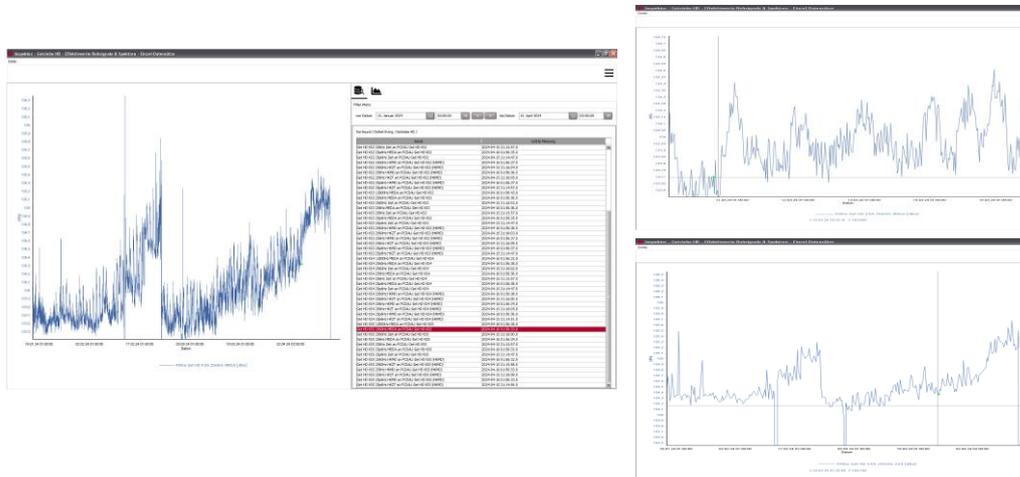


14 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 2

Trendanalyse vom Pegeltrend

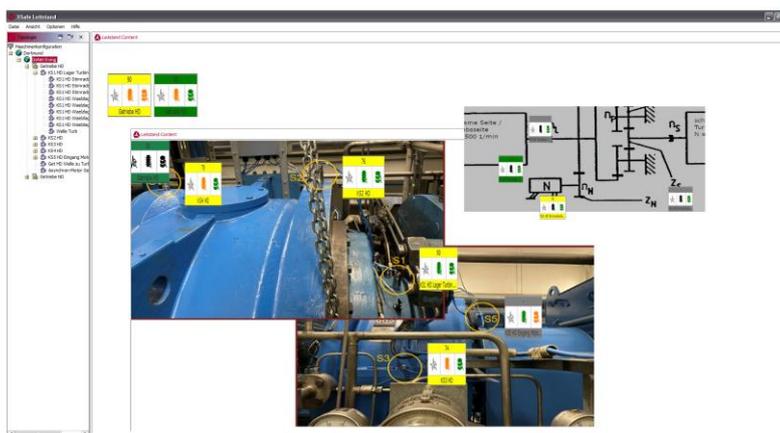


15 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 3

Anzeige Frequenzselektiver Merkmale vom Pegeltrend



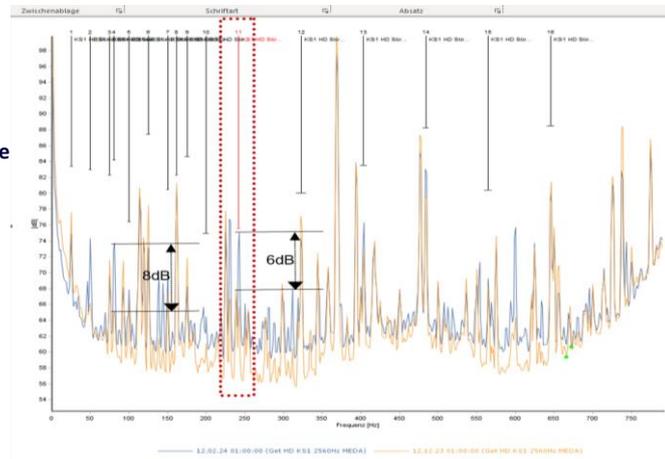
16 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

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

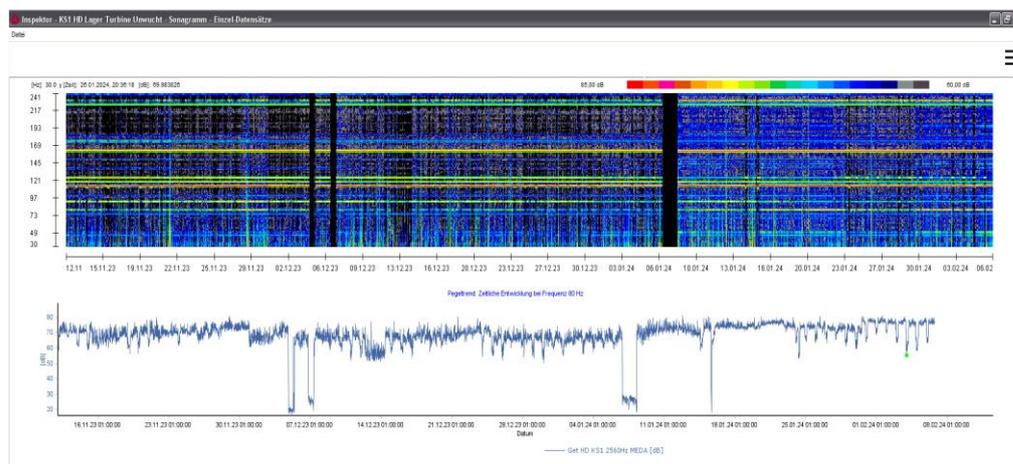


17 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

DMT InE 4 – Industrial Monitoring: Ereignis 3

Trendanalyse von Frequenzspektren



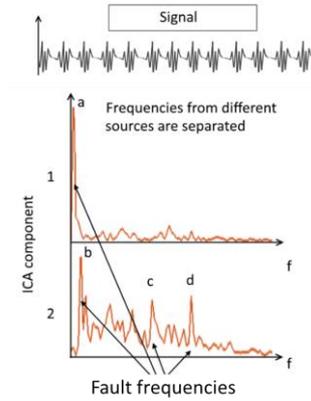
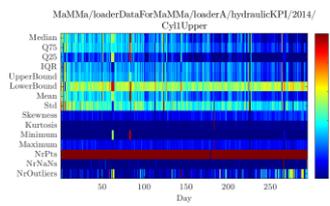
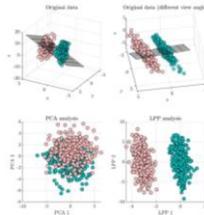
18 * Die Screenshots stammen aus Entwicklungs- / Testsystemen)

DMT

DMT SAFEGUARD InE 4 – Industrial Monitoring

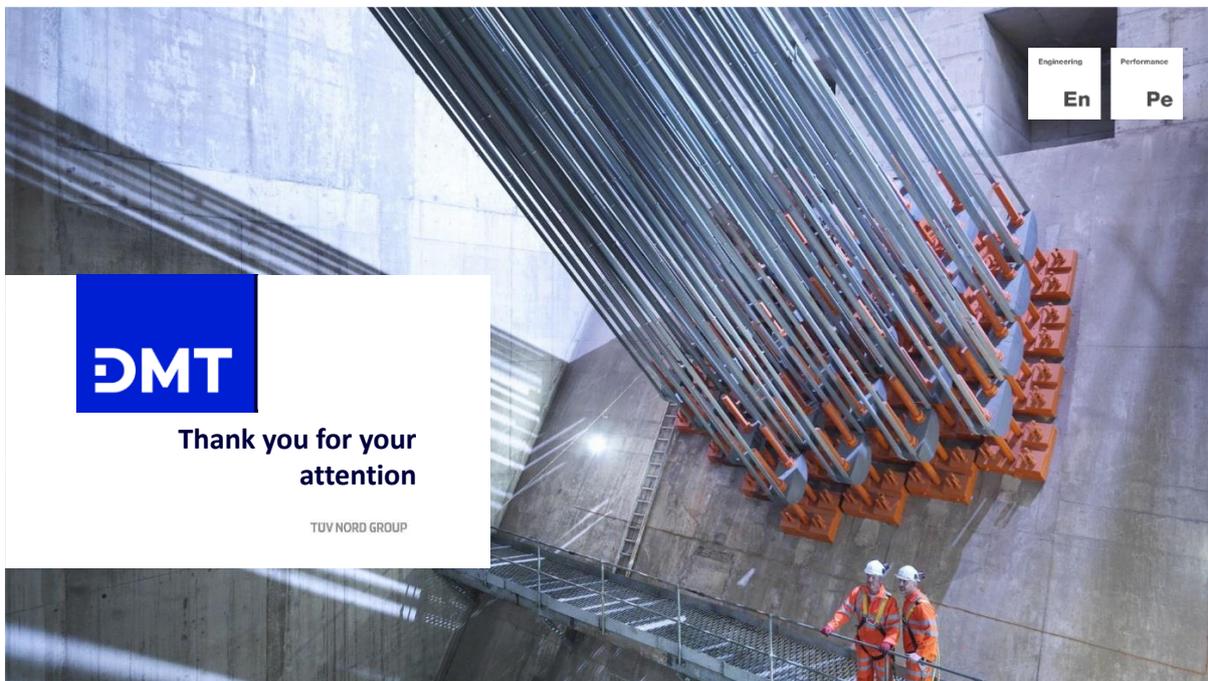
Services Auto Analytics

- 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*	Stadwerke Soltau GmbH & Co. KG
swb Vertrieb Bremerhaven GmbH & Co. KG	swb Beleuchtung GmbH	EWE WASSER GmbH	Osterholzer Stadwerke 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/m³** konnten negative Auswirkungen auf industrielle Produktionsprozesse bisher nicht festgestellt werden.

Kategorie 2:

- > Schwankungen von **400 bis 800 Wh/m³** 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/m³** 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.

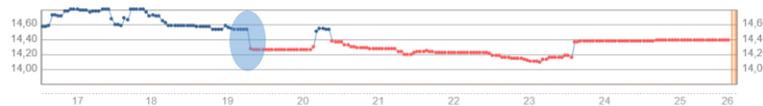
Wobbe Index LNG.

Übergabestation

Verlauf (17.09.2019 01:00 Uhr - 26.09.2019 05:00 Uhr)

Aktuell

Bollen



14,39 ●

Brinkum



14,64

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.

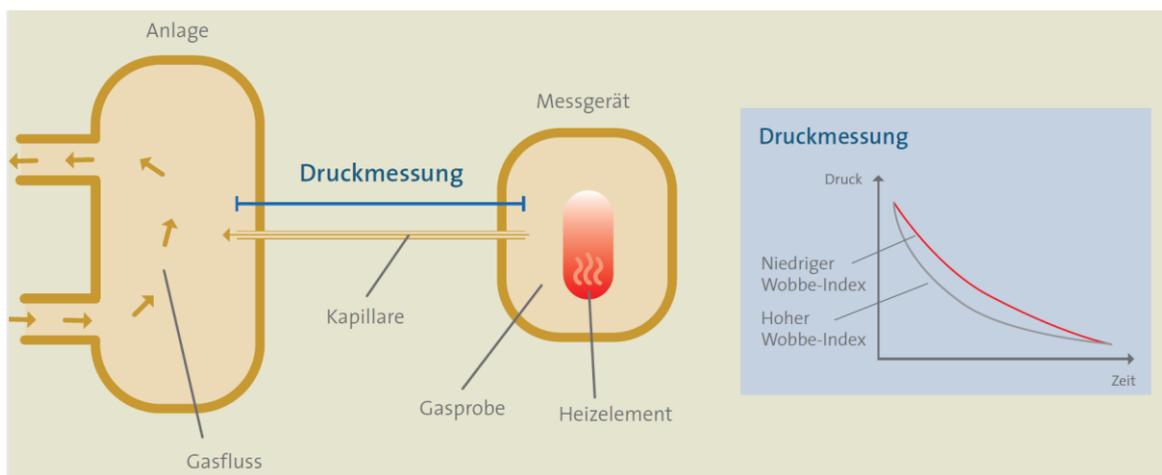
3. Problem: Herkömmliche Messverfahren sind zu teuer. (Chromatographen, Kalorimeter)

Die Lösung: Der BlueEye™ Sensor



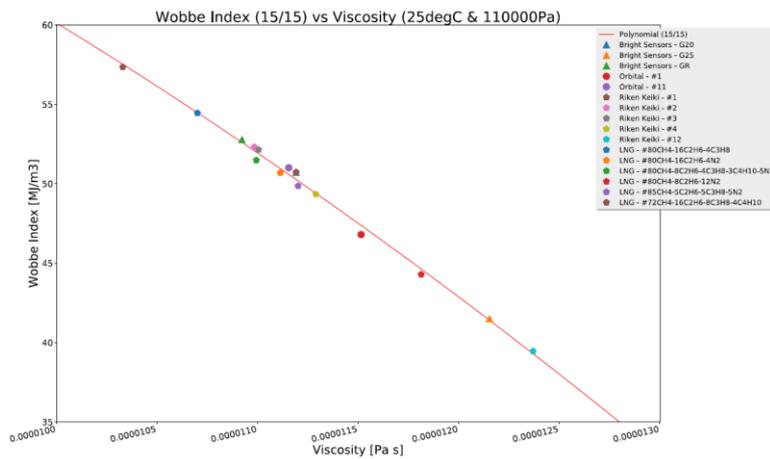
7

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)

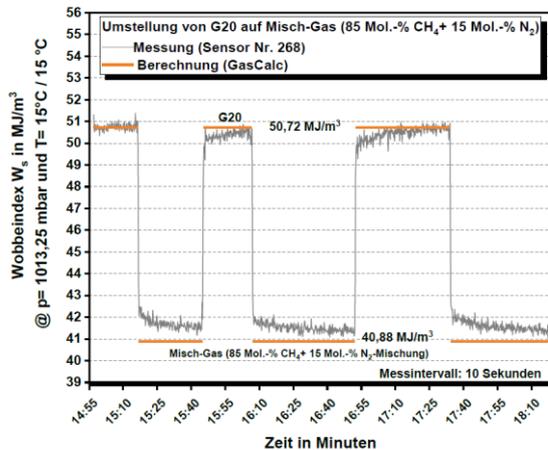


Abbildung 4: Gaswechsel von G 20 und Methan-N2-Mischgas, mit dem Sensor gemessene Werte

- 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)

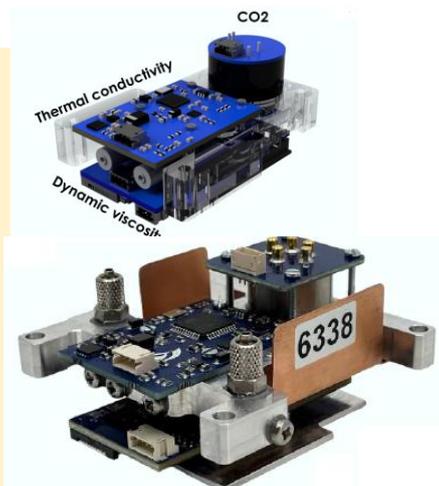
- **Messgrößen**
 - Wobbe Index
 - Druck
- **Benötigt eine geringe Gasmenge (1L/h)**
- **Differenzdruckmessung**
 - Beschleunigt die Gasseitige Arbeit
- **Messabweichung 1-2%**
- 4 Starke Magnete sorgen für sicheren Halt an jedem metallischen Körper.



11

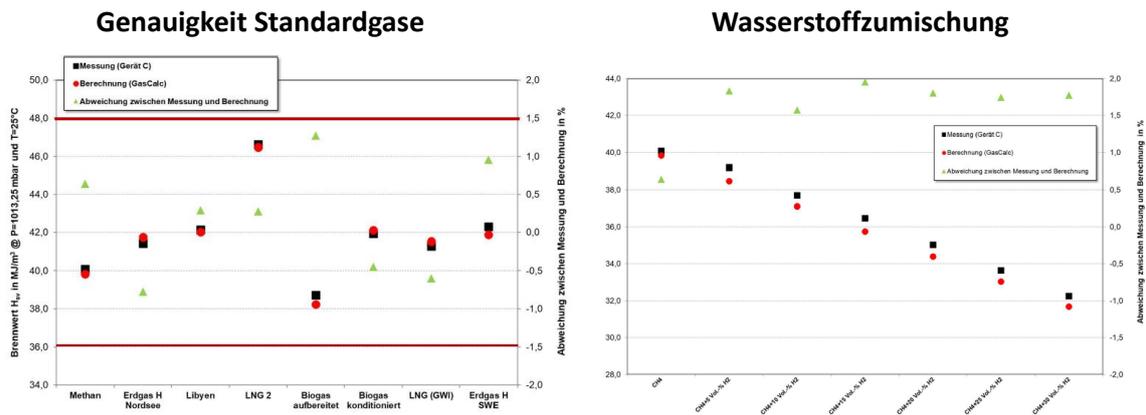
Weiterentwicklung des Sensors

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



12

Validierung durch erneute Tests am GWI (2021)



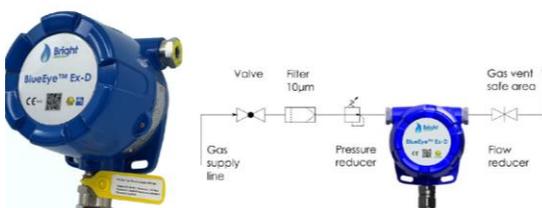
13

BlueEye™ EX-D

H_2 , H_i , W_i , W_j , ρ , 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

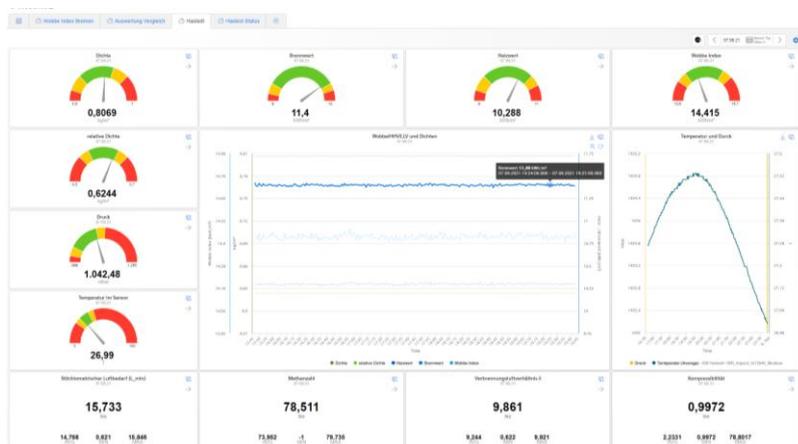


Installation
Zeit
Max.
8 Stunden

19.06.2024

15

Ausgabe der Daten über Siemens Mindsphere



16

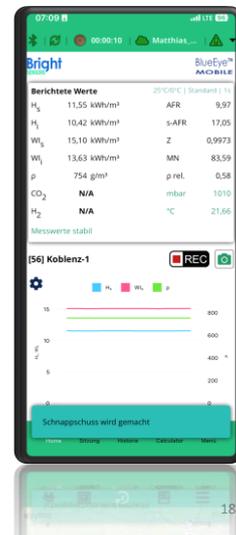
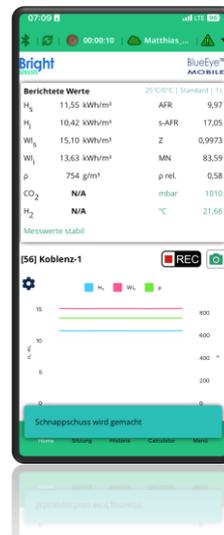
BlueEye™ Mobile

- 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



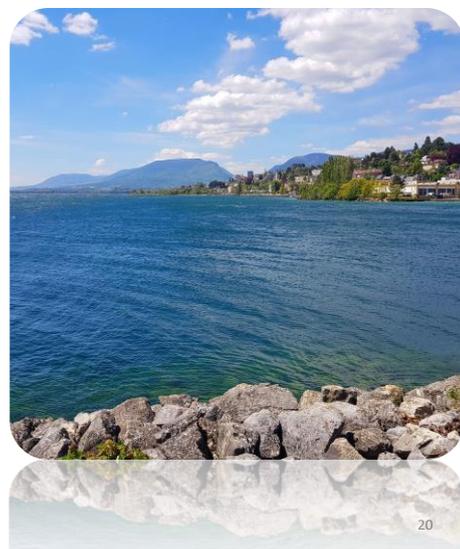
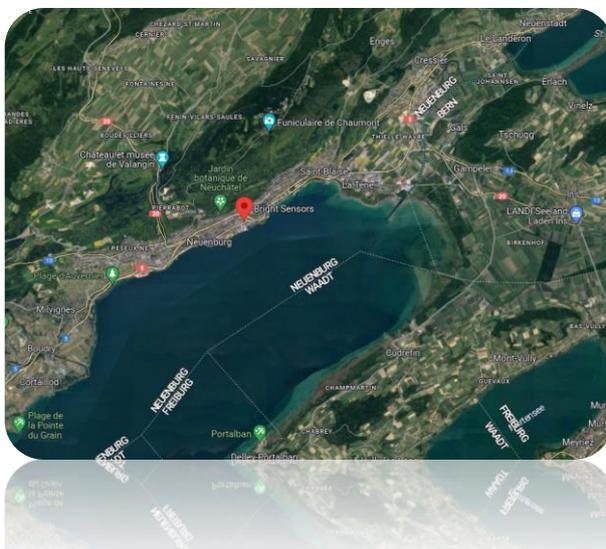
18

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, W, p, p HL, Z, AFR, s AFR, MN, CO₂ %, H₂ %, dt FKO, pH (96), Timeconstant, and Transfer. The table contains 17 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

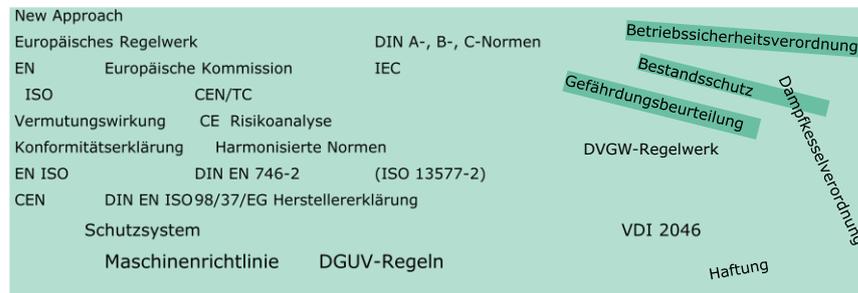
Betriebliche Gasversorgung – Technisches Sicherheitsrecht

Kernfragen

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

Sind Gasanlagen auf Werkgelände überwachungsbedürftige Anlagen?

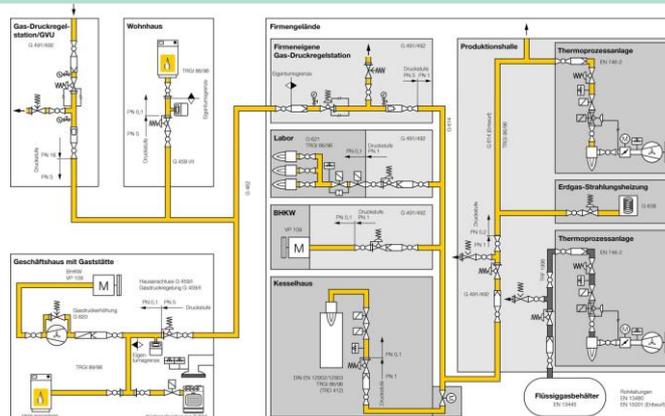
Wo gilt das DVGW-Regelwerk und wo nicht?



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

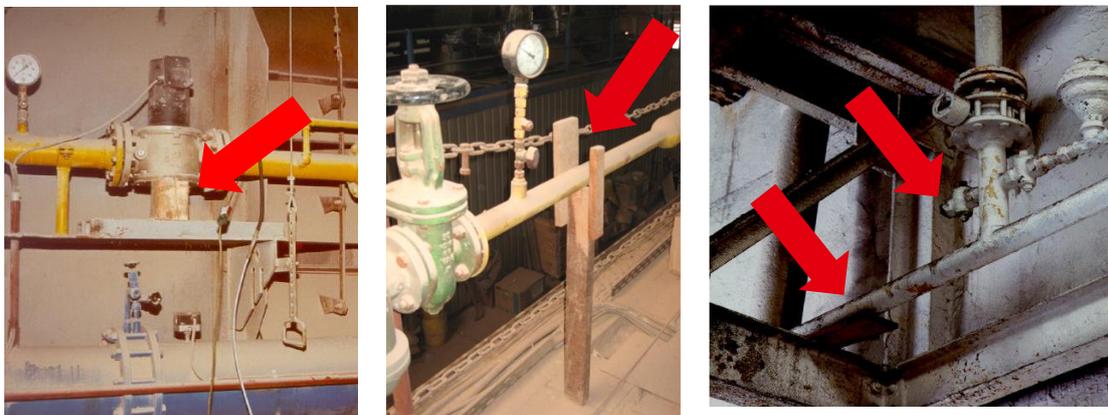
Nur eine „eingeschränkte“ Bedienung ist hier möglich



Folie 9

Die betriebliche Gasversorgung bringt zahlreiche Anforderungen für Unternehmen mit sich

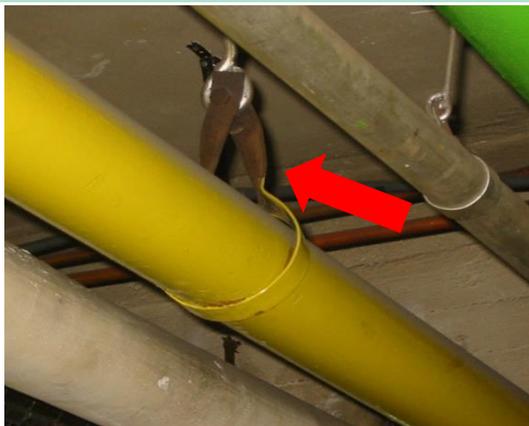
Armaturen- und Rohrbefestigungen sind nicht „ganz“ normgerecht ausgeführt



Folie 10

Anlagen und deren Anwendungen müssen nach aktuellen Vorschriften betrieben werden

Nicht fachgerechte Ausführung von Rohrschellen und Traversen



Folie 11

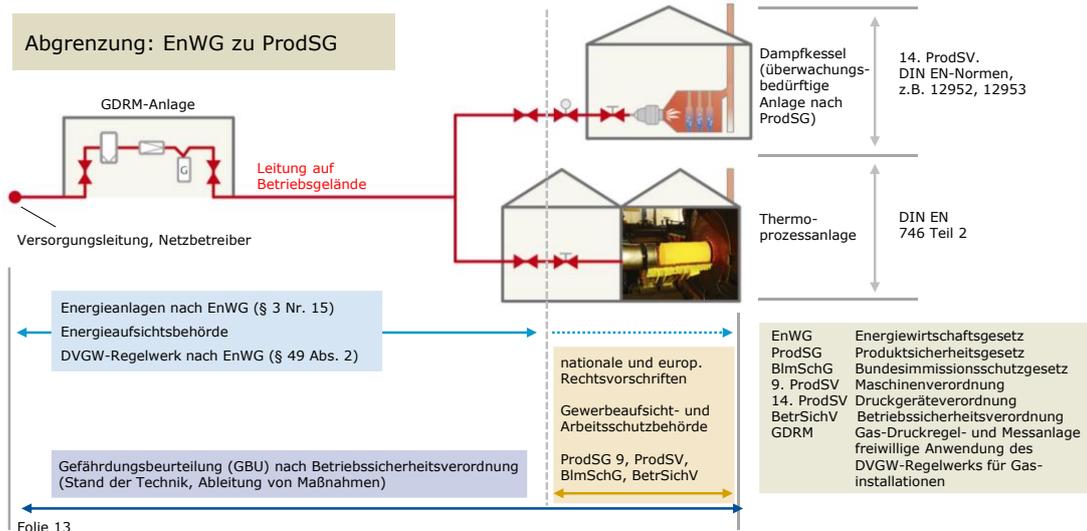
Sicherheitsanforderungen an Thermoprozessanlagen

Regelstrecke / Fehlender Rammschutz



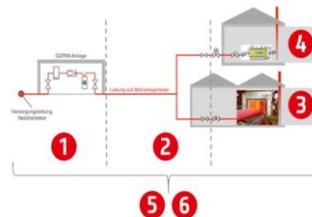
Folie 12

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 Rohralterung 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

swb quick check

Ungefähr 668.000 Ergebnisse (0,38 Sekunden)

www.swb.de > geschaeftskunden > service > quick-check...
Quick-Check Gassicherheit für Unternehmen | swb
 Mit dem swb Quick-Check für die betriebliche Gassicherheit können Sie in wenigen Minuten überprüfen, ob Ihre Erdgasanlagen und -Anwendungen den ...

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

swb STROM ERDGAS BELEUCHTUNG WÄRME KOMMUNIKATION SERVICE MEHR

1. Check der Gas-Druckregel- und Messanlagen (GDRM)
 Im Bereich der GDRM-Anlagen ist vor allem zu beachten, ob sich diese im Eigentum des Netzbetreibers oder des Unternehmens befinden. Für diesen Bereich gilt das DVGW-Regelwerk. Unser Quick-Check soll Ihnen dabei helfen, sich einen schnellen Überblick über die relevanten Gesetze und Regelwerke zu verschaffen.

2. Check der Gasleitungen auf dem Werksgelände
 Erd- und freiverlegte Leitungsanlagen können auf Ihrem Werksgelände eine Gefahr darstellen. Deshalb ist es gerade hier wichtig, dass alle Sicherheitsrisiken erkannt und behoben werden. Die Versorgungssicherheit muss jederzeit gewährleistet sein. Dabei hilft unser Quick-Check zu den Gasleitungen auf dem Werksgelände.

Folie 19

Industriedienstleistungen Aufbau Sicherheits-Quick-Check

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"/>				
⋮					

schematisch

Ergebnisdarstellung

Sicherheitslevel

Bewertung IST-Zustand

Kategorie	Standardisierter Bewertungstext in Abhängigkeit des Gruppenergebnisses	Erreichte Punktzahl
Dokumentation	Standardisierter Bewertungstext in Abhängigkeit des Gruppenergebnisses	10 von 25
Organisation	Standardisierter Bewertungstext in Abhängigkeit des Gruppenergebnisses	15 von 25
Qualifikation	Standardisierter Bewertungstext in Abhängigkeit des Gruppenergebnisses	20 von 25
Technik	Standardisierter Bewertungstext in Abhängigkeit des Gruppenergebnisses	20 von 25

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.

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

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
- Thermoprozessanlagen
- Kesselanlagen
- Arbeitssicherheit

Ort: _____
Datum: _____

Besuchte Firma: _____
Straße: _____
Ort: _____
Verantwortlicher Mitarbeiter: _____

Teilnehmer der Werksbegehung: _____

Bearbeitung: _____ Datum: _____

Werksbegehung

- Betriebliches Gasleitungssystem
- Thermoprozessanlagen

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 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-Peter BAC Maschinenbau GmbH	Florian Werner-Balfes swb Services AG & Co. KG
Christoph Heilacher Honeywell Kromschödder, Lötze	Karl Hermann Baudolph Sironix swb	Stefan Weiler Honeywell Kromschödder, Lötze
Stefan Kalkschek Schwaben Netz GmbH	Wolfgang Schödel Netze Osnabrück GmbH	
Klaus Kromer Honeywell Kromschödder, Lötze	Christoph Thullen TUV Süd Industrie Service GmbH	



swb.de/quick-check
swb.de/sicherheitsleitfaden

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: Prescriptions de sécurité concernant la
 combustion et la manutention des combustibles

Fachartikel
 „Sicherheitsrisiko
 Gasversorgung“



6/2021



Folie 29

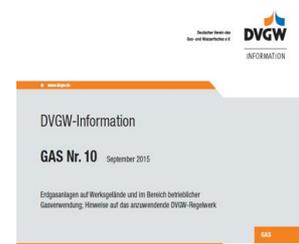
Betriebliche Gasversorgung auf Werksgelände

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

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

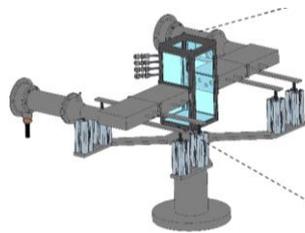
Zusammenfassung

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

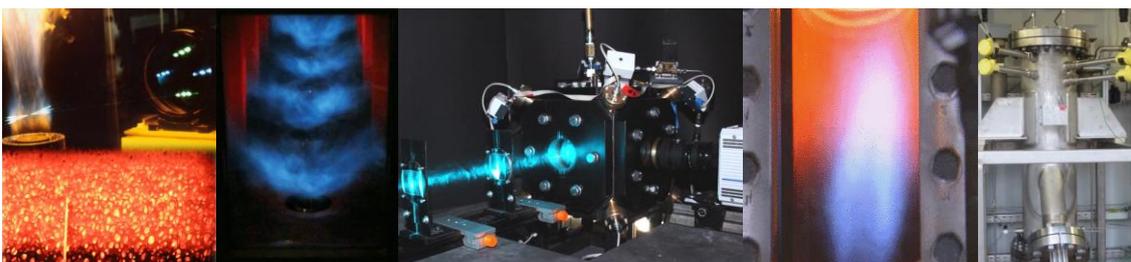
Maurus Bauer, Stefan Harth, Dimosthenis Trimis



KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.kit.edu

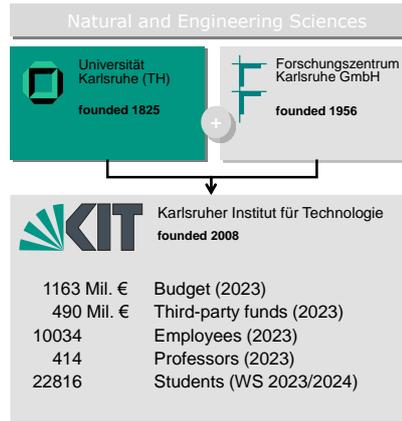
Einleitung: KIT und DVGW Forschungsstelle am EBI



KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

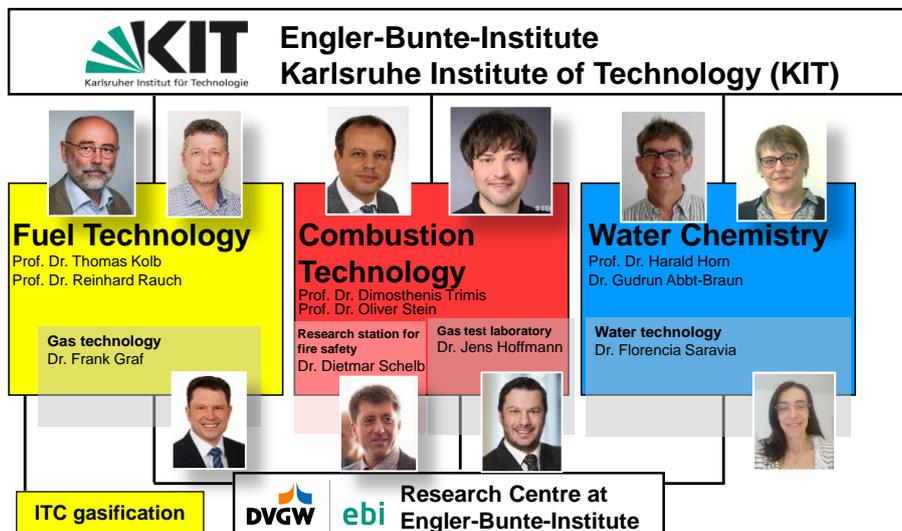
www.kit.edu

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

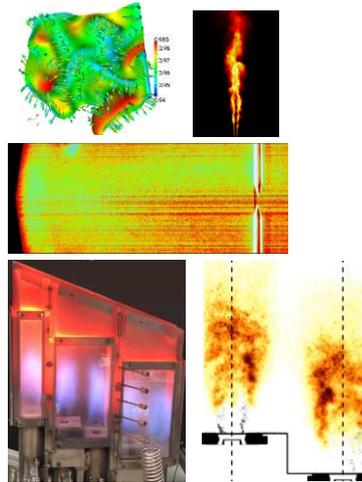
Prof. D. Trimis (Chair for Combustion Technology)
 Prof. O. Stein (Chair for Simulation of Reacting Thermo Fluid Systems)
 "in retirement": Prof. N. Zarzalis, Prof. H. Bockhorn

Basic & Applied Research Topics

- Laminar flame speed
- Turbulence / chemistry interaction
- Ignition processes

- Combustion modelling
- Two-phase-flow modelling
- Reaction mechanisms
- Formation of pollutants (NO_x, 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

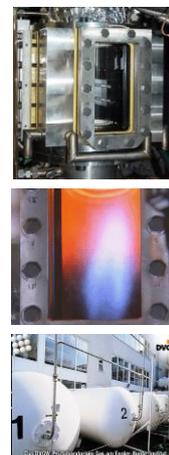


5 18.06.2024 ASUE-EK

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 m³N/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 m³
 - gas storage tank system for providing precise gas compositions
 - advanced seeding systems for solid fuels / metal powder

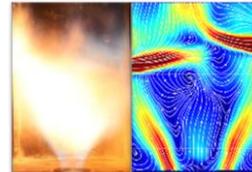


6 18.06.2024 ASUE-EK

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

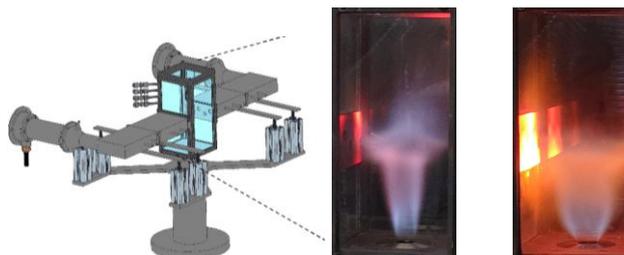


LDA in Turbulent Reactive Flow



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

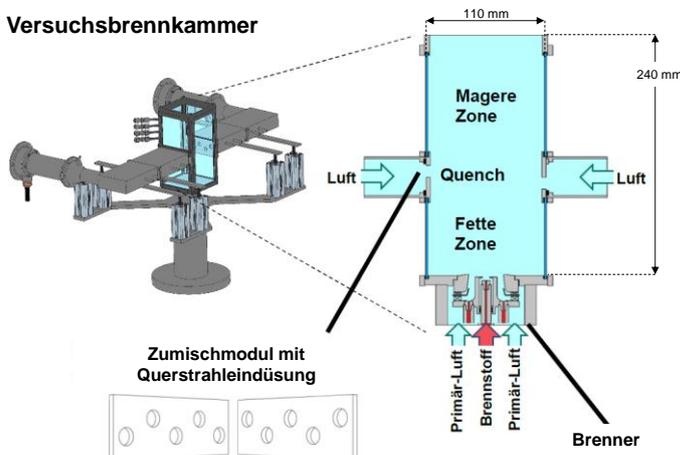
Zielstellung:

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

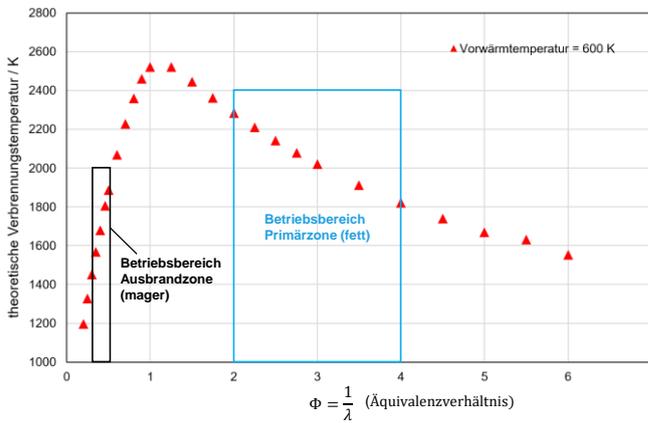


Entwicklung flugantriebstauglicher H_2 -Brennerdüsen für RQL Brennkammern

- 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/m³

Auslegung des RQL Brennerkonzeptes



Randbedingungen Auslegungspunkt

- Einlasstemperaturen:
 - H₂: ca. 300 K → gekühlte Brennstofflanze
 - Luft: ca. 600 K → Vorwärmung

Maximaltemperatur am Brennkammerauslass:

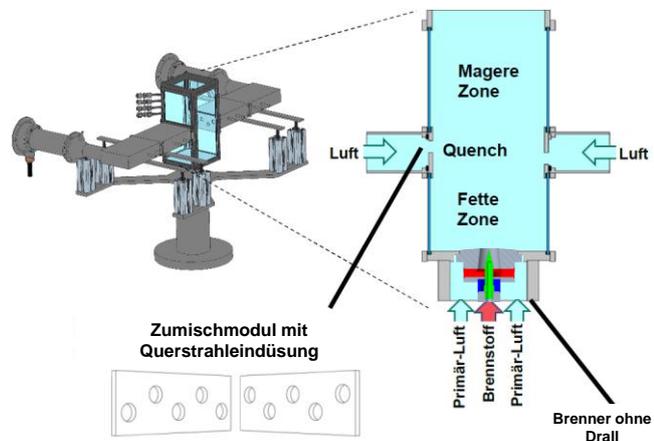
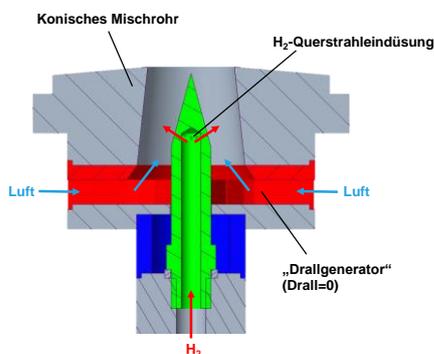
Flugzustand	Turbineneintritts-temperatur / K [1]	ϕ_G
Take-Off	1800	0,46
Ende Steigflug	1575	
Beginn Reiseflug	1450	0,30

Auslegungspunkt:

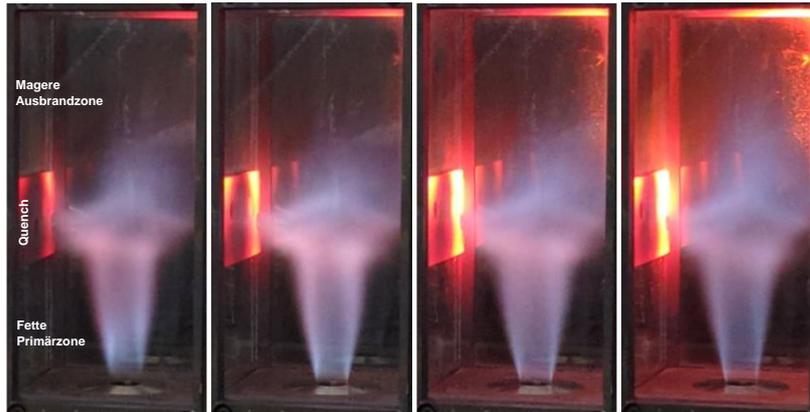
Primärzone		
ϕ_p :	4,00	2,00
T:	1820 K	2285 K
Quench		
ϕ_G :	0,46	0,30
T:	1800 K	1450 K

[1] Bräunling (2015)

Brennerdüse ohne Drall



Ergebnisse – Brenner ohne Drall



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

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

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

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

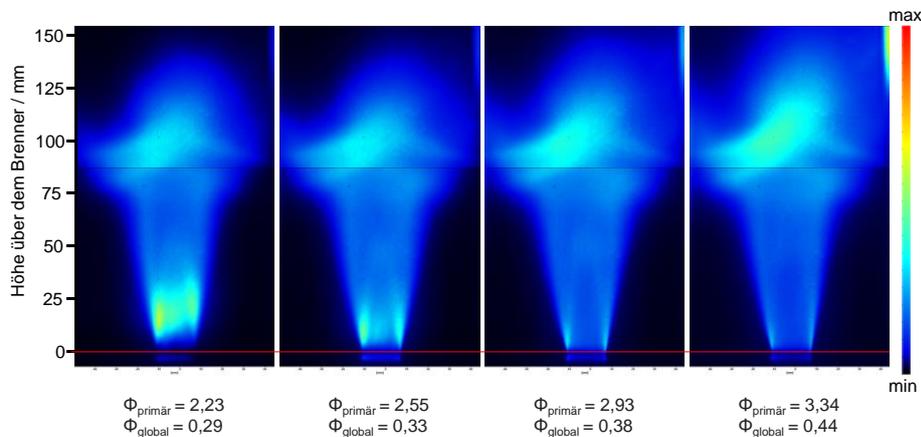
Betriebsbedingungen:

- > Massenstromverhältnis von Quench/Primärluft: ca. 6,6
- > Vorwärmung Primärluft: ca. 300 °C
- > Quenchluft: ca. 34 °C
- > H₂: 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



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

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

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

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

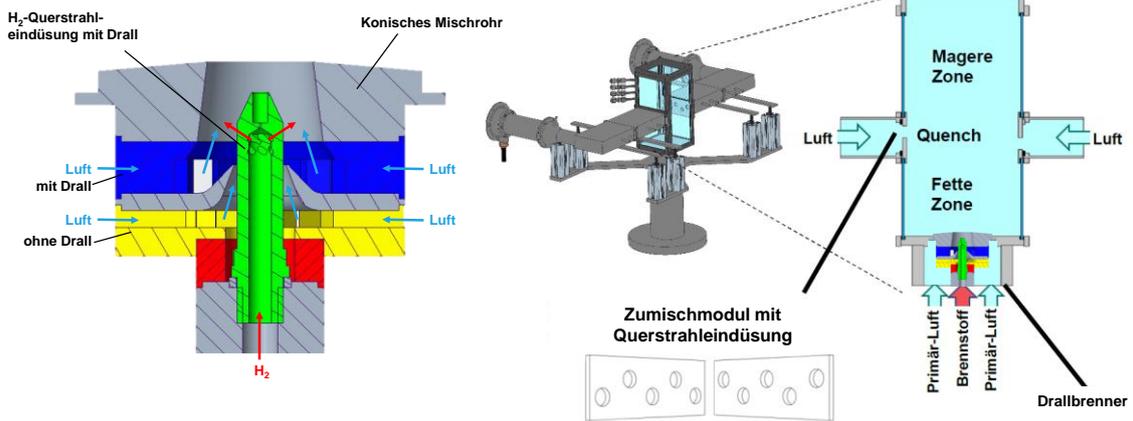
Chemilumineszenz:

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

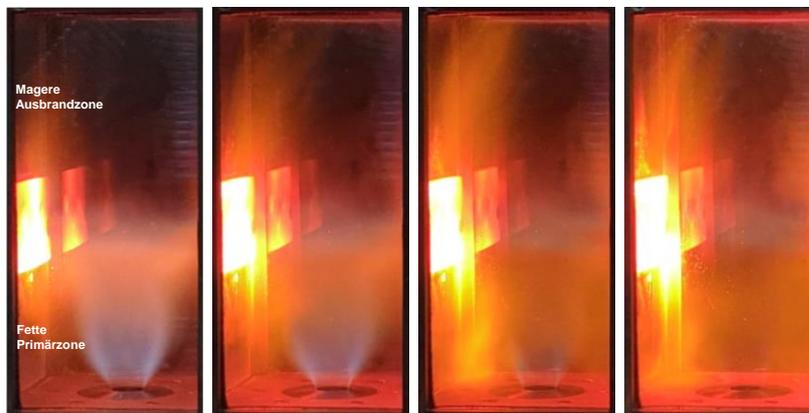
14 12.06.2024 ASUE-EK

Engler-Bunte-Institut | Verbrennungstechnik

Brennerdüse mit Drall



Ergebnisse – Drallbrenner



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

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

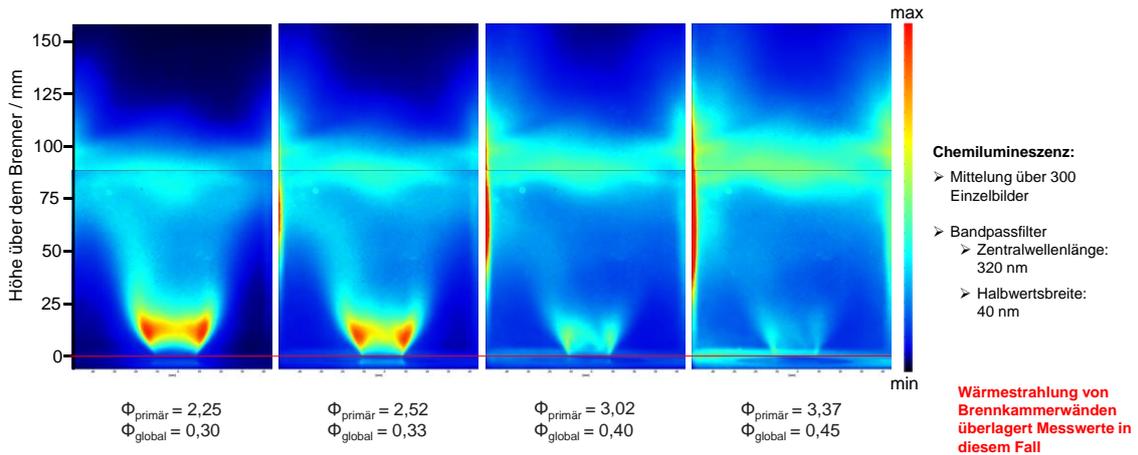
$\Phi_{\text{primär}} = 3,02$
 $\Phi_{\text{global}} = 0,40$

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

Betriebsbedingungen:

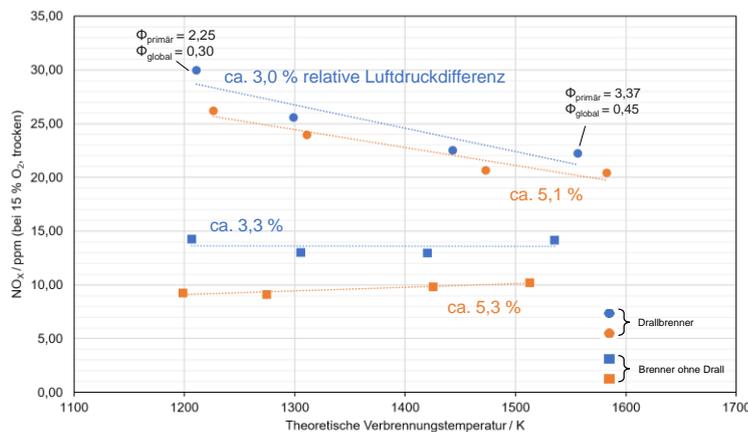
- > Massenstromverhältnis von Quench/Primärluft: ca. 6,6
- > Vorwärmung Primärluft: ca. 300 °C
- > Quenchluft: ca. 30 °C
- > H₂: ca. 30 °C
- > Relative Luftdruckdifferenz über Düse: ca. 3,0 %

OH* Chemilumineszenz – Drallbrenner



NO_x-Emissionen

normiert für 15 % O₂, trocken

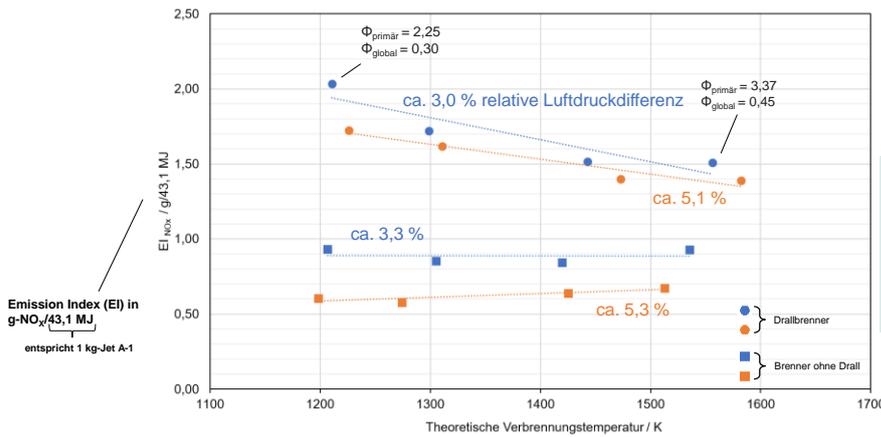


Sinkende Emissionen mit kraftstoffreicherer Primärzone trotz erhöhter Temperaturen am Brennkammerauslass

- noch fettere Primärzone sinnvoll
- großes Potential für niedrige NO_x Emissionen in Bezug zu sehr weiten Betriebsbereich

NO_x-Emissionen in Bezug auf frei werdende Energie

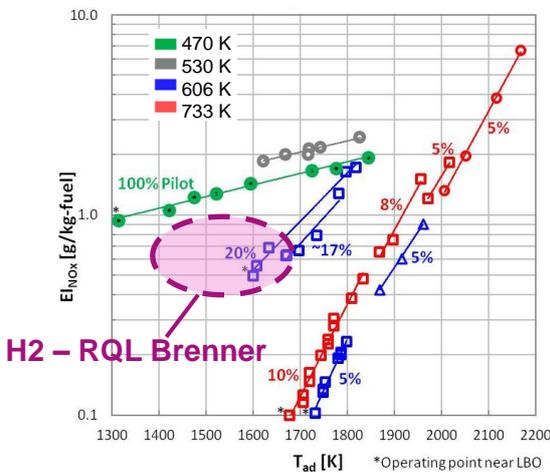
bzw. Angabe äquivalent zu Emission Index für Luftfahrt in g-NO_x / kg-Jet A1 entspricht g-NO_x / 43,1 MJ



Niedrigere NO_x 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]

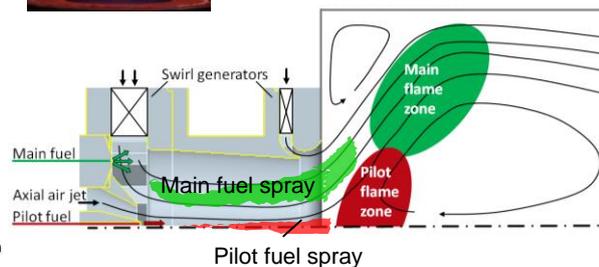
[2] Zarzalis et al., AIAA 92-3339 (1992)

NO_x-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 H₂-Brennerdüsen (Brenner ohne Drall & Drallbrenner)
- Stabile, d.h. rückschlagsfreie H₂-Verbrennung in beiden Brennerkonfigurationen
- RQL Brennerkonzept ermöglicht weiten Betriebsbereich
- Geringere Flammenlänge bei Drallbrenner → Potential für kürzere Brennkammer
- Niedrige NO_x 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

Tagungsband zum ASUE-Expertenkreis 2024