



ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik

Tagungsband zum Expertentreffen vom 26./27. Oktober 2022

VERANSTALTER

ASUE im DVGW e. V.

Robert-Koch-Platz 4

10115 Berlin

VERANSTALTUNGSORT

Südzucker AG, Werk Plattling

Dr.-Ludwig-Kayser-Straße 1

94447 Plattling

Zusätzlicher Online-Zugang via MS Teams

ASUE EXPERTENKREIS GASTURBINENTECHNIK 2022

Nach zwei coronabedingt digitalen Veranstaltungen folgten wir im Oktober 2022 der Einladung der Südzucker AG in das Werk Plattling. Mit einem spannenden Rundgang durch das sich mitten in der Kampagne befindliche Werk und den interessanten Ausführungen des Werks- und Regionalleiters, Herrn Vogl, begannen wir die diesjährige Sitzung.

Die hybrid durchgeführte Sitzung unseres Expertenkreises war wie zu erwarten von der Energiekrise bestimmt. Kaum planbare Energiepreise, die wegen des russischen Angriffskrieges über der Versorgung im Winter schwebende Gefahr einer Gasmangellage und die steigenden Kosten von CO₂-Emissionen verunsichern Gashändler und Abnehmer genauso, wie auch die mittelfristig zu erwartenden, steigenden Gehalte von Wasserstoff. Die Gerätehersteller und Forschungseinrichtungen führten ihrerseits innovative Ansätze vor, wie die Transformation der gasbasierten Strom- und Wärmeversorgung durch angepasste Gerätetechnik umgesetzt werden.

Der mit einer umfassenden technischen Erfahrung aus Apparatebau, Betrieb und Instandhaltung von Gasturbinen aller Hersteller ausgestattete Expertenkreis bedankt sich ausdrücklich bei Herrn Vogl für die Einladung und die gute Betreuung vor Ort.

Die Vorträge der Sitzung haben wir für Sie 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 2023 wieder begrüßen zu dürfen.

Herzliche Grüße,

Ihr Dietmar Jelinek

REFERENTEN UND VORTRÄGE

Begrüßung und ASUE-Bericht: Aktivitäten und Energiepolitik Thomas Wencker, ASUE im DVGW e.V.	<u>Seite 4</u>
Gasmarkt aktuell Dietmar Jelinek, Bayerngas Energy GmbH	<u>Seite 15</u>
Energiepolitik und Gesetzeslage RA Ulf Jacobshagen, Becker Büttner Held - BBH	<u>Seite 23</u>
Update CO₂-Emissionshandel Rainer Sternkopf, Umweltbundesamt (UBA), Fachgebietsleiter Energiewirtschaft, Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)	<u>Seite 38</u>
Wasserstoff in der dezentralen Strom- und Wärmeversorgung: Aktuelle DLR-Projekte Dr. Peter Kutne, Deutsches Institut für Luft und Raumfahrt (DLR), Institut für Verbrennungstechnik, Leiter der Abteilung Gasturbinen	<u>Seite 49</u>
Dekarbonisierung von Gasturbinen mit grünem Methanol Gökmen Cetin, Silent Power AG	<u>Seite 63</u>
Stresstests und Lebensdaueroptimierung an Gasturbinen Dr. Sven von Ende, Rolls Royce Deutschland	<u>Seite 75</u>
Neues Verfahren für höhere Wirkungsgrade an stationären Gasturbinen Rupert Sunkler, Envita Management & Development GmbH	<u>Seite 77</u>
Der MicroMix-Brenner im Realbetrieb mit Wasserstoff Dr. Kusterer, B&B Agema GmbH	<u>Seite 84</u>
Das Wasserstoffinfrastrukturprojekt TH2Eco Ralph Oßmann, Ferngas Netzgesellschaft mbH	<u>Seite 92</u>
Leistungsbewertung einer 200 kW Mikrogasturbine im Erdgasmischbetrieb mit bis zu 30 % Wasserstoff (englisches Paper) Marcus Mehlkopf, E-quad Power Systems GmbH	<u>Seite 101</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 ASUE-Bericht: Aktivitäten und Energiepolitik

Thomas Wencker, ASUE im DVGW e.V.



Aktuelles aus der ASUE

26./27. Oktober 2022, EK Gasturbinentechnik

Thomas Wencker

We are hiring!



The screenshot shows a job listing on the StepStone website. The job title is 'Referent Energiesysteme (m/w/d) Energieeffizienz und Kraft-Wärme-Kopplung' at DVGW in Berlin. The listing includes details such as 'Sei einer der ersten Bewerber', 'Berlin', 'Feste Anstellung', 'Vollzeit, Home Office möglich', and 'Erschienen: vor 1 Tag'. There is a green button labeled 'Ich bin interessiert >' and a link to the job page.

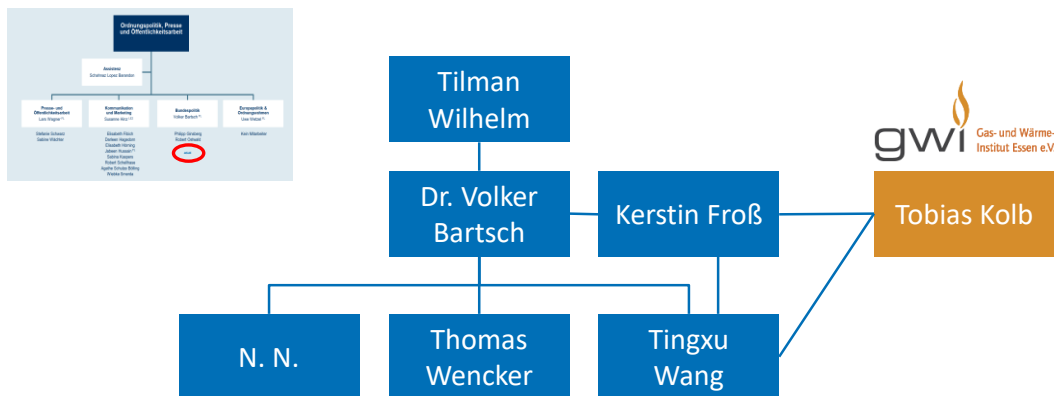
<https://www.stepstone.de/stellenangebote--Referent-Energiesysteme-m-w-d-Energieeffizienz-und-Kraft-Waerme-Kopplung-Berlin-DVGW-Deutscher-Verein-des-Gas-und-Wasserfaches-e-V--8703014-inline.html>

Sachstand Integration



- Findungsphase abgeschlossen
- Proaktive Zukunftsplanung begonnen
- Umweltfreundliche Marke „ASUE“ für Ziele des DVGW nutzen
- Aktuelle, fachliche Themenfelder aus ASUE-Portfolio:
 - H2 im Wärmemarkt
 - Kommunale Wärmeplanung
- ASUE KWK-Service
 - GWI übernimmt die Dienstleistung, Integration in größeres KWK-Portfolio
 - Lizenzvereinbarung in der Entwicklung
 - Neuer GWI-Mitarbeiter geschult

Sachstand Integration



Auch der DVGW sucht...



1



2

Stammnummer	Thema
7205	Gasmaßfahrschein für den verantwortlichen Fachmann aus Vertragsauftragsunternehmen
8189	Grundlagen - Gas-Druckanlagen und Gas-Druckregel- und Sicherheitssteuern von Themenmodulen des Kurses
8194	Nachkurse für festgelegte Anlagen im Bereich von Gas-Druckanlagen und Gas-Druckregel- und Sicherheitssteuern von Themenmodulen des Kurses
8195	Nachkurse für festgelegte Anlagen auf Werkplätzen
8196	Nachkurse für festgelegte Anlagen - Weiterbildung für den Bereich von Endanlagen auf Werkplätzen

3

Stammnummer	Thema
8005	Modul Grundlagen Verteilnetzplanung, Handlungsabläufe
8100	Modul Grundlagen Gas - Einleitungsleitung für spartenfremde Fachkräfte
8200	Modul Grundlagen Wasser - Einleitungsleitung für spartenfremde Fachkräfte
8202	Weiterbildung der Fachkraft Baubeauftraggeber, Wasser, Gas und/oder Wasser, Fernwärme, Strom
8205	Modul Fachkraft Baubeauftraggeber - Verteilnetze - Verteilnetzplanung, Handlungsabläufe
8210	Verteilnetze Fachkraft Verteilnetzplanung im Handlungsfeld Gas
8220	Verteilnetze Fachkraft Verteilnetzplanung - Nachkurse im Handlungsfeld Wasser gemäß DVGW-Netzwerk W 471-2 - Weiterbildungslehrgang

4

ASUE Aktuell, EK GT 26./27. Oktober 2022, Thomas Wencker

5

5. Mai 2022, Ludwig-Erhard-Haus Berlin, Hybrid, Kostenlos

2022
Berliner **ENERGIETAGE**
Energiewende in Deutschland

Grüne Gase und Grüner Strom: Gemeinsam zur Energie- und Wärmewende!

- Präsenz: 80 Anmeldungen, 42 TN
- Digital:
 - 514 Anmeldungen, 166 TN live
 - 739 Youtube-Views im Nachgang
- Podium: Prof. Dr. Kai Konrad (MPI TAX), Dr. Volker Bartsch (DVGW-OPÖ), Heiko Lohmann (energiate, Moderator), Karsten Mitzinger (GEWOBAG), Markus Staudt (BDH)
- Organisation: Thomas Wencker (ASUE)



Kampagne Energiesparen

- Orientierung in der Energiepreisspirale
- Basierend auf > 20 Jahren ASUE-Energiespartipps zur Heizperiode
- Vorstellung bei Landesgruppen und online

Für die versicherten Endkunden:

Die einfachsten Lösungen zum Energiesparen zu HAUSE

<p>Tipps 3: Temperatur des Trinkwassers runter! <small>Kosten: NULL €; Komfortverlust: Gering; Aufwand: Verschieden</small></p> <ul style="list-style-type: none"> • Jedes Grad kostet mehr Energie. Reduzieren Sie die Temperatur in für Sie erträglichem Maß! <p>Um 5 °C reduzierte Temperatur spart bei jedem Duschen mehr als 10 % Energie!</p> <p>Tipps: Wählen Sie die Temperatur für Ihren „Wärmedücher“ so, dass dieser nicht kalt zumischen muss. Tipp: Zur Vorbeugung von Legionellen regelmäßig mit heißem Wasser (90 °C im Vorlauf) spülen.</p>	<p>Tipps 4: Fenster und Türen abdichten <small>Kosten: NULL € bis moderat; Komfortverlust: NULL; Aufwand: Gering</small></p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch Ritzen/Spalten verschwindet wertvolle Energie! • Nutzen Sie die Einstellmöglichkeiten Ihrer Fenster oder lassen Sie Handwerker oder Vermieter kümmern! <p>Vermeiden Sie das Ankleben von Zusatzdichtungen!</p> <p>Tipps: Teilen Sie mit einem Blatt Papier im Fenster-/Türrahmen auf Undichtigkeiten. Tipp: Auch Innen Zugluft verhindern, Türen zu! Wichtig: Zufahrtsweg für Gasheizung prüfen!</p>
<p>Tipps 5: Heizung in der Nacht herunterfahren <small>Kosten: NULL €; Komfortverlust: Gering; Aufwand: Verschieden</small></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sparen Sie bis zu 25 % an Energie, indem Sie die Temperatur in Ihren Wohnräumen auf etwa 15/16 °C Stufe 1 oder 2 am Thermostat) absenken! <p>Viele Heizungen haben Programmfunktionen, smarte Thermostate helfen in allen anderen Fällen.</p> <p>Tipps: Senken Sie die Temperatur nicht unter 15/16 °C! Das Aufheizen wird teuer und Feuchtigkeit wird frei. Tipp: Schon 1 °C weniger Temperatur spart bis zu 6 % an Energiekosten ein!</p>	<p>Tipps 6: Heizung in Küche und Bad reduzieren <small>Kosten: NULL €; Komfortverlust: Gering; Aufwand: Gering</small></p> <ul style="list-style-type: none"> • Räume mit eigener Wärmeerzeugung (Küche, Bad) können auf 15/16 °C (Stufe 1 oder 2 am Thermostat) eingestellt werden. <p>Profitieren Sie von der Abwärme Ihrer Hausgeräte! (Kühlschrank, Toaster, Föhn, Waschmaschine & Co)</p> <p>Tipps: Senken Sie die Temperatur nicht unter 15/16 °C! Das Aufheizen wird teuer und Feuchtigkeit wird frei.</p>

INNOVATIONSPREIS DER DEUTSCHEN GASWIRTSCHAFT 2022

INNOVATIONSTAG am 12. Oktober 2022 in Berlin

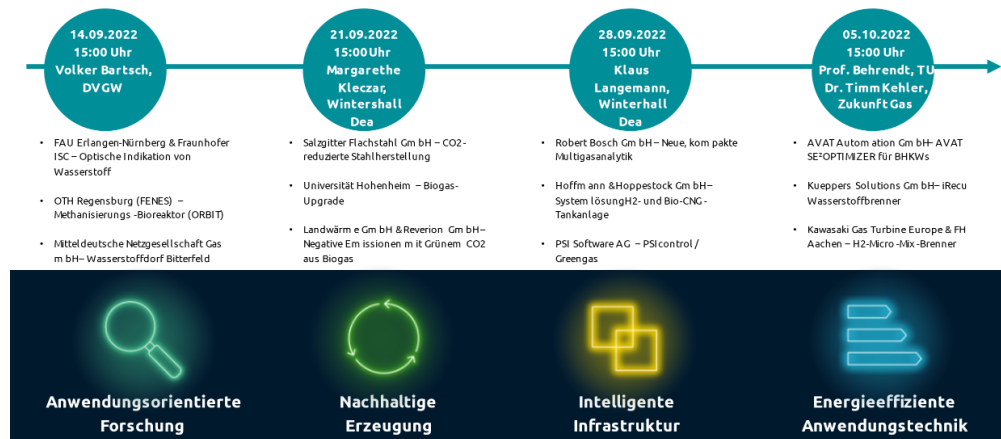
- | | |
|---|--|
| ▪ Motto: Re:Inventing Energy | ▪ Schirmherrschaft: BMBF, Grußwort |
| ▪ 54 Bewerbungen in 4 Kategorien | ▪ Themen: Wasserstoff, Biogas, Software |
| ▪ > 100 Gäste bei der Preisverleihung | ▪ Ehrung: Energy HUB Wilhelmshaven |



12. Oktober: Innovationstag der deutschen Gaswirtschaft in Berlin, Innovationswochen seit 14.09.

Meetup – Digitale Projekt Pitches

www.innovationspreis-gas.de



ASUE Aktuell, EK GT 26./27. Oktober 2022, Thomas Wencker

9

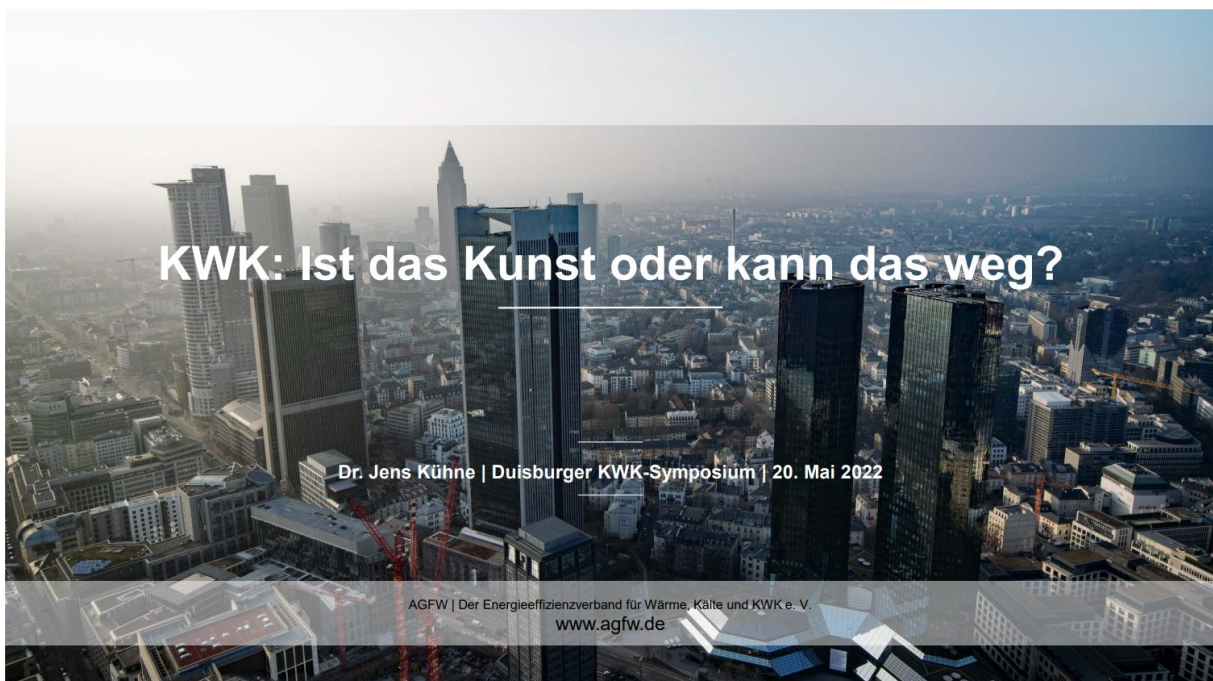




Bild: SunTechnics Bioenergy/Wencker

Biomethan & Biogas in Zukunft

- Bis zu 2.000 Anlagen umrüsten und anschließen
- 166,2 TWh Biomethan zusätzlich
- Inkl.: CO₂ aus Aufbereitung mit H₂ methanisieren.

Potential zur Errichtung von Sammelleitungen in Mio. m³ i.N./a

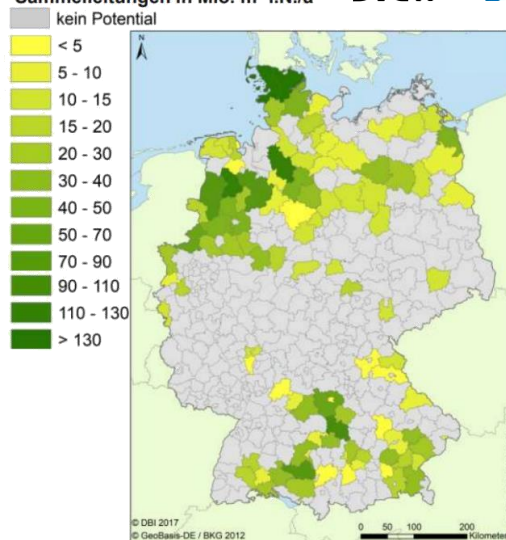


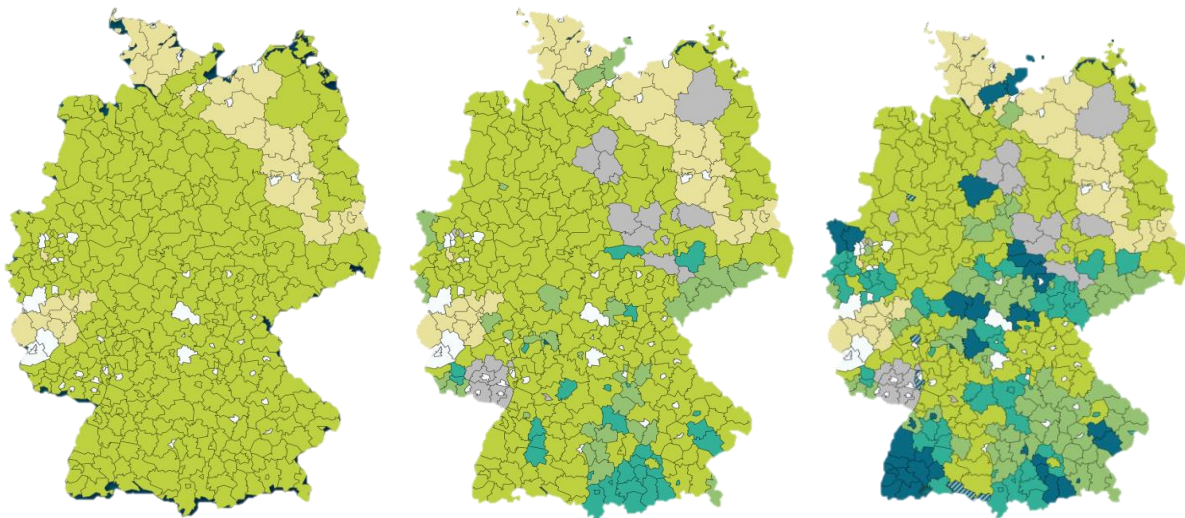
Abbildung: © DVGW, EE-Methanisierungspotenzial, 2019

Wasserstoff: Stand der Haustechnik @ SHK Essen 2022



Bilder: © ASUE/Wencker
Bild unten rechts:
© Hypos e. V.

Backup: Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP)



2022: Highspeed Law-Writing

- Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz
- Energiesicherungsgesetz
- Kurzfristenergieversorgungsicherungsmaßnahmenverordnung
- Mittelfristenergieversorgungsicherungsmaßnahmenverordnung
- KWKG 2023 → „WärmeG“ ?
- kWPG 2023
- EnEffG (Referentenentwurf vom 18. Oktober)
- Neue Neuordnung BEG-Förderung (Konsultation vom 20.10. Abgabe am 25.10.)

BEG-Förderung: Tschüss, Gas



- Bis zu 50 % für eWP
- Seit 22.09.: bis zu 55 % bei WpB-Gebäude (> 250 kWh/m²a)
- Keine Förderung für Gas mehr, Einbau ist weiterhin erlaubt
- Weitere Reform: 01/2023

Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG)		Fördersatz	Fördersatz mit Heizungs-Tausch-Bonus	Fachplanung
Gebäudehülle ¹	Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz	15 %		50 %
Anlagentechnik ¹	Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen; WG; Einbau „Efficiency Smart Home“; NWG; Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme	15 %		
Heizungsanlagen	Solarthermieanlagen	25 %		
	Wärmepumpen ²	25 %	35 %	
	Biomasseanlagen ²	10 %	20 %	
	Innovative Heizanlagen auf EE-Basis	25 %	35 %	
	EE-Hybridheizungen mit Biomasseheizung ³	20 %	30 %	
EE-Hybridheizungen ohne Biomasseheizung ³	25 %	35 %		
Heizungsoptimierung ¹	Errichtung, Erweiterung, Umbau eines Gebäudenetzes Mindestens 55 % Anteil EE im Wärmemix	25 %		
	Anschluss an ein Gebäudenetz Mindestens 25 % Anteil EE im Wärmemix	25 %	35 %	
	Anschluss an ein Wärmenetz Mindestens 25 % Anteil EE im Wärmemix oder Primärenergiefaktor höchstens 0,6	25 %	35 %	
Heizungsoptimierung ¹		15 %		

¹ ISFP-Bonus: Bei Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplanes (ISFP) ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.
² Innovationsbonus Biomasse: Bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Feinstaub von max. 2,5 mg/m³ ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.
³ Wärmepumpen-Bonus: Wenn als Wärmequelle Wasser, Erdreich oder Abwasser erschlossen wird, ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
 Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND4.0)

BEW-Förderung: Kommunale Wärmewende

- Zwischen 40 und 50 % in allen Modulen
- Seit 15.09. bis Ende 2026
- Fördertopf: 3 Mia. €

Modul 1: Transformationspläne und Machbarkeitsstudien	
bestehendes Wärmenetz: Transformationsplan (Trafo)	Neubau Wärmenetz: Machbarkeitsstudie
Investitionsförderung 50 % max. 600.000 Euro	
Modul 2: Systemische Förderung	
Wärmequelle: Solarthermie, Wärmepumpen, Biomasse ...	
Wärmeverteilung: Rohrleitungssystem, Armaturen, ...	
Optimierungsmaßnahmen	
Umfeldmaßnahmen	
Planungsleistungen	
Investitionsförderung 40 % bis 50 Mio. notifizierungsfrei	
Betriebskostenförderung für 10 Jahre	
<ul style="list-style-type: none"> • Solarthermie: 2 ct/kWh_{th} • Wärmepumpe (abhängig von JAZ) Strombezug max. 7 ct/kWh_{th} EE-Strombetrieb max. 3 ct/kWh_{th} 	
Modul 3: Einzelmaßnahmen mit Trafo	
Solarthermie, Wärmepumpen, Biomasse ...	
Wärmespeicher, Anschlussleitungen, Netzerweiterung ...	
Investitionsförderung 40 % bis 50 Mio. notifizierungsfrei	
Modul 3: Einzelmaßnahmen ohne Trafo	
Solarthermie, Wärmepumpen, Biomasse ...	
Wärmespeicher, Anschlussleitungen, Netzerweiterung ...	
Investitionsförderung 40 % bis 50 Mio. notifizierungsfrei	

ASUE Aktuell, EK GT 26./27. Oktober 2022, Thomas Wencker

17

ASUE-Material



ASUE Aktuell, EK GT 26./27. Oktober 2022, Thomas Wencker

18

TECHNIK
EFFIZIENZ
INNOVATION

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Gasmarkt aktuell

Dietmar Jelinek, Bayerngas Energy GmbH

Gasmarkt aktuell

ASUE Gasturbinenexpertenkreis 27.10.2022

Dietmar Jelinek, 25.10.2022

Seite 1

bayerngas
energy

Marktlage Erdgas

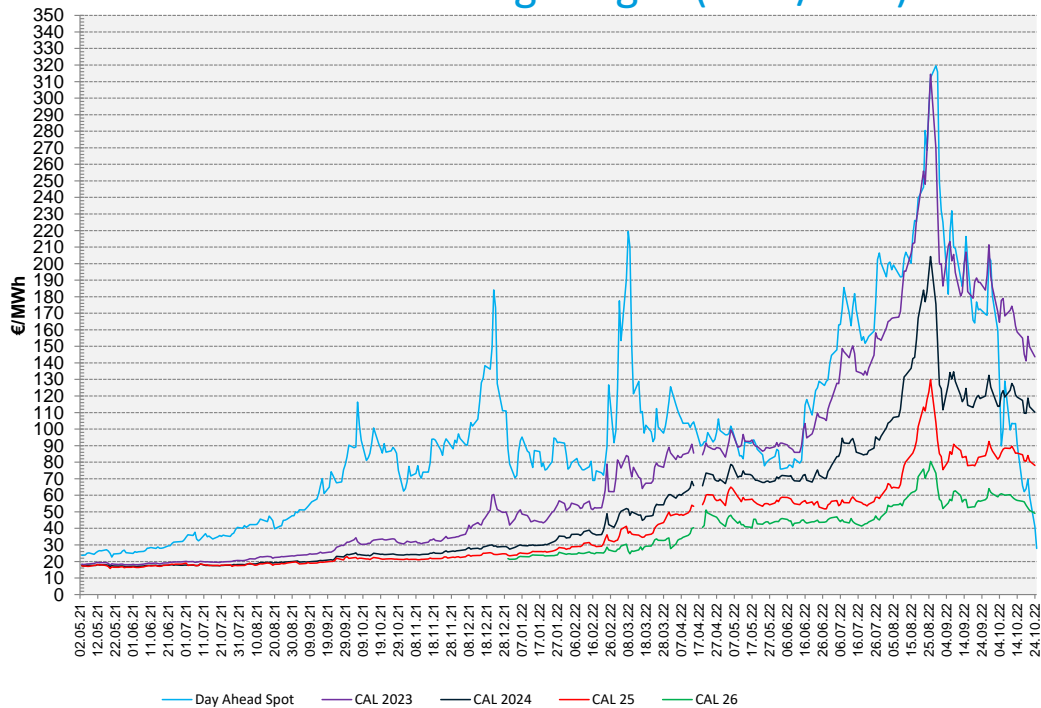
- Tagespreise (Day Ahead THE) seit 14.10.2022 stark rückläufig – Speicher sind nahezu 100% gefüllt, Temperaturen über langjährigen Durchschnitt.
- Terminpreise (Frontmonate/Frontseason/Frontjahr) ebenfalls rückläufig, jedoch immer noch auf außergewöhnlich hohem Niveau. Weitere Entwicklung wird von der Versorgungslage abhängig sein (reichen derzeitige LNG Lieferungen und Speicherstände aus, um eine Gasmangellage abzuwenden?).
- Gasimporte seit Anfang September leicht steigend, Gasverbrauch ggü Vorjahr rückläufig.
- Rohölpreise nach wie vor relativ stabil (Brentölnotierungen um die 90 \$/bl)

Dietmar Jelinek, 25.10.2022

Seite 2

bayerngas
energy

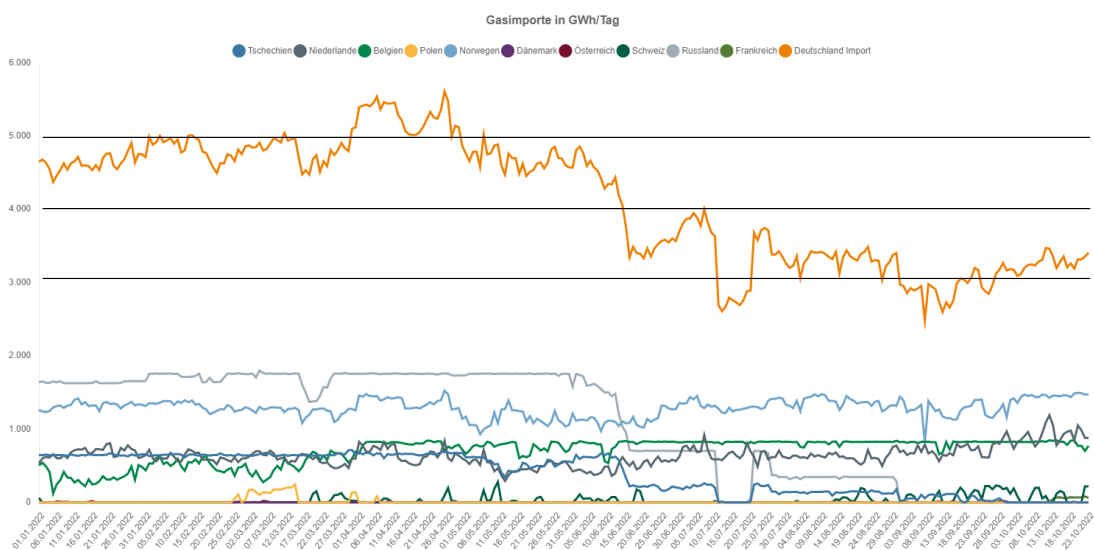
Preisentwicklung Erdgas (NCG/THE)



Dietmar Jelinek, 25.10.2022

Seite 3

Gasimporte Deutschland



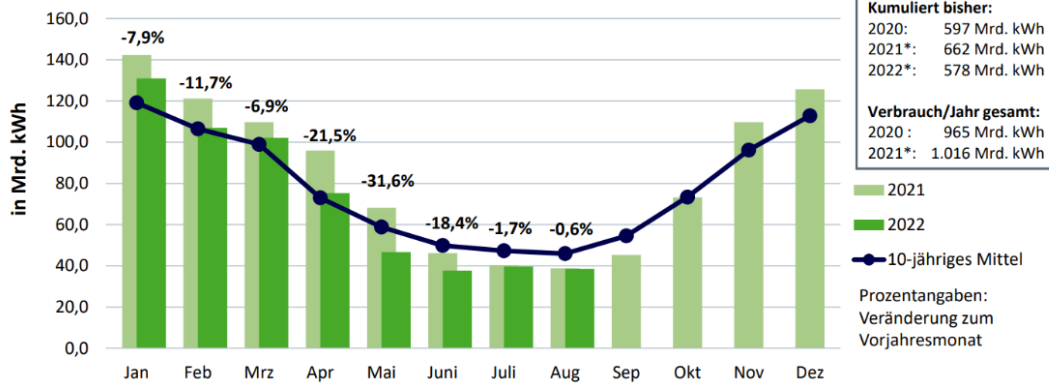
Dietmar Jelinek, 25.10.2022

Seite 4

Monatlicher Erdgasverbrauch Deutschland

Monatlicher Erdgasverbrauch in Deutschland

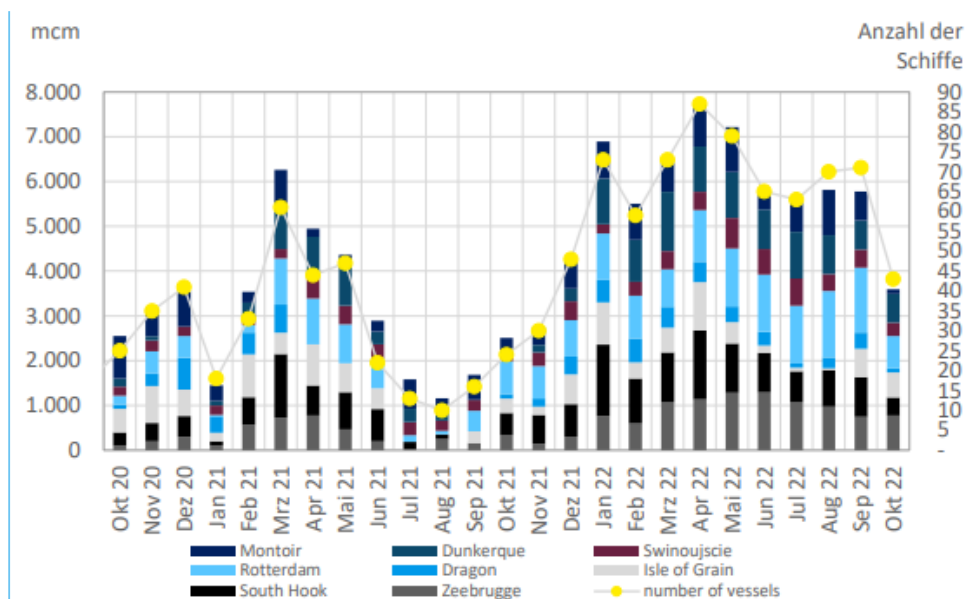
2022 bisher: 578 Mrd. kWh* (Veränderung zum Vorjahreszeitraum: -12,8 %)



Quelle: BDEW, Stand 09/2022

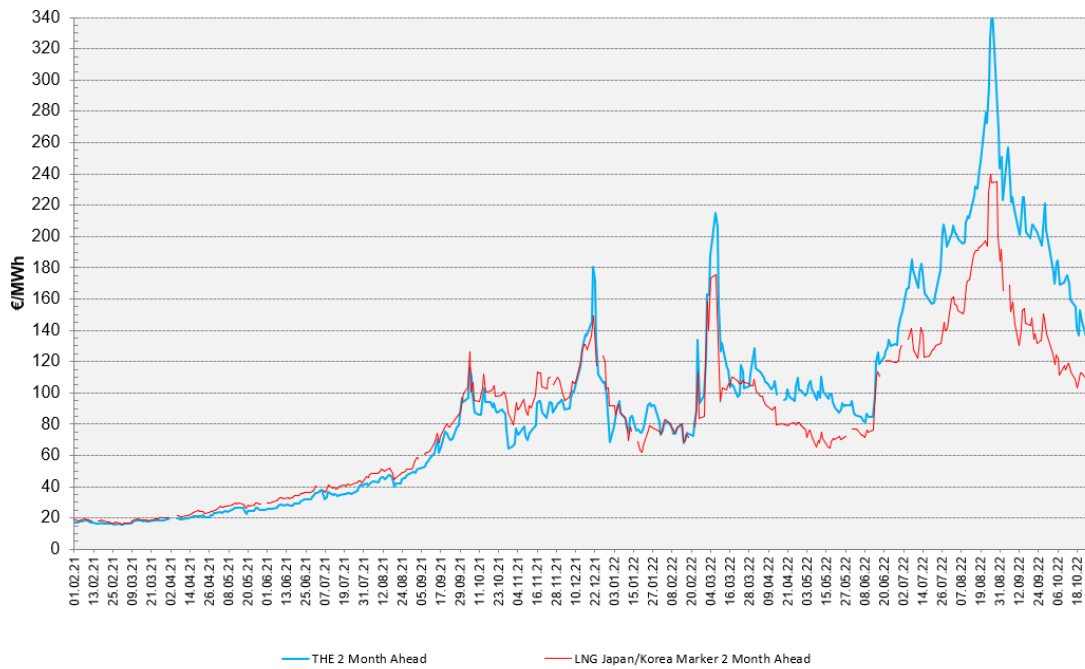
* vorläufig

LNG Importe nach NW-Europa



Quelle: Wings Newsletter

Preisverlauf LNG JKM

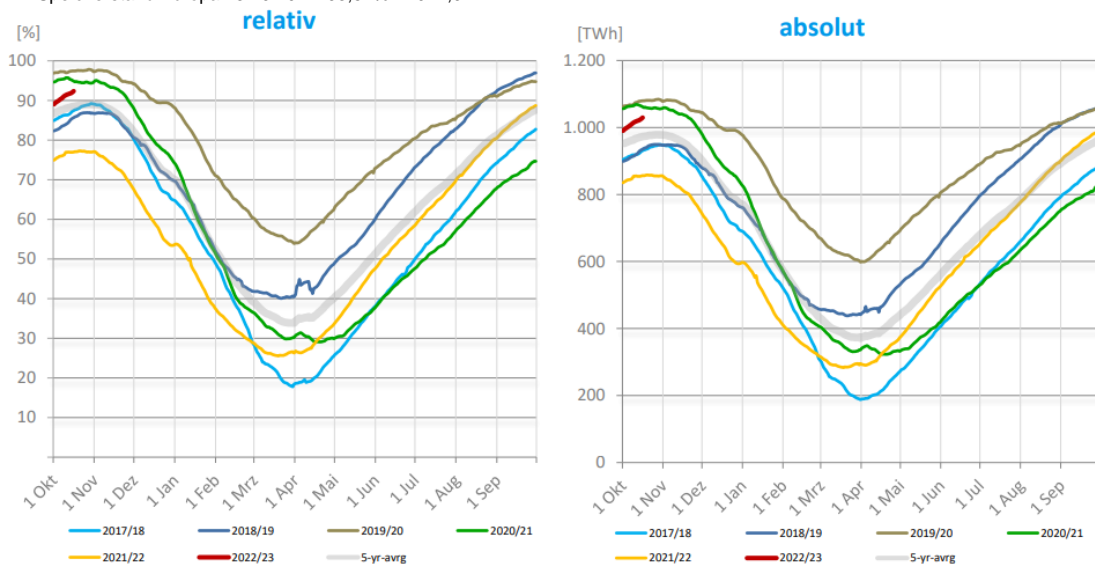


Dietmar Jelinek 25.10.2022

Seite 7

Speicherstände Europa

Speicherstand Deutschland 23.10.2022: 97,53% - 239,2 TWh
 Speicherstand Europa 23.10.2022: 93,61% - 1042,9 TWh

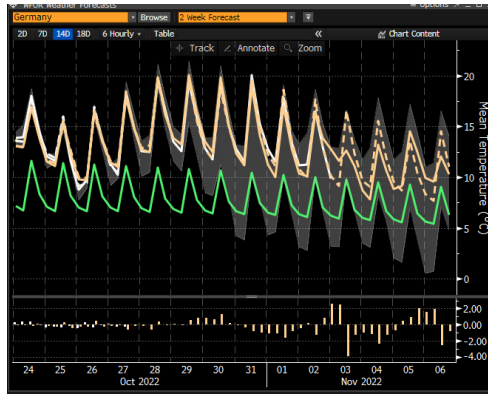


Dietmar Jelinek, 25.10.2022

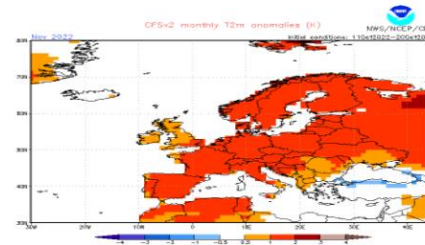
Seite 8

Quellen: AGSI, Wingas Newsletter

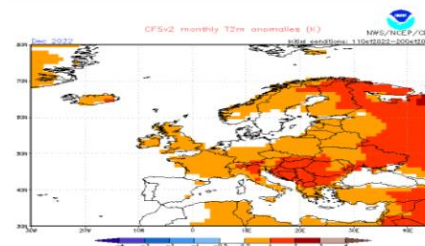
Wetterprognose



Nov 2022



Dec 2022

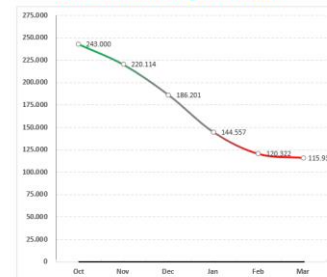


Szenarioanalyse

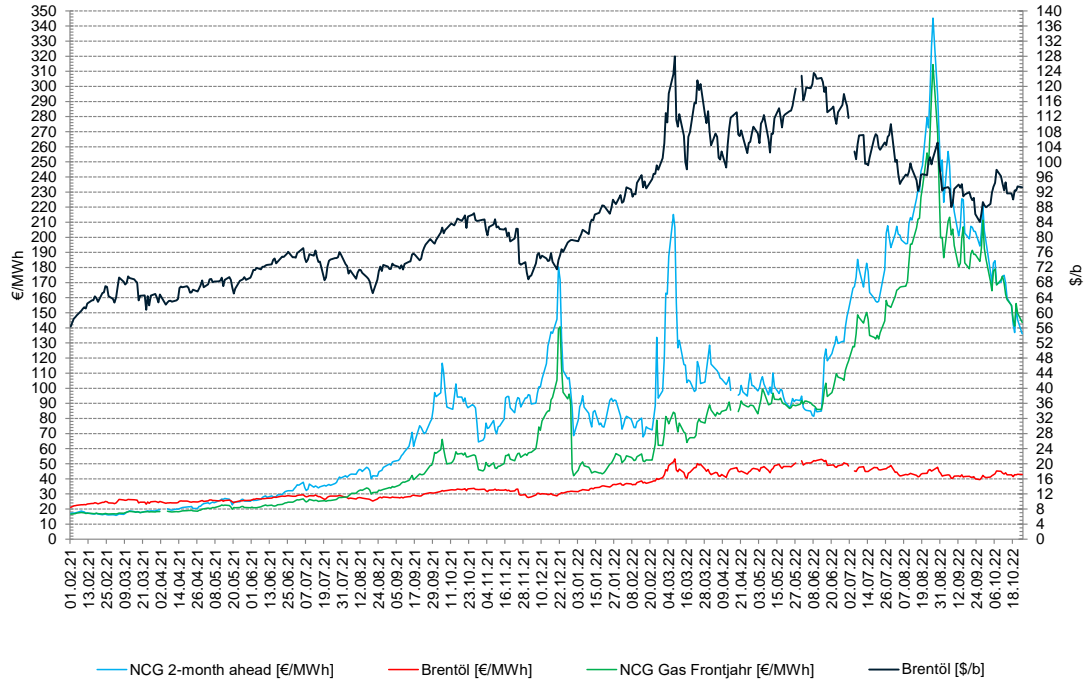
Wintermengen in GWh (gelbe Felder zum Verändern für Szenarien)

Mengen in GWh	%	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	Summe
Verbrauch Win 21		78.000	118.000	128.000	129.000	106.000	99.000	
Verbrauch Win 20		81.000	105.000	126.000	142.000	121.000	110.000	
Verbrauch Win 19		79.000	104.000	118.000	127.000	104.000	106.000	
Verbrauch Win 18		73.000	107.000	117.000	140.000	112.000	102.000	
Durchschnittlicher Verbrauch (Jahre 18-21)	88%	67.320	91.720	107.140	118.360	97.460	91.740	575.740
Annahme Lieferungen aus N, NL, BE		98.332	95.160	98.332	98.332	88.816	98.332	
Inlandsgewinnung Erdgas		4.319	4.222	4.395	4.319	3.924	4.257	
Summe Importe/inlandsgewinnung		102.651	99.382	102.727	102.651	92.740	102.589	602.740
Export nach Polen/Österreich/Frankreich - Strom (Historie: 40% der Importe)	30%	29.500	28.548	29.500	29.500	26.645	29.500	
FSRUs - Start Januar 2023 in %					25%	50%	100%	
					3.565	7.130	14.259	
Ergebnis Import/inlandsgewinnung abzgl. Exporte+Verbrauch		5.811	-22.886	-33.913	-41.644	-24.235	-4.391	-121.238
Maximales Speichervolumen & Ziele	aktueller Stand >>>	243.000	90%	95%		40%		
Speicher Volumen - Ziele		218.700	230.850			97.200		
Speichervolumen kumulativ		241.000	220.114	186.201	144.557	120.322	115.931	
Speichervolumen %		100%	91%	77%	59%	50%	48%	
Shortfall		0	0	0	0	0	0	0

Speichervolumen & möglicher Shortfall



Rohölpreisentwicklung



Dietmar Jelinek, 25.10.2022

Seite 11

bayerngas
energy

Gaspreisbremse

MASSNAHMENPAKET

TTF soll dynamischen Preisdeckel erhalten

Brüssel (energate) - Die EU-Kommission will den Gasmarkt mit einem weiteren Notfall-Maßnahmenpaket stabilisieren. Vorgehen ist demnach eine dynamische Preisobergrenze im Handel der Börse TTF sowie ein gemeinsamer Gaseinkauf der Mitgliedstaaten. Zudem will die Kommission die Regeln rund um staatliche Beihilfen für die energieintensive Industrie lockern und weitere Stützinstrumente für Energieimporteure und -händler einführen. Fallen gelassen hat die Kommission hingegen ihre Pläne für einen EU-weiten Preisdeckel für Gas, das verstromt wird.

Die dynamische Preisobergrenze im Erdgas-Sporthandel soll den Plänen zufolge so lange gelten, wie noch kein LNG-Index als Alternative zum derzeitigen TTF-Leitindex zur Verfügung steht. Die Einführung eines LNG-Index ist für die nächste Füllsaison der Gasspeicher Anfang 2023 vorgesehen. Vorab soll die EU-Regulierungsagentur Acer bis Ende des laufenden Jahres die für den neuen Index erforderlichen Informationen sammeln. Wie EU-Energiekommissarin Kadri Simson gegenüber energate bestätigte, soll der neue Index nur auf neue Verträge angewendet werden: "Wir öffnen alte Langfristverträge nicht", sagte sie.

Gespräche über Gaspreisgrenze werden schwierig – Scholz

(Montel) Die EU-Gespräche über mögliche Gaspreisobergrenzen werden kompliziert bleiben, sagte Bundeskanzler Olaf Scholz (SPD) am Freitag, nachdem sich die EU-Staats- und Regierungschefs noch nicht auf Vorschläge dazu einigen konnten.

VERSORGUNGSSICHERHEIT

EU-Gipfel vertagt Entscheidung über Gaspreisbremse

Brüssel (energate) - Die EU wird künftig einen Teil der Gas-mengen für die Speicher gemeinsam einkaufen. Bei der strittigen Frage einer EU-Gaspreisbremse, den die EU-Kommission vorgeschlagen hatte, gab es beim Treffen der EU-Staats- und Regierungschefs dagegen keine Einigung. EU-Kommissionschefin Ursula von der Leyen zeigte sich nach den stundenlangen Verhandlungen dennoch zufrieden. "Wir haben jetzt einen Fahrplan, um weiter an dem Thema Energiepreise zu arbeiten." Mit den technischen Fragen sollen sich die Energieministerinnen und -minister auf ihrer Tagung am 25. Oktober in Luxemburg befassen.

Dietmar Jelinek, 25.10.2022

Seite 12

bayerngas
energy

Die Bayerngas Energy GmbH

Wir sind für Sie da!



Energiepolitik und Gesetzeslage

RA Ulf Jacobshagen, bbh

Expertenkreis Gasturbinentechnik (ASUE) – „Energiepolitik und Gesetzeslage“

Dr. Heiner Faßbender

Plattling (hybrid), 27.10.2022

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

1

Kurzprofil BBH



Becker Büttner Held gibt es seit 1991. Bei uns arbeiten Rechtsanwält*innen, Wirtschaftsprüfer*innen und Steuerberater*innen – sowie weitere Expert*innen in der BBH-Gruppe. Wir betreuen über 4.000 Mandanten und sind die führende Kanzlei für die Energie- und Infrastrukturwirtschaft.

BBH ist bekannt als „die“ Stadtwerke-Kanzlei. Wir sind aber auch viel mehr. In Deutschland und auch in Europa. Die dezentralen Versorger, die Industrie, Verkehrsunternehmen, Investoren sowie die Politik, z.B. die Europäische Kommission, die Bundesregierung, die Bundesländer und die öffentlichen Körperschaften, schätzen BBH.

- rund 250 Berufsträger*innen in Berlin, München, Köln, Hamburg, Stuttgart, Erfurt & Brüssel
- registrierte Interessenvertretung – Lobbyregister beim Deutschen Bundestag – R000790

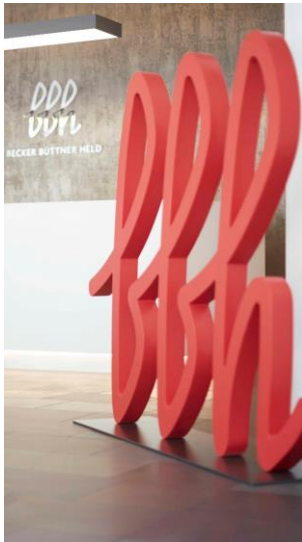
27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

2



Kurzprofil BBH-Gruppe



Die BBH-Gruppe besteht aus der Kanzlei Becker Büttner Held (BBH), der BBH AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, der Unternehmensberatung BBH Consulting (BBHC), dem Quartiergestalter BBH Immobilien und der BBH Solutions.

Unser besonderes Kennzeichen ist der interdisziplinäre Beratungsansatz, der sich durch die Zusammenarbeit von Rechtsanwält*innen, Wirtschaftsprüfer*innen, Steuerberater*innen sowie Ingenieur*innen, Wirtschaftsexpert*innen und IT-Fachleuten auszeichnet.

Zusammen entwickeln wir für Sie passgenaue Lösungen für alle Unternehmenslagen.

- rund 600 Mitarbeiter*innen
- über 4.000 Mandanten

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

3



Dr. Heiner Faßbender



Herr Dr. Faßbender berät im Energierecht mit dem Schwerpunkt auf dezentrale Energieversorgung mit Strom und Wärme. Er befasst sich mit Rechtsfragen der Kraft-Wärme-Kopplung, der Erneuerbaren Energien und des Contractings.

- Geboren 1984 in Köln
- 2005 - 2010 Studium der Rechtswissenschaft, Universität zu Köln
- 2010 - 2013 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Energierecht in Köln / Promotion im Insolvenz- und Energierecht
- 2013 - 2015 Referendariat in Berlin und Kapstadt
- 2015 Postgraduiertenstudiengang Wirtschaftsrecht (LL.M.)
- 2015 - 2019 Rechtsanwalt bei BBH in Berlin und Köln
- 2019 - 2020 Referent bei der Bundesnetzagentur, Bonn
- Seit 2020 Rechtsanwalt bei BBH Köln

Rechtsanwalt · LL.M. · Partner Counsel

50678 Köln · KAP am Südkai, Agrippinawerft 26-30 · Tel +49 (0)221 650 25-450 · heiner.fassbender@bbh-online.de

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

4

Agenda

1. Überblick Gesetzesnovellen
2. KWKG 2023
3. Abschaffung der EEG-Umlage und
Energiefinanzierungsgesetz (EnFG)
4. Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz (EKBG)
5. Energiesicherungsgesetz (EnSiG 3.0)
6. Ausblick Strom-/Gaspreisbremse

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater · PartGmbH

10

Förderung von KWK-Anlagen nach KWKG 2023

Anlagengröße/ Anlantentyp		≤ 500 kW	> 500 kW ≤ 50 MW			> 50 MW
			> 500 kW ≤ 1 MW	> 1 MW ≤ 10 MW	> 10 MW ≤ 50 MW	
neue KWK-Anlage		feste Zuschläge	Ausschreibung			feste Zuschläge
modernisierte KWK-Anlage	> 10 %	keine	keine	keine		
	> 25 %	feste Zuschläge		Ausschreibung		
	> 50 %		Ausschreibung			
nachgerüstete KWK-Anlage		feste Zuschläge				
iKWK-Systeme		keine	Aus-schreibung	Aus-schreibung	keine	

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater · PartGmbH

12

KWKG 2023 – „Biomethan-Verbot“

- ▶ Zeitlicher Anwendungsbereich
 - KWK-Anlagen mit (Wieder-)Aufnahme **Dauerbetrieb ab 2024**
- ▶ Regelungsinhalt
 - **Biomethan** künftig als Brennstoff **unzulässig** (auch anteilig)
 - Biomasse, gasförmige oder flüssige Brennstoffe weiterhin zulässig
 - Anwendung auf KWK-Anlagen in **iKWK-Systemen unklar**
- ▶ Hintergrund
 - Biomethaneinsatz künftig nur noch in Spitzenlastkraftwerken für den Ausgleich der fluktuierenden Stromerzeugung durch „Peaker“

KWKG 2023 – Wasserstofffähigkeit

- ▶ Geltung der neuen Zulassungsvoraussetzung für
 - **neue** Anlagen mit einer Leistung > **10 MW_{el}**
 - **BImSchG-Genehmigung ab 01.07.2023**
- ▶ Anforderungen
 - Umrüstbarkeit von Kraftwerken **ab dem 01.01.2028** auf den **ausschließlichen Betrieb mit Wasserstoff („H₂-ready“)**
 - tatsächliche Umrüstung in Abhängigkeit des Wasserstoffhochlaufs
 - **Kosten der Umrüstung** müssen **unter 10 % der Neubaukosten** eines vergleichbaren Kraftwerks liegen (keine Modernisierungskosten)
- ▶ Zulassungsverfahren
 - geeigneter Nachweis für Erfüllung der kraftwerksseitigen Anforderungen zur späteren Umrüstbarkeit, insb. **technisches Gutachten** und **Herstellergarantie**, dass Umrüstkosten unter 10 % der Neubaukosten

Voraussetzungen für Auszahlung des KWK-Zuschlags



- ▶ **KWK-Strom**, der in ein Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist wird (und kein EEG-Umlageprivileg)
 - oder
 - Ausnahmetatbestand** für nicht eingespeisten KWK-Strom bei
 - Anlagen bis 100 kW_{el}
 - **Lieferung an Letztverbraucher, soweit die volle EEG-Umlage entrichtet wird**
 - Einsatz an BesAR-Abnahmestelle **nach Energiefinanzierungsgesetz (EnFG)**
- ▶ **Besondere Voraussetzungen nach Ausschreibung**
 - **Volleinspeisung und keine Eigenversorgung**
 - **Keine Kumulierung mit vNNE**
 - Etwaige Stromsteuerbefreiung wird angerechnet

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

15

Fortschreibung der Beschränkung der jährlichen Förderung ab 2025



- ▶ Begrenzung der jährlich förderfähigen Vollbenutzungsstunden
 - ab 2021: **5.000 Vbh/a**
 - ab 2023: **4.000 Vbh/a**
 - ab 2025: **3.500 Vbh/a**
 - ab 2026: **3.300 Vbh/a**
 - ab 2027: **3.100 Vbh/a**
 - ab 2028: **2.900 Vbh/a**
 - ab 2029: **2.700 Vbh/a**
 - ab 2030: **2.500 Vbh/a**
- } Einführung mit KWKG 2020
- } Fortschreibung durch KWKG 2023
- !**
Gilt bereits bei
(Wieder-) Aufnahme
des Dauerbetriebs
ab 01.01.2020
- Laut Begründung
sowohl für **Neuanlagen**
als auch für **bereits im
Betrieb befindliche
Anlagen**
- ▶ Ziel: Stärkung des bereits vorhandenen Anreizes für eine flexible und vor allem systemdienliche Fahrweise
 - ▶ KWK-Anlagen/iKWK-Systeme in der Ausschreibung: unverändert **3.500 Vbh/a**

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

16

Agenda

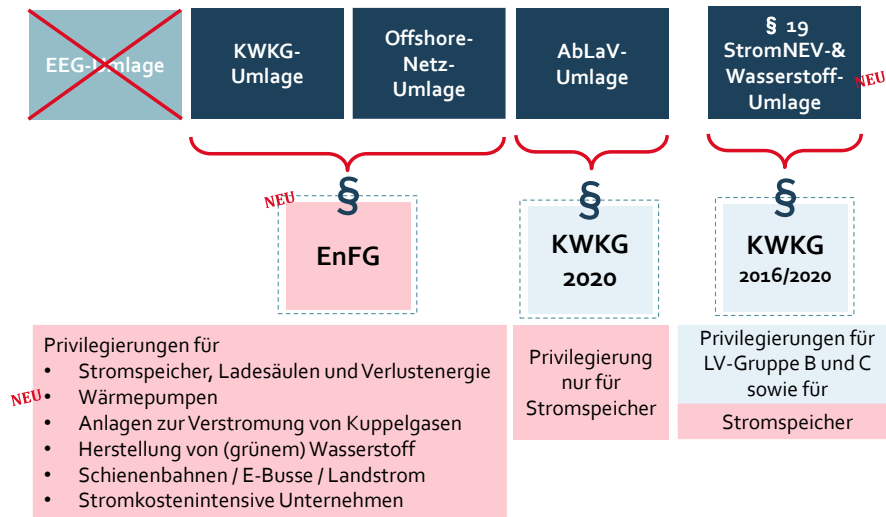
1. Überblick Gesetzesnovellen
2. KWKG 2023
3. **Abschaffung der EEG-Umlage und
Energiefinanzierungsgesetz (EnFG)**
4. Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz (EKBG)
5. Energiesicherungsgesetz (EnSiG 3.0)
6. Ausblick Strom-/Gaspreisbremse

Vollständige Abschaffung der EEG-Umlage ab 01.01.2023

- ▶ Entwurf des **Energie-Umlagen-Gesetzes (EnUG)** sah noch eine „Schatten-EEG-Umlage“ vor
 - Wiederaufleben der EEG-Umlage für den Fall, dass Haushaltsfinanzierung nicht zur Deckung des EEG-Finanzierungsbedarfs ausreicht
 - EEG-Umlage dann als Netzumlage; dezentrale Versorgung innerhalb einer Kundenanlage (Eigenversorgung oder Lieferung) auch bei Wiederaufleben nicht EEG-umlagepflichtig
- ▶ verabschiedete Fassung des **Energiefinanzierungsgesetzes (EnFG)** sieht keine „Schatten-EEG-Umlage“ mehr vor
 - Wiederaufleben der EEG-Umlage nicht mehr gesetzlich vorgesehen, auch nicht als Netzumlage

Netzumlagen und Wälzungssysteme im Überblick

bbh



27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

19

Netzumlagen – Höhe 2022 und 2023

bbh

	2022	2023
KWKG-Umlage	0,378	↘ 0,357
Offshore-Netz-Umlage	0,419	↗ 0,591
§ 19 StromNEV-Umlage (ab. 2023 inkl.) Wasserstoff-Umlage (NEU)	0,437	↘ 0,417
AbLaV	0,003	(noch unbekannt)
Summe	1,237	↗ 1,365 (noch ohne AbLaV)

Datenquelle: www.netztransparenz.de
(Stand 25.10.2022)

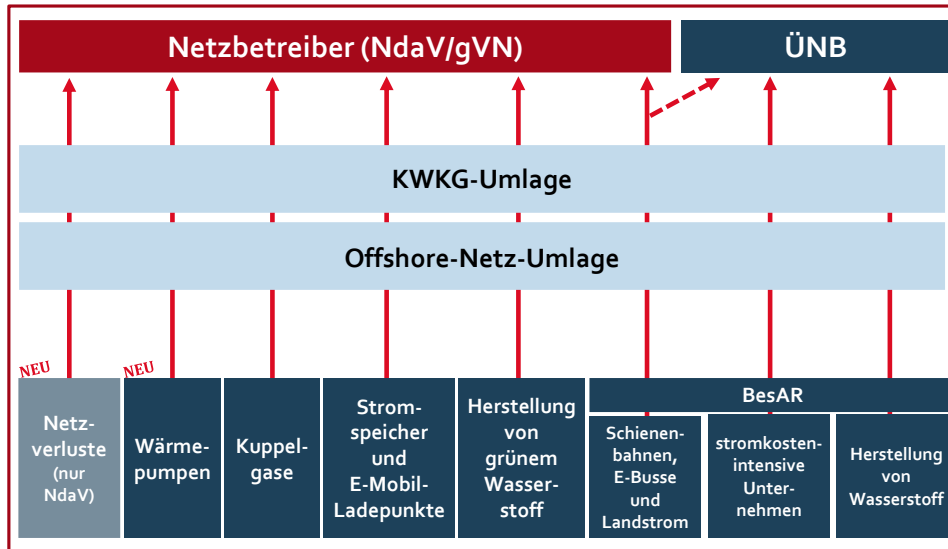
27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

20

bbh

Netzumlagen und Privilegierungen nach EnFG



27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater · PartGmbH

21

bbh

Agenda

1. Überblick Gesetzesnovellen
2. KWKG 2023
3. Abschaffung der EEG-Umlage und Energiefinanzierungsgesetz (EnFG)
4. **Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz (EKBG)**
5. Energiesicherungsgesetz (EnSiG 3.0)
6. Ausblick Strom-/Gaspreisbremse

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater · PartGmbH

22

Änderung der Abschaltreihenfolge durch Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz



- ▶ Reduktion Verstromung von Erdgas
- ▶ Verstärkter Einsatz von Kohlekraftwerken für die Stromerzeugung
- ▶ Befristete Rückkehr von Reservekraftwerken in den Strommarkt
- ▶ Änderung der Abschaltreihenfolge im Redispatch 2.0

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

23

Fristverlängerung für Kohleersatzbonus nach § 7c KWKG

- ▶ Neue Übergangsregelung in § 35 Abs. 22 KWKG
- ▶ Anpassung Frist von 12 Monaten zwischen Aufnahme Dauerbetrieb neuen KWK-Anlage und endgültiger Stilllegung bestehender kohlebefeuerter Anlage
- ▶ Ziel: Resilienz des Kraftwerksparks für den Fall einer Gasmangellage erhöhen
- ▶ Sofern Stilllegung bestehende KWK-Anlage oder Dampferzeuger spätestens zwischen dem 1. Januar 2022 und dem 30. März 2024 zu erfolgen hat, muss endgültige Stilllegung erst bis zum **30. März 2024** erfolgen
- ▶ Beihilferechtlicher Vorbehalt

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

24

Verordnungsermächtigung zu Reduzierung / Verbot der Gasverstromung

bbh

- ▶ Bundesregierung kann nach Ausrufung Alarmstufe oder Notfallstufe Verordnung über Reduzierung oder Verbot von Gasverstromung für längstens neun Monate erlassen
- ▶ bislang keine Verordnung / kein Entwurf bekannt
- ▶ Verordnungsermächtigung in § 50f EnWG, der fast alle Fragen zu erlassender VO überlässt
- ▶ Ausnahme: gasbefeuerte Anlagen, soweit hierin **Wärme** erzeugt wird, die nicht dauerhaft auf andere Weise erzeugt werden kann, müssen ausgenommen werden
- ▶ nur noch Verbot, keine Pönale mehr vorgesehen

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

25

Aufhebung Mindestfaktorregelung für KWK-Strom, § 13 Abs. 1b EnWG

bbh

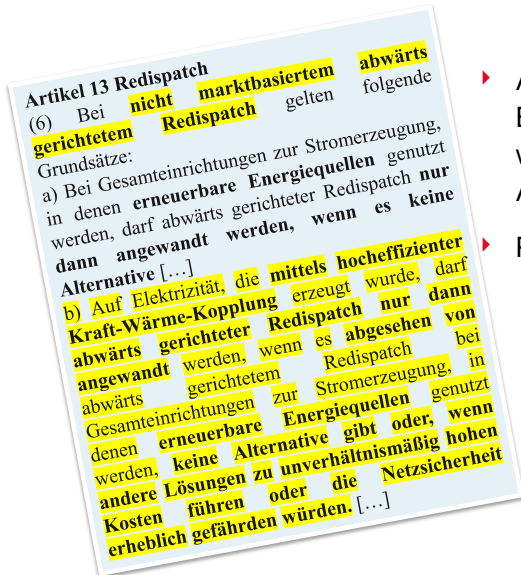
- ▶ **Gas in KWK-Anlagen einsparen**, flexible und netzdienliche Fahrweise dieser Anlagen anreizen
- ▶ relative Nachrangigkeit von KWK-Anlagen in der Abschaltreihenfolge ergibt sich aufgrund der zusätzlichen Aufwendungen für die Ersatzwärmeerzeugung, weil **tatsächliche Kosten der Abregelung höher sind als Kosten für Abregelung nicht-wärmegekoppelter konventioneller Erzeugung**
- ▶ Zusätzlich **Anreiz für Betreiber von KWK-Anlagen, dauerhaft eine flexible und nach Möglichkeit elektrische Ersatzwärmeversorgung sicherzustellen**

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

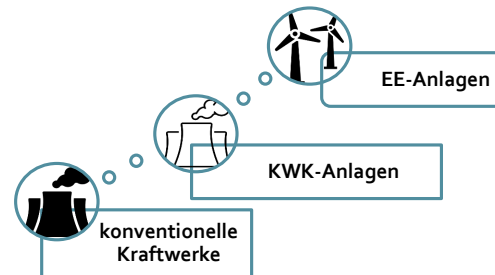
© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

26

Neue Abschaltreihenfolge EU-rechtskonform?



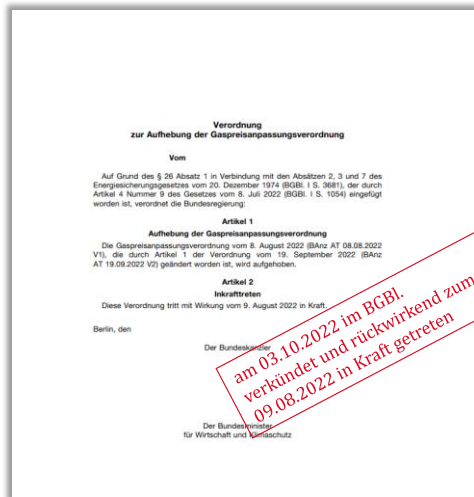
- ▶ Art. 13 Abs. 6 b)
Elektrizitätsbinnenmarkt-VO fordert weiterhin **Einspeisevorrang** von KWK-Anlagen bei negativen Redispatch
- ▶ Privilegierungshierarchie



Agenda

1. Überblick Gesetzesnovellen
2. KWKG 2023
3. Abschaffung der EEG-Umlage und Energiefinanzierungsgesetz (EnFG)
4. Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz (EKBG)
5. **Energiesicherungsgesetz (EnSiG 3.0)**
6. Ausblick Strom-/Gaspreisbremse

Aufhebung der Gasbeschaffungsumlage



- ▶ Aufhebung der Regelungen im EnSiG zur **Gasbeschaffungsumlage (2,419 ct/kWh)** nach § 26 Absätze 1, 2, 3 und 7
- ▶ Aufhebung der Gaspreisanpassungsverordnung
- ▶ Aber: **Gasspeicherumlage (0,059 ct/kWh)** nach § 35e EnWG bleibt unverändert

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

29

„EnSiG 3.0“



U. a.

- ▶ Kurzfristige Erhöhung der Stromproduktion aus PV
- ▶ Zusatzanreize für Erhöhung der Stromproduktion aus Biogas
- ▶ Kurzfristige Erhöhung der Windstromproduktion an Land
- ▶ Maßnahmen zur Beschleunigung des Stromnetzausbaus, zur höheren Netzauslastung und zur Lastflexibilität
- ▶ Zusätzliche Erleichterungen für den Brennstoffwechsel

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

30

Agenda

1. Überblick Gesetzesnovellen
2. KWKG 2023
3. Abschaffung der EEG-Umlage und Energiefinanzierungsgesetz (EnFG)
4. Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz (EKBG)
5. Energiesicherungsgesetz (EnSiG 3.0)
6. **Ausblick Strom-/Gaspreisbremse**

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

31

Gaspreisbremse – Übersicht zum Zwischenergebnis der ExpertInnen-Kommission

Haushalte und andere (außer RLM)	Industrielle Gasverbraucher
<p>1. Stufe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einmalzahlung im Dezember 2022 (Gas, unter Zugrundelegung Abschlag aus September) durch Staat • Auch bei Vermietern (§ 560 III BGB) • Unbürokratische Abwicklung für Versorger 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontingent von 70 % des Verbrauchs in 2021 • zu Beschaffungspreis von 7 ct/kWh • geförderte Menge kann für Zwecke des Unternehmens genutzt oder am Markt verwertet werden
<p>2. Stufe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gas- und Wärmepreisbremse (03/23-04/24) • Gas: Grundkontingent von 80% zu 12 ct/kWh (Basis: Verbrauch des September-Abschlags) • Wärme: 80 % zu 9,5 ct/kWh 	

27.10.2022 · 00264-08 / 7808201

© BECKER BÜTTNER HELD
Rechtsanwälte Wirtschaftsprüfer Steuerberater - PartGmbH

32

Strompreisbremse – Kurzüberblick

- ▶ **EU-Notfall-Verordnung Strom** vom 30.09.2022, u. a.:
 - Strompreisbremse
 - Abschöpfung von Zufallsgewinnen bei Erneuerbaren Energien, Biomasse Braunkohle, Kernenergie, Öl (rückwirkend seit 01.03.2022); EU-weite Obergrenze von 180 €/MWh
 - Entlastung der Stromkunden (über Vertriebe)
 - Geltung bis 30.06.2023
- ▶ Bundesregierung arbeitet an Umsetzung in Deutschland
 - Möglichst einheitliche Entlastung Gas/Strom (Grundkontingent auf Basis historischer Verbrauchswerte...)
 - Abwicklung als „umgekehrte EEG-Umlage“ denkbar
 - Strom- und Gaspreisbremse für 18.11.2022 im Kabinett geplant

Dr. Heiner Faßbender
Tel +49 (0)221 650 25-
heiner.fassbender@b

Update CO₂-Emissionshandel

Rainer Sternkopf, Umweltbundesamt

Viel frischer Wind im Emissionshandel

DVGW/ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik in Plattling,
27.10.2022



Bericht aus der DEHSt: Rückblick auf 2021 im EU-Emissionshandel in Deutschland sowie zum nationalen Brennstoffemissionshandel

Rainer Sternkopf

Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, Berlin

DVGW/ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik, 27.10.2022, Plattling

Aufgaben der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt



Die Deutschen Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt in Berlin

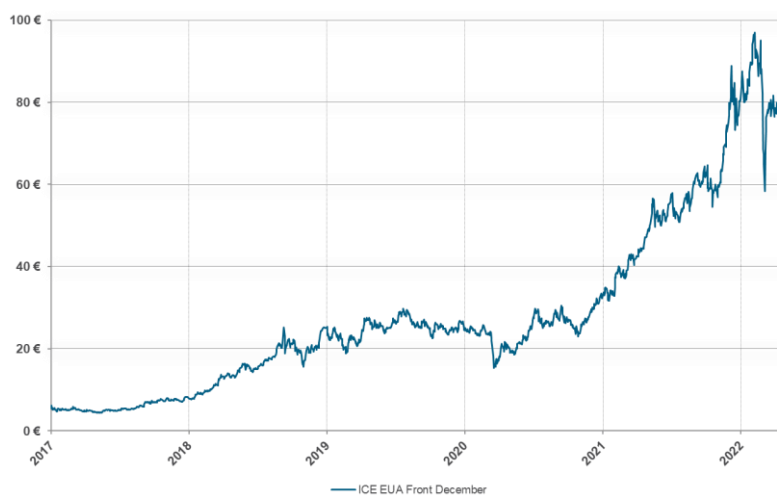


> 200 Mitarbeitende



Rückblick auf 2021 im EU-Emissionshandel in Deutschland und EU

EUA Preisverlauf im EU-ETS 2017-2022



- EUA Preis seit Anfang 2020 mehr als verdreifacht
- Erwartete Kürzung des Caps im Rahmen des Ff55 Pakets (- 61 %) beeinflusst Preiserwartungen
- Keine weiteren Emissionsreduktionen in 2021
- Die steigenden Gaspreise ab Mitte 2021 drehten den ökonomischen Vorteil der Gaskraftwerke gegenüber der Kohle bei der Stromerzeugung wieder um
- Anstieg **Auktionseinnahmen**:
2021: 5,3 Mrd. € in DE,
31 Mrd. € in EU
2020: 2,6 Mrd. € in DE
19 Mrd. € in EU

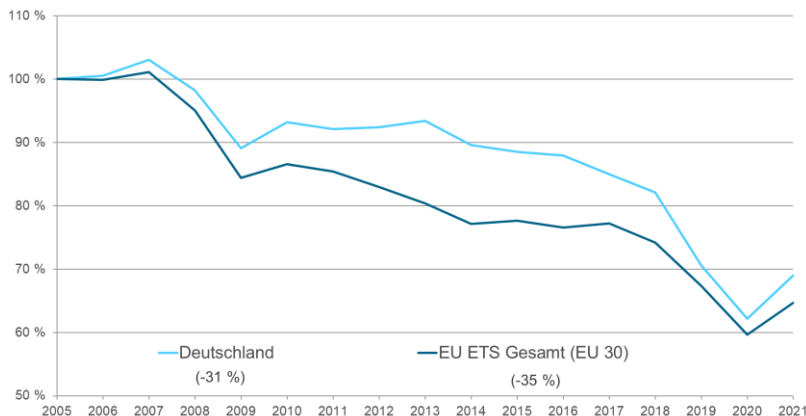
6 Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten von Refinitiv Eikon, ICE (Stand: 02.05.2022)

Erlöse aus dem nationalen Emissionshandel

- Einnahmen aus dem Zertifikatehandel fließen in den **Energie- und Klimafonds** zwecks:
 - Entlastung von Verbraucher*innen (z.B. Absenkung der EEG-Umlage)
 - Finanzierung von Klimaschutzmaßnahmen (erneuerbare Energien, Elektromobilität, Energieeffizienzinvestitionen, nationale/ internationale Klimaschutzprojekte)
- Erlöse aus den Emissionshandelssystemen in 2021:
 - nEHS: ca. 7,2 Mrd. € (davon 4,7 Mrd. € für Senkung der EEG-Umlage um 1,37 ct/kWh)
 - EU-ETS: 5,3 Mrd. €.
- Für 2021-2024 ca. 50 Mrd. € allein aus dem nationalen Emissionshandel vorgesehen.

Minderung im EU ETS seit 2005

EU 30 und Deutschland



ETS Minderungsziel 2020:
- **21 %** (ggü. 2005) deutlich
übertroffen

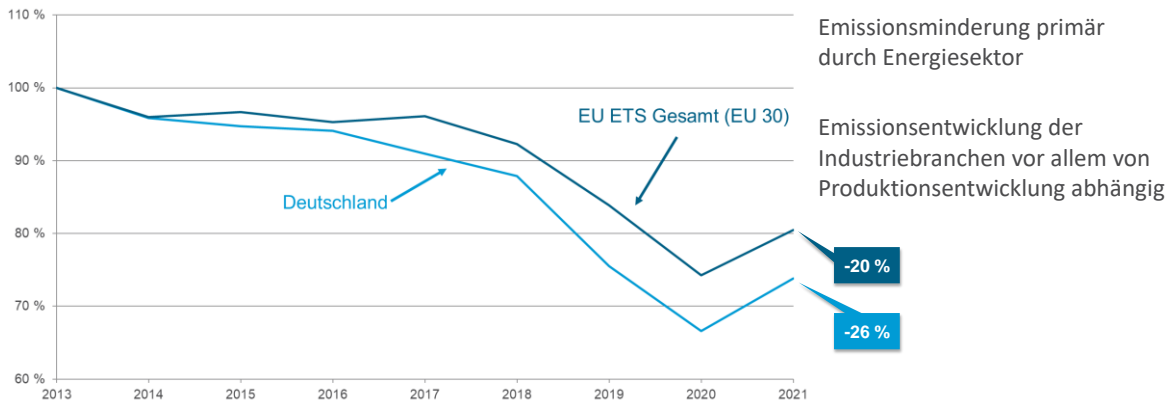
Noch geltendes ETS
Minderungsziel 2030:
- **43 %** (ggü. 2005) bereits
2020 beinahe erreicht

ETS Minderungsziel 2030:
KOM Vorschlag (Ff55) - **61%**;

8 Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten der Europäischen Umweltagentur (Stand: 01.04.2022), für 2022 ergänzt um eigene Schätzung für fehlende VET Dateneinträge.
Die Emissionen 2005 bis 2012 beinhalten eine Schätzung der historischen Emissionen für den Anwendungsbereich der 3. Handelsperiode.

Minderung im EU ETS seit 2013

EU 30 und Deutschland

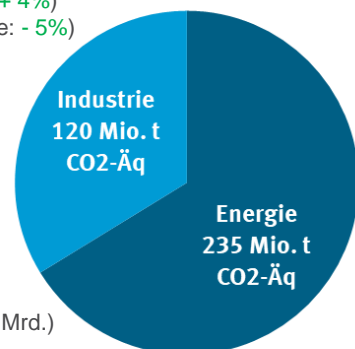


9 Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Daten der Europäischen Umweltagentur (Stand: 01.04.2022), für 2021 ergänzt um eigene Schätzung für fehlende VET Dateneinträge.

EU ETS: Anlagen und Emissionen in Deutschland 2021 (vorl.)

Anzahl: 1.732 emissionshandlungspflichtige Energie- und Industrieanlagen
THG-Emissionen: 355 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente (2020: 320 Mio.; 2019: 363 Mio.)
2021: Anstieg um **11 Prozent** gegenüber 2020 (Energie: +14%; Industrie: +4%)
2020: Rückgang um **12 Prozent** gegenüber 2019 (Energie: -15%; Industrie: -5%)

Luftverkehr: 66 Lfz Betreiber ⇒ 4,6 Mio. t CO₂ (2020: 3,8 Mio.)
 Emissionsentwicklung ggü. 2020: + 20 % (2020 ggü. 2019: - 60 %)



Emissionen im EU ETS 2021 (stationär, vorl.)

THG-Emissionen: 1,36 Mrd. Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente (2020: 1,25 Mrd.)
2021: Anstieg um **8,5 Prozent** ggü. 2020 (Energie: + 12%; Industrie: + 5%)
2020: Rückgang um **11,2 Prozent** ggü. 2019 (Energie: -15%; Industrie: - 7%)

10 Quelle: DEHSt, vorl. Daten auf Basis VET Meldung, Stand 1.4.2022

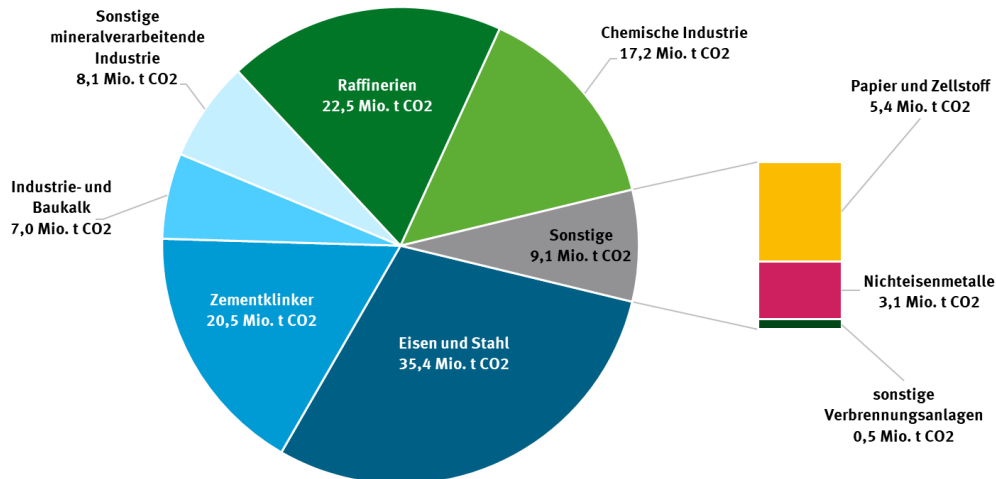
Energieanlagen – CO₂-Emissionen 2021 in DEU

- Anstieg der **Emissionen** um **14 %** auf **235 Mio. t CO₂-Äq** (2019: 243 Mio. t) gegen den Trend der 3. Handelsperiode 2013 bis 2020
Entwicklung **Hauptbrennstoffe: Braunkohle (+ 19%), Steinkohle (+ 22%)** und **Erdgas (- 4%)** gegenüber 2020
- Ursachen für Anstieg der Kohleverbrennung in 2021:
 - **Gestiegene Stromnachfrage** aufgrund konjunktureller Erholung sowie einer geringeren Einspeisung durch Windkraftanlagen
 - **Überproportionaler Preisanstieg** von Erdgas bringt Einsatz von Braun- und Steinkohle wieder wirtschaftliche Vorteile. Braunkohle löst Windkraft als wichtigsten Energieträger in der Stromerzeugung wieder ab.
 - Dennoch hohe Anzahl an **Kraftwerksstilllegungen und Überführung in die Netzreserve**: insgesamt **7 Gigawatt** (Braun- und Steinkohle)
 - **Erdgas**: Rückgang bei der Stromerzeugung, bleibender hoher Bedarf in der Wärmeerzeugung.

11

Emissionen 2021

Industrieanlagen



12 Quelle: DEHSt (Stand: Mai 2022)

Industrieanlagen – CO₂-Emissionen 2021 in DEU

Emissionen in der **Industrie** stiegen um **7 Mio. t CO₂** (+ 4 %) auf **120 Mio. t CO₂**:

- Nach zwei Jahren konjunktur- und pandemiebedingter Rückgänge erreichen Emissionen beinahe wieder das Niveau der Jahre vor 2019
- Anstieg der Emissionen in allen Branchen mit zwei Ausnahmen:
 - **Eisen- und Stahl (+ 12,6 %), Industrie- und Baukalk (+ 9,1 %) -> deutliche Anstiege**
 - **Papier- und Zellstoffindustrie (+ 2,4 %), Zementklinker (+ 2,0 %) und Chemische Industrie (+ 1,5 %)**
 - Emissionen der **Nichteisenmetallindustrie (+ 0,3 %)** unverändert
 - Nur bei **Raffinerien (- 1,6 %)** sanken die Emissionen leicht
- Emissionsentwicklung der Branchen weiterhin vor allem von Produktionsentwicklung abhängig

Zuteilung sinkt trotz Wegfall des sektorübergreifenden Korrekturfaktors :

- Der durchschnittliche **bereinigte Ausstattungsgrad** lag mit **79 %** deutlich unter dem Niveau des Vorjahres (90,5%). Kürzung der **Produkt- und Fallback Emissionswerte** zeigt Wirkung.

13

Fazit und Ausblick

- **2021** geprägt durch Erholung der gesamtwirtschaftlichen Lage nach dem pandemiebedingten Einschnitt
- **EU ETS funktioniert**
 - Geltende Minderungsziele für 2020 (- 21%) und 2030 (- 43 %) werden zweifellos erreicht
- **EU ETS Reform 2018 und Vorschläge zur Umsetzung des EU Klimaziels 2030 (Ff55 Paket) zeigen Wirkung**
 - EU ETS wird mit steigendem CO₂ Preis grundsätzlich zu einem Treiber für Rückgang der Emissionen im **Stromsektor** neben anderen Politiken und Maßnahmen wie dem Ausbau Erneuerbarer Energien
 - CO₂ Preissignal allein reicht nicht als Treiber für Dekarbonisierung der **Industrie**: begleitende Fördermaßnahmen für Investitionen zur Transformation der Wirtschaft notwendig
 - Steigende **Auktionseinnahmen** erhöhen die Möglichkeit der Verwendung für klima- und energiepolitische Maßnahmen
- **Angriffskrieg auf die Ukraine wird weitere energie- und klimapolitische Entwicklung beeinflussen**
 - Potentiell emissionssteigernd**: hohe Erdgaspreise, verstärkter Einsatz der Kohlekraftwerke
 - Potentiell emissionsdämpfend**: Unabhängigkeit vom russischen Gas und hohe Energiepreise bremsen Industrieproduktion und fördern Minderungsinvestitionen/beschleunigen Transformation, Energieeffizienzverbesserungen und Sparmaßnahmen
 - Erreichung der Klimaschutzziele national und auf Ebene der EU unverändert erforderlich.**

14



Aktueller Stand zum Vollzug des nationalen Brennstoffemissionshandels

15

Preisentwicklung & Aktuelle Herausforderungen

- **Herausforderung** für Unternehmen: Aktuelle und künftige Energiepreisentwicklung
- Demgegenüber: **Festpreise** im BEHG, damit fixer BEHG Aufpreis je Brennstoff



	Einheit	2021	2022	2023	2024	2025
Erdgas	kWh	0,5 Cent	0,5 Cent	0,6 Cent	0,8 Cent	1,0 Cent
Superbenzin	l	6 Cent	7 Cent	8 Cent	11 Cent	13 Cent
Diesel	l	7 Cent	8 Cent	10 Cent	12 Cent	15 Cent
leichtes Heizöl	l	7 Cent	8 Cent	10 Cent	12 Cent	15 Cent

Preise sind gerundet und ohne MwSt. und sonstige Aufschläge

Überblick zum aktuellen Stand Vollzug des nationalen Brennstoffemissionshandels

- Erfolgreicher Start des nEHS in 2021
- **Register** rechtzeitig eröffnet (Q2 2021), mehr als 1500 Compliance-Konten eröffnet
- **Verkaufsverfahren** an der Verkaufsplattform der EEX im ersten Jahr erfolgreich abgeschlossen (Q4 2021)
 - Zulassungsanträge zur Verkaufsplattform für Inverkehrbringer und Intermediäre rechtzeitig abgeschlossen
 - Verkaufseinnahmen von **7,2 Mrd. €** übersteigen Auktionseinnahmen im EU ETS
- **Compliance Cycle** (Abgabe der Emissionsberichte, Abgabe von Zertifikaten im Register) für das Jahr 2021 wird erst Ende 2022 abgeschlossen sein
 - DEHSt Informationsveranstaltung Online für Inverkehrbringer und EU-ETS Anlagenbetreiber zur **Emissionsberichterstattung** am 10.05.2022
- Start der **Kompensationsverfahren** gemäß § 11 BEHG für das Jahr 2021 erfolgt in 2022:
 - Härtefallregel
 - EU ETS Kompensation: für Anlagenbetreiber im EU ETS für Doppelbelastung bei Brennstoffen, für die im nEHS Emissionszertifikate abgegeben wurden
 - Carbon Leakage Kompensation

Grundzüge des nationalen Emissionshandels

Compliance Cycle 2021/2022



Ausgleichsmechanismen nach § 11 BEHG zur Vermeidung indirekter Belastung

Wichtig: Verantwortliche nach dem BEHG sind grundsätzlich nicht Adressaten dieser Regelungen

- **Carbon-Leakage-Regelung nach Abs. 3 → Konkretisierung in BECV:**
 - Vermeidung der Verlagerung von Unternehmen und deren Emissionen ins Ausland
 - 1. Antragsverfahren gestartet, Antragsfrist endet am 30.06.2022
- **Härtefälle nach Abs. 1 → Konkretisierung in BEHV-Änderung (Referentenentwurf noch in Abstimmung):**
 - Mindestschutz vor unverhältnismäßigen indirekten Belastungen des BEHG, die in ganz atypischen Einzelfällen entstehen könnten
 - Start Antragsverfahren erst nach beihilferechtlicher Genehmigung KOM
- **Kompensation für EU-ETS-Anlagenbetreiber nach Abs. 2 → Konkretisierung in BEDV (Referentenentwurf noch in Abstimmung)**
 - nur für Fälle, ohne Möglichkeit zum Vorab-Abzug nach § 7 Abs. 5 BEHG vorab, z.B. keine direkte Lieferung von Brennstoffen an EU-ETS-Anlage

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

VET-Bericht 2021 wurde im Juni 2022
unter www.dehst.de veröffentlicht.

Rainer Sternkopf

E-Mail: emissionshandel@dehst.de

Internet: www.dehst.de

Wasserstoff in der dezentralen Strom- und Wärmeversorgung: Aktuelle DLR-Projekte

Dr. Peter Kutne, DLR

Wasserstoff in der dezentralen Strom- und Wärmeversorgung

Dr. Peter Kutne
DLR Institut für Verbrennungstechnik, Stuttgart
ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik, 27.10.2022

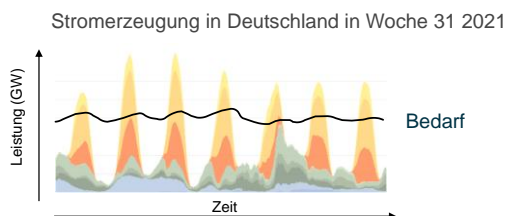


Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

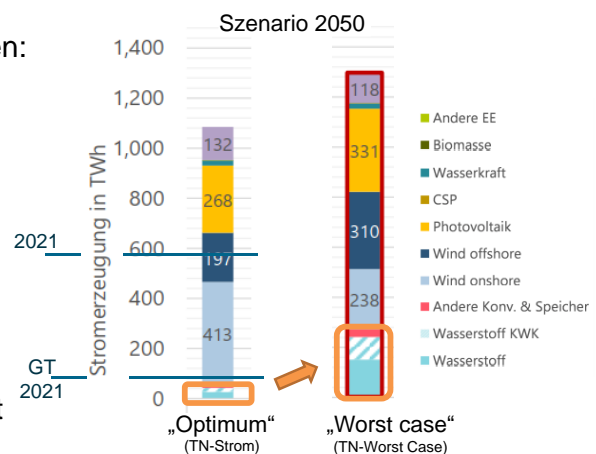
Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung Zukünftige Bedeutung der stationären Gasturbinen



- Fluktuation der erneuerbaren Energien:



→ Deckung verbleibender Residuallast mit Gasturbinen

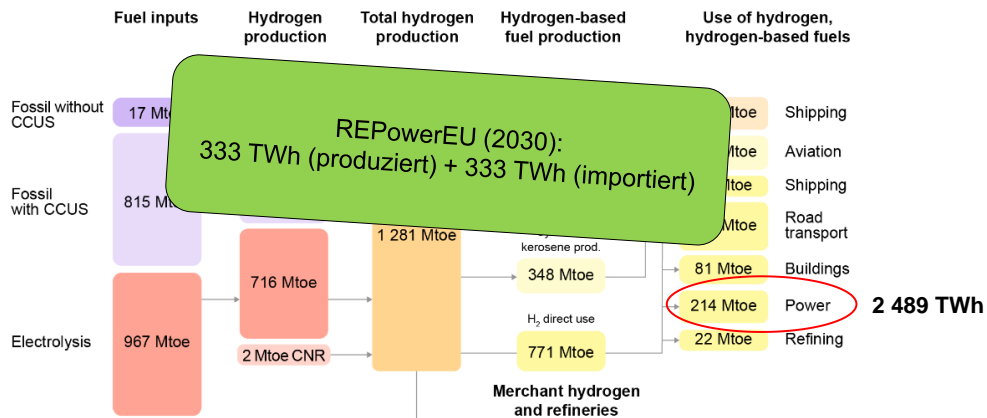


Basierend auf: Lux, Benjamin, et al. "Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Treibhausgasneutrale Hauptszenarien. Modul Energieangebot." (2021).

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Grüner Wasserstoff

Globale Wasserstoffproduktion und Nachfrage im nachhaltigen Entwicklungsszenario 2070



IEA (2020), *Energy Technology Perspectives 2020*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

EU Taxonomie

Nachhaltigkeit durch den Einsatz von Wasserstoff



- EU Taxonomie gilt für neue Gasturbinenkraftwerke und KWK
- Nachhaltige Kraftwerke müssen für die Nutzung von erneuerbare oder CO₂ freie Brennstoffe ausgelegt sein
- Sie müssen bis zum 31.12.2035 komplett auf erneuerbare oder CO₂ freie Brennstoffe umgestellt sein
- Anlagen oberhalb 100 gCO₂/kWh müssen zusätzliche Auflagen erfüllen

CO ₂ Emissionen (gCO ₂ /kWh)	Bedeutung
< 100	Nachhaltigkeitsgrenze. Kraftwerke unterhalb dieser Grenze unterstützt NZE Ziele der EU
< 270	Unschädlichkeitsgrenze. Kraftwerke unterhalb dieser Grenze gefährden die Klimaziele nicht
> 270	Schadensgrenze. Kraftwerke oberhalb dieser Grenze erhöhen die Emissionen über das aktuelle Level und gefährden die Klimaziele

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

EU Taxonomie Nachhaltigkeit durch den Einsatz von Wasserstoff



- Typischer Wasserstoffanteil in Gasturbinen
 - Ca. 30-80 Vol% für 270 gCO₂/kWh
 - Ca. 90-95 Vol% für 100 gCO₂/kWh

- Notwendige Wasserstoffmengen sind
 - Aurelia A400 (40%el. Effizienz)
 - 13 kg/h bei 270 gCO₂/kWh
 - 23 kg/h bei 100 gCO₂/kWh

 - MAN MGT-6000 (33% el. Effizienz)
 - 389 kg/h bei 270 gCO₂/kWh
 - 611 kg/h bei 100 gCO₂/kWh

 - Siemens SGT-8000H (61% el. Effizienz)
 - 3,1 t/h bei 270 gCO₂/kWh
 - 15,2 t/h bei 100 gCO₂/kWh



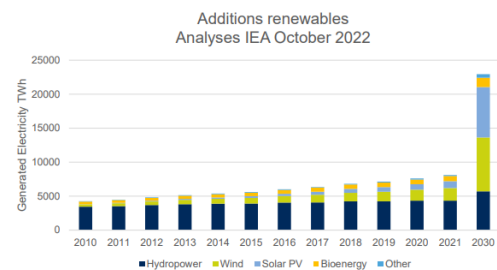
Quelle: Linde

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Aktuelle Randbedingungen für den Einsatz von Wasserstoff



- Mit der aktuellen Ausbaugeschwindigkeit an erneuerbaren Energien sind die in den Szenarien angestrebten Ziele nicht zu erreichen
- Wasserstoff ist nicht in ausreichender Menge verfügbar
- Die notwendige Infrastruktur zur Verteilung von Wasserstoff fehlt
- Zur Zeit fehlen die richtigen Anreize in einen Aufbau von H₂-Gasturbinen, Infrastruktur und CCS zu investieren



Source: IEA

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

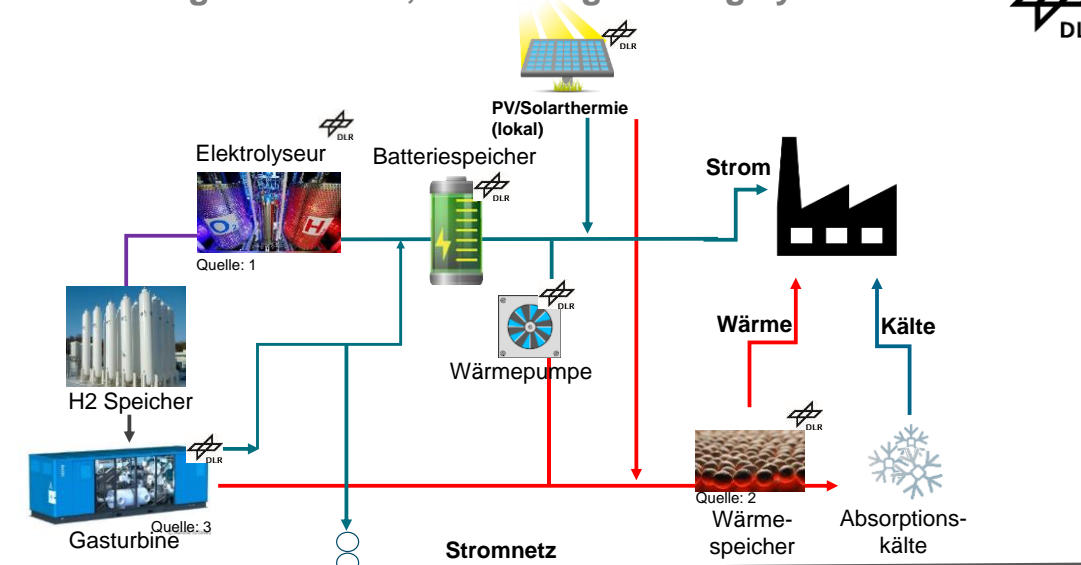
Einstieg in eine stärkere Wasserstoffnutzung durch dezentrale Anlagen



- Die dezentrale Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff benötigt weniger zusätzliche Infrastruktur
- Sie entlastet die Verteilnetze und bietet die Möglichkeit eigene Stromüberschüsse zu nutzen

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Realisierung dezentraler, nachhaltiger Energisysteme



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Quelle: 1=DLR/ThomasErnsting 2=DLR (CC-BY 3.0), 3= Aurelia Turbines

Einstieg in eine stärkere Wasserstoffnutzung durch dezentrale Anlagen



- Die dezentrale Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff benötigt weniger zusätzliche Infrastruktur
- Sie entlastet die Verteilnetze und bietet die Möglichkeit eigene Stromüberschüsse zu nutzen
- Eine intelligente Einbindung von erneuerbaren Quellen in die lokale Energieversorgung ermöglicht eine maximale Ausnutzung erneuerbarer Ressourcen

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Dezentrale Wasserstoffproduktion ermöglicht neues Produktspektrum

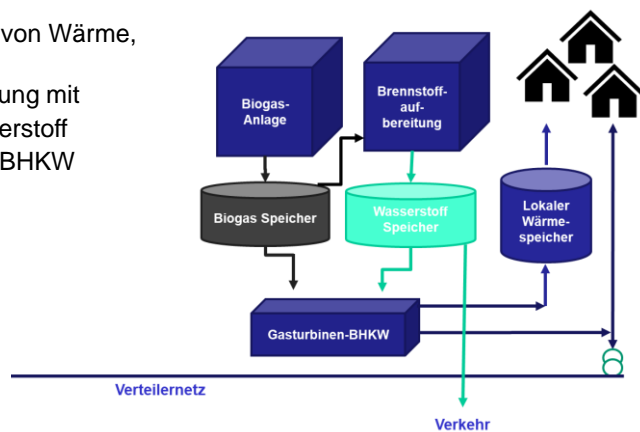


Beispielsweise die flexible Erzeugung von Wärme, Strom und Wasserstoff aus Biomasse

- Kombination der Biogas-Erzeugung mit
- Brennstoffaufbereitung zu Wasserstoff
- Brennstoffflexibles Gasturbinen-BHKW

Vorteile:

- Verbindung von verschiedenen Sektoren (Wärme, Strom, Verkehr)
- Netzstabilisierung des Stromnetzes (gezielter Einsatz der BHKWs)
- Neue Produkte (z.B. Wasserstoff): schneller, und kostengünstiger Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft
- Lokale Produktion, Vermeidung von großen Transportwegen und Leitungsverlusten



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Einstieg in eine stärkere Wasserstoffnutzung durch dezentrale Anlagen



- Die dezentrale Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff benötigt weniger zusätzliche Infrastruktur
- Sie entlastet die Verteilnetze und bietet die Möglichkeit eigene Stromüberschüsse zu nutzen
- Eine intelligente Einbindung von erneuerbaren Quellen in die lokale Energieversorgung ermöglicht eine maximale Ausnutzung erneuerbarer Ressourcen
- Wasserstoff als zusätzliches Produkt bietet die Chance der Sektorkopplung

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Einstieg in eine stärkere Wasserstoffnutzung durch dezentrale Anlagen



- Die dezentrale Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff benötigt weniger zusätzliche Infrastruktur
- Sie entlastet die Verteilnetze und bietet die Möglichkeit eigene Stromüberschüsse zu nutzen
- Eine intelligente Einbindung von erneuerbaren Quellen in die lokale Energieversorgung ermöglicht eine maximale Ausnutzung erneuerbarer Ressourcen
- Wasserstoff als zusätzliches Produkt bietet die Chance der Sektorkopplung
- Gasturbinenkraftwerke und KWK Anlagen müssen möglichst brennstoffflexibel sein, um auf unterschiedliche Brennstoffquellen zurückgreifen zu können

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

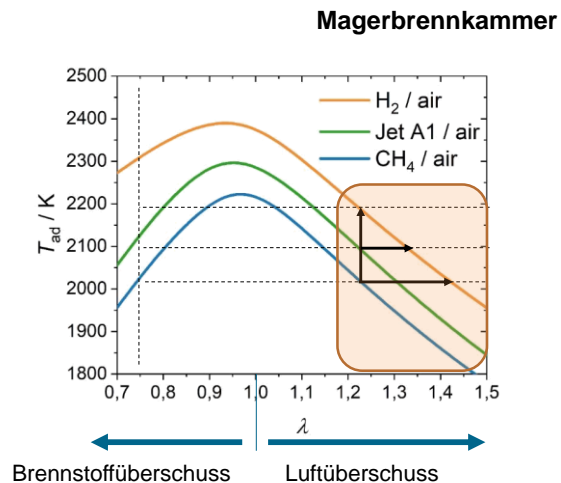
Brennerkonzepte für Gasturbinen

Chancen und Herausforderungen – Verbrennung von Wasserstoff



- Erhöhung der adiabaten Flammentemperatur

- Temperatur und Aufenthaltszeit haben großen Einfluss auf thermisches NOx



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Brennerkonzepte für Gasturbinen

Chancen und Herausforderungen – Verbrennung von Wasserstoff



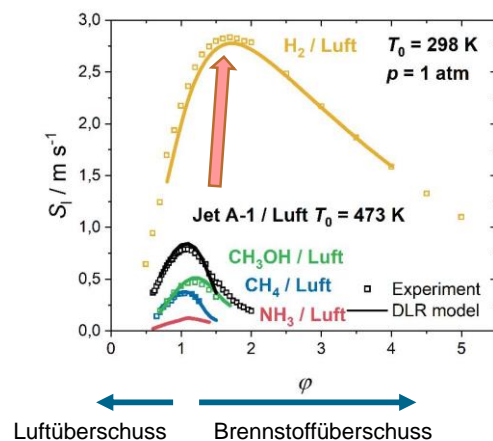
- Erhöhung der adiabaten Flammentemperatur

- Temperatur und Aufenthaltszeit haben großen Einfluss auf thermisches NOx

- Erhöhung der Flammengeschwindigkeit

- Reduktion der Zündverzugszeit (Druckeinfluss!)

- Hohes Flashbackrisiko, hohe Stabilität / großer Betriebsbereich



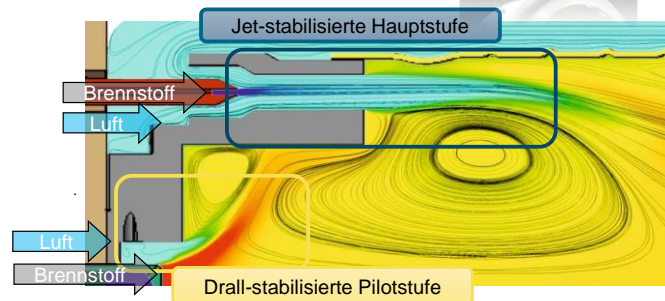
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

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 Eintritts-temperaturen
 - Großer Betriebsbereich
- Nachteil:
 - Längerer Ausbrand



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Erprobung von neuen Brennerkonzepten mit Wasserstoff

Am Beispiel einer Turbec T100 (100 kW_{el})



Projektziele

- Erprobung der Wasserstofffähigkeit bestehender Brennerkonzepte in der realen Anwendung
- Entwicklung von Brennerkonzepten für die schadstoffarme und zuverlässige Nutzung von 100% Wasserstoff
- Validierung der Design- und Auslegungswerkzeuge

Zeitplan

- Beginn 01.01.2020 – Ende 31.12.2023

First gas turbine powered by pure hydrogen

Researchers at the University of Stavanger (UIS) have managed to run a gas turbine on 100 percent hydrogen.

Published 27 May 2022 09:46 am UTC

University of Stavanger operates a micro gas plant in south-west Norway. The gas turbine produces both heat and electricity. It also supplies hot water for heating the laboratory buildings in the immediate area. In addition, surplus energy is supplied to power provider Lyse's district heating and electricity grids. All energy is used efficiently.

The researchers have been working on developing a method for using pure hydrogen as fuel in the gas turbine. The goal is to produce electricity with zero CO2 emissions. In mid-May 2022, an important milestone was reached. They started running the turbine on 100 percent hydrogen.



Photo left: Professor Mikhael Assaf, engineer Sjurte Hestvik and doctoral fellow Rishaneh Barshabb. Photo: UIS

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

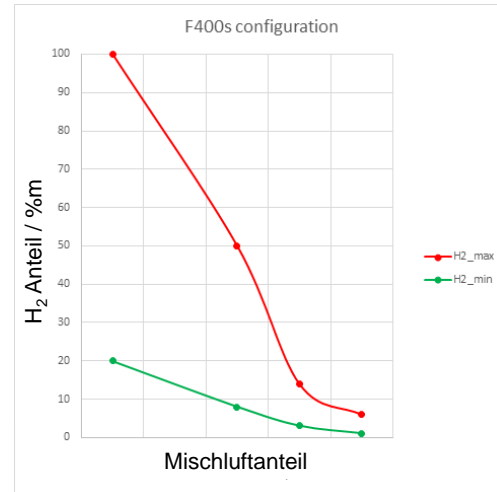
Erprobung von neuen Brennerkonzepten mit Wasserstoff Am Beispiel einer Turbec T100



- Test mit dem für Synthesegas und Erdgas entwickeltem Brennersystem F400s zeigen:
- Sicherer Betrieb mit 100% H₂ ist über alle Betriebspunkte möglich
- Adaption der Luftverteilung ermöglicht Anpassung des Einsatzbereichs
- Weitere Optimierung hinsichtlich Emissionen und Brennstoffflexibilität geplant



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022



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 400 kW_{el} Mikrogasturbine (MGT) der Firma Aurelia Turbinen

Zeitplan

- Beginn 01.01.2022 – Ende 31.03.2024



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

Power Service Consulting GmbH (PSC) Partner und Lizenznehmer des DLR



- Als Serviceanbieter liegt die Kernkompetenz der PSC in der **Planung, Errichtung, Inbetriebsetzung, Modernisierung und Wartung von Gasturbinenanlagen und deren Versorgungssystemen**
- Für die Umsetzung innovativer Projekte zur Nutzung regenerativen Brennstoffe bietet die PSC die **Projektführung, die Analyse und Auslegung von Brennstoffmischsystemen, Speicher-, Kapazitäts-, und Betriebskonzepten** sowie die Entwicklung skalierbarer Systemarchitekturen an
- Die PSC ist **Vertriebspartner für die Aurelia A400 und Ansaldo AET100 Mikrogasturbinen** und rüstet diese als Lizenznehmer mit den brennstoffflexiblen Brennkammersystemen der DLR aus.



DLR F400 Brennkammersystem in
AET100/CPS100 MGT
700 h seit 07/2022



Erstinstallation Aurelia A400
Erste Zündung 09/2022
Huntorf, Deutschland

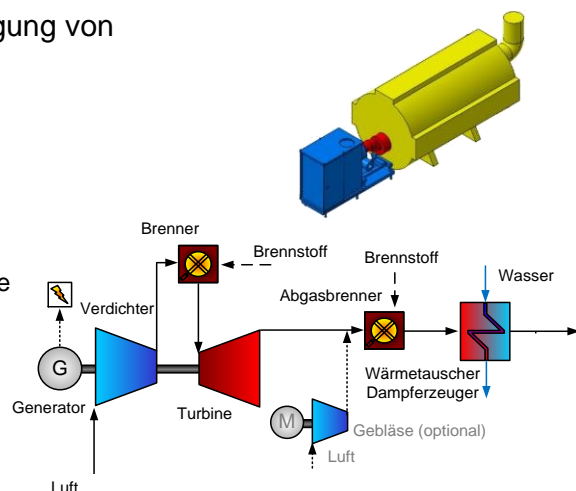
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Innovative Prozesswärme-/ dämpferzeuger mit H₂ und Biogas Kopplung Mikrogasturbine & Abgasbrennersystem



Ersatz von Industriebrennern zur Erzeugung von Prozesswärme und –dampf

- Hohe Wirtschaftlichkeit durch reduzierten Strombedarf für Gebläse + Stromerzeugung
- Geringer Platzbedarf / einfache Einbindung („Plug & Play“)
- Geringste Schadstoffemissionen durch erhöhte Brennereintrittstemperaturen
- Hohe Brennstoffflexibilität zur Adaption an Wasserstoffverfügbarkeit



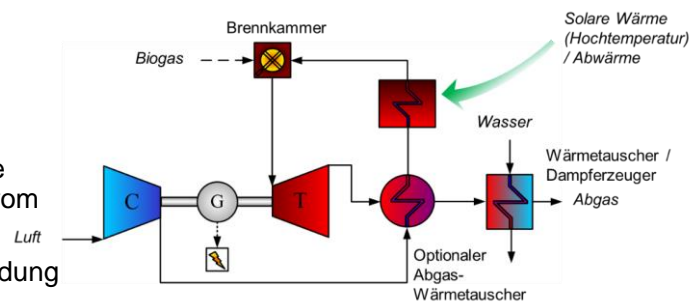
Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Einsatz von hybriden Technologien zur bedarfsgerechten Bereitstellung von Prozesswärme



Kopplung von Gasturbinen mit solarer Wärme oder Abwärmenutzung

- Nutzung von zeitlich und im Temperaturniveau fluktuierenden Wärmequellen (solare Wärme, Abwärme)
- Bedarfsgerechte und zuverlässige Bereitstellung von Wärme und Strom
- Realisierung gleichbleibender Temperaturniveaus für die Anwendung
- Maximale Nutzung der erneuerbaren Energie je nach Verfügbarkeit
- Uneingeschränkter Anlagenbetrieb



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

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-VT, Siemens Energy
- Große Gasturbinen Leistung > 50 MW_{el}



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

EU Projekt Hyflexpower



- Demonstration von power-to-X-to-power
 - Elektrolyse von Wasser zu H₂
 - Speicherung von H₂
 - Verbrennung von 100% H₂ in einer Gasturbine (SGT-400)
- Aufgabe DLR: Wandtemperaturmessungen in der Gasturbinenbrennkammer am Siemens CEC-Testzentrum in Ludwigsfelde bei Berlin mit Phosphorthermometrie
- Enge Kooperation mit Universität Duisburg-Essen (Entwicklung einer optischen Sonde) und Universität Lund (Optimierung von Phosphor und Beschichtung)
- Industriepartner: Siemens Energy, Engie und Centrax
- Forschungseinrichtungen: DLR und vier Universitäten



Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Verbundvorhaben Hydroxy - Entwicklung eines CO₂-freien, wasserstoffbefeuelten Dampferzeugers



Motivation

- Direkte Verbrennung von elektrolytisch gewonnenem Wasserstoff und Sauerstoff zur Dampferzeugung und -erhitzung für eine kohlenstofffreie Energieumwandlung

Ziele

1. Funktionsnachweis eines Verbrennungskonzepts für stöchiometrische H₂/O₂-Verbrennung in Dampfatmosfera
2. Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit bzgl. Thermoakustik, Restgasgehalten und Flammenstabilität unter erhöhtem Druck
3. Entwicklung eines H₂/O₂-Dampferzeugers (Prototyp)
4. Konzept für die Integration eines H₂-O₂-Dampferzeugers in einen Wasser-Dampf-Kreislauf



Gefördert durch:



Partner: DLR VT, Siemens Energy
Laufzeit: 2022-2024

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Zusammenfassung



- Wasserstoff bietet im Bereich der Stromerzeugung und industriellen Kraft-Wärme-Kopplung ein großes Potential für die Dekarbonisierung
- Die dezentrale Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff bietet dabei die Möglichkeit eines frühen Einstiegs in die Wasserstoffwirtschaft
- Eine intelligente Einbindung von erneuerbaren Quellen in die lokale Energieversorgung ermöglicht eine maximale Ausnutzung erneuerbarer Ressourcen
- Gasturbinenkraftwerke und KWK Anlagen müssen möglichst brennstoffflexibel sein, um unterschiedliche Brennstoffe nutzen zu können

Dr. Peter Kutne, DLR Institut für Verbrennungstechnik, 27.10.2022

Dekarbonisierung von Gasturbinen mit grünem Methanol

Gökmen Cetin, Silent Power AG

Dekarbonisierung der Energieerzeugung mit grünem Methanol

ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik, 27.10.2022
Südzucker AG, Werk Plattling
Deutschland

10.01.2023

www.silent-power.com

1

Über Uns

Was ist unsere Mission?

Mit unseren Lösungen und Produkten auf Basis von **Methanol** sorgen wir für eine **klimaneutrale, dezentrale Strom- und Wärmeerzeugung**.

Wir ermöglichen den Verzicht auf fossile Brennstoffe, und bieten einen **CO2 neutralen Energiespeicher**.

Wir bieten Hand zur Erreichung des Pariser Abkommens, das sich verpflichtet, in 2050 ausschließlich erneuerbare Energien zu verwenden.

Wer sind wir?

Silent-Power AG wurde 2002 durch **Prof. Urs Weidmann** gegründet, seinerzeit mit Fokus auf Forschung und **Entwicklung des Methanol-Kreislaufes** und Machbarkeitsstudien.

Seit Mitte 2021 ist Silent-Power in die operative Phase eingetreten und arbeitet am **Markteintritt von kleinen Kraftwerken, Wärme- und Stromgeneratoren** und anderen thermischen Anwendungen.

Aktuell sind wir ein **Team von 12 Personen**.
Silent-Power befindet sich Cham, Kt. Zug, Schweiz



10.01.2023

www.silent-power.com

2

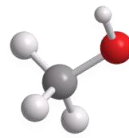
Grünes Methanol

silent-POWER

Warum?	Klimawandel
Was?	Methanol (CH ₃ OH)
Wie?	Grüner Energiekreislauf



- Klimaerwärmung wird durch hohe Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre verursacht.
- Der Klimawandel kann nicht durch eine Massnahme alleine gestoppt werden.
- Die Lösung muss global umfassend sein.



- HEUTE: Methanol ist die zweithäufigst gehandelte Flüssigkeit global – vor allem im Einsatz in chemischen Produktionsprozessen
- ABER: Methanol wird als der am besten geeignete Energieträger völlig ignoriert.
- UND: Methanol kann aus grünen Elektronen und aus eingefangenen CO₂ synthetisch hergestellt werden



- CO₂-Neutralität kann durch das globale Recycling von Treibhausgasen erreicht werden
- Methanol ist ideal geeignet um CO₂ einzufangen und in Energie zu wandeln
- Die Mission von Silent-Power ist alle Vorteile der Methanolwirtschaft in der Energieerzeugung einzusetzen

10.01.2023

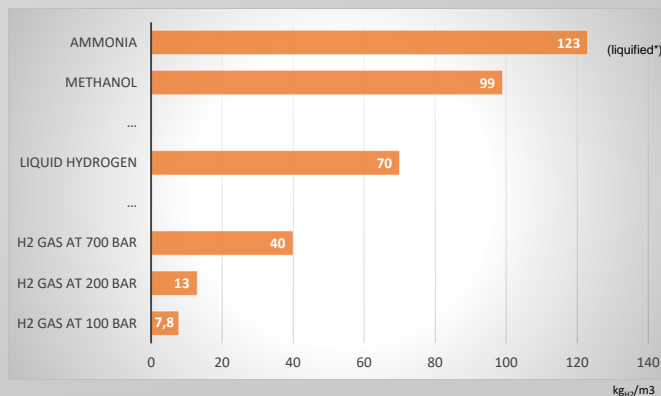
www.silent-power.com

3

Methanol – der flüssige Wasserstoffträger

silent-POWER

1. Methanol ist flüssig bei Raumtemperatur & Umgebungsdruck
2. Es werden nur CO₂ und Wasserdampf emittiert, kein Feinstaub und Partikel
3. Methanol speichert chemikalisch mehr Wasserstoffatome als flüssiger Wasserstoff bei -253 Grad C !



* Ammonium is a gas)

Source: Andersson, J., Grönkvist, S.: Large-scale storage of hydrogen, International Journal of Hydrogen Energy No. 44 (2019) p 11911

10.01.2023

www.silent-power.com

4



5

Methanol M99: Rohstoffe und Herstellung

M99 Synthetic	M99 Biologisch	M99 Classic CO ₂ Compensated
<p>Herstellung: Ökostrom + H₂O + CO₂ Methanol Syntheseanlage</p> <p>Verfügbarkeit: Ab Q1 / 2024 industriell Herstellung in Nordeuropa</p> <p>CO₂ – Neutralität: 100% der Emission dank CO₂ Speicherung 100% der Energie für die Erzeugung CO₂ Abdruck Anlage & Transport</p>	<p>Herstellung: Vergasung Biomasse (Kehricht, Grünrückstände) und Katalysierung</p> <p>Verfügbarkeit: Vorhanden Mehrere Lieferanten</p> <p>CO₂ – Neutralität: 100% der Emission dank Biomasse CO₂ Abdruck Anlage, Erzeugung & Transport</p>	<p>Herstellung: Erdgas Reformer, Kohle Vergasung</p> <p>Verfügbarkeit: > 95 Mia Liter / Jahr globale Produktion Chemische Handelsware</p> <p>CO₂ – Neutralität: 100% der Emission kompensiert durch CO₂-Zertifikate CO₂ Abdruck Anlage, Erzeugung & Transport</p>
Methanolpreise Auffüllung von Tanklaster in ein Vor-Ort Tank inkl. Energiesteuer und Import (Stand 20.10.2022)		
86 Cent pro Liter	100 Cent pro Liter	52 Cent pro Liter
19.6 Cent pro Liter	22.8 Cent pro kWh	11.9 Cent pro kWh

Methanol ist im aktuellen Energiemarkt ein umweltfreundlicher wirtschaftlicher Energieträger mit dem Mehrwert der Netzunabhängigkeit.

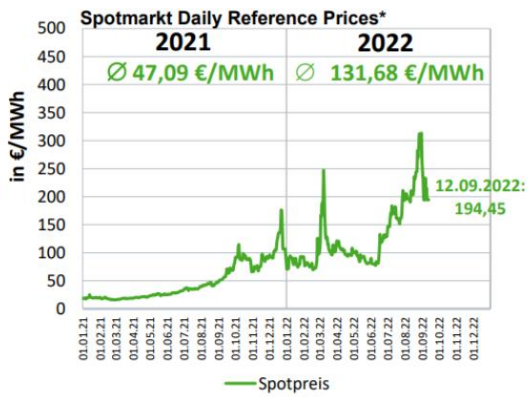
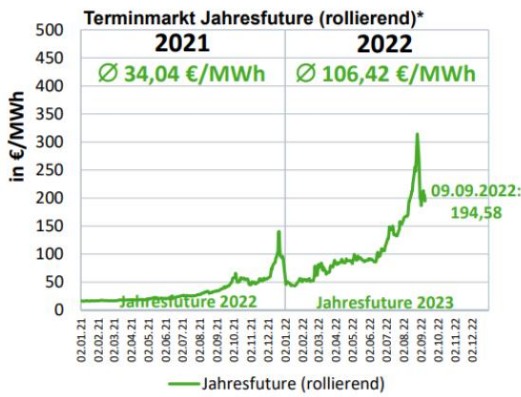
10.01.2023

www.silent-power.com

6

Preisentwicklung Erdgas Großhandel

01.01.2021 – 09.09.2022 (Terminmarkt); – 12.09.2022 (Spotmarkt)



Quelle: EEX

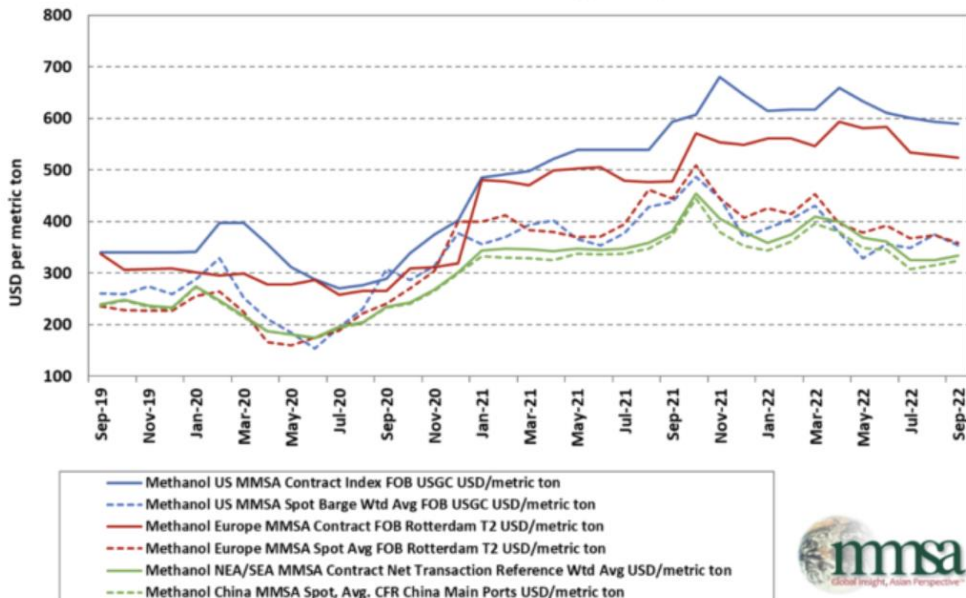
* Mittelwerte aus Preisen der Marktgebiete von Gaspool und NCG, ab Oktober 2021 THE

10.01.2023

www.silent-power.com

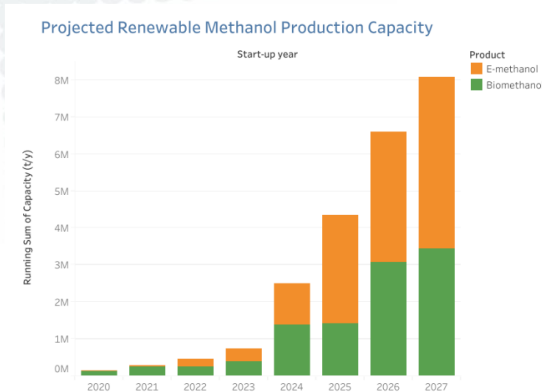
7

Global Methanol Pricing Comparison




8

Erneuerbares Methanol: Kapazitätsprognose



Source: Methanol Institute Renewable Methanol Database of Current/Announced Projects



Aktuell 2.8 TWh. Bis 2027 44 TWh.

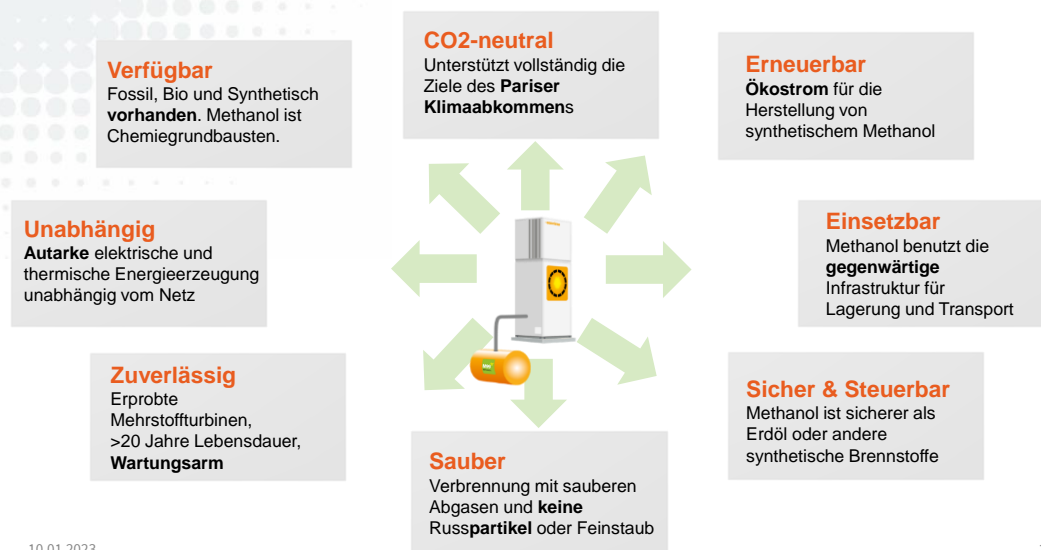
Silent-Power sichert die Verfügbarkeit und die Logistik vom Methanol für Ihre Anlage.

10.01.2023

www.silent-power.com

9

Econimo Methanol Wärme & Stromerzeuger



10.01.2023

10

Econimo Kraftwärmekopplungsanlage (KWK)

Beschreibung

- Kompakte, modulare, Methanol-gefeuerte Kraftwärmekopplungsanlage
- Vorgefertigt im Container für Ausseninstallation
- Schnelle Vor-Ort-Installation und Inbetriebnahme
- CO₂-neutraler Betrieb mit bio – oder synthetischem Methanol M99
- Saubere Erzeugung elektrischer und thermischer Energie
- Hochwertige Abwärme für Warmwasser, Heizwärme, Prozesswärme, Dampf
- Autarkie und Netzunabhängigkeit
- Schrittweise Energietransition mit fossilem CO₂ kompensiertem Methanol
- Teillastbetrieb möglich
- 365 Tage kontinuierlicher Betrieb, saisonaler Betrieb, sowie Netzersatzanlage
- Bis zu 25 Jahre Lebensdauer mit bewährter Turbinentechnologie
- Minimaler Wartungsaufwand, Training von Personal möglich



10.01.2023

www.silent-power.com

11

Econimo 300

Technische Daten

- Elektrische Leistung:**
 - 400 V, 100 kW
- Thermische Leistung:**
 - 200 kW
- Ablufttemperatur**
 - 270°C bei 0.79 kg/s
- Wärmenutzung**
 - Warmwasser, Kältemaschine, Dampf
- Elektrische / Thermische / Totaleffizienz:**
 - 32 % / 58 % / 90 %
- Geräuschpegel:**
 - < 60 dB(A) (mit Schalldämpfer)
- Methanolverbrauch:**
 - 74 Liter pro Stunde (bei 15°C)
- Emissionen (ggü. Dieselaggregaten):**
 - CO₂: 19 mg / m³
 - Nox: < 11 mg / m³
 - Unverbrannte C-wasserstoffe: nicht messbar
 - Russ / Feinpartikel: nicht vorhanden



Anwendungen

- Kommerzielle Gebäude und Kommunen**
 - Heizwärme/ Kälte und Elektrizität für 50 Haushalte
 - Dezentralisierte Energielieferung für Kommunen
- Hotels**
 - Wärme / Kälte und Elektrizität für Komplexe
 - Netzersatzanlage
- Inselbetrieb**
 - Elektrische Energieerzeugung,
 - Stationäre oder mobile Installationen (auf Trucks oder Schiffen)
- Industrie**
 - Prozesswärme und Elektrizität für Herstellung
 - Wärme / Kälte und Elektrizität für Fabriken

Dimensionen

- Breite x Höhe x Länge:
 - 900 x 1900 x 2700 mm (ohne WT)
 - Länge mit WT: 3640 mm
- Footprint:
 - 2.43 m²
- Bruttogewicht Ausseninstallation:
 - 2770 KG

10.01.2023

www.silent-power.com

12

Econimo 5000

Technische Daten

Elektrische Leistung:

- 400 V, 1'740 kW (13.8kV optional)
- Optional: Zusätzliche 920kW mit ORC

Abgastemperatur

- 578°C bei 8.94 kg/s

Thermische Leistung bei 120°C:

- 4'670 kW

Wärmenutzung

- Warmwasser, Kältemaschine, Dampf, ORC

Elektrische / Thermische / Totaleffizienz:

- 27 % / 63 % / 90 %

Geräuschpegel:

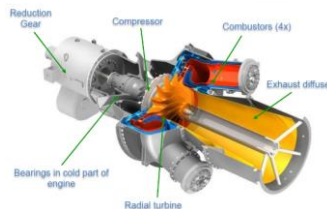
- Weniger als 85 dB(A) (ohne Schalldämpfung)

Methanolverbrauch:

- 1450 Liter pro Stunde

Emissionen (ggü. Dieselaggregaten):

- CO₂: <75 mg/m³
- Nox: <100 mg/m³
- Unverbrannte Kohlenwasserstoffe: nicht messbar
- Russ / Feinpartikel: nicht vorhanden



www.silent-power.com

10.01.2023



Anwendungen

Industrie

- Heizen und Kühlen von industriellen Anlagen
- Dampfproduktion
- Prozesswärme und Kälte

Hotels & Kommerzielle Gebäude

- Wärme / Kälte und Elektrizität für Resorts, Hotels, Einkaufszentren, Infrastrukturanlagen
- Netzersatzanlage

Stadtwerte und Netzbetreiber

- Wärme und Elektrizität als Basislieferung und / oder für Spitzenlasten

Inselbetrieb & Notfälle

- Elektrische Energieerzeugung
- Stationäre oder mobile Installationen (auf Trucks oder Schiffen)
- Notstromanlage

Dimensionen

- Breite x Höhe x Länge:
 - 2.44m x 5.20m x 6.10m
- Footprint:
 - 14.88 m²
- Bruttogewicht Ausseninstallation:
 - 22 Tonnen

13

Unsere Econimo Pilotanlage

Voraktivitäten für die Entwicklung von Methanolturbinen



Silent-Power AG hat die erste Pilotanlage mit dem Ziel aus synthetischem Methanol, welches aus CO₂ und Wasserstoff hergestellt wird, 30kW elektrische Leistung zu erzeugen entwickelt.



Image1 : Die Anlage war von 2016 bis 2022 in Betrieb und hat Strom und Wärme für das Gebäude eines EVUs geliefert.

10.01.2023

www.silent-power.com

14

14

Methanol M99: Logistik und Lieferung



silent-POWER

- Silent – Power im Kt. Zug
- Zwei Lagerstandorte in CH (BS und LU)
- Lagerpartner am Hafen in Rotterdam
- Weitere EU Lagerstandorte im Aufbau
- Direktlieferung mit Bahn, Schiff & LKW ab Hafen Rotterdam
- Transport und Vor-Ort-Abfüllung durch Silent Power
- Verfügbarkeitsicherung durch Netzwerk von Methanolherstellern (Nordische Länder, Holland, Deutschland, USA und Spotmarkt)
- Verfügbarkeit von synthetischem Methanol in 2024 gesichert durch Absichtserklärung für Abnahmen



Silent-Power sichert die Verfügbarkeit und die Logistik vom Methanol für Ihre Anlage.

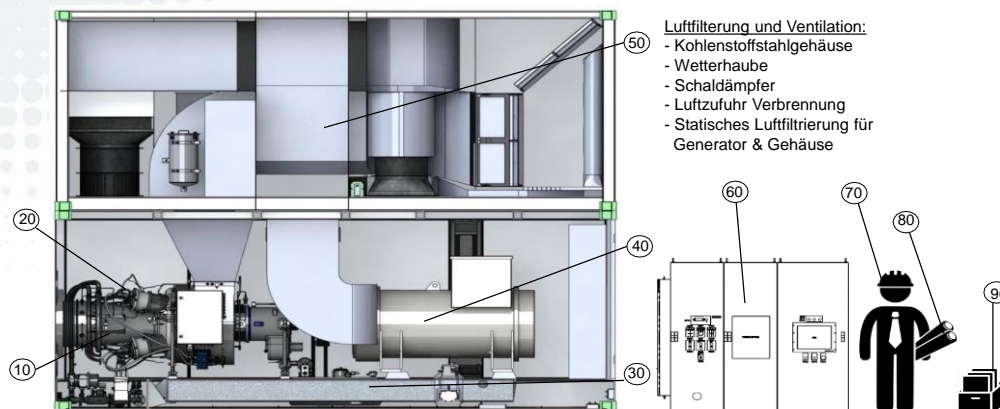
10.01.2023

www.silent-power.com

15

Econimo5000 Systemkomponenten

silent-POWER



10 Gas Turbine	40 Elektrischer Generator	70 Installation & Inbetriebnahme
20 Verbrennungssystem	50 Luftfilterung und Ventilation	80 Training vor Ort
30 Gehäuse und Stützer	60 Steuerung	90 Dokumentation

10.01.2023

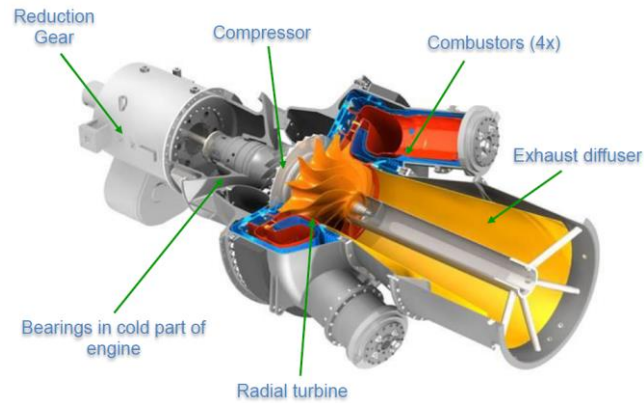
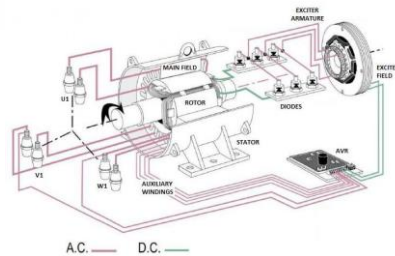
www.silent-power.com

16

Industrielle Gasturbine als Kernstück

Merkmale:

- Radiale Gasturbine
- Langlebig, Hohe Zuverlässigkeit
- Lager in Kälte → Verlängerung Lebensdauer
- Kontinuierliche Elektrische Leistung und Wärme
- Kompressor, Turbine und Generator in-line



10.01.2023

www.silent-power.com



17

Econimo Kraftwärmekopplungsanlagen

Lieferumfang Silent Power

- Gehäuse
- Radialturbine
- Brennkammer
- Wärmerecuperator
- Generator
- Methanol-Brennstoffsystem
- Leistungselektronik inkl. Wechselrichter
- Ventilation innerhalb Container
- Wasserkühlung
- Luft-Öl-Schmiersystem
- Verpackung für Transport
- Transport & Aufstellung vor Ort
- Installation
- Softwareeinstellungen
- Inbetriebnahme

Sublieferanten / Lieferungen Dritter

- Methanoltank inkl. Brennstoffverrohrung
- Wärmetauscher, Heizkessel, Dampfkessel, Absorptionskältemaschine, Wasserverrohrungen usw.
- Organic Rankine Cycle (ORC)
- Abluft / Lüftungsverrohrung inkl. Luftfilter, Kamin
- Lärmemissionsschutz
- Fundamente
- Blitzschutz
- Erdungssystem
- Netzanschluss
- Zulassung vom EVU
- Fernanschluss (Internetverbindung)



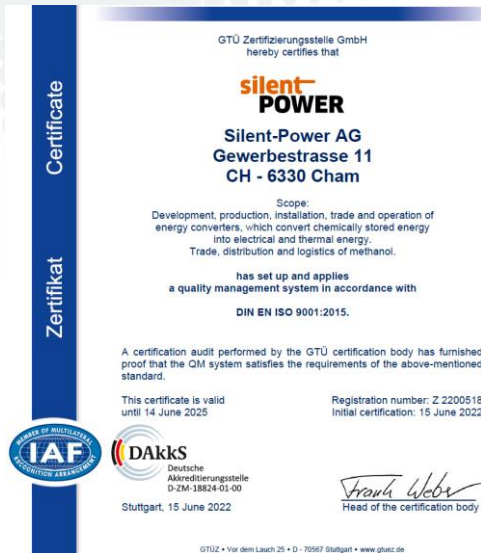
10.01.2023

www.silent-power.com



18

Silent-Power ISO Zertifikate u. Mitgliedschaften



Frank Weber
Head of the certification body

10.01.2023

GTÜZ • Vor dem Lärch 25 • D - 70567 Stuttgart • www.gtuz.de

www.silent-power.com

19

Ihre Ansprechpartner:



Carsten Eisenkrämer
CEO
+41 79 204 34 34
carsten.eisenkraemer@silent-power.com



Goekmen Cetin
CSO
+41 79 622 43 42
goekmen.cetin@silent-power.com



Manuel Harms
CPO
+41 79 300 33 77
manuel.harms@silent-power.com



Nadia Imbaumgarten
Marketing
+41 79 204 46 46
nadia.imbaumgarten@silent-power.com

10.01.2023

www.silent-power.com

20

The logo for silent POWER, with "silent" in a smaller, orange, sans-serif font and "POWER" in a larger, bold, black, sans-serif font.The logo for silent POWER, with "silent" in a smaller, orange, sans-serif font and "POWER" in a larger, bold, black, sans-serif font.

Silent Power AG
Gewerbstrasse 11
CH - 6330 Cham
+41 - 41 740 66 16

Stresstests und Lebensdaueroptimierung an Gasturbinen

Dr. Sven von Ende, Rolls Royce

Aus Schutzgründen ist dieser Vortrag leider nicht im Tagungsband enthalten. Wir bitten um Verständnis.

Neues Verfahren für höhere Wirkungsgrade an stationären Gasturbinen

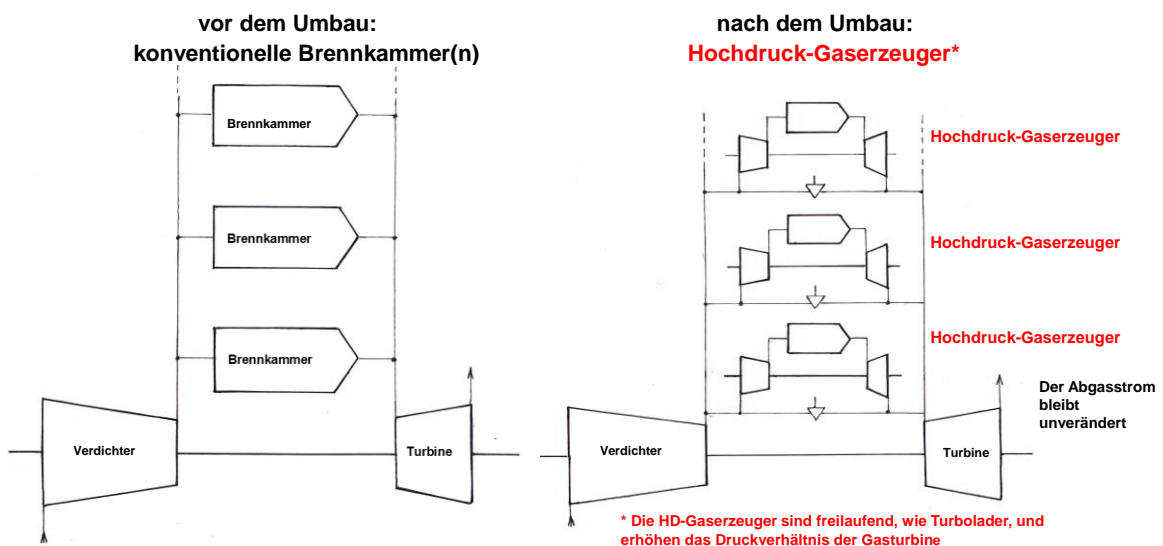
Rupert Sunkler, Envita Management & Development GmbH

Envita M+D GmbH, Baden, Schweiz

Ein neues Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen

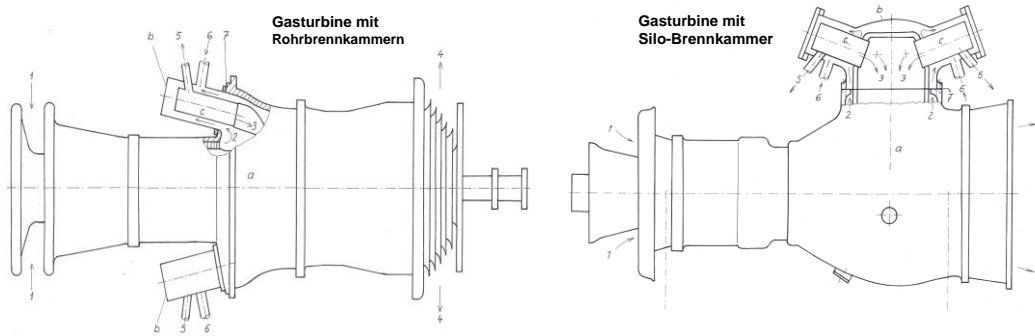
Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen

Flussschema



Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen

Gasturbinen nachgerüstet mit Hochdruck-Gaserzeugern

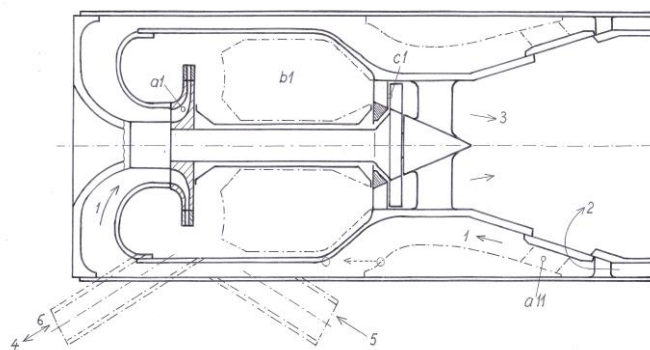


a Verdichter-Turbinenblock, b Nachrüstsätze, c HD-Gaserzeuger

1 Lufteinströmung in Niederdruckverdichter, 2 Luftstrom vom Niederdruckverdichter, 3 Heissgas nach Hochdruckturbinen, 4 Abgas Niederdruckturbinen, 5 Hochdruckluft zum Expander, 6 Luftstrom vom Expander, 7 Flanschverbindung: Hier werden die Nachrüstsätze angebracht, anstelle der früheren Brennkammer(n).

Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen

Entwurfsskizze Hochdruck-Gaserzeuger



Hochdruckgaserzeuger
(freilaufend, wie bei Turboladern)

a1 Hochdruckverdichter
b1 Hochdruckbrennkammer
c1 Hochdruckturbinen
a11 Bypassventil

1 Luftstrom von Niederdruckverdichter
2 Bypassstrom
3 Gasstrom zur Niederdruckturbinen
4 Hochdruckluft zur Luftexpanderturbine
5 Luftstrom von Luftexpanderturbine,
6 Starterluft

Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen

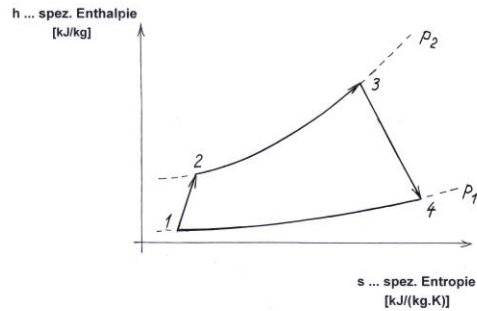


Joule-Prozess

Das Diagramm rechts zeigt den realen Joule-Prozess einer bestehenden Gasturbine.

Der thermische Wirkungsgrad ist abhängig vom Druckverhältnis.

Das Envita-Konzept basiert auf der Erhöhung des Druckverhältnisses der zu verbessernden Gasturbine mittels **Hochdruck-Gaserzeugern**.



Der thermische Wirkungsgrad η_{th} des Joule-Prozesses ist eine Funktion des Druckverhältnisses π ($\kappa = \text{const.}$)

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\pi^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}}$$

..... $(\kappa - 1)/\kappa$ = Exponent der Adiabate

Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen

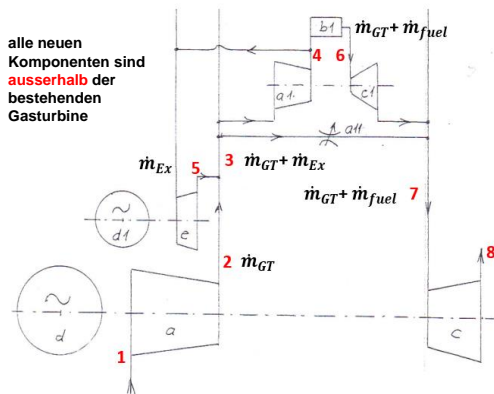


verbesserter Gasturbinenprozess

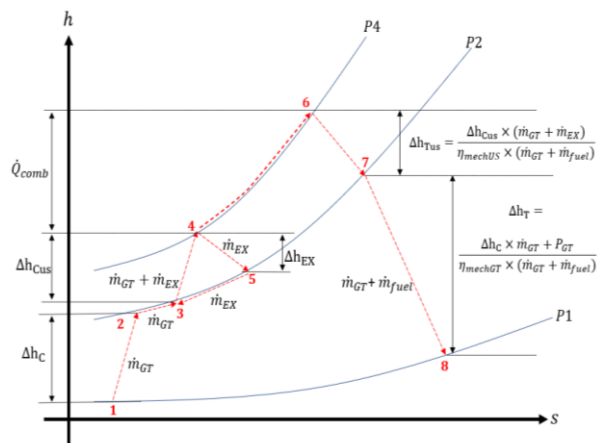
Flussschema: Die Mehrleistung wird über einen **Expander** ausgekoppelt.

h-s Diagramm

3-4-6-7 = Oberstufe des Gasturbinenprozesses
3-4-5 = Expander



alle neuen Komponenten sind **ausserhalb** der bestehenden Gasturbine



Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen



Berechnungsmethode:

Verdichterberechnung:

Bekannte Werte:

Luftmassenstrom kg/sec
 Pi = Druckverhältnis
 Verdichtereintrittstemperatur
 Eingangsdruck
 Gaskonstante R
 Thermodynamischer Wirkungsgrad des Verdichters

Angenommene Werte:

Temperatur nach Kompressor

Berechnung:

Unter Verwendung der üblichen Formeln für die adiabatische Kompression wird der angenommene Temperaturwert nach dem Kompressor durch Iteration bestätigt.
 Daraus ergibt sich die mechanische Leistung zum Antrieb des Kompressors.

(..... alle weiteren Komponenten wie HD-Verdichter, HD-Brennkammer, HD-Turbine, ND-Gasturbine und Expander werden in gleicher Weise berechnet, d.h. die angenommenen Temperaturwerte und der angenommene Brennstoffverbrauch werden durch Iteration bestätigt.)

Die Berechnung wird in gleicher Weise für die Basismaschine und die nachgerüstete Maschine durchgeführt.

Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen

Gesucht werden Betreiber von Gasturbinen - gleich welcher Leistungsklasse - für die Erprobung des Konzeptes in der Praxis.



Ergebnisse Wirkungsgrad und Leistung

Beispiel:

Gasturbine Siemens 94.2, Umgebung: 15°C, 1 bar

Mischtemperatur TIT ¹ HD-Turbine	°C	1241	1432
Druckverhältnis HD-Verdichter	-	2.3	4.3
Volle Leistung vor Nachrüstung	MW	173.1	173.1
Volle Leistung nach Nachrüstung	MW	184.1	219.5
Leistungserhöhung	MW	11.0	46.4
Wirkungsgrad vor Nachrüstung	%	33.3	33.3
Wirkungsgrad nach Nachrüstung	%	37.7	41.3
Wirkungsgraderhöhung	%-Punkte	4.40	8.00

Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen



Brennstoff- und Kosteneinsparungen

Beispiel:

Gasturbine Siemens 94.2, Umgebung: 15°C, 1 bar

Eintritt Turbine Oberstufe, Mischtemperatur TIT'	°C	1241	1432
--	----	------	------

Die folgenden Werte beziehen sich auf 8760 h Betrieb mit 173.1 MW Generatorleistung:

Einsparung Erdgas, in Nm3	Nm3	52'619'521	87'332'421
Einsparung Erdgas, in MWh	MWh	531'457	882'057
<u>Erdgaspreis USA Henry Hub, 22.9.22:</u> Quelle: https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngwhhdm.htm	USD/MMBtu	8.01	8.01
Einsparung Erdgaskosten pro Jahr (8760 h Betrieb)	USD	14'525'384	24'107'725
<u>Erdgaspreis Europa, Dutch TTF, 30.9.22:</u> Quelle: https://www.wallstreet-online.de/rohstoffe/dutch-ttf-daily-natural-gas-forward-daily-futures-preis	EUR/MWh	204	204
Einsparung Erdgaskosten pro Jahr (8760 h Betrieb)	EUR	108'417'262	179'939'721
Erdgasbetrieb, Reduktion der CO2 Emissionen	t/Jahr	103'660	172'045

Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen

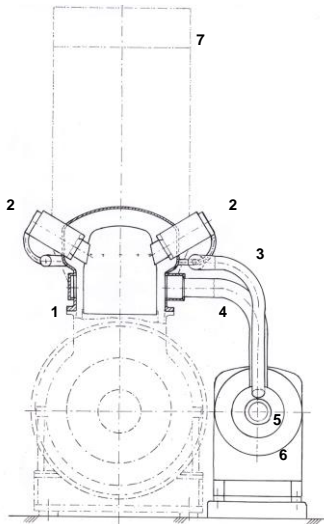


Ergebnisse für diverse Gasturbinentypen, bei Vollast

Typ Gasturbine		GE(ABB) 11D5	GE(ABB) 11N2	Siemens 94.2	GE F Frame 6B.03
Vor der Nachrüstung:					
Generatorleistung, el.	MW	71.3	111.7	173.1	42.5
Wirkungsgrad η_{el}	%	32	34.9	33.3	33.5
Nach der Nachrüstung:					
Eintrittstemperatur TIT' Oberstufenturbine moderat	°C	1221	1297	1241	1295
Generatorleistung, el.	MW	91.3	144.2	184.1	53.7
η (%)= Wirkungsgrad el.		37	40.2	37.7	38.4
Erhöhung Generatorleistung	MW	20.1	32.5	11	11.2
Erhöhung η_{el}	%-Punkte	5	5.3	4.4	4.9
Nach der Nachrüstung:					
Eintrittstemperatur TIT' Oberstufenturbine hoch	°C	1432	1432	1432	1432
Generatorleistung, el.	MW	111.3	161.5	219.5	61.1
Wirkungsgrad η_{el}	%	41.2	42.5	41.3	41
Erhöhung Generatorleistung	MW	40.1	49.8	46.4	18.6
Erhöhung η_{el}	%-Punkte	9.2	7.6	8	7.5

Konzept zur Verbesserung des Wirkungsgrades von Gasturbinen

Nachrüstungssatz, massstabsgetreu



GE (ABB) 11D5, Ansicht in Achsrichtung
Nachrüstung mit 12 HD-Gaserzeugern, TIT' 1221°C

Leistung vor Umbau 71.3 MW
Leistung nach Umbau 91.3 MW **Mehrleistung 20 MW**

Wirkungsgrad vor Umbau 32 %
Wirkungsgrad nach Umbau 37 % **Wirkungsgraderhöhung 5 %P**

- 1 Brennkammerflansch (ca. 2200 mm dia.)
- 2 HD-Gaserzeuger
- 3 Luftleitung zum Expander (ca. 300 mm dia.)
- 4 Luftleitung vom Expander (ca. 400 mm dia.)
- 5 Expander
- 6 Generator
- 7 Silo-Brennkammer (entfernt)

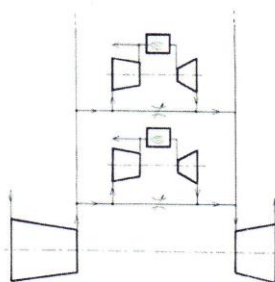
Bemerkung: Bei tiefen Lasten (turn-down) kann die Maschine mit nur einem Teil der HD-Gaserzeuger betrieben werden. Folge: Sehr tiefer Brennstoffverbrauch im Teillastbetrieb.

Beispiel:
Läuft die Maschine mit Leerlauf am Netz, dann reichen 2 HD-Gaserzeuger aus. Brennstoffverbrauch ca. 31% tiefer als vor der Nachrüstung.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Gas Turbine Performance Enhancement
• Higher efficiency • More power • Less CO₂



Rupert Sunkler

Chief Engineer Research & Development

Envita Management + Development GmbH
Im Weiherhau 4, CH-5405 Daettwil
Switzerland, Tel. +41 79 708 3887
rupert.sunkler@outlook.com

Der MicroMix-Brenner im Realbetrieb mit Wasserstoff

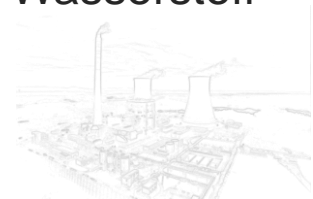
Dr. Kusterer, B&B Agema



■■■ engineering your visions

Der Micro-Mix Brenner im Realbetrieb mit Wasserstoff

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Bohn, Dr.-Ing. Karsten Kusterer
 B&B-AGEMA GmbH
 Jülicher Straße 338
 52070 Aachen
 Germany
www.bub-agema.de



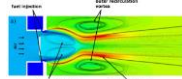
Our Services

...from vision until realization of the product: **Example Micro-Mix Combustor for 100% Hydrogen**



Experts

Strong expert background with industry experiences as well as excellent network to Universities and R&D organizations!



Analyses

Modern simulation software, own expert software & tools, applied with technical competence and knowledge!



Engineering

Full in-house competence from concept until final drawings!



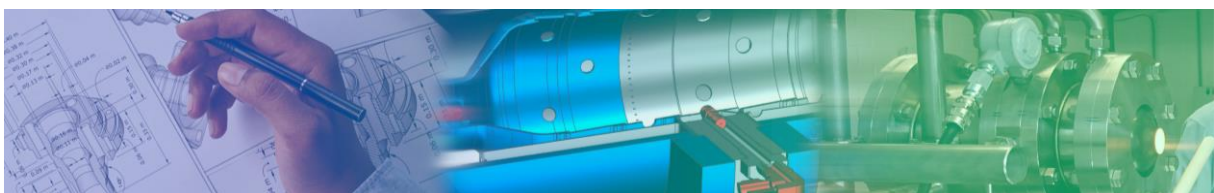
Realization

Full support on realization, selection of materials and parts, collaborative manufacturing and certification support!



Testing

Development of prototypes, test stands and supportive build-up, measuring & control concepts, selection of instrumentation, testing support!





27 Years – Our History

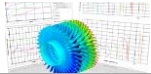
Milestones in company history

1995

Company formation 1995 by Prof. Dr. Dieter Bohn

1995 - today

Analyses & design of multi-stage axial compressors, development of specialized software for axial compressors, cooperation with OEM

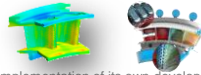


1999 - today

R&D partner of Kawasaki Heavy Industries (KHI) for their industrial gas turbines (e.g. M7A, L20A, L30A)



Multi-Physics-Simulations for power plant components



Implementation of its own developed Conjugate Heat Transfer (CHT) technology for cooled turbine blades and vanes

1999 - today

B&B-AGEMA becomes software development partner of cd-adapco (USA), now Siemens PLM

1997 - today

2010

General Cooperation Agreement between Kawasaki Heavy Industries (KHI), Institut f. Dampf- und Gasturbinen (IDG, RWTH Aachen), B&B-AGEMA for Hydrogen gas turbine development (100% Hydrogen solution).



Complete development of multi-phase screw spindle pump for off-shore oil & gas off-shore application

2015

2015

Successful high-pressure combustion test for 100% Hydrogen Micro-Mix Burner at the IDG Aachen Combustor test rig established by Prof. Bohn

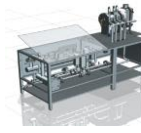
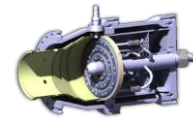


Complete development of high pressure steam turbine module for ultra-supercritical steam conditions (660 MW power plant)

2018

2020

Worldwide first 100% Hydrogen operated gas turbine with own micro-mix technology successful in operation



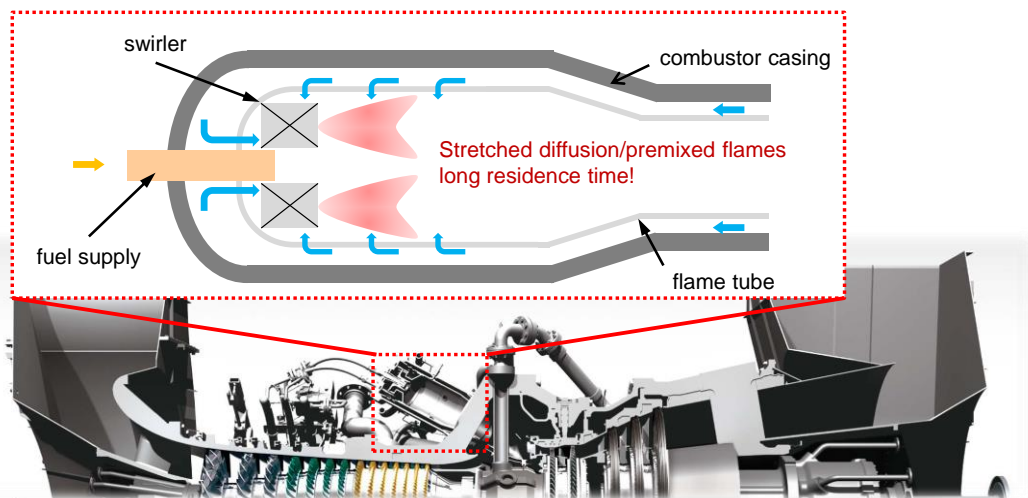
Complete development of special burner test stand for TBC coated blades under impact of hot gas jet with high Mach-number

2020

© 2022 by B&B-AGEMA, No. 3



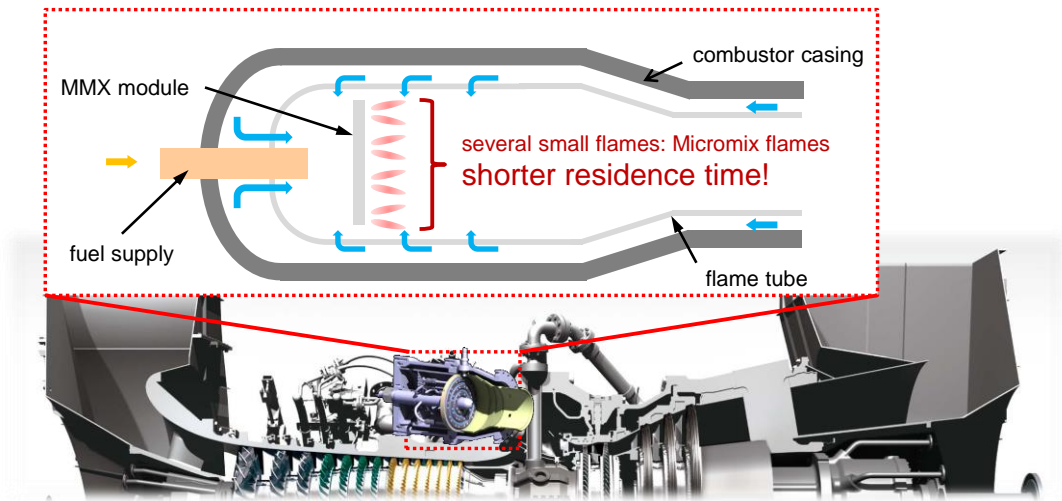
HYDROGEN Combustion – Conventional



Courtesy: Kawasaki Heavy Industries

© 2022 by B&B-AGEMA, No. 4

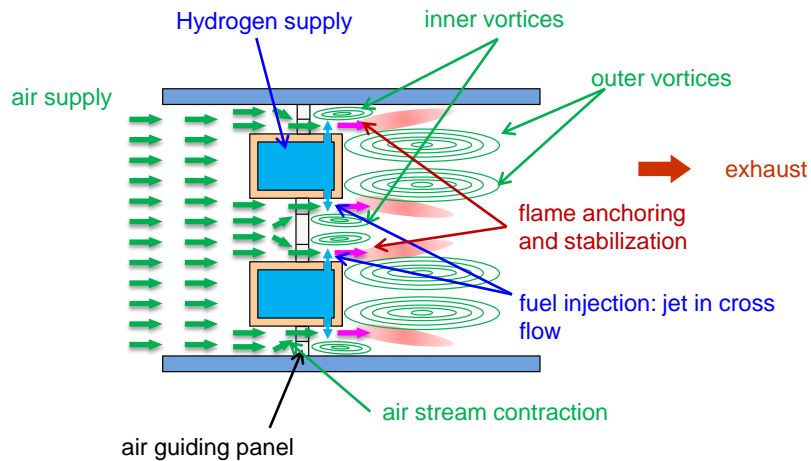
HYDROGEN Combustion – Micro-Mix



Courtesy: Kawasaki Heavy Industries

© 2022 by B&B-AGEMA, No. 5

HYDROGEN Combustion– Micro-Mix principle



© 2022 by B&B-AGEMA, No. 6

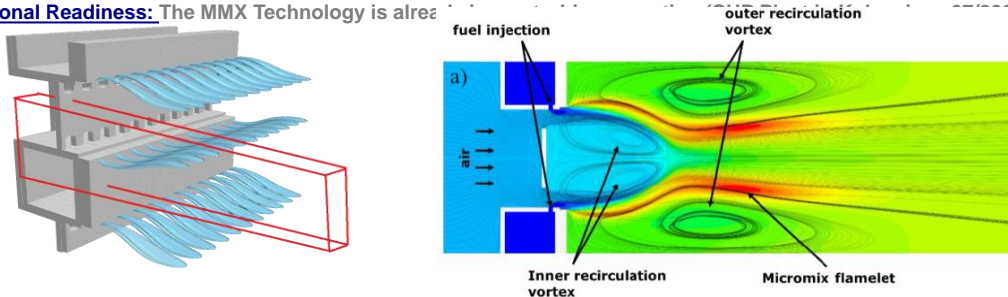


HYDROGEN Combustion– Our Know-how

The Micro-Mix (MMX) principle is based on the precise design and geometrical tuning of the micro-sized flames (see figures).

The major advantages are:

- **Inherent safety of the principle:** There is no flashback risk! Other (competitor) premixed design solutions have large risk of flashback which in worst case can lead to explosion in the pre-mixing device of the combustor.
- **Dry Low NOx (DLN) solution:** The MMX technology does not need any additional steam/water injection to reach low NOx levels. There is also no need for catalytic NOx reduction. It means the simple operation without additional infrastructure or additional costs.
- **Operational Readiness:** The MMX Technology is already in use in industrial gas turbines (see figure).



MMX Combustion simulation (example), Design & Simulation by B&B-AGEMA, Software Simcenter STAR-CCM+

© 2022 by B&B-AGEMA, No. 7



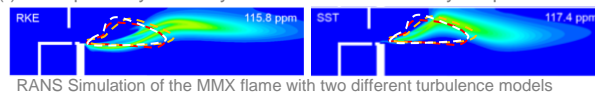
HYDROGEN MMX Combustion

Combustion Simulation: High resolution and high accuracy of MMX combustion phenomena in simulation by LES method

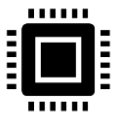


“Reynolds Averaged Navier-Stokes” (RANS) simulations are used in industry (state-of-the-art)

- (+) Fairly fast
- (+) Can be combined with chemical/Structural/Thermal sim. at acceptable costs
- (-) Isotropic eddy viscosity leads to lack of accuracy in special scenarios

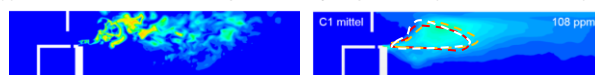


RANS Simulation of the MMX flame with two different turbulence models



Large Eddy Simulations (LES) or Direct Numerical Simulations (DNS)

- (+) higher precision in complex flow simulations (e.g. jet-in-cross flow)
- (+) no large uncertainty caused by the turbulence model
- (-) ca. factor 20 more computationally expensive (estimated factor)



LES Simulation instantaneous and averaged OH concentration

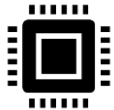
MMX Combustion simulation (example), Design & Simulation by B&B-AGEMA, Software Simcenter STAR-CCM+

Mass Fraction of OH: 0.000, 0.003, 0.006, 0.009, 0.012, 0.015 © 2022 by B&B-AGEMA, No. 8

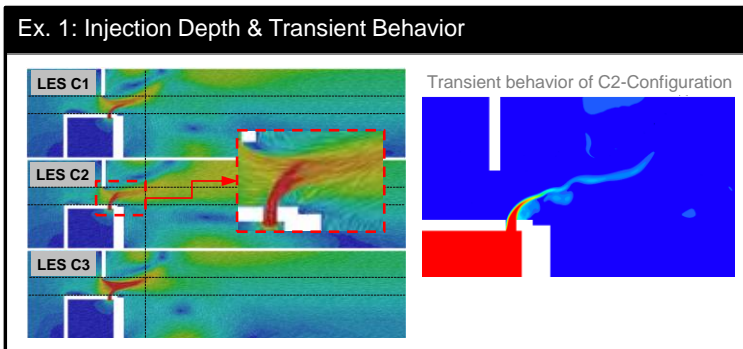


HYDROGEN MMX Combustion Simulation

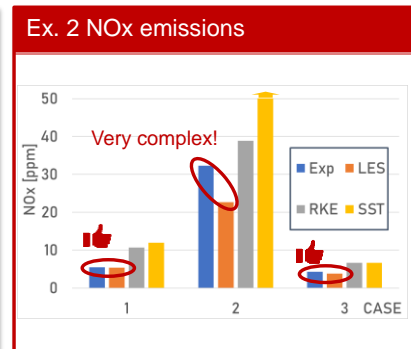
Capabilities of the LES for MMX



- (+) hydrogen injection depth prediction
- (+) Transient behaviour
- (+) more accurate local, transient temperatures → Emissions



MMX Combustion simulation (example), Design & Simulation by B&B-AGEMA, Software Simcenter STAR-CCM+



© 2022 by B&B-AGEMA, No. 9



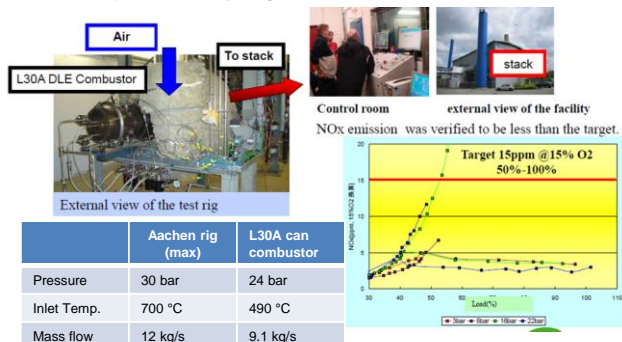
HYDROGEN Combustion— Test Center

Prof. Bohn, Founder of B&B-AGEMA has established at the IDG a Combustor Test Center (“LVS”):

The “LVS” includes a world-unique combustor test rig for gas turbine operating conditions. High pressure tests for industrial-sized combustors can be performed there for conventional fuels as well as for up to 100% Hydrogen.



„LVS“ facility with unique combustor test rig established by Prof. Bohn



Reference: Tanaka, R., Koji, T., Ryu, M., Matsuoka, A., Okuto, A.: Development Of High Efficient 30MW Class Gas Turbine - The Kawasaki L30A ASME-paper GT2012-68668, Copenhagen, Denmark, June 2012.

Test execution example (high-pressure) for Kawasaki L30A DLN gas turbine combustor with Natural Gas (NG)

© 2022 by B&B-AGEMA, No. 10



HYDROGEN Gas Turbine – Success

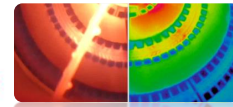
100% Hydrogen, 100% Success

- (Green) Hydrogen, solution for CO₂-free power generation
- MMX Combustion technology (“Micro-Mix Technology”) for Hydrogen
- The technology has been developed to successful application in gas turbines in collaborative R&D together with Kawasaki
- Development contributions:
 - Kawasaki (prototype manufacturing, testing at the IDG/LVS, operation)
 - B&B-AGEMA (design & simulation, since 2010)
 - IDG test rig (high-pressure tests at the LVS)
 - FH Aachen (fundamental research & atmospheric small-scale testing)
- Successful high pressure testing at the Aachen combustor test rig (LVS), 2015 - 2019
- Gas turbine real operation since 07/2020
- **Mixed operation of Hydrogen and natural gas possible**



First MMX 100% HYDROGEN CHP System in Kobe, Japan (since 07/2020)

References:
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100945.html
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101337.html



© 2022 by B&B-AGEMA, No. 11



Innovationspreis der Deutschen Gaswirtschaft 2022



© Zukunft Gas / Claudius Pflug

**12. Oktober
2022, Berlin**

**H₂-Micro-Mix-
Brenner**

**Gewinner in der
Kategorie
“Effiziente
Anwendungstechnik”**

Gewinnerfilm:

<https://innovationspreis.gas.info/home/gewinner/>

© 2022 by B&B-AGEMA, No. 12



Zukunft (Ausblick)

RWE Projekt Emsland (Lingen), 34 MW Wasserstoffgasturbine

RWE und Kawasaki planen in Lingen die Errichtung einer der weltweit ersten wasserstofffähigen Gasturbinen im Industriemaßstab:

- Rückverstromung von grünem Wasserstoff (bis 100% Wasserstoff) mit 34 MW-Anlage ab 2024 geplant.
- Eine der Technologien, die zum Einsatz kommen werden, ist die MMX-Brennkammer basierend auf der von der B&B-AGEMA mitentwickelten Technologie.
- Kawasakis Gasturbine bietet maximale Brennstoffflexibilität: Sie kann mit jeder beliebigen Kombination aus Erdgas und Wasserstoff betrieben werden.
- Wasserstoffbetriebene Kraftwerke werden künftig wichtigen Beitrag für grüne Versorgungssicherheit leisten.

© 2022 by B&B-AGEMA, No. 13

Wasserstoffinfrastrukturprojekt TH2Eco

Ralph Oßmann, Ferngas Netzgesellschaft mbH

TH₂ECO – Thüringer H₂ Ecosystem

Die Thüringer KlimaZukunft

Sep. 2022

Thüringen
 Wasserstoff
 Ecosystem

TUV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Das Projekt TH₂ECO und die Umstellung der EGL 445



Inhalt:

- Projektvorstellung TH₂ECO
- Projektziele
- Projektphasen / Projektstand
- Umstellung EGL 445

*Als Projektentwickler und Projektkoordinator des GVZ-Vorhabens vom Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) bestellt.

TUV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Projektvorstellung TH₂ECO



Den Aufbau und den Einsatz einer grünen **Wasserstoffwirtschaft in Thüringen** vorantreiben und uns damit **unabhängiger** von fossilen Energieträgern machen sowie einen wesentlichen Beitrag zum **Klimaschutz** leisten!

Die Projektpartner hinter TH₂ECO



*Als Projektentwickler und Projektkoordinator des GVZ-Vorhabens vom Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) bestellt.

TUV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Projektvorstellung TH₂ECO

TH₂ECO, Thüringer H₂ Ecosystem, steht für eine Modernisierung der Energieversorgung in Thüringen

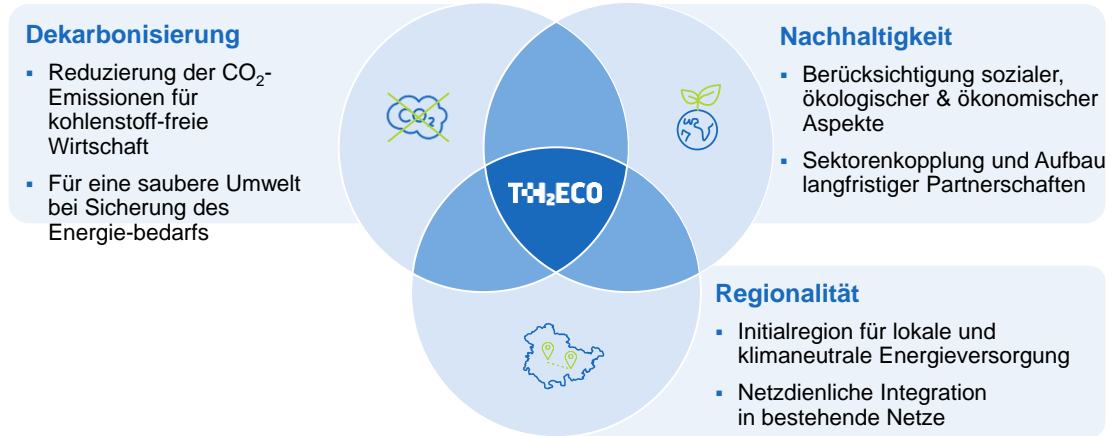
THÜRINGEN
T steht für Thüringen, die Initialregion für unser Wasserstoffprojekt.

WASSERSTOFF
H₂ – Die chemische Formel von molekularem Wasserstoff. Dabei steht der grüne Wasserstoff für uns im Fokus.

ECOSYSTEM
Die Abkürzung ECOsystem – ein wirtschaftliches (economic) und umweltfreundliches (ecological) H₂-Ökosystem für die Region

TUV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Projektziele



© TH₂ECO - Die Thüringer KlimaZukunft | Projektvorstellung | Sep. 2022

5

TUV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Projektphasen / Projektstand

TH₂ECO wirkt in wesentliche Bereiche der Industrie und des täglichen Lebens hinein.



Phase 1:

42 km

umgestellte Gasleitung transportieren H₂ zu den Anwendern.

25 MW_{el}

Elektrolyse-Leistung zur Herstellung grünen Wasserstoffs.

86 Tsd. Einwohner

Erfurts profitieren von grüner Fernwärme.

32,5 Mio. km³

kann ein LKW mit der erzeugten Menge H₂ p.a. fahren.

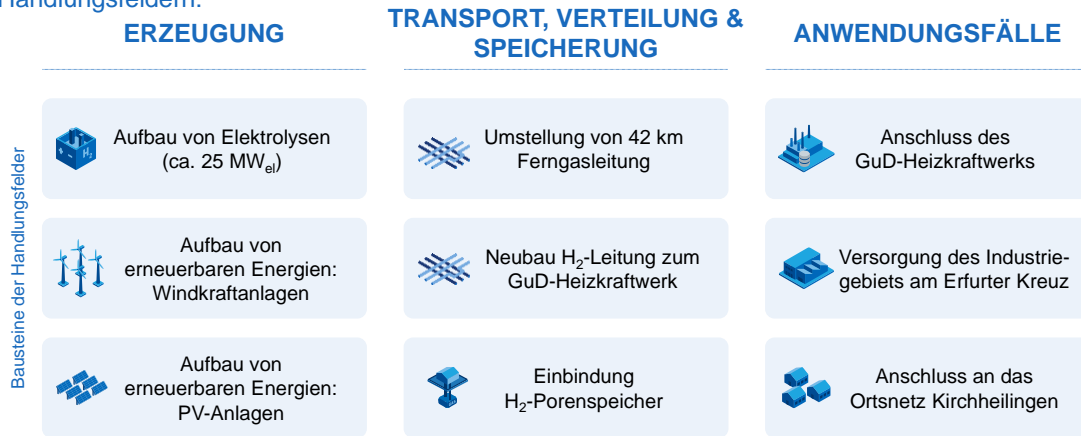
© TH₂ECO - Die Thüringer KlimaZukunft | Projektvorstellung | Sep. 2022

6

TÜV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Projektphasen / Projektstand

Phase 1 – Initialaufbau: Bis Ende 2025 bauen wir eine initiale Wasserstoffinsel auf mit den Handlungsfeldern:



© TH₂ECO - Die Thüringer KlimaZukunft | Projektvorstellung | Sep. 2022

7

TÜV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Projektphasen / Projektstand

Bisher: Die Projektpartner haben bereits das Fundament für die Projektumsetzung gelegt:



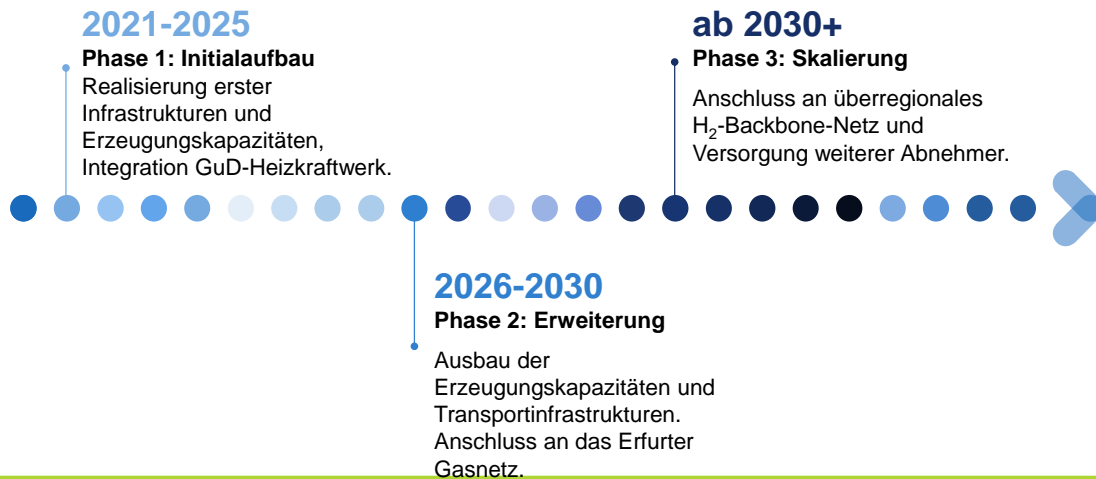
© TH₂ECO - Die Thüringer KlimaZukunft | Projektvorstellung | Sep. 2022

8

TÜV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Projektphasen / Projektstand

TH₂ECO soll über drei Phasen entwickelt und in das Thüringer Energiesystem integriert werden.



© TH₂ECO - Die Thüringer KlimaZukunft | Projektvorstellung | Sep. 2022

9

TÜV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Projektphasen / Projektstand

TH₂ECO startet initial und erweitert sich stetig überregional

	Phase 1: Initialaufbau 2021 – 2025	Phase 2: Erweiterung 2026 – 2030	Phase 3: Skalierung ab 2030+
Erzeugung 	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau von drei Elektrolyseuren (ca. 25 MW_{el}) 	<ul style="list-style-type: none"> Erweiterung der Elektrolysekapazitäten (auf mehr als 40 MW_{el}) 	<ul style="list-style-type: none"> Skalierung der regionalen H₂-Erzeugung Import von H₂ aus anderen Regionen
Transport & Speicherun 	<ul style="list-style-type: none"> Umstellung von 42 km Ferngasleitung auf H₂ Neubau der H₂-Leitung zum GuD-Heizkraftwerk Unidirektionale Einbindung des H₂-Porenspeichers 	<ul style="list-style-type: none"> Erweiterung der H₂-Infrastruktur Anbindung der Gasverteilernetze der Thüringer Energienetze (TEN) Bidirektionale Einbindung des H₂-Porenspeichers 	<ul style="list-style-type: none"> Anschluss an das nationale und internationale H₂-Backbone-Netz
Anwendung 	<ul style="list-style-type: none"> Anschluss des GuD-Heizkraftwerks in Erfurt Versorgung des Industriegebiets am Erfurter Kreuz Anschluss an das Ortsnetz Kirchheilingen 	<ul style="list-style-type: none"> Anschluss an das Erfurter Gasnetz Leitungsgebundene H₂-Tankstelle (GVZ) Erhöhung des H₂-Anteils im GuD-Heizkraftwerk Anbindung des Schienenverkehrs 	<ul style="list-style-type: none"> Anschluss weiterer Stadtwerke und Industrieunternehmen

© TH₂ECO - Die Thüringer KlimaZukunft | Projektvorstellung | Sep. 2022

10

TUV Hessen - Erfahrungsaustausch mit Erdgasversorgern und Herstellern von Gasversorgungssystemen, Sep. 2022

Projektphasen / Projektstand

TH₂ECO ist ein offenes Wasserstoff-Ökosystem in Thüringen – Werden Sie Teil des Projektes!

Projektpartner

Ideelle Projektpartner

Vorteile des TH₂ECO-Netzwerks:

- Bündelung der gemeinsamen Interessen und Stärken
- Gemeinsame Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft
- Aktive Partner entlang der gesamten H₂-Wertschöpfungskette

*Als Projektentwickler und Projektkoordinator des GVZ-Vorhabens vom Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) bestellt.

Umstellung der EGL 445



- EGL 445, DN 600, DP 63bar, ca. 40 km Länge
- $V = 12.000 \text{ m}^3$, $dp=10\text{bar} = \text{ca. } 120.000 \text{ m}^3$
- Relativ einfache Herauslösbarkeit aus CH₄-Netz
- Umbindung der aktuell nicht auf H₂ umstellbaren Abnehmer ist möglich
- verläuft vom windreichen Thüringer Becken im Norden zum Ballungsgebiet Erfurt
- D.h. grundsätzlich Erzeugungspotential im Norden und Abnahmepotential im Zentrum Thüringens

Umstellung der EGL 445

Rohrleitungsabschnitte der EGL 445 inkl. Anschlußleitungen

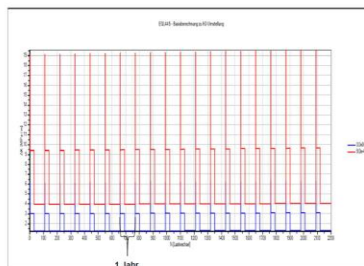
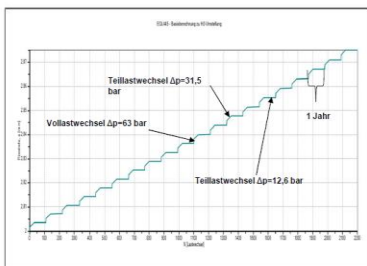
Plan (G) Blatt- Nr.	Nenn- weite (DN)	Längen (m) Baujahr	Abmessung Werkstoff Rohr	Attest/ Bestell-Nr. Rohr	Abmessung Werkstoff Skr	Attest/ Bestell-Nr. BA Skr	Abmessung Werkstoff TÜ-Stück/ISO	Attest/ Bestell- Nr. T-Sr	Doku-Nr. /Code Rohrbuch/ Nr. Ordner	DS/US Prüfg.	Bereich Kreuzung / Örtlichkeit	Sonstiges (Molchb. gegeben) Festlegung zum Verbleib / Ausbau
084-472	600		620,0x10,0 (12,0) 1) St 52-3	Mat.-Attest (Beispiel)	Segmentbogen 620,0x10,0 (12,0) St 52-3	1)			NG85945	100 %	BA 1 Strang 62 bis 71 NP 17 (TS64- NP 24(TS72)	Leitungsabschnitt mischbar
83	600	13,71 02.05.1992	620,0x10,0 ST 52-3	ausgeb. Rohr wiederverw. Mat.-Attest (Beispiel)	1 x Segmentbogen 35° aus vorh. Rohr				NG85901 *)	100 %	Rohrreiw. Nähe Unstrut Dücker- TS 111	Rohrleitg. teilw. saniert Leitungsabschnitt mischbar
82	600	18 02.05.1992	610,0x20,0(10,0) STE 300,7 ST 52-3	CH839151 Rohr wiederv. Mat.-Attest (Beispiel)			Ø-Ring 620/610		NG85996 *)	100 %	Rohrreiw. Nähe Unstrut Verbindung Druckprüfungs- absch. 6 mit 8A - TS 111	Rohrleitg. teilw. saniert Leitungsabschnitt mischbar
82	600	1 12.02.1993	620,0x10,0 St 52-3	vorhandenes Rohr			Passstück St 52-3		NG85970 *)	100 %	Schadenstelle Unstrut undichte Rundnäh Passstückbau TS 110	Rohrleitg. teilw. Saniert Reparatur als KK im Bestandsplan Leitungsabschnitt mischbar
73	600	41,34 23.08.1991		CH839151	1 x Segmentbogen 23 Grad				kein Rohrbuch *)	100 %	Schutzrohrsicherung Bahnquerung und Straße Döllschäfersleben TS 100-20m	Rohrleitg. teilw. Saniert Leitungsabschnitt mischbar
072-068	600		620,0x10,0 (12,0) 1) St 52-3	Mat.-Attest (Beispiel)	Segmentbogen 620,0x10,0 (12,0) St 52-3	1)			NG85946	100 %	BA 1 Strang 71 bis 72 NP 24 (TS61)- NP 25(TS97)	Leitungsabschnitt mischbar

DVGW G 409 (M)

- Leitungsdokumentation
- Werkstoffprüfungen
- SV Bescheinigungen
- Gasqualitäten, -begleitstoffe
- äußere Einflüsse
- Druckprüfungen
- Betrieb / Instandhaltung
- passiver / aktiver Korrosionsschutz
- techn. Zustandsbewertung
- Druckfahrweisen
- Materialuntersuchungen

Umstellung der EGL 445

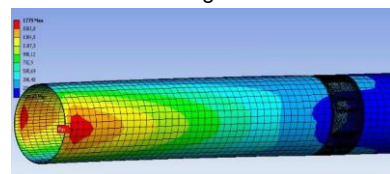
Vorstudie zur Umstellung der Gashochdruckleitung EGL 445 auf den Betrieb mit 100 % Wasserstoff durch TÜV Hessen



„Aus Sicht des TÜV kann die Erdgasfernleitung EGL445 zum jetzigen Zeitpunkt grundsätzlich als geeignet für eine Umstellung auf den Betrieb mit 100% Wasserstoff angesehen werden“

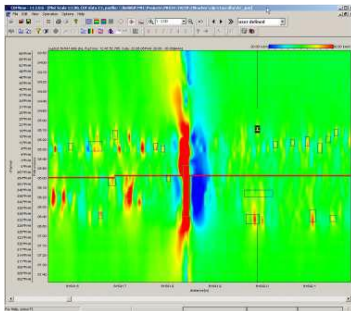
Inhalte der Vorstudie

- Unterlagenprüfung G 409 (M)
- Trassenbefahrung
- Auswertung Druckprüfungen
- Überprüfung mechanische Eigenschaften Grundwerkstoff
- Überprüfung mechanische Eigenschaften Schweißverbindungen
- Bruchmechanische Voruntersuchung

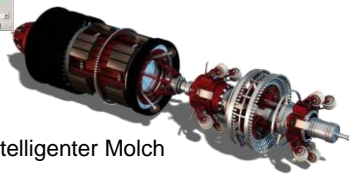


Umstellung der EGL 445

Molchung der EGL 445



Reinigungsmolch



intelligenter Molch

Zielstellung der Molchung

- Reinigung von Rohrinhaltsstoffen
- Strukturelle Integritätsbewertung
- Materialschwächungen horizontal und vertikal durch MFL-C und D Molchung
- Ableitung von weiteren Sanierungsmaßnahmen
- Überprüfung und Bestätigung der Vorstudie zur Umstellung auf H2-Betrieb



Die Thüringer KlimaZukunft

www.th2eco.de

FRAGEN?

TEAG

BOREAS

SWE Strom | Gas | Wärme

Thüringen Wasserstoff Ecosystem

*Als Projektanwender und Projekt koordinierer des DZ2 (Verbund) vom Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUNES)

Leistungsbewertung einer 200 kW Gasturbine im Erdgasmischbetrieb mit bis zu 30 % Wasserstoff (englisches Paper)

Marcus Mehlkopf, E-quad Power Systems GmbH

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 2022