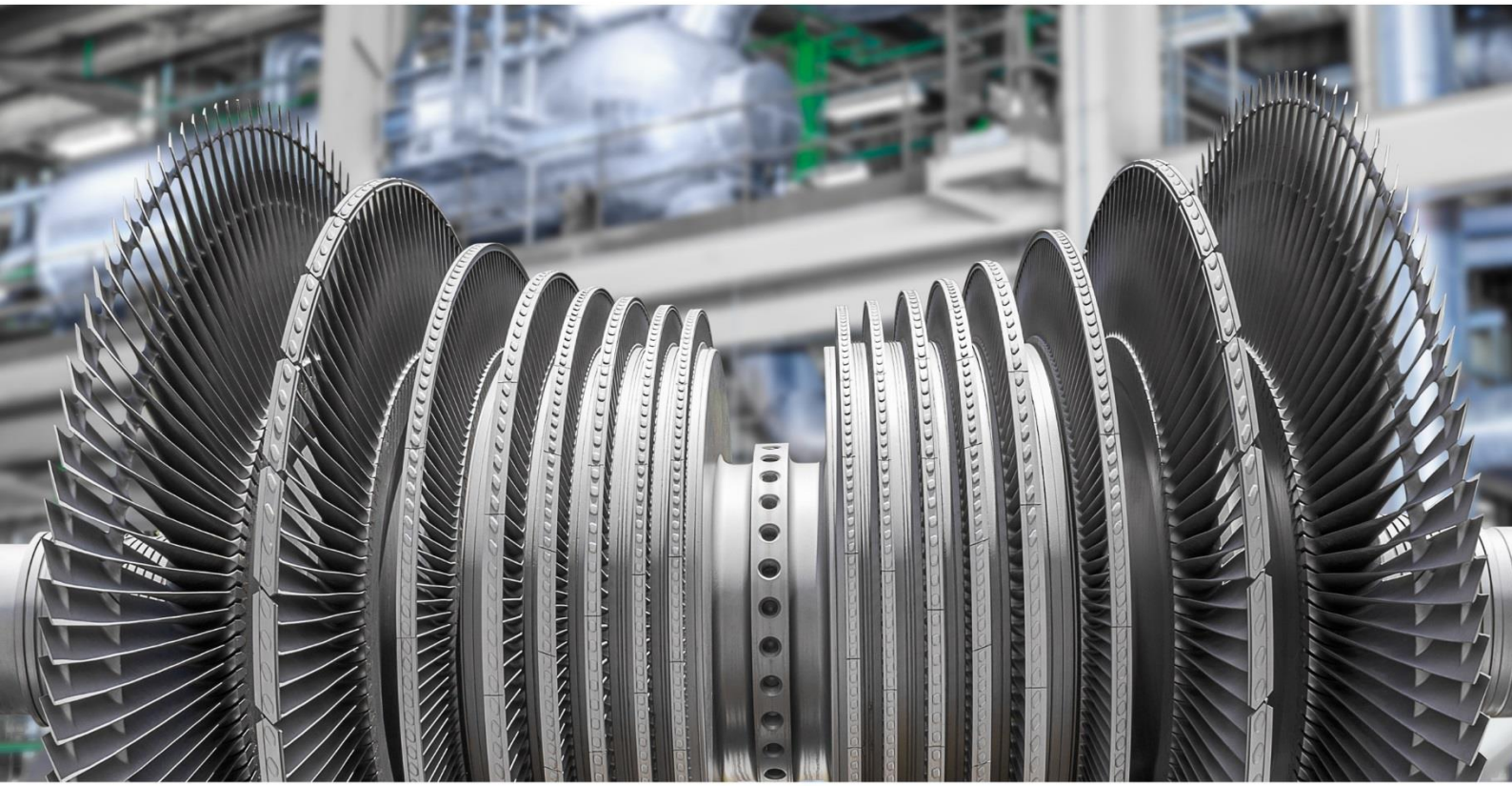
ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb



ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik in Bremen, 25./26. Juni 2019

Tagungsband

Sammelband der Präsentationen

www.asue.de

VERANSTALTER

ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V.

Robert-Koch-Platz 4

10115 Berlin

In Kooperation mit: swb AG

VERANSTALTUNGSORT

swb AG

Kraftwerk Hastedt

Hastedter Osterdeich 255

28207 Bremen

EXPERTENKREIS GASTURBINENTECHNIK

Anwendungen, Technologie und Potenziale von Gasturbinen im kleineren bis mittleren Leistungsbereich

In Zeiten von Energie- und Wärmewende werden Kohlekraftwerke abgeschaltet und mit Gaskraftwerken ersetzt. Die saubere Verbrennung und die Reduzierung der CO_2-Emissionen leisten einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz. In dezentralen Anlagen der unteren MW-Klassen sind weiterhin viele Projekte im Betrieb und der Planung. Zudem stellen sich die Hersteller von Gasturbinen auf veränderte Gasqualitäten ein.

Am Vorabend des Expertenkreises hatte die swb AG zur Besichtigung ihres Hybridspeichers „Hyrek“ und Ihres Laufwasserkraftwerks an der Weser eingeladen. Neben der Anlagentechnik wurden die Zukunftsszenarien mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien und den nötigen Speichersystemen diskutiert. Swb hat hierzu im Projekt „Hyrek“ den Kraftwerksblock 15 in Hastedt mit einem Wärmespeicher und zusätzlich mit einem Lithium-Ionen-Batteriespeicher ergänzt. Dadurch kann überschüssiger Strom für künftige Regelenergie-Einspeisungen zwischengespeichert werden. Die Batterie wird fast nur zur Energieabgabe ins Netz verwendet und hat dadurch eine höhere nutzbare Kapazität. Im Falle einer Energieaufnahme aus dem Netz wird die elektrische Energie mit einem innovativen Schalter direkt auf einen Elektroheizkessel geleitet. Auf diese Weise lässt sich elektrische Energie wiederum als Wärme im Wärmespeicher sichern und bei Bedarf dem Fernwärmenetz im Bremer Osten zuführen.

Am Folgetag begrüßte Herr Hölscher – swb AG – die Experten in den Geschäftsräumen der swb. Im 2019er Expertenkreis Gasturbinentechnik folgten insgesamt 10 interessante Präsentationen, die in diesem Dokument zusammengefasst sind. Inhaltlich wurden aktuelle Ergebnisse forschender Unternehmen und Hochschulen vorgestellt, authentische Erfahrungen aus Installation und Betrieb von Gasturbinen im Mittelstand präsentiert sowie die aktuellen Entwicklungen in der Förder- und Energiepolitik zur Diskussion gestellt.

Wir bedanken uns bei allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Expertenkreises für die regen Diskussionen und hoffen, Sie bei unserem nächsten Treffen in 2020 wieder begrüßen zu dürfen.

ÜBER DIE ASUE

Die ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (www.asue.de) wurde 1977 gegründet. Sie fördert vor allem die Weiterentwicklung und weitere Verbreitung sparsamer und umweltschonender Technologien auf Erdgasbasis. Dabei ist es vorrangiges Ziel, Energiespartechniken den Weg in die praktische Anwendung zu ebnen. Die ASUE richtet sich mit technisch-wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Vortragsveranstaltungen an öffentliche Entscheidungsträger, Planer, Architekten und Fachunternehmen.

REFERENTEN UND VORTRÄGE

Begrüßung, Einführung zum Unternehmen swb AG, **Seite 6**

Herr Hölscher, swb Erzeugung AG & Co. KG

Die Aktivitäten der ASUE, Impulse zum Thema Wasserstoff, ASUE-Broschüre Mikrogasturbinen, Innovationspreis 2018 **Seite 14**

Herr Kukuk, ASUE e. V.

Der Micro-Mix-H_2-Brenner: Status quo **Seite 25**

Herr Dr. Tekin, KAWASAKI Gas Turbine Europe GmbH

Neue Verbrennungstechnologien in Gasturbinenbrennkammern vor dem Hintergrund der Energiewende **Seite 34**

Herr Prof. Dr. Dieter Bohn, B&B-AGEMA GmbH

Beimischung von Wasserstoff ins Gasnetz – Grenzen für die Anwendungstechnik **Seite 49**

Herr Dr. Werschy, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Marktraumumstellung L-H Gas: Industrielle Gasanwendung in Unternehmen mit Schwerpunkt Gasturbinen **Seite 71**

Herr Weigel, swb Vertrieb Bremen GmbH

Gasturbinen im zukünftigen Umfeld der Energiewende – Öffentliche Versorgung und Industrie **Seite 85**

Herr Marco Wünsch, Prognos AG

Zukunft des KWKG und die Bedeutung für kommunale Wärme-versorgung – Erzeugungsmix der Fernwärme in 2030 und 2050 **Seite 98**

Herr Roth, AGFW e. V.

Die Aurelia-Gasturbine – Neue Gasturbinenklasse unter 1 MW elektrischer Leistung **Seite 95**

Herr Dr. Eisenkolb, CP i-Invest GmbH

RÜCKBLICK AUF DIE FACHTAGUNG

Danksagung

Die ASUE bedankt sich ausdrücklich bei der **swb AG** für die Stellung der Räumlichkeiten und die gute Versorgung vor und während der Veranstaltung. Zudem wurden wir durch Mitarbeiter der **swb AG** in der Organisation unterstützt und den Teilnehmern wurden die Türen zu den verschiedenen Kraftwerken der **swb AG** geöffnet. Dieses Mitwirken ist für Versorgungsunternehmen nicht selbstverständlich und zeigt den zukunftsweisenden Charakter, den die **swb AG** mit ihren innovativen Anlagen unter Beweis stellt.

Des Weiteren möchten wir uns bei allen Referenten und Teilnehmerinnen und Teilnehmern bedanken, die den Expertenkreis mit ihrem Fachwissen zu der technischen Informationsveranstaltung gemacht haben, die wir erreichen wollten.

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb

Begrüßung, Einführung zum Unternehmen swb

Herr Hölscher, swb Erzeugung AG & Co. KG

swb – Energie und Telekommunikation für Bremen, Bremerhaven und Norddeutschland

Konzernporträt

FÜR HEUTE.
FÜR MORGEN.
FÜR MICH.

swb

Unsere Vision

Folie 2

swb

Für ein besseres Leben in unserer Region

Folie 3

swb

Für ein besseres Leben in unserer Region

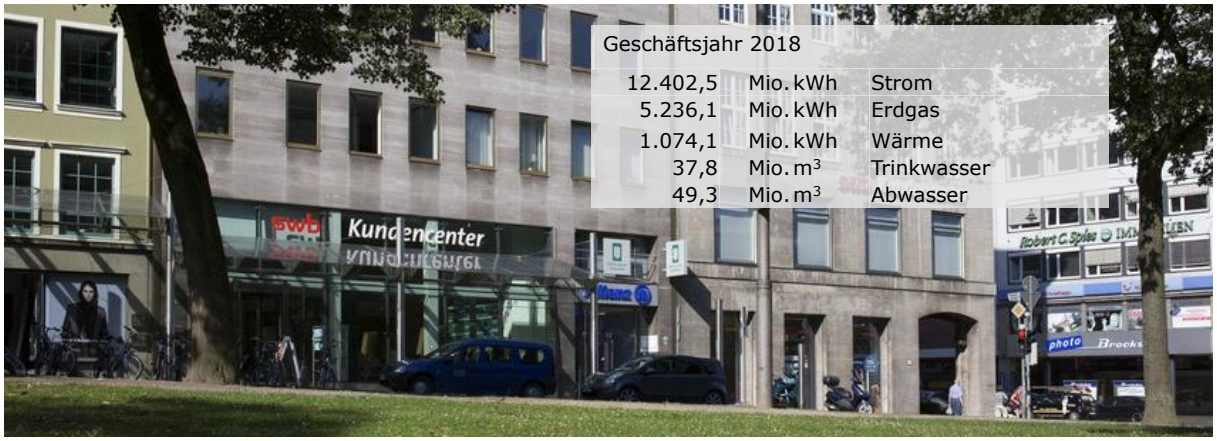
Folie 4

swb

swb in Zahlen

Folie 5

swb in Zahlen



Folie 6

swb im Überblick

swb AG

Energie- und Trinkwasser	Technische Dienstleistungen	Assoziierte Unternehmen*	Weitere Beteiligungen
swb Vertrieb Bremen GmbH	swb Services AG & Co. KG	hanseWasser GmbH	Stadtwerke Soltau GmbH & Co. KG
swb Vertrieb Bremerhaven GmbH & Co. KG	swb Beleuchtung GmbH	Gemeinschaftskraftwerk Bremen GmbH & Co. KG	Gewi – regenerative Energien
swb Erzeugung AG & Co. KG	swb Gasumstellung GmbH	Weserkraftwerk Bremen GmbH & Co. KG	Osterholzer Stadtwerke GmbH & Co. KG
swb CREA GmbH	**Entsorgung**		Harzwasserwerke GmbH
wesernetz Bremen GmbH	swb Entsorgung GmbH & Co. KG		
wesernetz Bremerhaven GmbH			

Hundertprozentige Beteiligung im swb-Konzern.

Beteiligung
*Auf assoziierte Unternehmen wird kein beherrschender Einfluss ausgeübt.

Folie 7

swb

In unserer Vision und Mission finden sich unsere Ambitionen zur Sicherung und zum Ausbau des Geschäfts wieder

Vision

- **swb** – wir wachsen über uns hinaus: für ein besseres Leben in unserer Region

Mission

- **Wir kümmern** uns mit Leidenschaft um die Bedürfnisse unserer Kunden
- **Wir gestalten** aktiv Neues, indem wir unser technisches und energiewirtschaftliches Wissen nutzen
- **Wir wachsen** in neuen Geschäftsfeldern und sichern unser Kerngeschäft
- **Wir fördern** die Innovationskraft unserer Mitarbeiter und sind ein attraktiver Arbeitgeber
- **Wir handeln** nachhaltig und übernehmen Verantwortung für unsere Umwelt und die Menschen in unserer Region
- **Wir steigern** den Wert unseres Unternehmens

Folie 8

swb

Vier strategische Schwerpunktthemen

1 Sicherung Kerngeschäft

2 Entwicklung neuer Services u. Geschäfte

3 Fokus Kundenorientierung

4 Kultureller Wandel

Folie 9

swb

Nachhaltigkeit und zukunftsfähige Erzeugung

Nachhaltigkeitsziele	Konventionelle Energieerzeugung

• swb orientiert sich an den internationalen Klimaschutzzielen für das Jahr 2020
• 20 Prozent CO_2-Einsparungen erzielen
• Energieeffizienz um 20 Prozent steigern
• 20 Prozent der durch swb erzeugten Energie aus regenerativen Energieträgern gewinnen
	• Modernen Anlagenpark entwickeln
	  • Altanlagen modernisieren
	  • Kraftwerksneubauprojekte mit Partnern realisieren
	• Dauerhafte Erhaltung der Erzeugungsposition und Wachstum erreichen
	• Diversifizierung des Brennstoffeinsatzes
	• Verringerung der CO_2-Risiken

- bei ausgewogenem/beherrschbarem Kapitalkostenrisiko
- bei Sicherstellung der Finanzierbarkeit

Folie 10

swb

Geschichte der Bremer Energieversorgung

1854	Beginn der Geschichte der Bremer Stadtwerke mit der Inbetriebnahme der ersten Gasanstalt.
1873	Inbetriebnahme des Wasserwerks und Integration in die gemeinsamen Gas- und Wasserwerke.
1893	Bau des ersten Elektrizitätswerks.
1894	Umbenennung der städtischen Gesellschaft in Erleuchtungs- und Wasserwerke der Freien Hansestadt Bremen.
1929	Inbetriebnahme des ersten Heizwerks und damit der Beginn der Fernwärmeversorgung.
1941	Herauslösung des Betriebs aus der öffentlichen Verwaltung und Überführung in die Stadtwerke Bremen AG.
1999	Umfirmierung in swb AG.

Folie 11

swb

Geschichte der Bremer Energieversorgung

2004	Einführung der Dachmarke swb.
2009	EWE AG übernimmt 100 Prozent (minus eine Aktie) der swb-Anteile.
2011	Zusammen mit Partnern legt swb den Grundstein für ein Gas- und Dampfturbinenkraftwerk unter dem Namen Gemeinschaftskraftwerk Bremen (GKB). Das Weserkraftwerk wird in Betrieb genommen.
2013	Umfassende Modernisierung des Müllheizkraftwerks in Bremen-Findorff. Modernisierung des Steinkohleblock 6 im Heizkraftwerk Hafen, das größte swb-Kraftwerk.
2016	Inbetriebnahme des Gas- und Dampfturbinenkraftwerks.
2017	Inbetriebnahme Wärmespeicher am Standort Hastedt.

Folie 12

swb

Herzlichen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

FÜR HEUTE.
FÜR MORGEN.
FÜR MICH.

www.swb.de

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb

Die Aktivitäten der ASUE, Impulse zum Thema Wasserstoff, ASUE-Broschüre Mikrogasturbinen, Innovationspreis 2018

Herr Kukuk, ASUE e. V.

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Expertenkreis Gasturbinen

26. Juni 2019

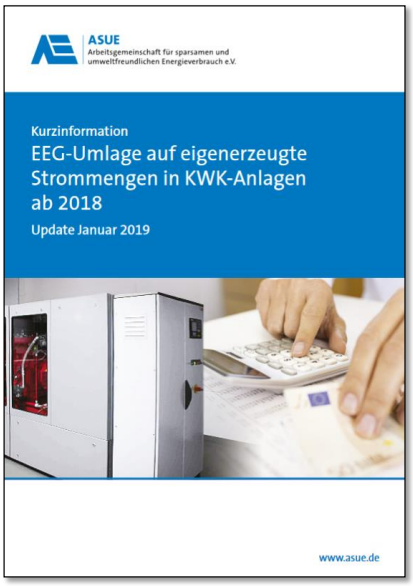
Dipl. -Ing. Jürgen Stefan Kukuk

ASUE

1. Broschüren
2. Innovationspreis
3. ISH
4. Hannover Messe
5. Berliner Energietage
6. Fachtagung
7. Effizienzdialog

40 JAHRE ASUE TECHNIK EFFIZIENZ INNOVATION

Jürgen Stefan Kukuk, ASUE 2



Diese Broschüre ist im Download zu beziehen

Sie beschäftigt sich mit der immer komplizierter werdenden Problematik der EEG-Umlage aufstehen Stromeigenverbrauchs sowie dem Absatz in Endkundenanlagen

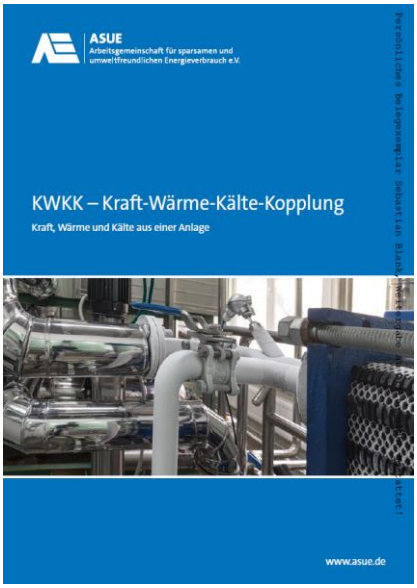
Diese Broschüre ist im Download zu beziehen

Diese Broschüre versucht vollumfänglich die Thematik der mit Stromversorgung mit KWK Anlagen in Wohnobjekten zu beschreiben. Mit ihren 40 Seiten ist sie als Schulungsunterlage für Seminare geeignet.

Eine etwas kompaktere, aber umfassende Broschüre ist in Vorbereitung und wird im April 2019 erscheinen.

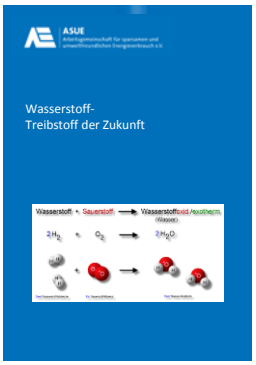
Diese Broschüre ist im Download zu beziehen

Die Broschüre erläutert die Technologie und Funktionsweise der Mikrogas-Turbinen, stellt ihre Unterschiede zu den großen Axial-Gasturbinen heraus. Über die möglichen Einsatzgase bis hin zu einer Herstellerübersicht bietet die Broschüre einen nahezu erschöpfende Marktübersicht. Abgerundet wird die Veröffentlichung durch mehrere Anwendungsbeispiele.



Diese Broschüre erscheint im Druck sowie als PDF im Download

Sie erläutert die Technologie und Verfahren, die bei der KWKK zur Anwendung kommen. Es erfolgt eine genaue Beschreibung des thermischen Verdichters. Über Beispiele der Anwendungen der KWKK erfolgt eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit . Abschließend werden Fördermöglichkeiten aufgezeigt und Fachfirmen genannt.



In Vorbereitung:

- ✓ Entscheidungshilfe Elektrische Wärmepumpe / Brennstoffzelle
- ✓ Wasserstoff: Treibstoff der Zukunft
- ✓ Verkaufsflächen mit Brennstoffzellen, gasbasierter Klimatisierung, Contracting
- ✓ Grundlagen der innovativen Quartiersversorgung

Jürgen Stefan Kukuk, ASUE 7

In Vorbereitung:

- ✓ Mieterstrom aus KWK-Anlagen
- ✓ Das Effizienzhaus mit Erdgas-Technologie

Jürgen Stefan Kukuk, ASUE 8

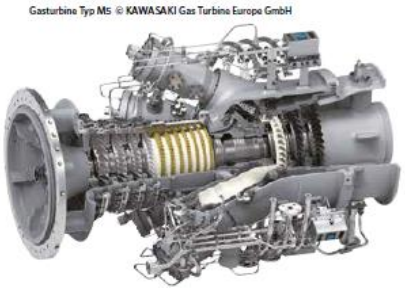
ASUE-Broschüren in Ihrem CD (Corporate Design)

ASUE-Broschüren in Ihrem CD (Corporate Design)

ASUE

40 JAHRE ASUE TECHNIK EFFIZIENZ INNOVATION

Jürgen Stefan Kukuk, ASUE 11



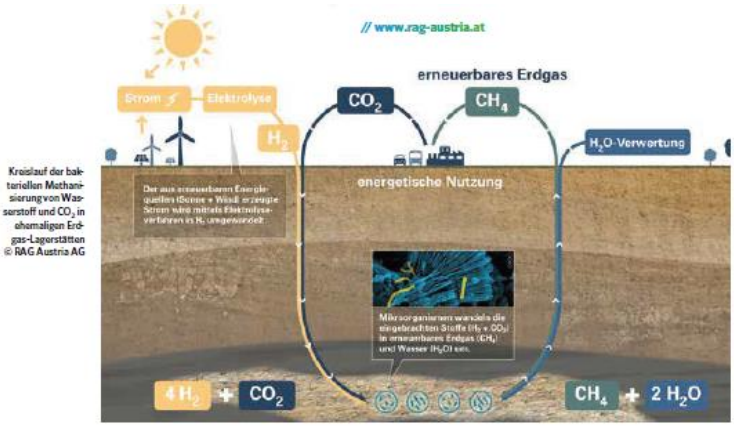
ASUE

Gaswärmepumpe mit CO_2 als Kältemittel der Firma BoostHeat

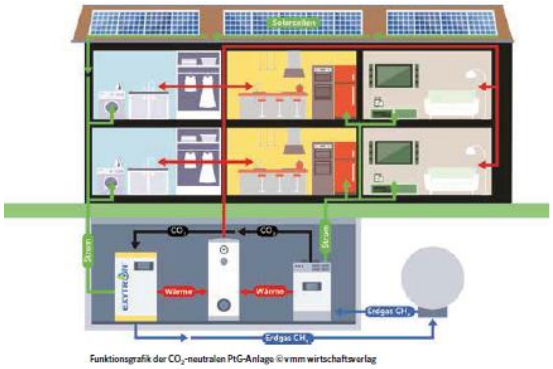
Gasturbine mit H2 Micro-Mix-Brennkammer

40 JAHRE ASUE TECHNIK EFFIZIENZ INNOVATION

Jürgen Stefan Kukuk, ASUE 12



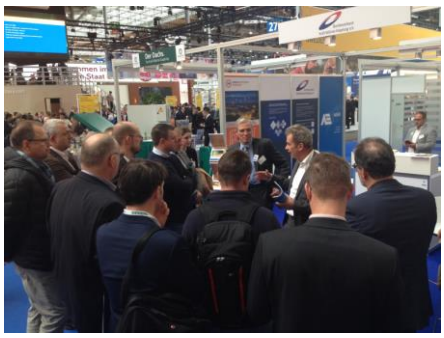
Bakterielle Methanisierung von Wasserstoff in einem Porenspeicher der RAG.



Wasserstofferzeugung, Methanisierung und BHKW-Rückverstromung ohne Emissionen in einem Wohnblock durch die SW Augsburg

ASUE auf der ISH / Gemeinschaftsstand mit der Zukunft Erdgas, des BDEW und der VNG

ASUE auf der Hannover-Messe / Gemeinschaftsstand mit dem B.KWK, DENEFF und VfW vom 1.- 4. April 2019



Bericht der Geschäftsführung

Hinweis auf Veranstaltungen in 2019

Berliner Energietage:
20. – 22. Mai 2019

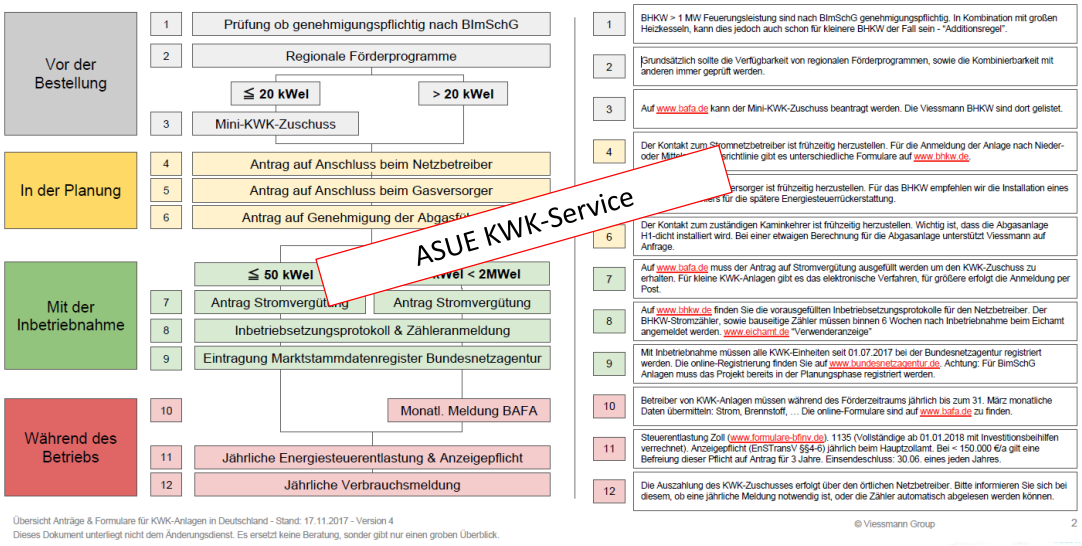
Fachtagung Gas-Wärmepumpen:
10. Oktober 2019

Effizienzdialog 2019:
10. September

40 JAHRE ASUE TECHNIK EFFIZIENZ INNOVATION

Jürgen Stefan Kukuk, ASUE 17

Übersicht über die wichtigsten Anträge und Formulare für KWK-Anlagen



Jürgen Stefan Kukuk, ASUE 18

TECHNIK

EFFIZIENZ

INNOVATION

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

www.asue.de kukuk@asue.de

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb

Der Micro-Mix-H_2-Brenner: Status quo

Herr Dr. Tekin, KAWASAKI Gas Turbine Europe GmbH

Hydrogen Road of Kawasaki Heavy Industries

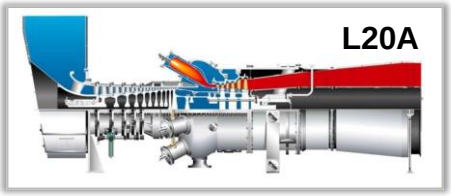
Development of Innovative Hydrogen Combustion Systems for Industrial Gas Turbines

Dr.-Ing. Nurettin Tekin

ASUE 2019, Expertenkreis Gasturbinentechnik, Stadtwerke Bremen

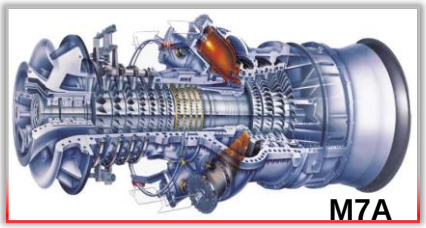
Kawasaki
Powering your potential

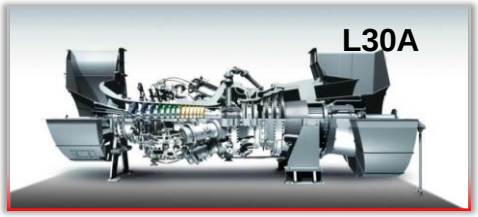
Kawasaki Gasturbine Europe (KGE/KHI)



Gas Engines

- KG-18-V: 7,800 kW_{el} - 49.5 % - 4,420 kW_{th}
- KG-12-V: 5,200 kW_{el} - 49.5 % - 2,990 kW_{th}



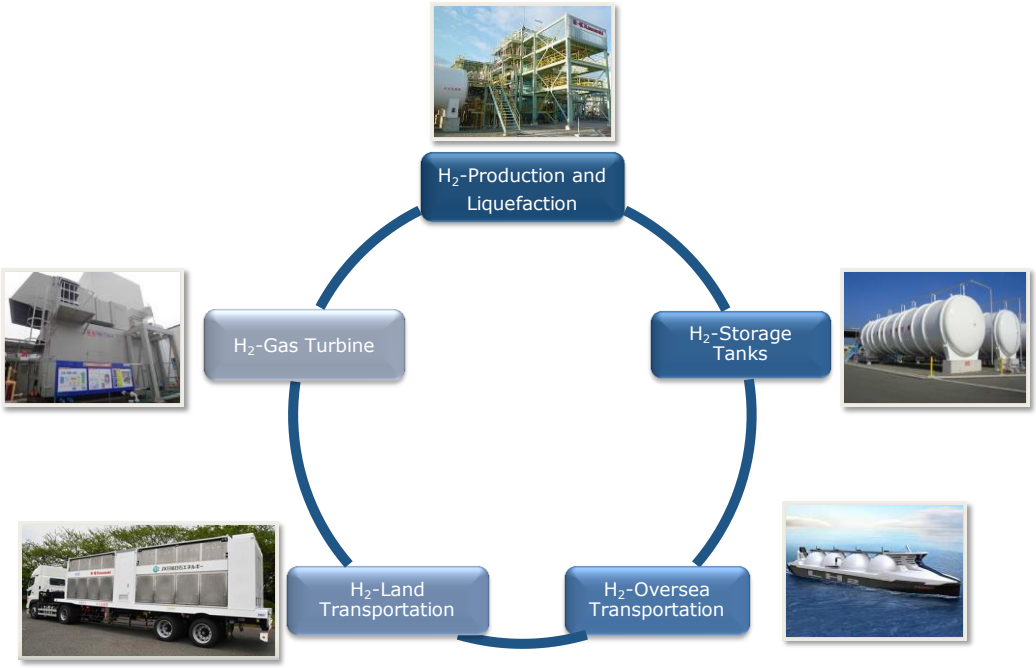


© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

Dr.-Ing. Nurettin Tekin Kawasaki Powering your potential 2

Hydrogen Way of Kawasaki Heavy Industries (KHI)

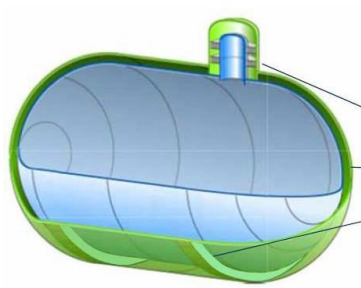
Products for H_2-Supply-Chain



© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

Liquefied Hydrogen Carrier Ships

For realization of the world first liquefied hydrogen carrier ship



Cargo tank

- Unique dome structure to keep vacuum
- Vacuum dual shell with stainless steel
- Highly insulated support structure

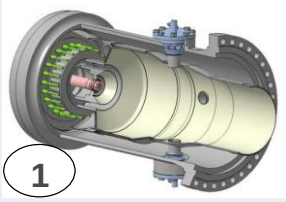
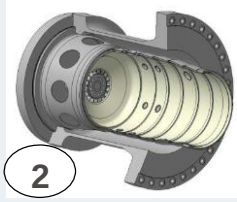
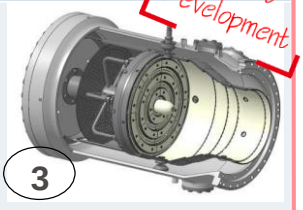
HySTRA

https://youtu.be/vzzwqT-2SJk

© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

Developments for Hydrogen Gas Turbines @ KHI

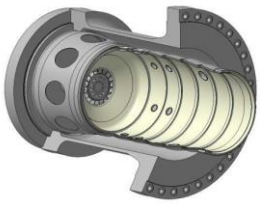
Overview of Combustor Developments

Combustor Configuration	DLE Combustor for Natural Gas	Diffusion Flame Combustor	DLE Micro-Mix Combustor
NOx Reduction	"Dry"	"Wet" Water/Steam	"Dry" Latest Development
			
Max. H2 Content	60vol%	100vol%	100vol%
Status	Under Engine Demonstration in Akashi Works	Final Combustor Test, 2016 Applied to KOBE Demonstration Plant, 2018	Under Combustor Developments

© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

World's First H2-Power Plant at Kobe Port

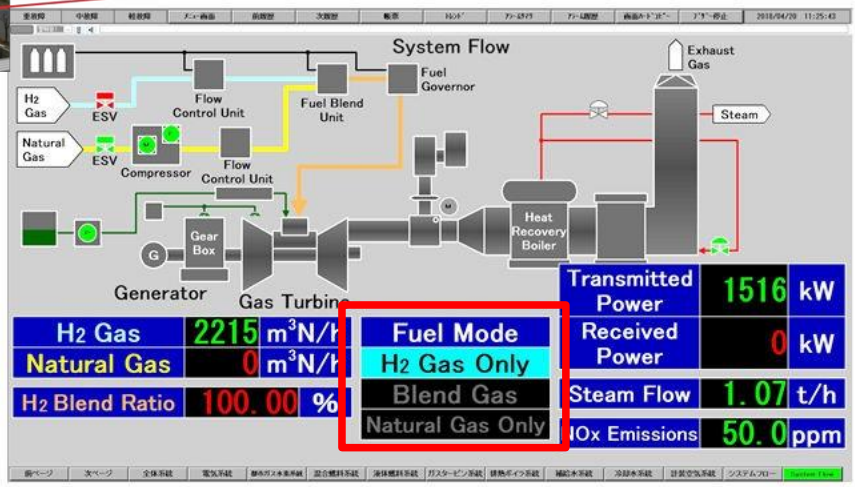
Diffusion



© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

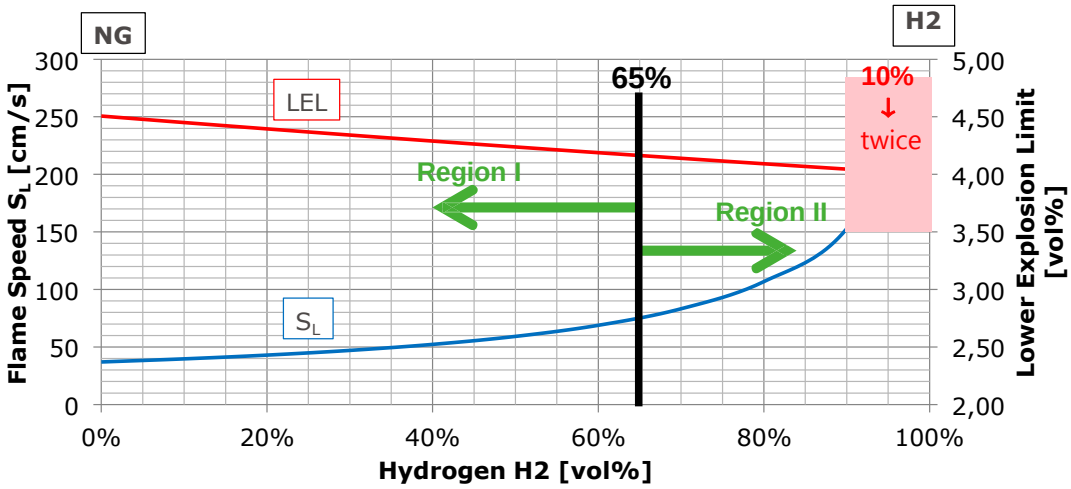
World's First H2-Power Plant at Kobe Port

User Control Interface



© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

Challenges at Hydrogen Combustion



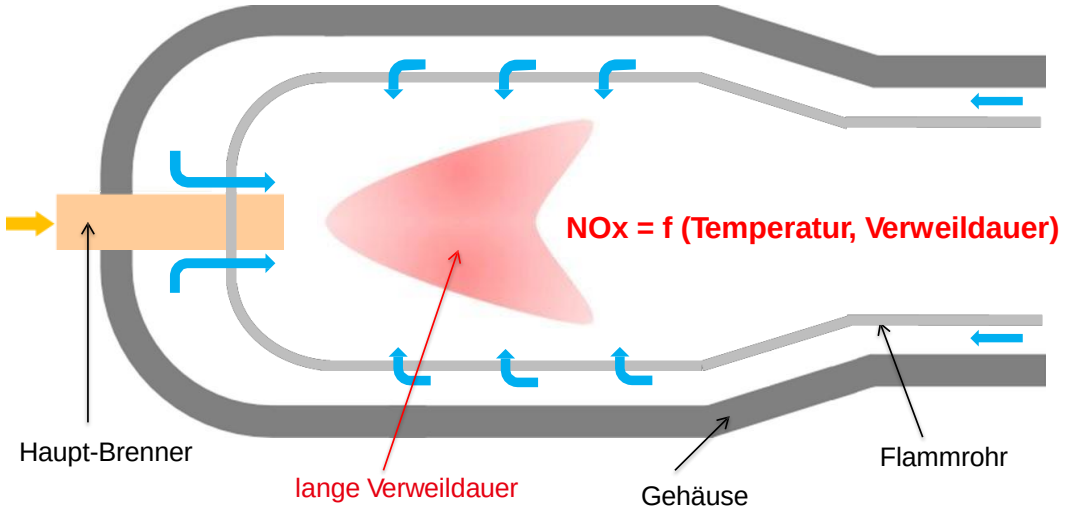
Region I < 65%: Realizable by modification of existing combustion chamber design and control system

Region II > 65%: Only realizable by development of innovative technology
e.g. Micro-Mix Technology

© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

Verbrennungsprinzipien des Micro-Mix DLE-Brenners

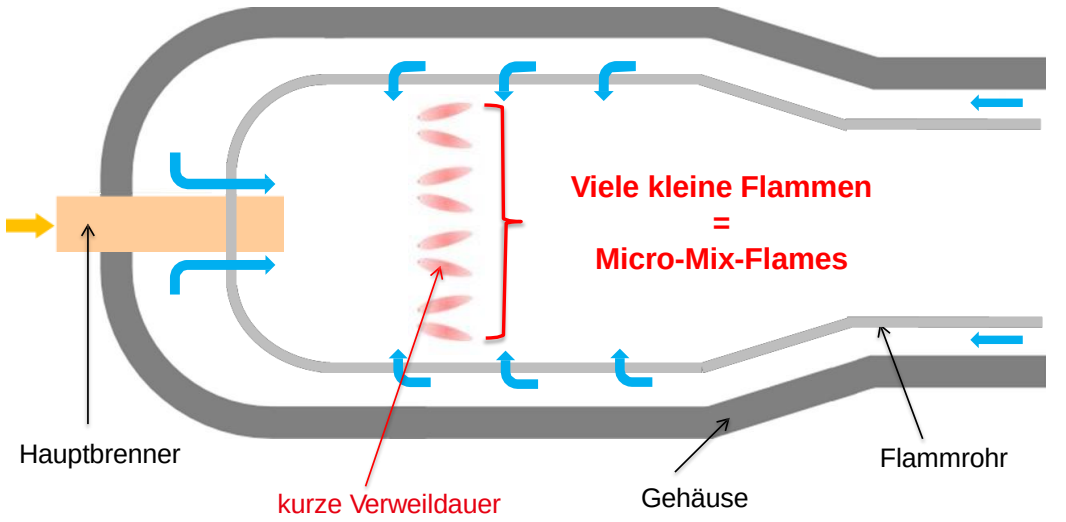
Typisches Brennkammer Design



© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

Verbrennungsprinzipien des Micro-Mix DLE-Brenners

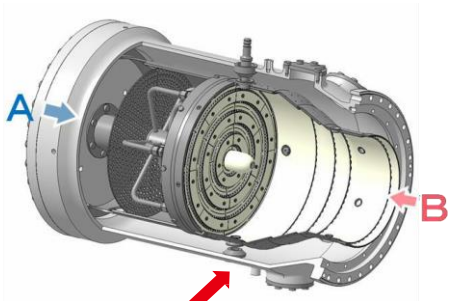
Typisches Brennkammer Design

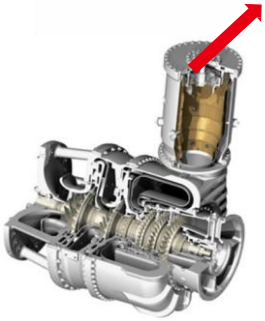


© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

Prototype of the Burner for Application at Gas Turbine M1A-17D

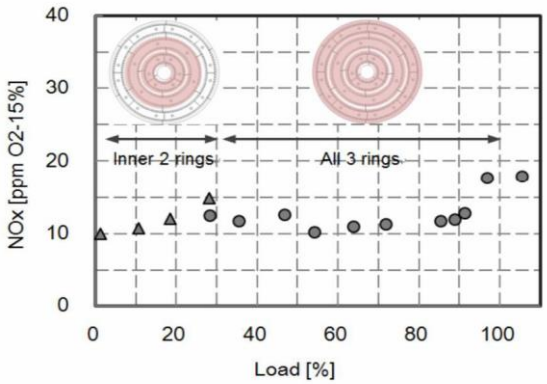
Prototype of the H2-Burner





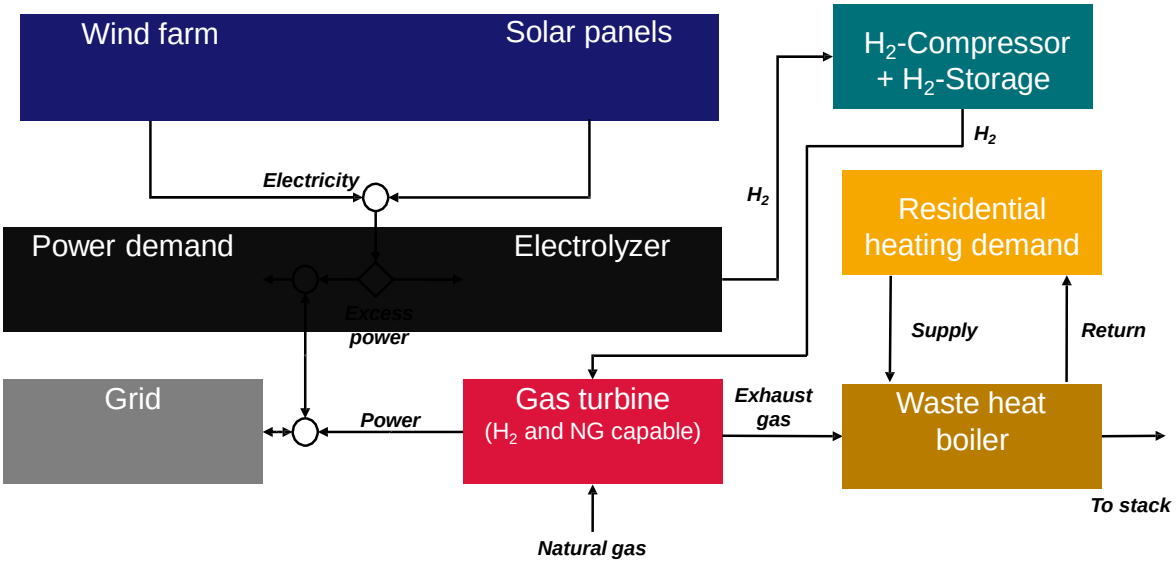
Kawasaki Gasturbine M1A-17

NOx Emission Characteristics (2 bar Conditions)



© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

Innovative Power Plant with Renewable Energy Supply



© 2018 Kawasaki Heavy Industries, Ltd. All Rights Reserved

世界の人々の豊かな生活と地球環境の未来に貢献する
“Global Kawasaki”
Kawasaki
Powering your potential

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb

Neue Verbrennungstechnologien in Gasturbinenbrennkammern vor dem Hintergrund der Energiewende

Herr Prof. Dr. Dieter Bohn, B&B-AGEMA GmbH

ASUE - Expertenkreis Gasturbinentechnik
25./ 26. Juni 2019
Stadtwerke Bremen

Neue Verbrennungstechnologien in Gasturbinen-Brennkammern vor dem Hintergrund der Energiewende

Univ.-Prof. Dr. Dieter Bohn

© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010 2019.06.25 - ASUE GT-Sitzung - Bremen - 1

Einleitung

Energiewende in Deutschland

- erfordert weniger Einsatz von fossilen Brennstoffen,

- insbesondere drastische Reduzierung des Einsatzes von Braun- und Steinkohle zur Reduzierung von CO_2 und NO_x,

- den Beitrag der Braunkohle als Energieträger am Gesamteinsatz
1990 -> 31,1% ---------- 2019 -> 22,6% -------> Reduzierung um rd. 27 %
weiter zu reduzieren bzw. Kraftwerke abzuschalten,

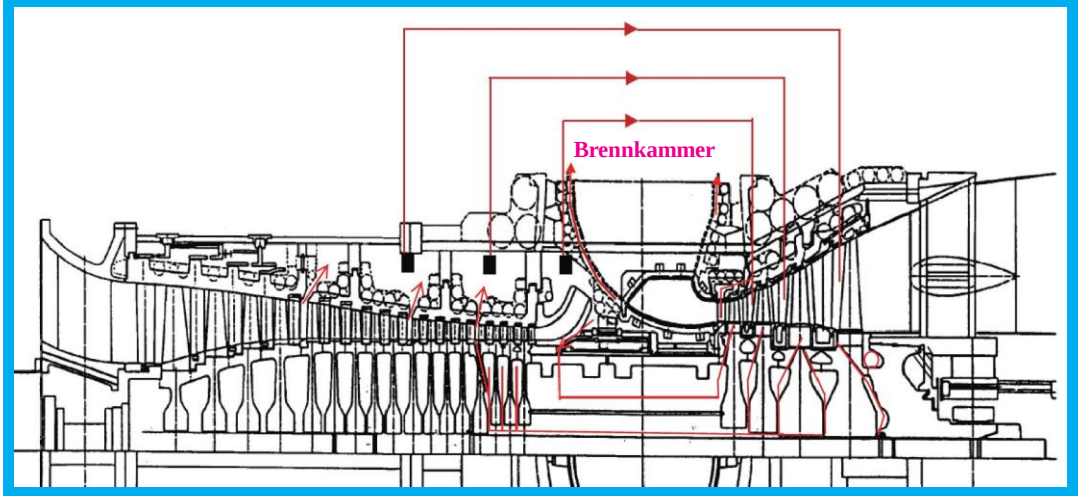
- Forderung, zwischenzeitlich schon Wasserstoff als Energieträger einsetzen

- entsprechende Umkonstruktion bestehender Verbrennungssysteme bei Gasturbinen, Motoren (besonders Dieselmotoren) u.a.m. vorzunehmen,

- vermehrt Sonne- und Windenergie zur Bereitstellung von Elektrischer Energie einzusetzen sowie zur Substitution von Kraftwerken mit fossilen Energieträgern.

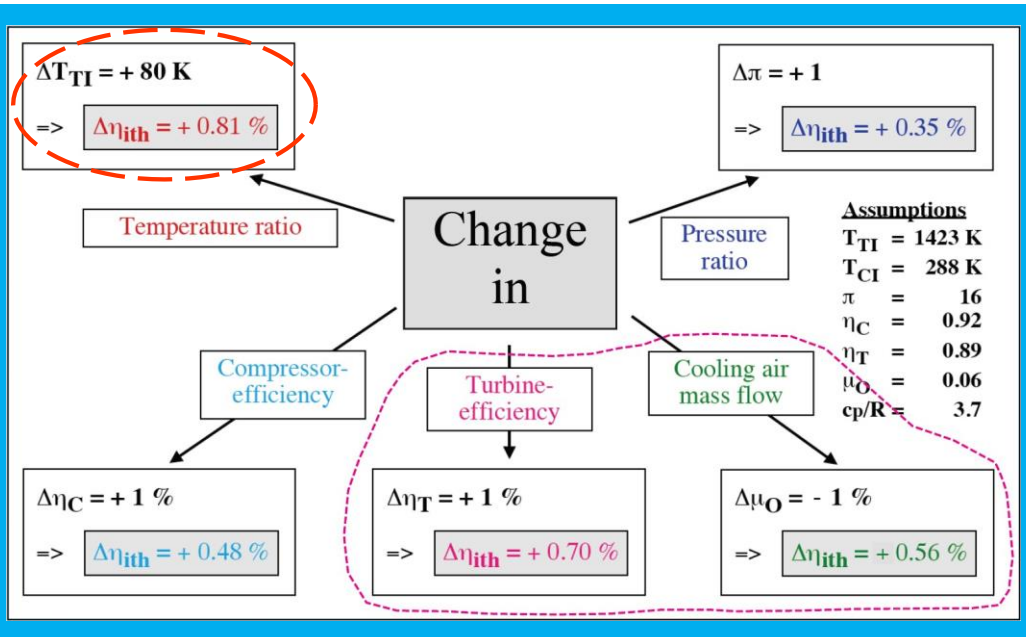
© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010 2019.06.25 - ASUE GT-Sitzung - Bremen - 2

Hochtemperatur-Gasturbine Bauart Siemens - KWU
Entwicklung - Abteilung
Mechanik und Aerodynamik



© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

Aero-Thermo-Mechanische Parameter
Einfluß auf den Gesamtwirkungsgrad der Gasturbine

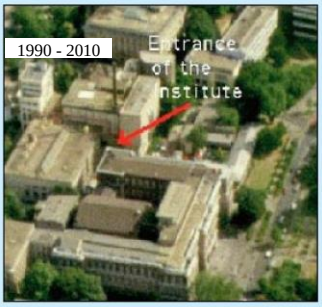


© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

Scientific Professional Background Bohn at University
Professor and Director of Institute of Steam and Gasturbines
1990 - 2010

Institute of Steam and Gas Turbines
Templergraben 55
52056 Aachen

LVS
Mathieustr. 9
52074 Aachen



• Pressure:	p = 6 bar	
• Massflow:	$\dot{m}$ = 6 kg/s	
• Temperature:	ϑ = 160°C	

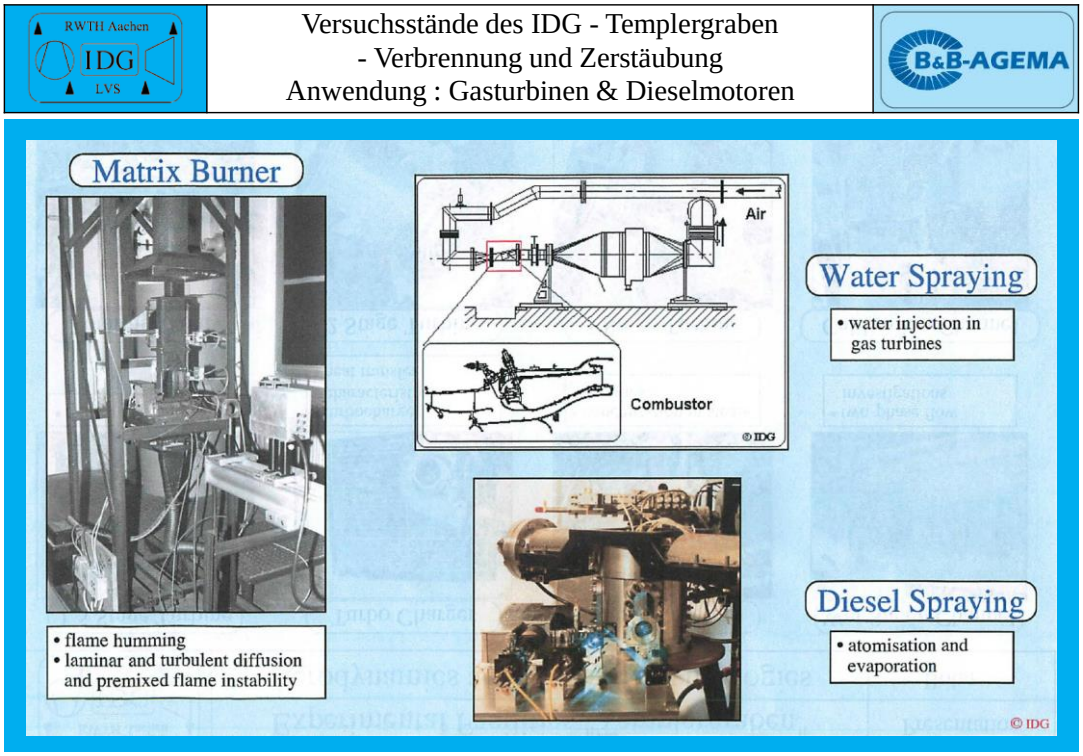
• Pressure:	p = 17 bar	p = 30 bar
• Massflow:	$\dot{m}$ = 2 kg/s	$\dot{m}$ = 12 kg/s
• Temperature:	ϑ = 720°C	ϑ = 720°C

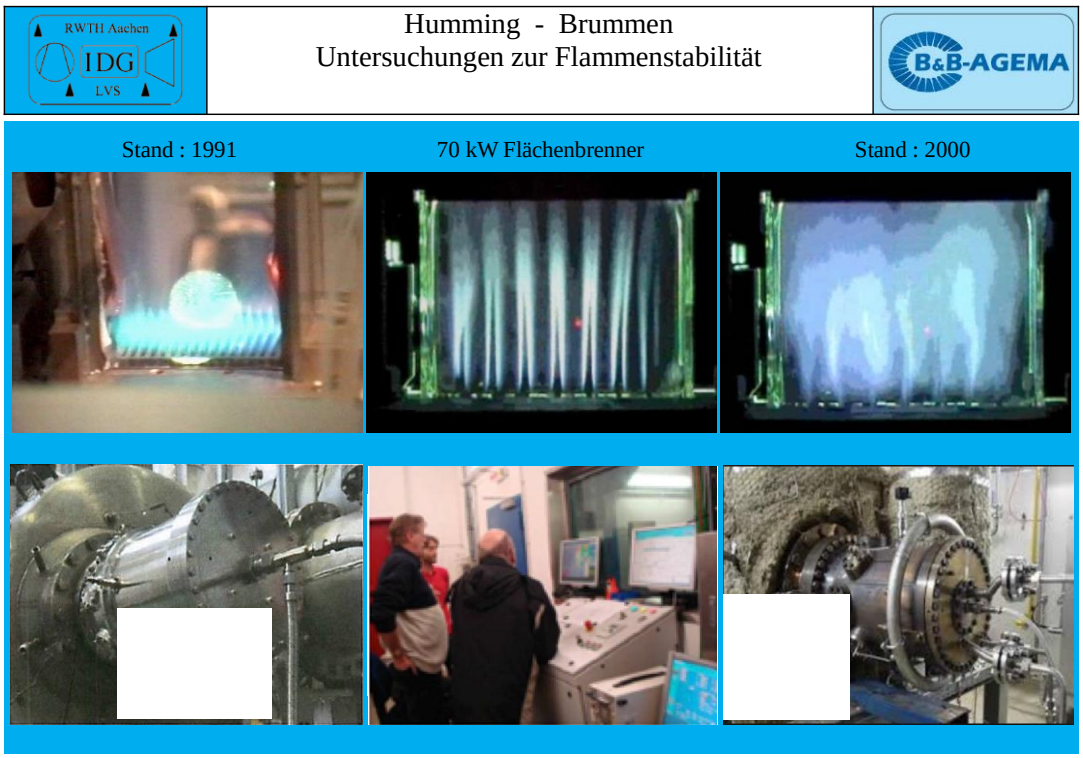
IDG

© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010 2019.06.25 - ASUE GT-Sitzung - Bremen - 5

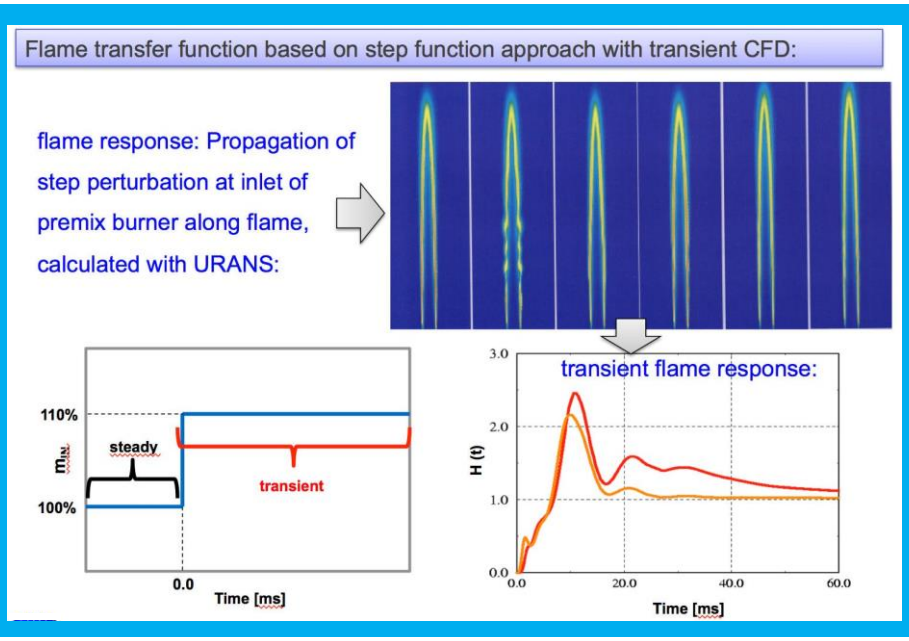
Labor zur Untersuchung von Verbrennungs- und Strömungsvorgängen in GT

© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010 2019.06.25 - ASUE GT-Sitzung - Bremen - 6


RWTH Aachen
IDG
LVS
Versuchsstände des IDG - Templergraben
- Verbrennung und Zerstäubung
Anwendung : Gasturbinen & Dieselmotoren
B&B-AGEMA
Matrix Burner
• flame humming
• laminar and turbulent diffusion and premixed flame instability
Air
Combustor
© IDG
Water Spraying
• water injection in gas turbines
Diesel Spraying
• atomisation and evaporation
© IDG
© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010
2019.06.25 - ASUE GT-Sitzung - Bremen - 7

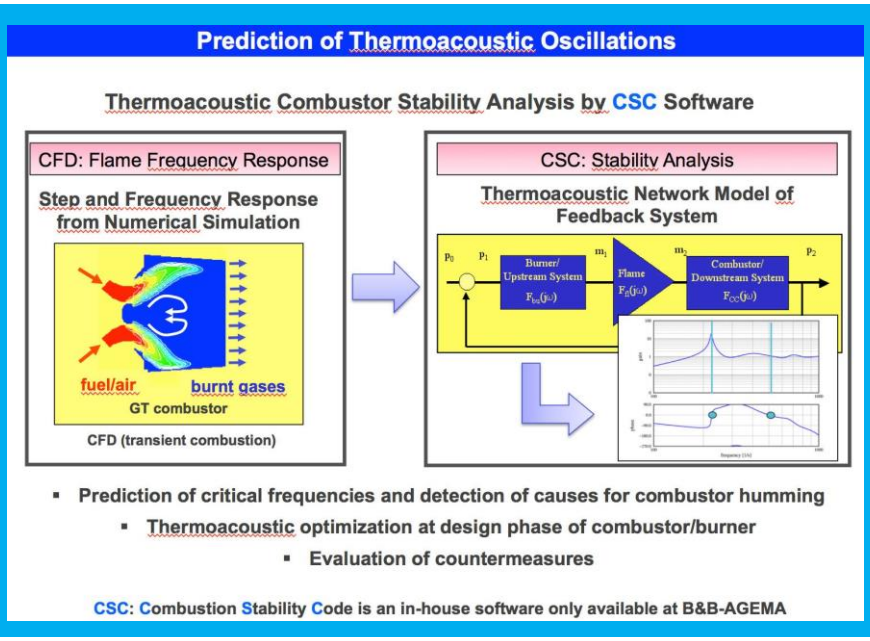

RWTH Aachen
IDG
LVS
Humming - Brummen
Untersuchungen zur Flammenstabilität
B&B-AGEMA
Stand : 1991
70 kW Flächenbrenner
Stand : 2000
© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010
2019.06.25 - ASUE GT-Sitzung - Bremen - 8

Bestimmung der Flammentransfer-Funktion nach Aufprägung einer Störung (Sprungfunktion)



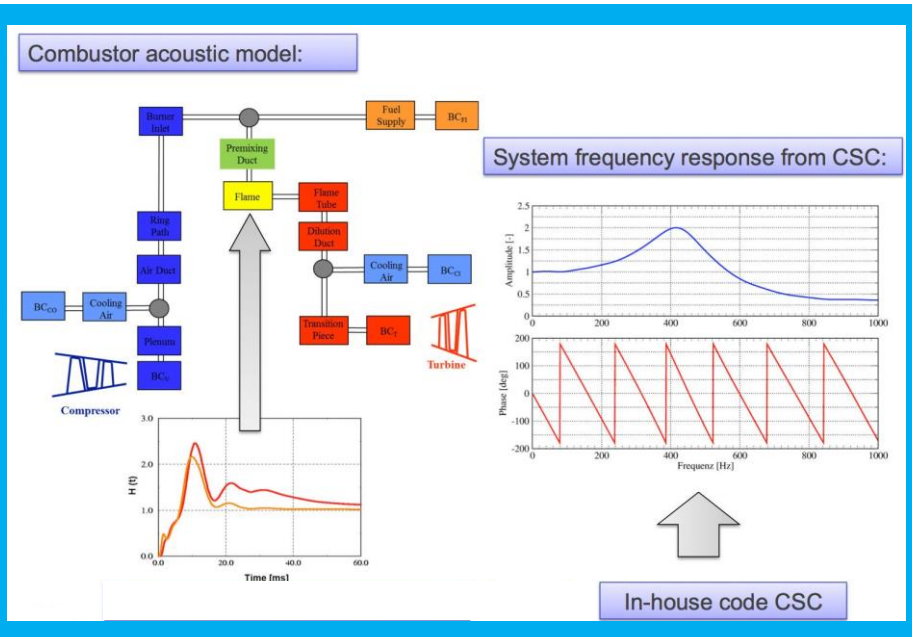
© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

Flammentransfer-Funktion und Vier-Pol-Modell Berechnung der thermo-akustischen Schwingungen

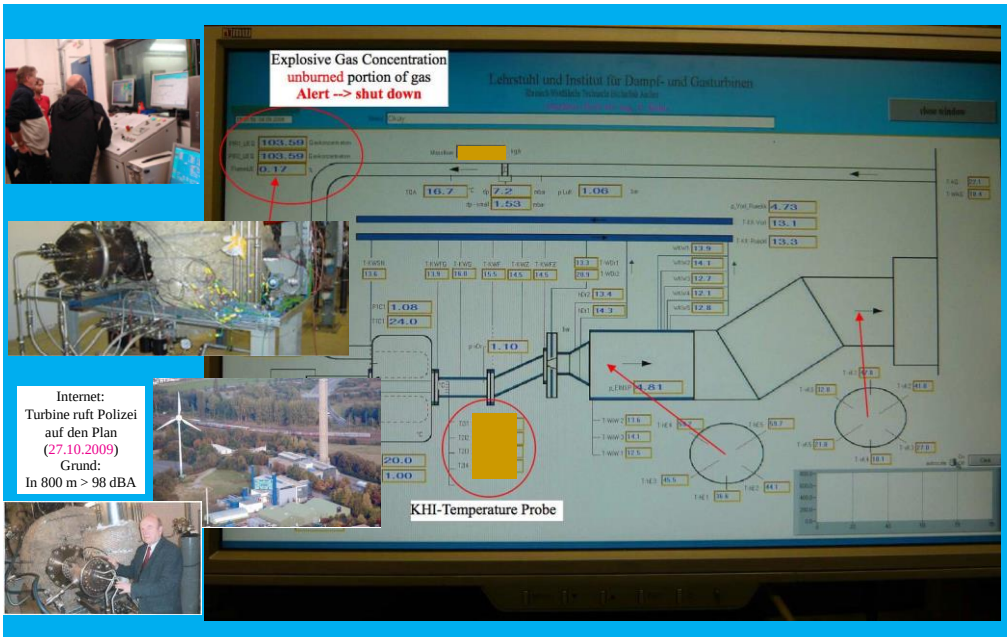


© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

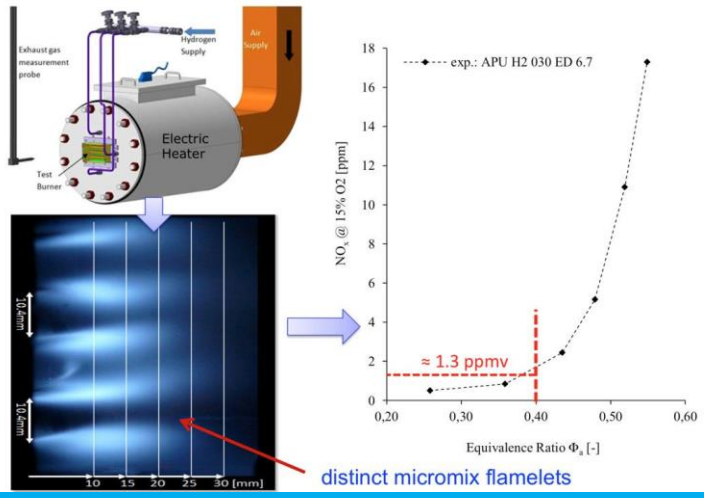
Berücksichtigung der Brennkammer-Schwingungen im Gesamtsystem Verdichter-Brennkammer-Turbine



Schaltbild-Meßstellen

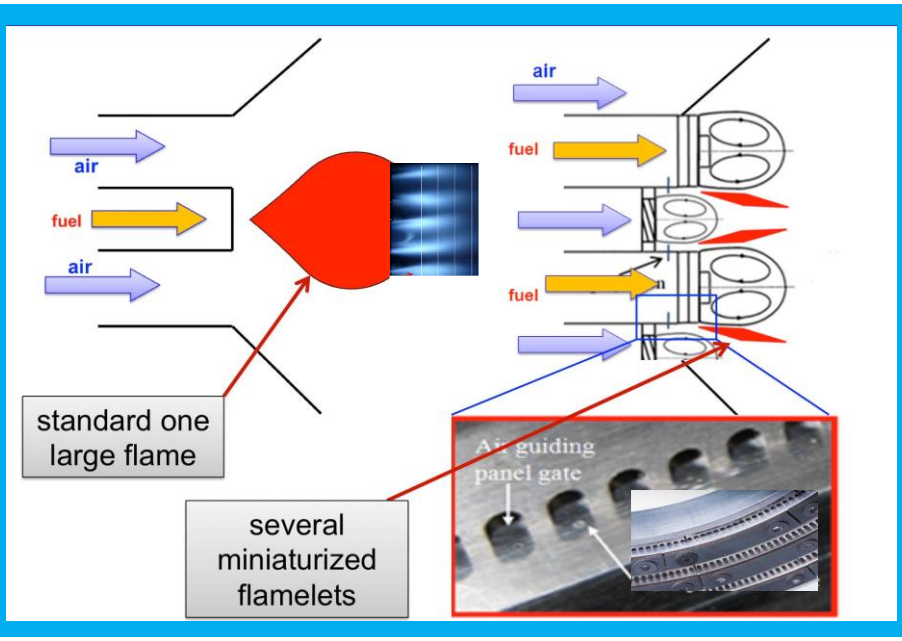


2D-Micromix-Brenner-Prüfstand an der Fachhochschule Aachen (Prof. Dr. Harald Funke)



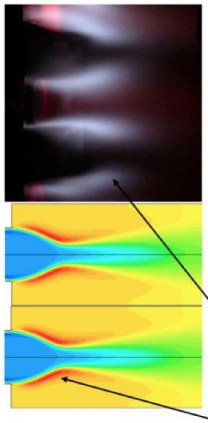
© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

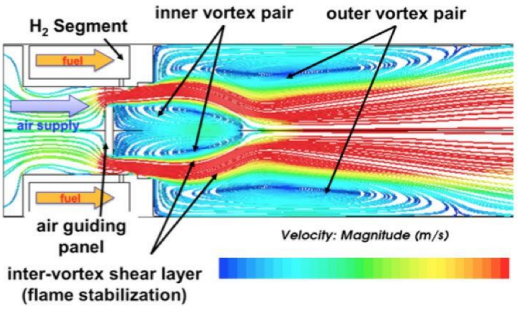
Luft-Brennstoff-Führung **Einzel**-Brenner vs. **Micromix**-Brenner



© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

Berechnung eines Slots eines **Micromix**-Brenners
Vergleich Numerik mit Experiment

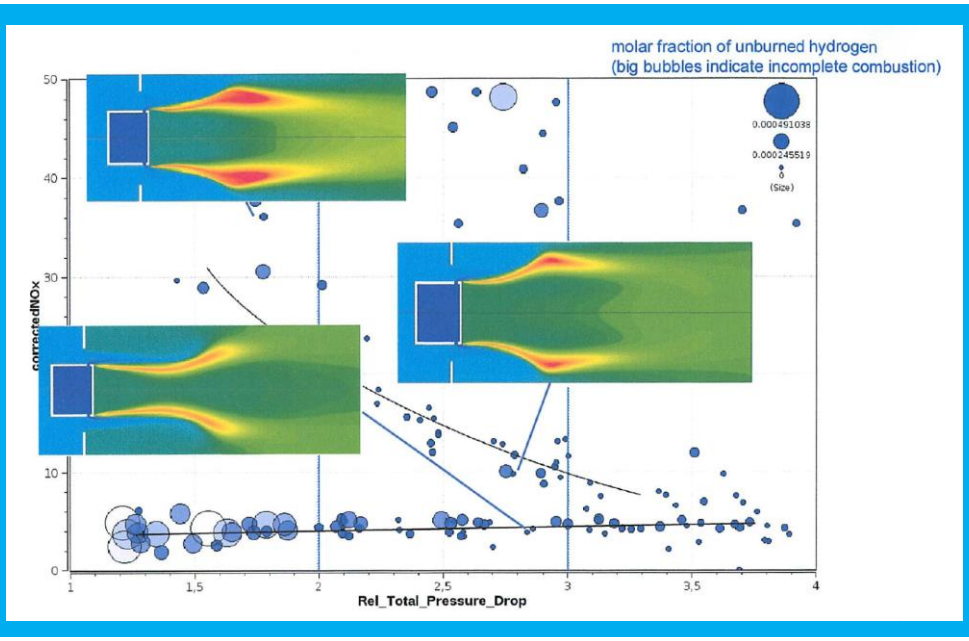




- ✓ Micromix flamelets stabilized at shear layer between stabilization vortices
- ✓ Typical Micromix flame shape confirmed by numerical simulation

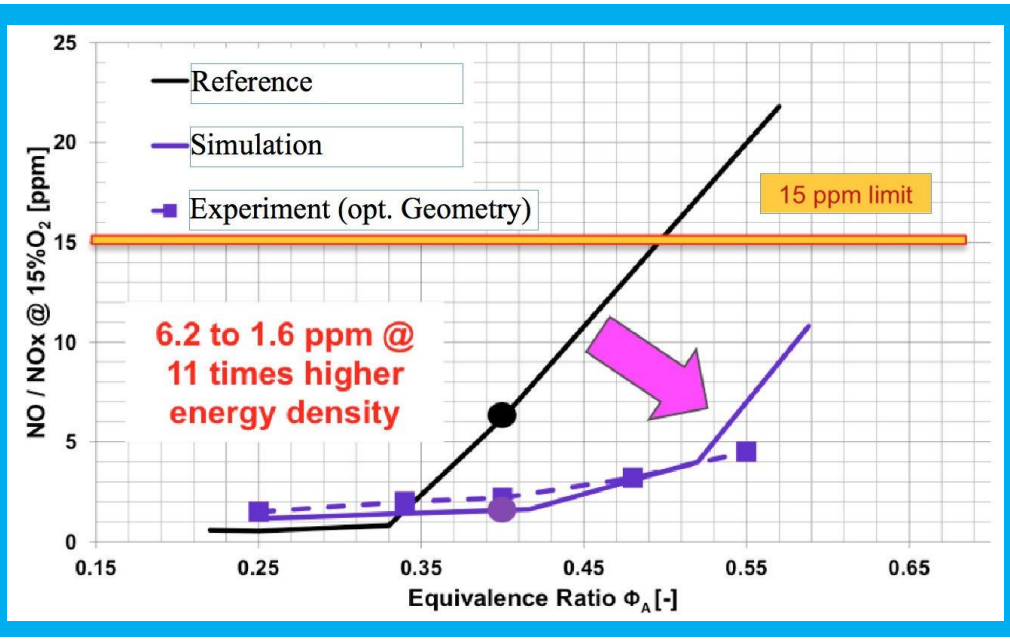
© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

NOx - Emissionen
Optimierung einer Micromix-Brenner Geometrie



© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

NOx - Emissionen
Optimierung einer Micromix-Brenner Geometrie

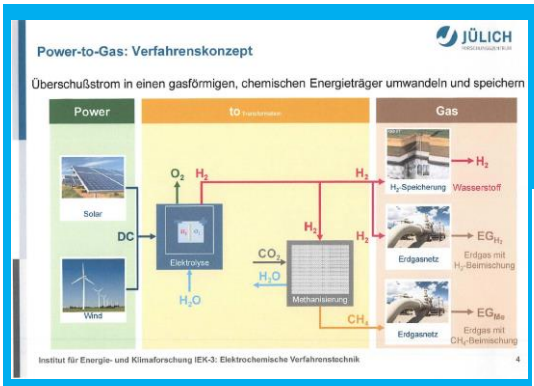


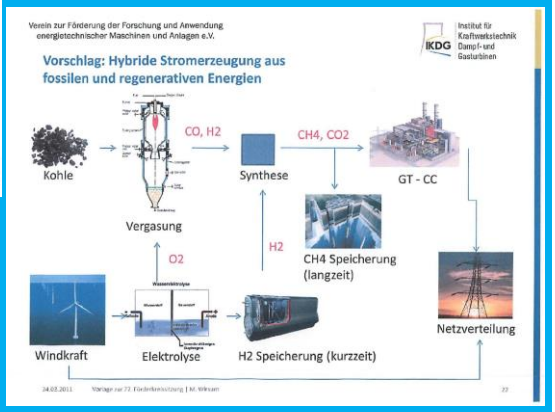
© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

Kawasaki-Brennkammer-Bauweisen zur (Mit-)Verbrennung von Wasserstoff
Alle Varianten getestet unter realen Bedingungen am IDG-LVS

© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

"Power to Gas Verfahrenskonzepte" in Deutschland
Forschungszentrum Jülich
RWTH Aachen

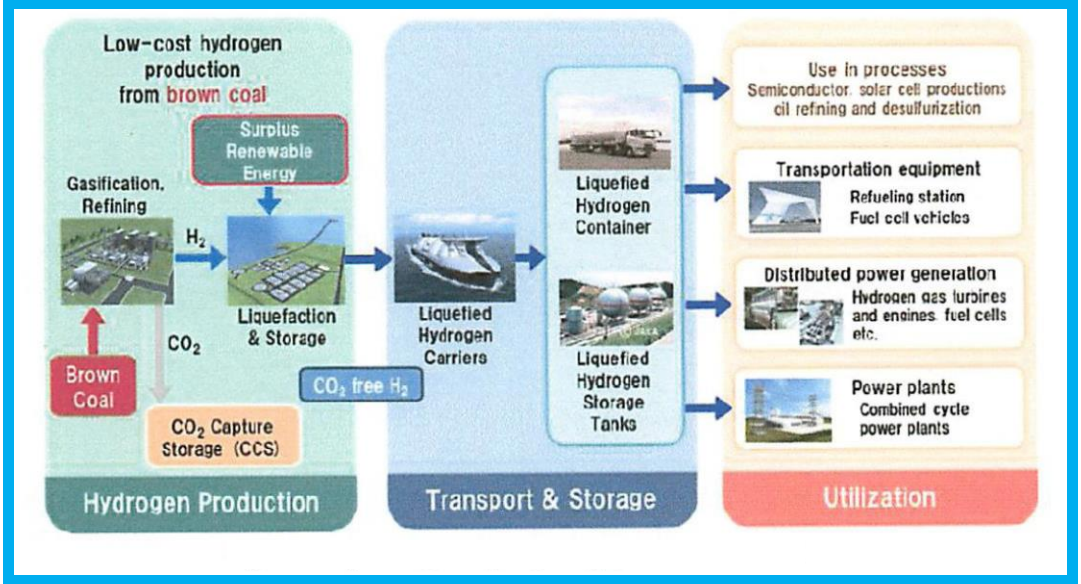




Brown Coal Resource
CO2 - Free Hydrogen **Chain**
Concept Kawasaki, Japan

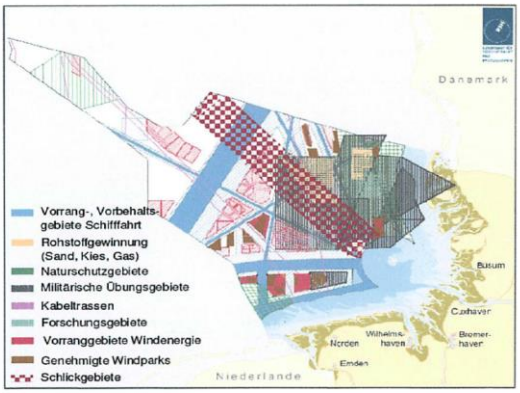
Brown Coal Production - Gasification H_2 + CO_2
H_2 : Liquefaction + Storage + Transportation to Japan
CO2 : Capture and Storage (CCS)

CO_2 - free Hydrogen Chain is partly Reality in Japan
Concept Kawasaki, Japan



Möglicherweise verbleibende Flächen in der Nordsee zur Nutzung von Off-Shore-Windanlagen

Mögliche Offshore-Leistung in der AWZ



Nutzbare Fläche für Offshore-Wind*	
AWZ (ausschließliche Wirtschaftszone)	28.593
- Schifffahrtswege	12.348
- Rohstoff- u. Naturschutzgebiete	5,872
- Militärische Nutzung	1,575
- Kabel u. Forschung	862
- Schlickgebiete	416
- Mangelhafte Realisierungs-bedingungen	2,900
Nutzbare Fläche für Offshore-Wind**	**~ 4.500**

* Flächen werden abzüglich Überschneidungen mit vorher genannten Flächen ausgewiesen.

Die für Offshore-Wind nutzbare Fläche von 4.500 km beinhaltet Vorranggebiete, Flächen für genehmigte und geplante Windparks.

Nutzbare Fläche für Wind in derAWZ [km²]		Installierbare Kapazität [MW / km²]		Potential Offshore-Wind in AWZ [MW]
4.500 km²	x	6 MW / km²	=	27.000 MW

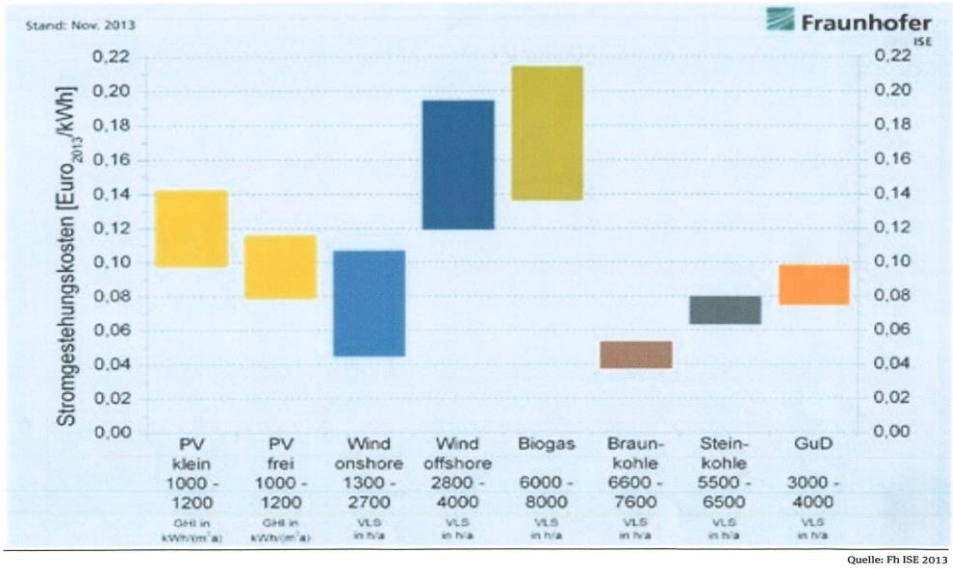
VORWEG GEHEN

RWE Innogy GmbH | Prof. Dr. Fritz Vahrenholt | 26. Januar 2011 SEITE 33

© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

Stromgestehungskosten von Kraftwerken an deutschen Standorten

Stromgestehungskosten von / Kraftwerken an deutschen Standorten



© Bohn - B&B AGEMA - RWTH Aachen Institut für Dampf- und Gasturbinen 1990-2010

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb

Beimischung von Wasserstoff ins Gasnetz – Grenzen für die Anwendungstechnik

Herr Dr. Werschy, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Energie mit Zukunft.
Umwelt und Verantwortung.

Beimischungen von Wasserstoff ins Gasnetz-Grenzen für die Anwendungstechnik

Dr.-Ing. Matthias Werschy, Dipl.-Ing. Philipp Pietsch

ASUE-Expertenkreis Gasturbinentechnik

25.-26.06.2019, Stadtwerke Bremen

Agenda

1 Unternehmensvorstellung

2 Motivation und Grundlagen

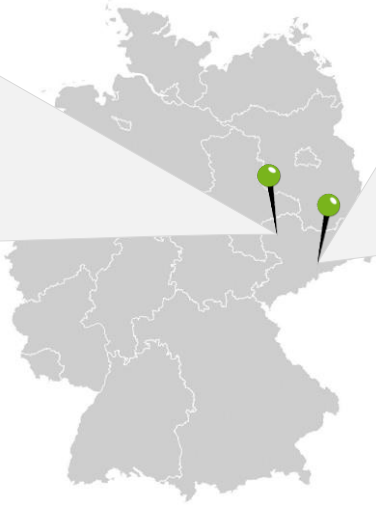
3 Untersuchungsergebnisse Leitungssysteme und Armaturen

4 Untersuchungsergebnisse häusliche Feuerungsprozesse

5 Untersuchungsergebnisse industrielle Feuerungsprozesse

6 Zusammenfassung und Ausblick

Standorte



Leipzig

DBI Gas- und
Umwelttechnik GmbH

Karl-Heine-Straße 109/111
D-04229 Leipzig

Freiberg

DBI - Gastechnologisches
Institut gGmbH Freiberg

Halsbrücker Straße 34
D-09599 Freiberg

Meilensteine in der Historie der DBI-Gruppe

1966 – Ursprung
Aufbau der gastechnischen Abteilung im Deutschen Brennstoffinstitut in Freiberg mit Fokus auf Förderung/ Herstellung, Verteilung und Nutzung von gasförmigen Brennstoffen

1991 – Ausgründung
der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH in Leipzig ▪ Gesellschafter waren VNG, RWE, GDF

1998 – Ausgründung
der DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg als Tochter der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, um gemeinnützige Forschung und Prüfwesen effizienter umzusetzen

2007 – Gesellschafter
Der Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. wird alleiniger Gesellschafter der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

2011 – Umzug
Die DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH bezieht neue Geschäftsräume in Leipzig ▪ Sanierung und Ausbau des Technikums in Freiberg

2015 – Erweiterungen der Fachbereiche
Gasverfahrenstechnik und Energieversorungssysteme/ Erneuerbare Energien

2018/2019 – Ausbau & Erweiterung
Ausbau der chemischen Labore in Leipzig sowie Erweiterung des Technikums in Freiberg

Unternehmensstruktur der DBI-Gruppe

DVGW
Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
Technisch-wissenschaftlicher Verein

Die DBI Gruppe im DVGW e.V.

DBI GUT Gas- und Umwelttechnik GmbH

DBI GTI Gastechnologisches Institut

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

- 100% Tochterunternehmen des Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
- Privatwirtschaftliches Unternehmen
- Engineering, Consulting sowie industrieorientierte Forschung und Entwicklung
- Akkreditiertes chemisches Labor

DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg

- 100% Tochterunternehmen der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
- Gemeinnützige Forschungseinrichtung
- Grundlagen- und angewandte Forschung
- Akkreditiertes Prüflabor und Weiterbildung

26.06.2019 5

Fachbereiche in der DBI-Gruppe

Gasförderung
Gasspeicherung

Gasnetze
Gasanlagen

Gasanwendung -
Thermoprozesstechnik

Gasverfahrenstechnik

Gaschemie
Gasaufbereitung

Energieversorgungs-
systeme / EE

DVGW-Prüflaboratorium
Energie

Freiberger DVGW-
Trainingszentrum Erdgas

26.06.2019 6

Unser Selbstverständnis

DBI

Wir lösen gemeinsam mit unseren Partnern die Herausforderungen der Zukunft.

- ✓ Engineering - für eine nachhaltige Energiewirtschaft
- ✓ Forschung - an der Front zur Energiewende
- ✓ Integration innovativer Technologien
- ✓ Integration erneuerbarer Energieträger in die Gaswirtschaft

Wir treiben die Zukunftssicherung der Branche voran!

Energie mit Zukunft.
Umwelt und Verantwortung.

26.06.2019 7

Vereine & Mitgliedschaften

DBI

Die DBI-Gruppe ist Gründungsmitglied und Mitglied zahlreicher Interessensgemeinschaften und Vereine

Ziel: Multiplikation unserer Anliegen

- Unser Selbstverständnis zu verbreiten
- Ökologische Aspekte der zukünftigen Energieversorgung gemeinsam mit anderen Unternehmen und Partnern voranzubringen
- Unser Know-how und Forschungsergebnisse für die Nutzer greifbar zu machen
- Gemeinsam neue Entwicklungen in die Praxis zu überführen
- Vertretung gemeinsamer Anliegen nach Außen als Kernaufgabe

26.06.2019 8

Agenda

1. Unternehmensvorstellung
2. Motivation und Grundlagen
3. Untersuchungsergebnisse Leitungssysteme und Armaturen
4. Untersuchungsergebnisse häusliche Feuerungsprozesse
5. Untersuchungsergebnisse industrielle Feuerungsprozesse
6. Zusammenfassung und Ausblick

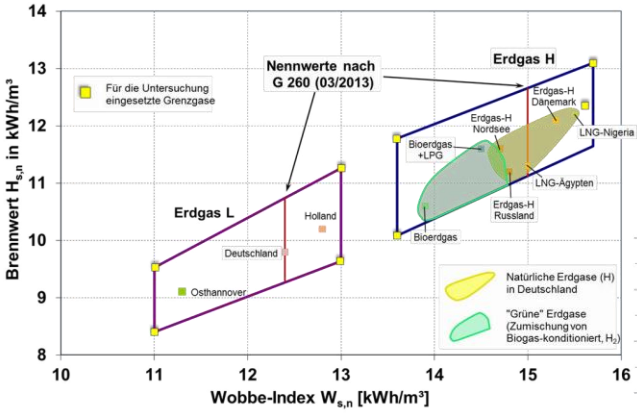
Motivation

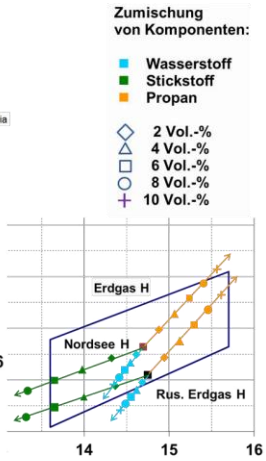
Kernthema
- Erzeugung, Speicherung und Einspeisung von Wasserstoff aus regenerativ erzeugtem Strom in das Erdgasnetz
- Steigende Zahl an Einspeisebegehren für Anteile > 10 Vol. %

Fragestellung
- Dichtheit, Sicherheit und Funktionsfähigkeit von Bauteile in Gasinstallation
- Überprüfung der Dimensionierung der Leitungsanlage und Gasströmungswächter

Maximale H_2-Kozentration
- Im Fokus Anteile > 10 Vol. %
- Handlungsempfehlung für kleinsten gemeinsamen maximalen H_2-Anteil

Grundlagen





→ **Erweiterung des ausgeschöpften Kennfeldbereiches durch „neue" Gase**

Quelle: Werschy, M. Krause, H., Franke, St., Giese, A., Dörr, H., Benthin, J.: Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen Schlussbericht, G 1/06/10 Phase I und Phase II, 30.09.13

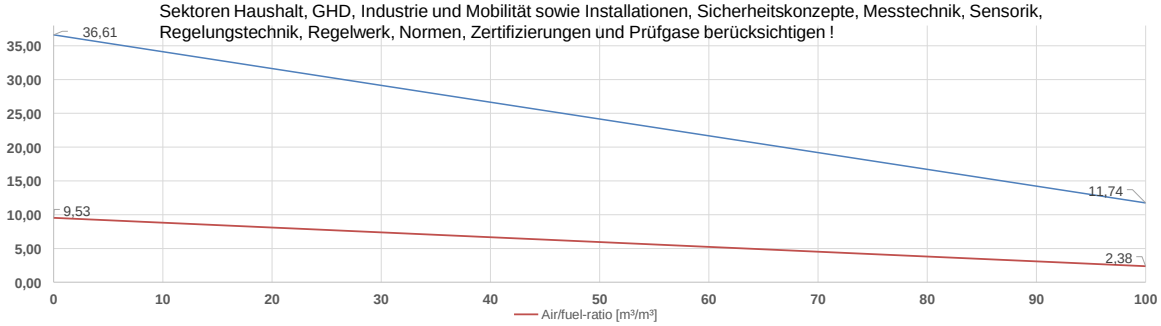
11

-Extrem unterschiedliche Flammengeschwindigkeiten: max.H_2: 3,46 m/s ;CH_4: 0,43 m/s. Reines H_2 hat demzufolge eine 8-fache Flammengeschwindigkeit
-Verändertes Zündverhalten vor allem vorgemischter Flammen.
-Unterschiedliche Zündtemperaturen, H_2: 585°C / CH_4: 540°C mit Luft
-Unterschiedliche Zündbereiche/Zündgrenzen des Brenngas/Luft-Gemisches 4 - 77 Mol.-% bei 100 % H_2 statt 4 - 17 Mol.-% bei 100 % CH_4
-Flammeneigenschaften: Wasserstoffflammen sind länger, bei sehr geringer Wärmeabstrahlung bis zu 2000°C heiß, höhere adiabate Flammentemperaturen durch Wasserstoff (NO_x-Bildung). Durch die teilweise Substitution von Erdgas durch Wasserstoff sinkt der CO_2-Anteil im Abgas, der H_2O-Anteil steigt und somit ändern sich auch die Strahlungs- und Wärmeübertragungseigenschaften des Abgases.
-geringere Ionisationsspannungen von Wasserstoff und fehlende, stark ionisierten CH-Verbindungen

26.06.2019 ASUE-Expertenkreis Gasturbinentechnik

Grundlagen: Thermodynamische Effekte

Die anstehenden Untersuchungen für einen höheren H_2-Anteil (bei ca. 50 Vol.-% H_2 wird 2. Gasfamilie verlassen) müssen die Sektoren Haushalt, GHD, Industrie und Mobilität sowie Installationen, Sicherheitskonzepte, Messtechnik, Sensorik, Regelungstechnik, Regelwerk, Normen, Zertifizierungen und Prüfgase berücksichtigen !



	Mischung Erdgas/H_2 (Vol. %)							
	100/0	99/1	98/2	95/5	90/10	75/25	50/50	0/100
Wasserstoffanteil	0	1	2	5	10	25	50	100
Heizwert [MJ/m³]	36.61	36.36	36.11	35.36	34.12	30.38	24.16	11.74
Brennstoff-Luft-Verhältnis [m³/m³]	9.53	9.46	9.39	9.18	8.82	7.74	5.95	2.38
Änderung im Heizwert	0.00	0.01	0.01	0.03	0.07	0.17	0.34	0.68
Flammengeschwindigkeit [cm/s]	38.39	38.63	38.87	39.64	40.92	45.95	60.06	200
Zündverzugszeit [ms]	46.16	41.01	36.48	25.95	15.367	4.296	0.933	0.0461

26.06.2019 13

Agenda

1. Unternehmensvorstellung
2. Motivation und Grundlagen
3. Untersuchungsergebnisse Leitungssysteme und Armaturen
4. Untersuchungsergebnisse häusliche Feuerungsprozesse
5. Untersuchungsergebnisse industrielle Feuerungsprozesse
6. Zusammenfassung und Ausblick

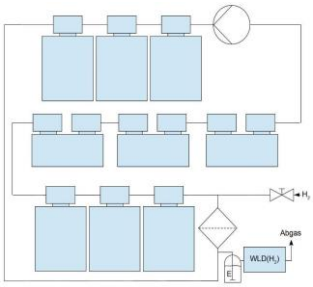
Untersuchungsspektrum

Baugruppen: Gasinstallation gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 600 „Technische Regel für Gasinstallationen (DVGW-TRGI)“

- Recherche und Aufarbeitung von bisher vorliegenden Ergebnissen mit Bezug zu Referenzgasen und Werkstoffempfehlungen
- Eignung von Standardarmaturen, Gaszählern und Armaturen mit elektrischen Bauteilen im Gasweg
- Dichtheit von Verbindungen (Gewinde, Glattrohr, Presssysteme)
- Überprüfung des „aktiven“ Sicherheitskonzeptes (Gasströmungswächter)
- Leitungsdimensionierung gemäß „TRGI“
- Untersuchung des Sicherheitskonzeptes bei höherer thermischen Belastung
- Untersuchung der Anreicherung von Wasserstoff um Rohrleitungen und Armaturen insbesondere in kleinen Räumen (Permeation)

Untersuchungsergebnisse

Eignung von Standardarmaturen, Gaszählern und Armaturen mit elektrischen Bauteilen im Gasweg - Zündtests



Serielle Verschaltung der Gaszähler für die H_2-Exposition

Gas	Explosionsgrenzen in Mol.-%		LOC* in Mol-%
	UEG	OEG	
100 % CH_4	4,2	16,6	10,1
10 Vol.-% H_2 in CH_4	4,2	18,2	9,6
25,0 Vol.-% H_2 in CH_4	4,2	21,2	9,1
50,0 Vol.-% H_2 in CH_4	4,0	29,0	7,9
100 % H_2	4,1	77,0	4,3

UEG verändert sich kaum bei H_2 Beimischung LOC = Mindestluftbedarf

Quelle: Scholten, F., Dörr, H., Werschy, M.: „Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI", Abschlussbericht, Februar 2018, DVGW G 201615

Zündtests in Anlehnung an DIN EN 13611:2015:

- Im Fall des C_3H_8/H_2/Luft-Gemisches wurden 10 % bzw. 30 % des Propans volumengleich durch H_2 ersetzt.
- Keiner der Zähler bewirkte bei den zündfähigen Gasgemischen eine Zündung
- Mittels eines bestromten Widerstandsdrahts (> 650 °C) konnte ebenfalls keine Zündung ausgelöst werden, mittels Zündfunken oder einer offenen Flamme konnte das Gemisch jeweils gezündet werden.

Untersuchungsergebnisse

Eignung von Standardarmaturen, Gaszählern und Armaturen mit elektrischen Bauteilen im Gasweg - Messgenauigkeit

Dauerversuch für einen Monat in 100 % H_2 Atmosphäre

- Jeweils drei Zähler vom Prinzip Balgen-, Ultraschall- und thermisch arbeitende Gaszähler
- H_2-Frischgaszufuhr von wenigen ml pro Minute
- Zählergröße 2.5 und 4

- Unabhängig vom Messprinzip ändern sich die Zählercharakteristika nicht nach 4-wöchiger Exposition mit 100 % H_2
- Wechsel von Luft auf Wasserstoff bewirkt **veränderte Zählraten** speziell bei thermischen und Ultraschallgaszählern
- Bei ca. 60 Vol.-% H_2 kein Messwert bei Ultraschallzählers, thermische und Balgengaszähler behalten aktive Anzeige
- Ein H_2-Effekt auf die Zählwerke bzw. Messprinzipien durch die Exposition bei Raumtemperatur ist nicht erkennbar. Das bestätigt bereits eigene Untersuchungen selbst an Ultraschallzählern und Turbinengaszählern für das Transportnetz bei erhöhten Temperaturen (80 °C) und Drücken (10 MPa) über mehrere Monate.

Untersuchungsergebnisse
Dichtheitsprüfung von Gewinde-, Press- und Glattrohrverbindern

- Dichtheitsprüfungen nach DIN 3387-1 und DVGW G 5614
- Dichtheitsprüfung im Wasserbad bei 5,5 bar(g) mit reinem Wasserstoff
- Mechanische Belastung nach DIN 3387 und G 5614

Zusammenfassung: gebräuchliche Press- und Glattrohrverbinder, weich sowie metallisch dichtend, sind auch nach mechanischere Belastung unter Wasserstoff technisch dicht.

Pressverbinder	Material	DN	Prüfdruck	Dichtheit 1		Dichtheit 2	
		mm	bar	Druckluft	Wasserstoff	Druckluft	Wasserstoff
1	Kupfer	15	5,5	dicht	dicht	dicht	dicht
2	Edelstahl	22	5,5	dicht	dicht	dicht	dicht
3	Messing	35	5,5	dicht	dicht	dicht	dicht
4	Stahl	34	5,5	dicht	dicht	dicht	dicht
5	Edelstahl	42	5,5	dicht	dicht	-*	-*
6	Stahl	60	5,5	dicht	dicht	-*	-*

Versuchsergebnisse Pressverbinder vor und nach der mechanischen Beanspruchung

Glattrohr	Material	DN	Prüfdruck	Dichtheit 1		Dichtheit 2	
		mm	bar	Druckluft	Wasserstoff	Druckluft	Wasserstoff
1	Stahl	15	5,5	dicht	dicht	dicht	dicht
2	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht	dicht	dicht
3	Messing	15	5,5	dicht	dicht	dicht	dicht

Versuchsergebnisse Glattrohrverbinder (metallisch dichtend) vor und nach der mechanischen Beanspruchung

* Pressverbinder konnten auf Grund zu hoher notwendiger Kräfte nicht tordiert werden

Glattrohr	Material	DN	Prüfdruck	Dichtheit 5,5 bar	
		mm	bar	Druckluft	Wasserstoff
1	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
2	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
3	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht
4	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht
5	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
6	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
7	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht
8	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht
9	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
10	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
11	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht
12	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht

Versuchsergebnisse Glattrohrverbinder (weichdichtend) vor Permeation

Quelle: Scholten, F., Dörr, H., Werschy, M.: „Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI", Abschlussbericht, Februar 2018, DVGW G 201615

Untersuchungsergebnisse
Permeation von Gewinde-, Press- und Glattrohrverbindern

Quelle: Scholten, F., Dörr, H., Werschy, M.: „Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI", Abschlussbericht, Februar 2018, DVGW G 201615

Pr-Nr.	Medium	Prüfzeit [h]	Druck Messzelle [bar]	Druck Prüfling [bar]	Temperatur [°C]	Leckage [cm³]	Leckrate [cm³/h]
1	H_2	100	0,5	5,6	19,8	0,00	0,00
2	H_2	100	0,5	5,6	19,8	0,226	0,002
3	H_2	120	0,5	5,5	19,5	0,00	0,00
4	H_2	120	0,48	5,6	19,8	2,573	0,021

Messung 2a – Wasserstoff nach Konditionierung bei 20 °C

Pr-Nr.	Medium	Prüfzeit [h]	Druck Messzelle [bar]	Druck Prüfling [bar]	Temperatur [°C]	Leckage [cm³]	Leckrate [cm³/h]
1	H_2	25	0,5	5,8	50	0,00	0,00
2	H_2	26	0,5	5,8	50	0,00	0,002
3	H_2	25	0,5	5,8	50	0,00	0,00
4	H_2	26	0,5	5,8	50	51,188	1,97[1)]

Messung 2b – Wasserstoff nach Konditionierung bei 50 °C

Permeation = Leckrate

1) Fabrikationsfehler, Verifizierung Blasentest, auch bei Erdgas

1 = FKM (Glattrohr), 2 = HNBR (Pressverbinder), 3=FPM (Glattrohr), 4 = HNBR (Pressverbinder)

Untersuchungsergebnisse
Alterung von Gewinde-, Press- und Glattrohrverbindern

Quelle: Scholten, F., Dörr, H., Werschy, M.: „Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI", Abschlussbericht, Februar 2018, DVGW G 201615

- 12-monatige Alterung von Verbindungen und Dichtungen unter 5,5 bar (g) 100 % Wasserstoff
- Anschließende Dichtheitsprüfungen angelehnt an DIN 3387-1

metall. dichtend

Glattrohr	Material	DN	Prüfdruck	Dichtheit nach Alterung	
		mm	bar	Druckluft	Wasserstoff
1	Messing	15	5,5	dicht	dicht
2	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
3	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht

weich dichtend (NBR)

Glattrohr	Material	DN	Prüfdruck	Dichtheit nach Alterung	
		mm	bar	Druckluft	Wasserstoff
1	Stahl	15	5,5	-*	-*
2	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
3	Edelstahl	15	5,5	-*	-*
4	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht
5	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
6	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
7	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht
8	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht
9	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
10	Stahl	15	5,5	dicht	dicht
11	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht
12	Edelstahl	15	5,5	dicht	dicht

Gewindeverbindungen

Pr.-Nr.	Material	Prüfdruck	Dichtheit nach Alterung	
		bar	Druckluft	Wasserstoff
1	Teflon	5,5	dicht	dicht
2	Teflon	5,5	dicht	dicht
3	Teflon	5,5	dicht	dicht
4	Teflon	5,5	dicht	dicht
5	Teflon	5,5	dicht	dicht
6	Teflon	5,5	dicht	dicht
7	Teflon	5,5	dicht	dicht
8	Teflon	5,5	dicht	dicht
9	Teflon	5,5	dicht	dicht
10	Teflon	5,5	dicht	dicht
11	Teflon	5,5	dicht	dicht
12	Teflon	5,5	dicht	dicht
13	Mittelfeste Gewindedichtung	5,5	dicht	dicht
14	Mittelfeste Gewindedichtung	5,5	dicht	dicht
15	Mittelfeste Gewindedichtung	5,5	dicht	dicht
16	Mittelfeste Gewindedichtung	5,5	dicht	dicht
17	Mittelfeste Gewindedichtung	5,5	dicht	dicht
18	Mittelfeste Gewindedichtung	5,5	dicht	dicht
19	Mittelfeste Gewindedichtung	5,5	dicht	dicht

Pressverbinder	Material	DN	Prüfdruck	Dichtheit nach Alterung	
		mm	bar	Druckluft	Wasserstoff
1	Kupfer	15	5,5	dicht	dicht
2	Edelstahl	22	5,5	dicht	dicht
3	Messing	35	5,5	dicht	dicht
4	Stahl	34	5,5	dicht	dicht

Untersuchungsergebnisse
aktives Sicherheitskonzept (Gasströmungswächter)

Quelle: Scholten, F., Dörr, H., Werschy, M.: „Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI", Abschlussbericht, Februar 2018, DVGW G 201615

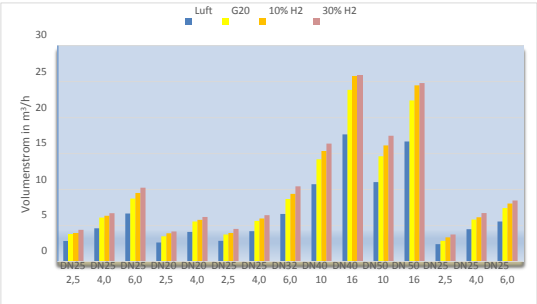
Mit steigendem H_2 Gehalt erhöht sich der Schließdurchfluss.

Trotz erhöhten Betriebsvolumenstrom kommt es zu einem Schließen der GS bei 30 Vol. % H_2

Die Differenz zwischen realen Betriebsvolumenströmen und Schließvolumenströmen ist stets so groß, dass in allen Fällen eine Funktionssicherheit gewährleistet ist

Auslegung kann weiterhin nach bisherigen Regelwerk erfolgen

CH_4	H_2	Normdichte	Heizwert	Leistung des Heizgerätes	Normvolumen-strom (Gas)	Schließfaktor Typ K	Schließdurchfluss	Betriebs-Volumenstrom
in %	in %	in kg/m³	in kWh/m³	in kW	in m³/h	-	in m³/h	in m³/h
100	0	0,7175	9,971	30,0	3,009	1,30	3,911	3,214
98	2	0,7049	9,830	30,0	3,052	1,30	3,967	3,260
96	4	0,6922	9,690	30,0	3,096	1,30	4,025	3,308
94	6	0,6796	9,550	30,0	3,141	1,30	4,084	3,356
92	8	0,6670	9,409	30,0	3,188	1,30	4,145	3,406
90	10	0,6544	9,269	30,0	3,237	1,30	4,208	3,458
88	12	0,6418	9,129	30,0	3,286	1,30	4,272	3,511
86	14	0,6292	8,989	30,0	3,337	1,30	4,339	3,565
85	15	0,6234	8,924	30,0	3,362	1,30	4,370	3,591
84	16	0,6166	8,849	30,0	3,390	1,30	4,407	3,622
82	18	0,6041	8,709	30,0	3,445	1,30	4,478	3,680
80	20	0,5915	8,569	30,0	3,501	1,30	4,551	3,740
78	22	0,5794	8,437	30,0	3,556	1,30	4,623	3,799
76	24	0,5669	8,297	30,0	3,616	1,30	4,700	3,863
74	26	0,5543	8,158	30,0	3,677	1,30	4,781	3,929
72	28	0,5418	8,018	30,0	3,741	1,30	4,864	3,997
70	30	0,5292	7,879	30,0	3,808	1,30	4,950	4,068



Untersuchungsergebnisse
Leitungsdimensionierung gemäß „TRGI“

Diagrammverfahren

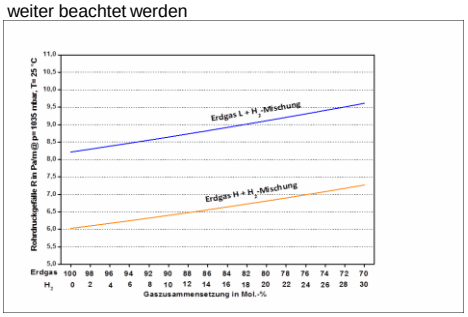
- mittels Umrechnungsfaktor wird für die jeweiligen Gase überschlägig die Leitungsdimension ermittelt
- $f(x) = \frac{H_{I,B}(L-Gas}{H_{I,B}(X)}$
- $f = Umrechnungsfaktor\ [Dimensionslos]$
- $H_{I,B} = Betriebsheizwert\ [kWh\ \ m^3]$

Gasart	$H_{I,B}$	f
	kWh/m³	[ ]
L-Gas	8,6	1,00
LL-Gas	7,5	1,15
H-Gas	10,3	0,83
10%Vol.H_2 + H-Gas	9,8	0,88
23%Vol.H_2 + H-Gas	8,6	1,00
30%Vol.H_2 + H-Gas	8,1	1,06
100%Vol.H_2	3,0	2,87

Quelle: Scholten, F., Dörr, H., Werschy, M.: „Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI“, Abschlussbericht, Februar 2018, DVGW G 201615

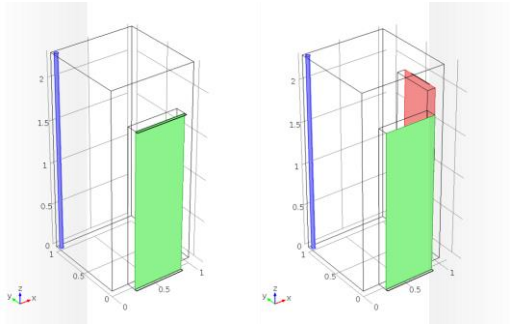
Tabellenverfahren:

- Regelwerk bezieht sich auf die Auslegung für L-Gas, das entspricht volumetrisch H-Gas mit 23 Vol. % H_2
- Beimischung von H_2 in H-Gas stellt bis über 30 Vol.% kein Problem dar
- Der zulässige Gesamtdruckverlust von max. 300 Pa muss weiter beachtet werden



Rohrdruckgefälle steigt bei H_2 Zunahme

Untersuchungsergebnisse
Anreicherung von Wasserstoff in kleinen Räumen (Permeation)



Für diese Geometrien ergeben sich insgesamt drei mögliche Szenarien für die Belüftung:

- Variante 1: Lufteintritt durch unteren Türspalt, Luftaustritt an Türoberkante
- Variante 2.1: Lufteintritt am Fensterrahmen, Luftaustritt durch unteren Türspalt
- Variante 2.2: Lufteintritt durch unteren Türspalt, Luftaustritt an Fensterrahmen

Für die Kombinationsmöglichkeiten, die sich in Verbindung mit den zwei möglichen Gasleitungstypen und den drei definierten Wasserstoffgehalten im Erdgas ergeben, wurde jeweils eine Variation der Luftwechselrate im Bereich von 0,1/h bis 0,5/h bzw. 1/h durchgeführt. Die Ergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

PE-Rohrleitungen

Bei Verwendung von PE-Rohr ist bei Wasserstoffzumischung aber auch bei konventionellem Erdgas (0% H_2) davon auszugehen, dass geringe Mengen des Brenngases durch die Rohrwand permeieren. Dieses Verhalten spiegelt sich in den nachfolgenden Permeationskoeffizienten wieder, welche in Voruntersuchungen ermittelt und als Grundlage für die Berechnung verwendet wurden:

- Permeationskoeffizient Methan: 0,021 cm³/(m*bar*d)
- Permeationskoeffizient Wasserstoff: 0,108 cm³/(m*bar*d)

Quelle: Scholten, F., Dörr, H., Werschy, M.: „Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI“, Abschlussbericht, Februar 2018, DVGW G 201615

Untersuchungsergebnisse

Anreicherung von Wasserstoff in kleinen Räumen (Permeation)

Folgende Szenarien wurden Simuliert:

Geometrie:

- Raumabmessungen: (BxTxH): 1 x 1 x 2,3 m³
- Fenster und Türen
  - Variante 1: 1 Tür (0,6 x 1,9 m²), keine Fenster
  - Variante 2: 1 Tür (0,6 x 1,9 m²), 1 Fenster (0,5 x 1 m²)
- Geometrie gemäß Kommentar zur TRGI 600, Absatz 5.6.4.3.1:
- Abmessungen 0,64 x 0,6 x 2,56 m³

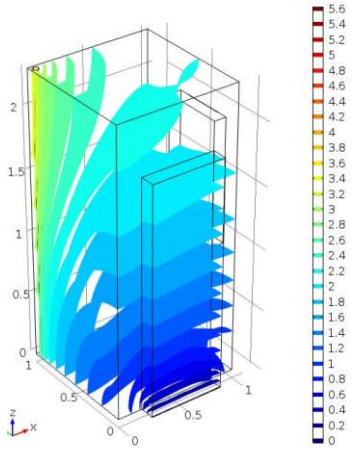
Gasleitung:

- Variante a:
  - vertikale PE-Leitung* ohne Verbinder (Durchleitung)
  - Rohrabmessungen: Durchmesser 48x3,7 mm; Länge 2,3 m
- Variante b:
  - vertikale Metallleitung mit Verbinder
  - Rohrabmessungen: Durchmesser 48 mm; Länge 2,3 m

Wasserstoffgehalt im Erdgas:	0%, 10%, 100%
Gasdruck:	25 mbar
Temperatur:	20°C
Luftwechselrate:	0,1/h bis 1/h

Quelle: Scholten, F., Dörr, H., Werschy, M.: „Mögliche Beeinflussung von Bauteilen der Gasinstallation durch Wasserstoffanteile im Erdgas unter Berücksichtigung der TRGI", Abschlussbericht, Februar 2018, DVGW G 201615

* Die PE-Leitung ist im Rahmen der TRGI nicht zulässig, diese stellt hier, antragsgemäß, den schlechtes möglichen Fall dar und wurde deswegen als Vergleichsbasis herangezogen.



Schlechtest möglicher Fall mit PE-Rohr, 100 % H_2, Luftwechsel 0,1/h, Skala in [%] der UEG

Agenda

1 Unternehmensvorstellung

2 Motivation und Grundlagen

3 Untersuchungsergebnisse Leitungssysteme und Armaturen

4 Untersuchungsergebnisse häusliche Feuerungsprozesse

5 Untersuchungsergebnisse industrielle Feuerungsprozesse

6 Zusammenfassung und Ausblick

Wasserstoff in der häuslichen/ gewerblichen Gasanwendung
Endgeräteerhebungen in Toronto/ Kanada

Jedes der untersuchten ~1.100 Geräte wurde nach folgendem Muster geprüft:

1. Überprüfung der Hersteller Daten, wie zum Beispiel Konstruktionszeichnungen, Bedienungsanleitungen, Regel- und Steuerkonzepte
2. Vergleich der kanadischen/ nordamerikanischen Normen für Gasgeräte und Leitungen mit den europäischen Normen
3. Prüfung der eingesetzten Materialien und Dichtungswerkstoffe auf Wasserstofftauglichkeit
4. Vergleich mit aktuellen Studien und Arbeiten des DBI
5. Vergleich mit Versuchsdaten von ähnlichen Endgeräten aus DBI-Tests

Feststellung der Eignung für 5 % Wasserstoff im Netz
Festlegung der maximalen Wasserstofftoleranz

Quelle: DBI 2018

26.06.2019 27

Wasserstoff in der häuslichen/ gewerblichen Gasanwendung
Untersuchung der Wasserstoffeignung von Haushaltsgeräten

- Überprüfung von Gerätesicherheit, Leistungsabgabe (elektrisch/ Wärme), Abgaswerte, Betriebsverhalten
- Untersuchungsspektrum:
  - Brennwertkessel mit Gebläsebrenner und Matrixbrenner
  - atmosphärischer Kessel
  - BHKW
  - Brennstoffzelle

Wasserstoffanteil im Erdgas	10 – 40 Vol. % in 5 % Schritten
Leistungsabgabe	Kleinlast, 75% und 100% Volllast
Abgaskennwerte	CO, CO_2, O_2, NO, NO_2, (ggf. Feinstaub und Formaldehyd) Einhaltung der Grenzwerte **1. BImSchV** (26.01.2010), **DIN EN 15502-1**, 10/2015, **TA-Luft** (2002) für BHKW
Untersuchung der Sicherheit	Interne Verbindungstechnik, Regelung, Betrieb, Rückschlagverhalten
Betriebsparameter	Wirkungsgradveränderungen, Veränderungen an maximaler und minimaler Heizleistung, Lastflexibilität
Zusätzliche Untersuchungen	Geräuschemissionen, erhöhter Verschleiß an Brennerdüsen und Wärmeübertrager

Quelle: DBI, GWB 2019

26.06.2019 28

Agenda

1 Unternehmensvorstellung

2 Motivation und Grundlagen

3 Untersuchungsergebnisse Leitungssysteme und Armaturen

4 Untersuchungsergebnisse häusliche Feuerungsprozesse

5 Untersuchungsergebnisse industrielle Feuerungsprozesse

6 Zusammenfassung und Ausblick

WASSERSTOFF IN DER INDUSTRIELLEN GASANWENDUNG

Einfluss von Wasserstoff auf Industrieanlagen u. Produkte

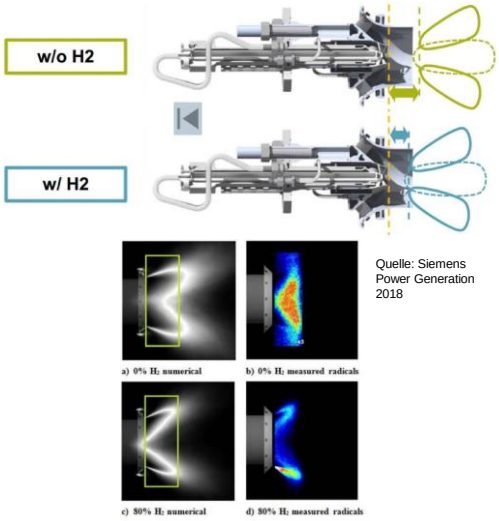
- Einfluss auf die Anlage:
  - Wasserdampfanteil steigt in der Anlage, dies kann ungewünschte chemische Reaktionen in Feuerfestmaterialien und an metallischen Bauteilen hervorrufen (1 % H_2 bedeutet 0,6 % mehr Dampf)
  - Anlagen mit stofflicher Erdgasnutzung verlieren an Durchsatz auf Grund der verdrängten Erdgasmenge
  - Steigende NO_x-Emissionen
  - Hot Spots in Ofenwänden
  - Reduzierte Wärmeleistung bei nicht angepassten Anlagen
  - Einflüsse auf die Gasinstallation
- Einfluss auf Produkte:
  - Unverbrannter Wasserstoff kann Material in Wärmebehandlungsprozessen beeinflussen
    - Gefüge-Veränderungen
    - Ungewünschtes Aufhärten

Mehrbrennstoffbrenner (Erdgas/ Braunkohle)

Quelle: DBI 2018 (OPTISOS)

Wasserstoff in der industriellen Gasanwendung
Einfluss von Wasserstoff auf Gasturbinen

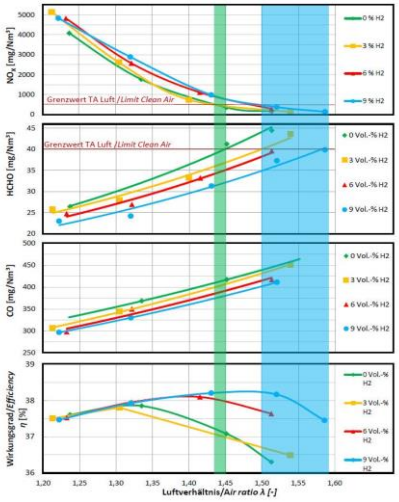
- Vorgemischte Verbrennung mit hohen Luftzahlen (~2) führt zu instabil veranlagten Flammen
- Eine spontane Veränderung der Gaszusammensetzung kann zum Abheben, Abreißen oder anderen Instabilitäten der Flamme und damit zu Schäden an Schaufeln und Brenn-kammern führen
- Alte Maschinen mit Silo-Brennkammern sind deutlich robuster
- NO_x-Emissionen steigen
- CO- und CO_2-Emissionen sinken



Quelle: Siemens Power Generation 2018

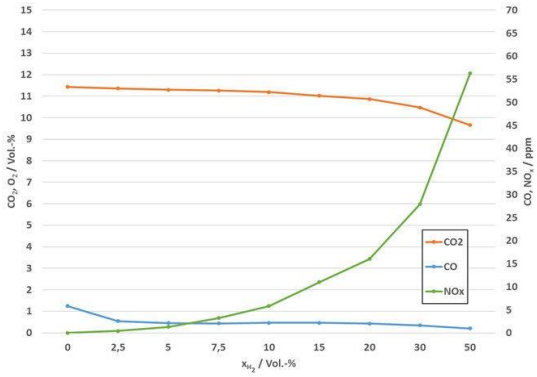
Wasserstoff in der industriellen Gasanwendung
Einfluss von Wasserstoff auf Gasmotoren

- Gasmotoren:
  - Zeitigere Zündzeiten
  - Höhere Verbrennungstemperaturen
  - Veränderte Verbrennungsdrücke
  - Niedrigere Leistungsdichte
  - NO_x –Emissionen steigen
  - CO/ CO_2 Emissionen sinken
  - Niedrigere maximale Leistung (insbesondere bei nicht angepassten Luftzahlen)
  - Niedrigere Formaldehyd-Bildungsraten

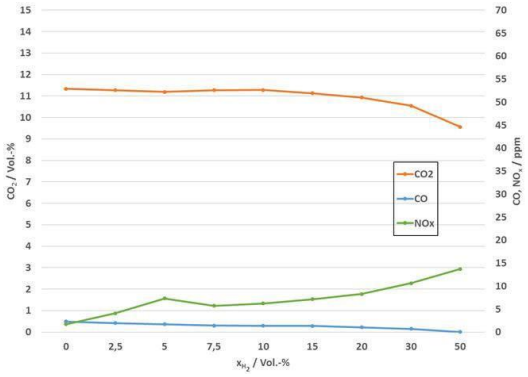


EICHERT, H. ; JARNOVICS, R.: *Wasserstoff als Zusatz für biogas-betriebene Blockheizkraftwerke*. Zwickau, 2013

Untersuchungsergebnisse
Einfluss H_2-Zumischungen auf industrielle Feuerungsprozesse



Industriebrenner III, ohne Regelung

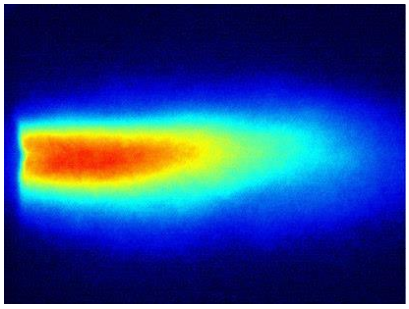


Industriebrenner III, mit Regelung

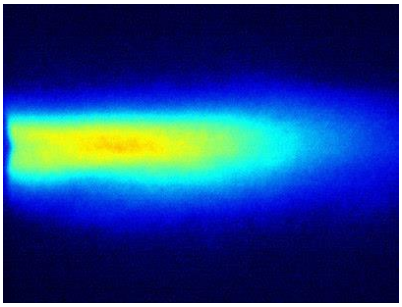
Quelle: GWI: Untersuchung von Wasserstoffzumischungen ins Erdgasnetz auf industrielle Feuerungsprozesse in thermoprozesstechnischen Analgen, Schlussbericht IGF-Vorhaben 18518 N/1, 2017

26.06.2019 ASUE-Expertenkreis Gasturbinentechnik 33

Untersuchungsergebnisse
Einfluss H_2-Zumischungen auf industrielle Feuerungsprozesse



OH-Radikale, Industriebrenner 1, Erdgas, mit Regelung

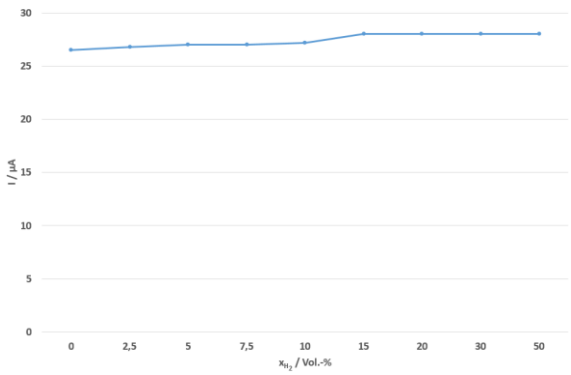


OH-Radikale, Industriebrenner 1, 50 Vol.-% H_2 im Erdgas, mit Regelung

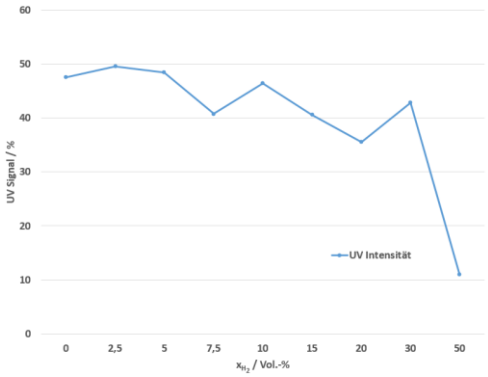
Quelle: GWI: Untersuchung von Wasserstoffzumischungen ins Erdgasnetz auf industrielle Feuerungsprozesse in thermoprozesstechnischen Analgen, Schlussbericht IGF-Vorhaben 18518 N/1, 2017

26.06.2019 ASUE-Expertenkreis Gasturbinentechnik 34

Untersuchungsergebnisse
Einfluss H_2-Zumischungen auf industrielle Feuerungsprozesse



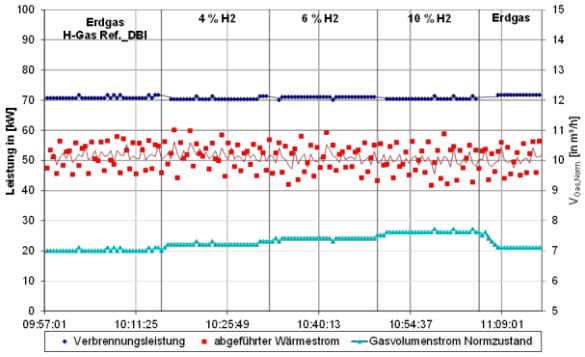
Ionisations-Flammenüberwachung mit bis zu 50 Vol.-% H_2 im Erdgas, Brennersystem I mit Regelung

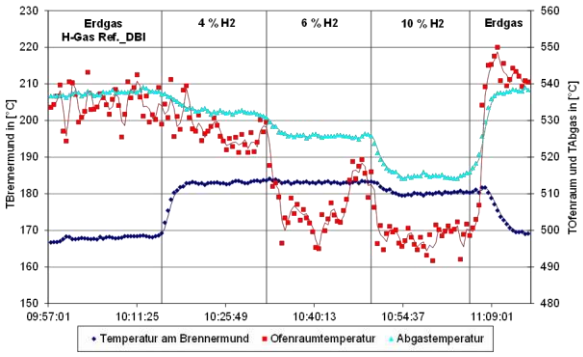


UV-Flammenüberwachung mit bis zu 50 Vol.-% H_2 im Erdgas, Brennersystem I mit Regelung

Quelle: GWI: Untersuchung von Wasserstoffzumischungen ins Erdgasnetz auf industrielle Feuerungsprozesse in thermoprozesstechnischen Analgen, Schlussbericht IGF-Vorhaben 18518 N/1, 2017

Untersuchungsergebnisse
Einfluss H_2-Zumischungen auf industrielle Feuerungsprozesse
100 kW Gebläsebrenner

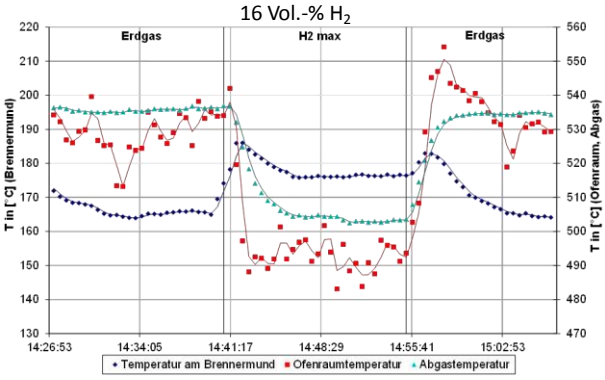




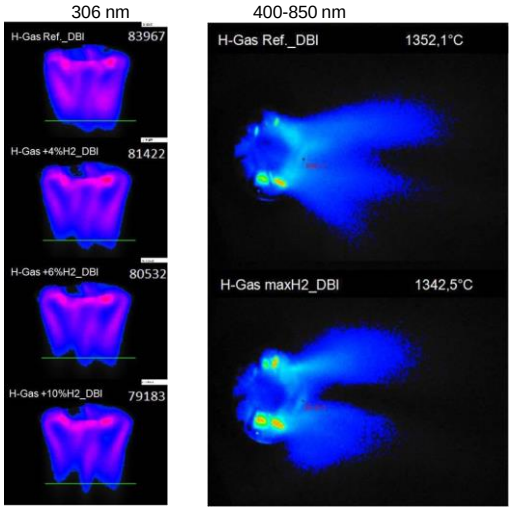
Quelle: Werschy, M. Krause, H., Franke, St., Giese, A., Dörr, H., Benthin, J.: Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen Schlussbericht, G 1/06/10 Phase I und Phase II, 30.09.13

Untersuchungsergebnisse

Einfluss H_2-Zumischungen auf industrielle Feuerungsprozesse
100 kW Gebläsebrenner



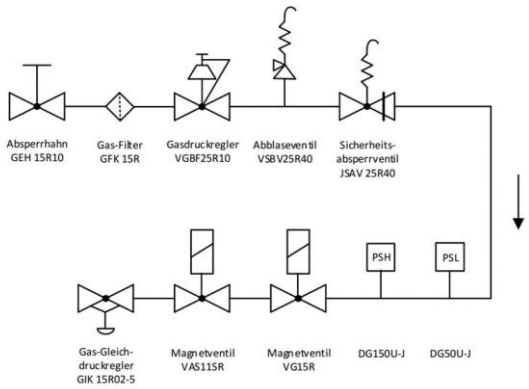
Quelle: Werschy, M. Krause, H., Franke, St., Giese, A., Dörr, H., Benthin, J.: Untersuchungen der Auswirkungen von Gasbeschaffenheitsänderungen auf industrielle und gewerbliche Anwendungen Schlussbericht, G 1/06/10 Phase I und Phase II, 30.09.13



OPTISOS: UV-Bereich (OH-Detektierung, 306 nm) und sichtbarer Wellenlängenbereich (400-850 nm)

Untersuchungsergebnisse

Einfluss H_2-Zumischungen auf industrielle Feuerungsprozesse
Wasserstofftauglichkeit von sicherheitsrelevanten Bauteilen der DIN EN 746-2



Getestete Gas-Druckregelstrecke, Versuchsaufbau: Dichtheitsprüfung, Funktionsürüfung, Alterung

Konventionelle Erdgas-Regelstrecken nach DIN EN 476-2 zeigten eine prinzipielle Eignung für den Betrieb mit 100 % Wasserstoff zeigen

Quelle: DBI, GWB 2018

Agenda

1 Unternehmensvorstellung

2 Motivation und Grundlagen

3 Untersuchungsergebnisse Leitungssysteme und Armaturen

4 Untersuchungsergebnisse häusliche Feuerungsprozesse

5 Untersuchungsergebnisse industrielle Feuerungsprozesse

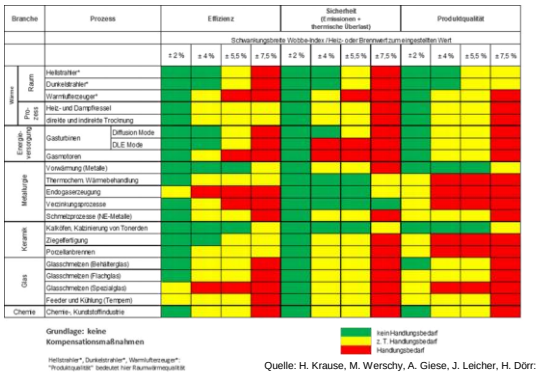
6 Zusammenfassung und Ausblick

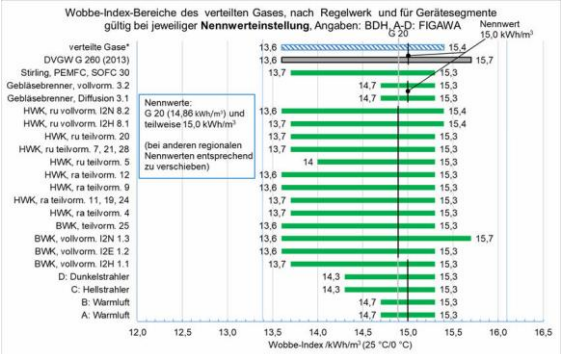
Häusliche, gewerbliche, industrielle Gasverwendungssektoren

- Bislang darf Wasserstoff in den Erdgasnetzen nur im niedrigen einstelligen Prozentbereich beigemisch werden. Der zuständige Verband der Gaswirtschaft hält inzwischen auch Werte bis 20 Vol.-% für technisch unbedenklich.[1)]
- Geprüfte Gasinstallationen und konventionelle Erdgas-Regelstrecken nach DIN EN 476-2 zeigten eine prinzipielle Eignung für den Betrieb bis 100 % Vol.-% Wasserstoff.
- Für häusliche, gewerbliche und industrielle Gasverwendungssektoren laufen gegenwärtig viele Untersuchungen zur Wasserstoffverträglichkeit. Vorliegende Untersuchungsergebnisse für ausgewählte Industriebrenner z. B. zeigen keine Probleme bis 50 Vol.-% Wasserstoff, wenn die Prozesse geregelt werden. Problematisch sind immer Gasbeschaffenheits-schwankungen (s. Ampeldarstellung).
- Änderung DVGW-Arbeitsblatt G 260 „Gasbeschaffenheit“ (03/2013): 20 Vol.% H_2 ins Regelwerk, Inselnetze bis 100 Vol.-% H_2. Aufnahme neuer Gasfamilien für 20 Vol.-% H_2 und 100 Vol.-% H_2.

1) Quelle: VDI-Nachrichten 24.05.2019, Nr. 21/22, S. 18

Haushalt, Gewerbe, Industrie
Schwankungsbreiten GB, Regelwerkanpassung





Quelle: H. Krause, M. Werschy, A. Giese, J. Leicher, H. Dörr: „Hauptsudie Gasbeschaffenheit-Phase II", 14.12.2018, DVGW G 201606

Die Analysen zur Gasbeschaffenheit in beiden Phasen ergaben für Erdgas H erfasste Wobbe-Index-Werte zwischen 13,78 kWh/m³ bis 15,34 kWh/m³, wobei die lokalen Schwankungsbreiten meist unter ±2 % lagen (Analysezeitraum 2013 - 2018). Dies ist der aktuelle Status quo, mit dem die Geräte und Anlagen in Betrieb sind. Die anwenderseitigen Untersuchungsergebnisse im Rahmen der Studie (Felddatenerfassungen, morphologische Kästen, Ampeldarstellungen) zeigten, dass Gasgeräte und -anlagen mit einer Wobbe-Index-Bandbreite von 13,6 kWh/m³ bis 15,4 kWh/m³ (25 °C/0 °C) und einer lokalen Schwankungsbreite des Wobbe-Index von ±2 % sicher, effizient und emissionsarm betrieben werden können. Auf Grundlage der Studie wird empfohlen, eine mögliche Wobbe-Index-Bandbreite von

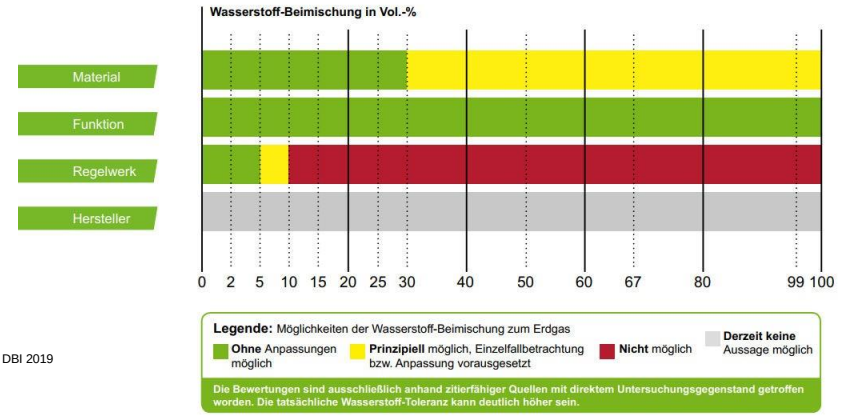
13,6/7 kWh/m³ bis 15,3/4 kWh/m³ (25 °C/0 °C)

mit einer lokalen Schwankungsbreite (gemäß gegenwärtigen Situation z. B. ±2 %) im deutschen Regelwerk zu berücksichtigen

26.06.2019 ASUE-Expertenkreis Gasturbinentechnik 42

Wasserstoff in der häuslichen/ gewerblichen Gasanwendung
Kompendium Wasserstoff in Gasverteilnetzen

Beispiel Balkendiagramm einschl. Definition Ampelfarbgebung Wasserstoff-Verträglichkeit



Quelle: DBI 2019

26.06.2019 43

In eigener Sache – Veranstaltungshinweis

INNOVATIONSFORUM WASSERSTOFF
29.-30. Oktober 2019 | Freiberg

Das INNOVATIONSFORUM WASSERSTOFF ist darauf ausgerichtet, Wasserstoff in all seinen vielfältigen Aspekten als wichtigen Bestandteil der Gasinfrastruktur von Morgen einem breiten Publikum näher zu bringen. Im Forum sollen neueste Ergebnisse und Informationen zu laufenden F&E-Projekten sowie essentielle Grundlagen des Wasserstoffs, Zuhörern aus den Bereichen Energieversorgung, Anlagenbau, Baugewerke aber auch Vertretern von Behörden und Bildungseinrichtungen sowie von Industrie- und Handelskammern näher gebracht werden. Realisiert wird dies im Rahmen eines umfassenden Programms, welches neben Vorträgen und praktischen Versuchen auch durch Unternehmen begleitet wird, die sich bereits aktiv mit Wasserstofftechnologien beschäftigen. Das Forum soll weiterhin Hemmschwellen gegenüber Wasserstoff abbauen, die Unterschiede zu Erdgas veranschaulichen sowie technologische und normative Aspekte aufzeigen, die im Umgang mit Wasserstoff im Bereich der Gasinfrastruktur zu beachten sind.

PROGRAMMINHALTE:
- Historie, Eigenschaften im Vergleich zu Erdgas
- Konventionelle und innovative Herstellungsrouten, Nutzung Erneuerbarer Energien
- Anwendungen in Industrie, Wärme-Strommarkt, Mobilität
- Power-to-X-Pfade
- Gasinfrastruktur, Verträglichkeit von Gasnetzen und Armaturen
- Sicherheit, Gesetzgebung
- Untergrundspeicherung
- **Praktische Versuche mit H_2 vor Ort**

H_2

DBI

Programminhalte

- Historie, Eigenschaften im Vergleich zu Erdgas
- Konventionelle und innovative Herstellungsrouten, Nutzung Erneuerbarer Energien
- Anwendungen in Industrie, Wärme-Strommarkt, Mobilität
- Power-to-X-Pfade
- Gasinfrastruktur, Verträglichkeit von Gasnetzen und Armaturen
- Sicherheit, Gesetzgebung
- Untergrundspeicherung
- Praktische **Versuche mit H_2** vor Ort

Termin: 29.-30. Oktober 2019
Ort: Freiberg, Hörsaal DBI

26.06.2019 44

Energie mit Zukunft.
Umwelt und Verantwortung.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ihr Ansprechpartner

Dr. Matthias Werschy
Fachgebietsleiter/Prokurist

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Karl-Heine-Straße 109/111
D-04229 Leipzig

Web: www.dbi-gruppe.de
Tel.: (+49) 341 2457- 113
E-Mail: Matthias.werschy@dbi-gruppe.de

Besucheradresse: Halsbrücker Straße 34, D-09599 Freiberg

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb

Marktraumumstellung L-H-Gas: Industrielle Gasanwendung in Unternehmen mit Schwerpunkt Gasturbinen

Herr Weigel, swb Vertrieb Bremen GmbH

Marktraumumstellung L-H Gas: Industrielle Gasanwendungen in Unternehmen mit Schwerpunkt Gasturbinen

Erfahrungen, Prozesse, Kostenwälzung

FÜR HEUTE.
FÜR MORGEN.
FÜR MICH.

Mark Weigel
Account-Manager Vertrieb
Strom & Erdgas, Technische Dienstleistungen

swb

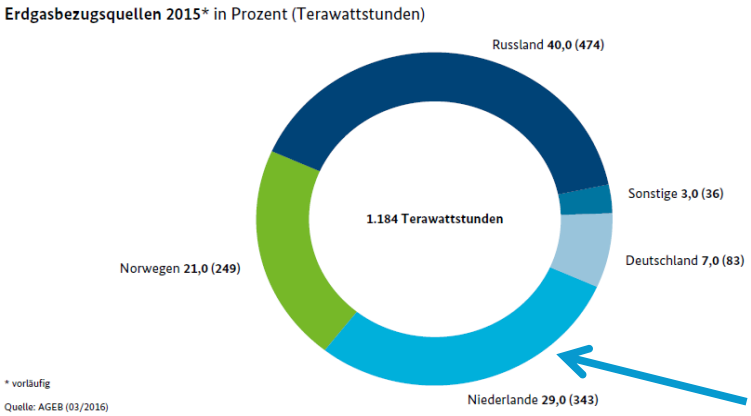
Agenda

1. Hintergründe zur Marktraumumstellung (MRU)
2. Aktuelle Entwicklungen
3. Änderung der Gasbeschaffenheit
4. Umstellungsprozess bei Industriekunden
   - Ablauf Coffein Compagnie Bremen
5. Kosten der Anpassung und deren Wälzung
6. Vorstellung Leistungen der swb Gasumstellung GmbH

swb

Ein Großteil der Erdgasmengen werden aus den Niederlanden (Groningen) mit Erdgas-L importiert

Hintergründe zur MRU



- Ca. 61 % der Importe von Erdgas H (high calorific) aus Russland und Norwegen
- Ca. 29 % der Importe aus den Niederlanden mit Erdgas L (low calorific) getätigt
- Ca. 7 % innerdeutsche Produktion

3 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

Anstieg der Erdstöße um das Erdgasfeld Groningen zwingen die Politik zum Handeln

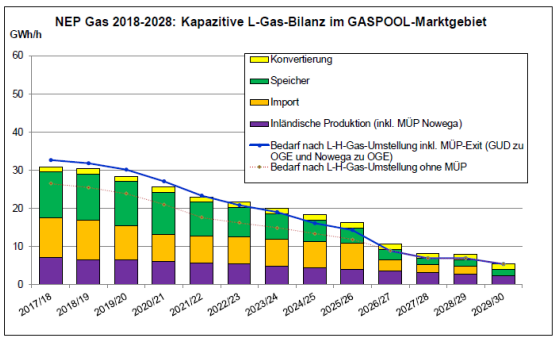
Hintergründe zur MRU

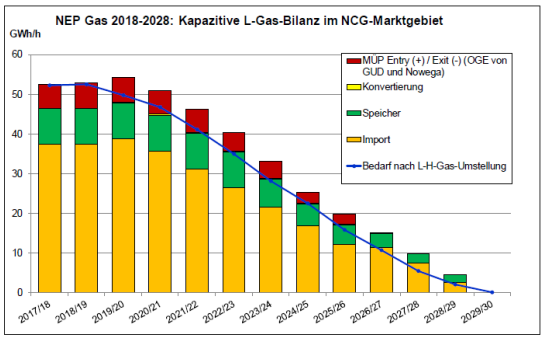
- seit 1986 in Region Groningen mehr als 1.000 Erdbeben
- über 100.000 Schadensmeldungen bei Behörden
- 8. Januar 2018 erneutes Erdbeben mit 3,4 auf Richterskala, das Stärkste seit 5 Jahren
- Niederländische Politik beschließt, die Exportrate bis 2030 auf null abzusenken
- gleichzeitig sinkt innerdeutsche Produktion weiter

4 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

Zukünftige Bilanzen der beiden Marktgebiete GASPOOL und NCG in der Erdgas L Beschaffung

Aktuelle Entwicklungen



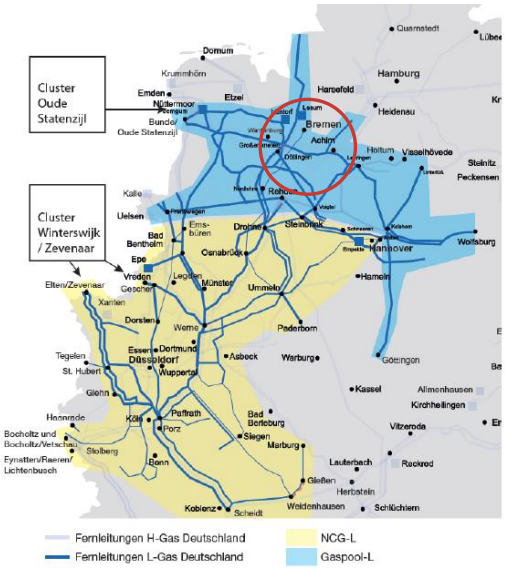


- Produktionsrückgang größer als Exportraten
- Umstellung großer Industriekunden…
- …Erweiterungen von Konvertierungskapazitäten für Erdgas L in den Niederlanden
- erhöhter Bezug von Erdgaskraftwerken aufgrund bevorstehenden Kohleausstieg

5 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

Bis zum Jahr 2030 muss jedes betroffene Netzgebiet auf Erdgas-H umgestellt werden

Umstellgebiete NCG-L und Gaspool-L



Quelle: NEP

Folge:

- Anpassung von ca. 6 Millionen Geräten von Erdgas-L auf Erdgas-H
- Betroffen sind alle Haushalte sowie alle Gewerbe- und Industriekunden in dem Gebiet der MRU
- Änderung der Gasbeschaffenheit

6 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

Die MRU ist derzeit das größte Infrastrukturprojekt der deutschen Gasbranche

Herausforderung Marktraumumstellung

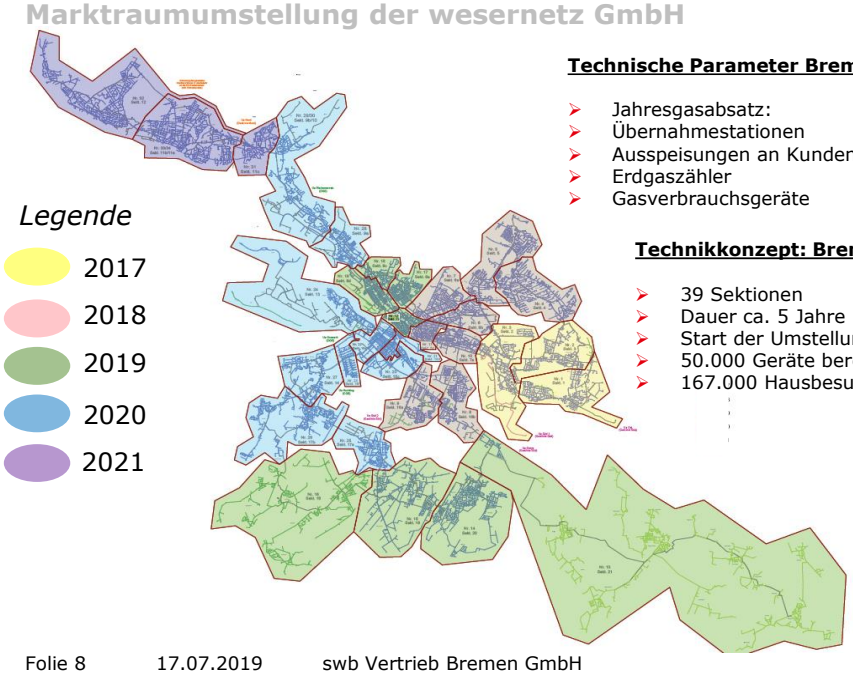
- Komplexer Prozess mit vielen Beteiligten
- Hohe Transaktionskosten umfangreichem Abstimmungsbedarf
- Herausforderung für Kapazitäten und Ressourcen bei
  - Kunden,
  - Dienstleistern,
  - Herstellern,
  - Behörden,
  - Netzbetreibern und
  - Energieversorgungsunternehmen.
- Streng einzuhaltende Vorgaben für Netzbetreiber **und dessen industrielle Abnehmer**

7 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

swb

10 Sektionen geschaltet und über 50.000 GVG´s bereits auf Erdgas H angepasst

Marktraumumstellung der wesernetz GmbH



Technische Parameter Bremen (inkl. südl. Umland)

Jahresgasabsatz:	ca. 8 Mrd. kW/h
Übernahmestationen	8 Stück
Ausspeisungen an Kunden	106.000 (550 HD)
Erdgaszähler	171.932 Stück
Gasverbrauchsgeräte	201.300 Stück

Technikkonzept: Bremen

- 39 Sektionen
- Dauer ca. 5 Jahre
- Start der Umstellung 2017
- 50.000 Geräte bereits angepasst
- 167.000 Hausbesuche

Folie 8 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

swb

Wesentliche Kenngrößen bei Erdgas L und H weichen zum Teil stark voneinander ab

Änderung der Gasbeschaffenheit

Kenngröße	Einheit	Erdgas L Holland	Erdgas H Misch	Abw.* (in %)
Brennwert, $H_{s,n}$	kWh/m³	10,30	11,37	+ 10,4
Heizwert, $H_{i,n}$	kWh/m³	9,31	10,27	+ 10,4
O. Wobbe-Index, $W_{s,n}$	kWh/m³	12,91	14,55	+ 12,7
U. Wobbe-Index, $W_{i,n}$	kWh/m³	11,66	13,13	+ 12,7
stöchiometrischer Luftbedarf	m³/m³	8,73	9,83	+ 12,6
CO_2 max i.tr. Abgas	Vol.-%	11,8	12,20	+ 3,4
Methanzahl	MZ	89	84	– 5,6
CH_4 Methan	Vol.-%	84	92	+ 9,5
C_3H_8 Propan	Vol.-%	0,65	1,15	+ 43,3
N_2 Stickstoff	Vol.-%	9,79	0,74	- 92,4

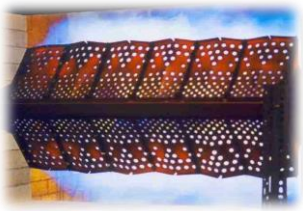
* Änderungen gegenüber Erdgas-L

9 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH swb

Vielzahl an sensiblen Branchen und Prozessen bei denen Qualitätsprobleme auftreten können

Auswirkungen auf Industrieunternehmen

- Einsatz der Erdgasflamme als Werkzeug (z. B. Brennschneiden, Feuerpolitur von Gläsern, Abschmelz- bzw. Abspreng-Prozesse)
- Glasindustrie, insbesondere Glasfaserherstellung
- Wärmebehandlungsprozesse in der Metallindustrie
- Porzellanindustrie
- Herstellung von hochwertigem Branntkalk
- Lebens- und Futtermittel (trocken, z. B. Gewürze, Backwaren, Malzdarren)
- Chemische Industrie, Erdgas als Rohstoff (Wasserstofferzeugung, Düngemittelproduktion)



Flächenbrenner

Zeitnahe Umstellung erforderlich!!!

10 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH swb

Umstellungsbericht Kaffeebranche Bremen

COFFEIN COMPAGNIE
REFINING GREAT COFFEE SINCE 1931.

UMSTELLUNG VON L- AUF H-GAS - AUSWIRKUNGEN AUF DEN BETRIEB DER KWK- UND BESTANDSKESSELANLAGE AM 10.10.2018

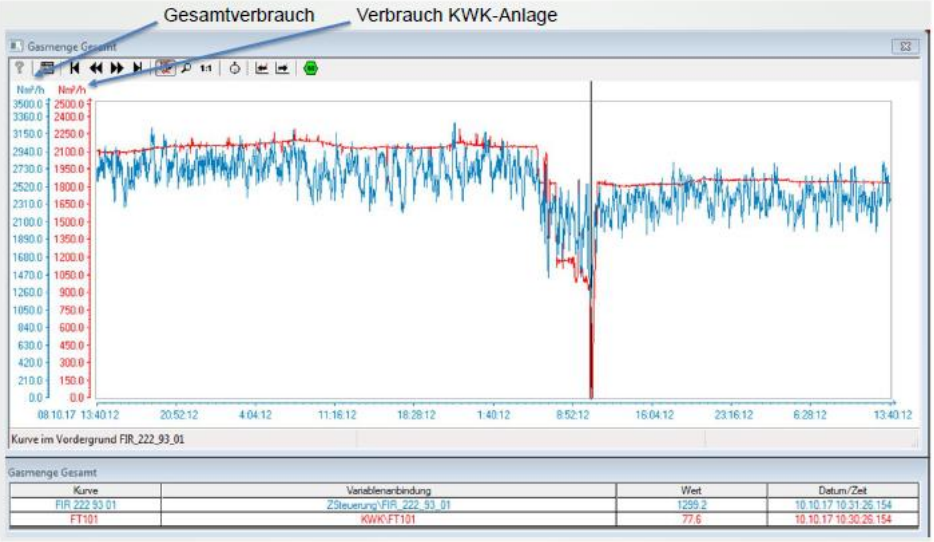
26.06.2019
Heinz Templin

Folie 11 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

swb

veränderter Gasdurchsatz mit Erdgas H

Gasverbrauch vorher / nachher in Nm³

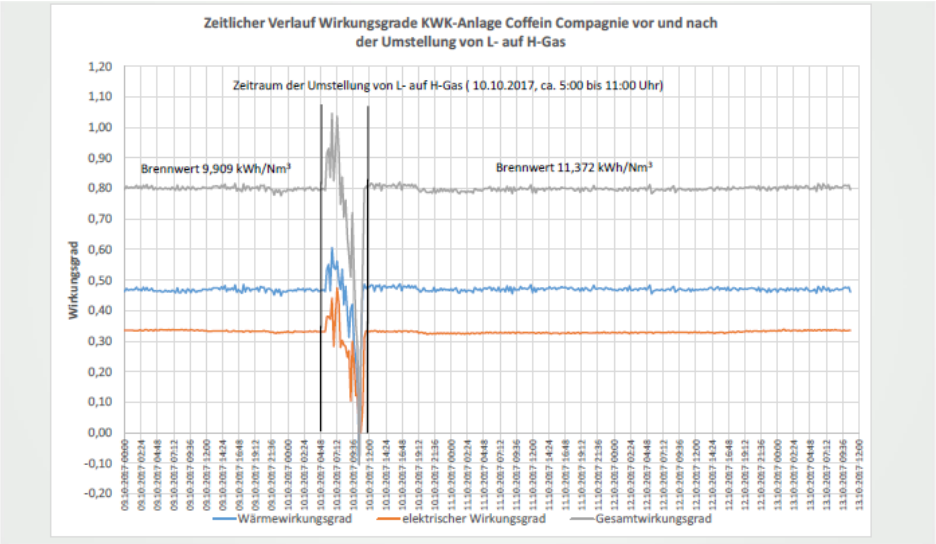


Folie 12 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

swb

Während der Umstellungsphase gab es starke Schwankungen im Wirkungsgrad

Zeitlicher Verlauf der Wirkungsgrade



Übersicht der Anpassungsablaufes

Umstellung der Gasturbine

KWK

Vorbereitung / Umstellung / Nachbearbeitung

- Datenzusammenstellung (Gasverbrauchsgeräte) / Kostenermittlung für Kostenübernahme / Übergabe der Daten an wesernetz
- 10.10.2017 - Fa. Turbomach vor Ort für Umstellung der neuen Gaskonzentration im Regler (Steuerungsanpassung, Stopp/Start der Anlage) mit anschließender Emissionsmessung
- 06.11.2017 - Umstellung interne Gasverbrauchsmessgeräte auf neue Gaskonzentration (Begleitung durch Eichamt)
- 23.01.2018 - Nachmessung Emissionsmessung (TÜV)

Übersicht der Anpassungsablaufes

Umstellung der Dampfkesselanlagen

DAMPFKESSEL

Vorbereitung / Umstellung / Nachbearbeitung

- Datenzusammenstellung (Gasverbrauchsgeräte) / Kostenermittlung für Kostenübernahme / Übergabe an wesernetz
- 10.10.2017 - Umstellung der neuen Gaskonzentration an den Brennern der Kessel mit Emissionsmessung durch Fa. Elco - Durchführung Emissionsmessung (TÜV)
- 23.01.2018 - Nachregulierung der Brennstoffeinstellung durch Fa. Elco u. a. Änderung der Stützdüsen / Justierung der Hauptdüsen und anschließender Nachmessung Emissionsmessung (TÜV)

Folie 15 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

swb

Fragen und Antworten zum Umstellungsprozess

Coffein Compagnie

- Welche Erfahrungen haben Sie mit TURBOMACH gemacht?
  - Da wir einen Servicevertrag mit TURBOMACH haben, gab es keine Probleme bei der Umstellung. Turbomach war an dem Tag der Umstellung vor Ort und hat die Anlage eingeregelt.
- Wie läuft die Anlage mit der veränderten Gasbeschaffenheit?
  - Die techn. Betreuung der Anlage erfolgt durch Fa. TURBOMACH. Wir können keine negativen Auswirkungen feststellen (siehe Wirkungsgrad)
- Gibt es Auswirkungen bzgl. Gasbeschaffenheitsschwankungen?
  - Bis jetzt nicht.

Folie 16 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

swb

Alle GVG sowie Kessel- und Thermoprozessanlagen müssen zu 100 % erhoben und angepasst werden

Auswirkungen auf Industrieunternehmen

Beispiele:

- Hausthermen, Heizkessel
- Dampf-Heißwasserkessel
- Gasturbinen, BHKW´s
- freibrennende Brenner
- Hell- und Dunkelstrahler
- Thermoprozessanlagen

Brammenvorwärmung

Hellstrahler

Gasturbine

Brennschneiden mit Erdgas

17 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

Grundsätzlich ist der Netzbetreiber verantwortlich für den gesamten Umstellungsprozess

Anpassungen der erdgasverbrauchenden Anlagen

- Erdgasanlagen auf Werksgelände sind von Erdgas L auf Erdgas H anzupassen.
- Nach § 9 Kooperationsvereinbarung (KoV) Gas VIII Unterscheidung der gasbetriebenen Geräte/Anlagen in zwei Gruppen zielführend:

1. **Anlagen im industriellen Einsatz**
   - Nicht Standard-Gasanwendungen, z. B. Thermoprozessanlagen bei Betreibern mit registrierender Leistungsmessung (RLM-Kunden)
2. **Anlagen im häuslichen/gewerblichen Bereich**
   - Standard-Gasanwendungen, z. B. Heizungen, Brauchwasserbereitung bei Standard-Lastprofil-Kunden (SLP-Kunden)

- Nach § 19a EnWG ist der Netzbetreiber zuständig für technische Maßnahmen
- KoV Gas VIII: Bestandserfassung aller Gasgeräte/-anlagen in seinem Gasversorgungsnetz
- Veranlassung der L-H-Erdgas-Anpassung durch den Netzbetreiber bei Standard-Gasanwendungen sowie bei Nicht-Standard-Gasanwendungen (§ 9 Nr. 1c KoV Gas VIII)

18 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH

Industriekunde kann die Erhebung und die Anpassung seiner Anlagen selber durchführen

Anpassungen der erdgasverbrauchenden Anlagen

- Netzbetreiber stimmt erforderlichen Maßnahmen zur Anpassung der Nicht-Standard-Gasanwendungen mit dem Anlagenbetreiber ab
- Festlegung und Durchführung der Maßnahmen durch
  1. qualifiziertes Fachpersonal des Betreibers,
  2. Anlagenhersteller,
  3. spezialisiertes Fachunternehmen, z. B. zertifiziert nach DVGW-Arbeitsblatt G 676-B1.

19 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH swb

Für den Industriekunden ist die eigene Marktraumumstellung kostenneutral

Kosten der Anpassung und deren Wälzung

- **Alle Kosten der Anpassung übernimmt der zuständige Netzbetreiber**
- Kostentragung bei nicht Standard-Gasanwendungen nach § 9 Nr. 1c KoV Gas VIII
- Bis 5.000 € pro Netzanschluss:
  - ohne gesonderte Absprache mit der Regulierungsbehörde
- Bei Kostenüberschreitung von 5.000 € pro Netzanschluss:
  - Abstimmung zwischen Netzbetreiber, Industriekunden und Regulierungsbehörde
- Möglichkeiten der Kostenermittlung durch:
  - Netzbetreiber
  - Anlagenbetreiber
  - Anlagenhersteller
  - Fachunternehmen, z. B. zertifiziert nach DVGW Arbeitsblatt G 676-B1

20 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH swb

swb passt bereits Industriekunden verschiedenster Branchen an

Leistungen für Sonderletztverbraucher (Industriekunden)

> Auswahl an Branchen und Industrien mit Erdgasbezug:

- Keramikindustrie, Grob-und Feinkeramik, Sanitär-und techn. Keramik
- Maschinen- und Anlagenbau, Wärmebehandlungsprozesse
- Chemische Industrie Erdgas als Rohstoff (Wasserstoff, Düngemittel)
- Energie, Kessel, BHKW- und Gasturbinenanlagen

> Jeder Industriekunde bekommt ein individuelles Angebot, welches so nur für sein Unternehmen passend ist

- Projektmanagement:
  → Erhebung aller Anlagen
  → Einholung von Angeboten
  → Anpassung
  → Kostenprüfung
  → QS
- Laufende Abstimmung mit Kunden, Netzbetreiber und Regulierungsbehörde

Folie 21 Mark Weigel, swb Vertrieb GmbH swb

swb unterstützt die Kunden bei der Lösung der Aufgabe MRU durch ein umfangreiches Leistungsportfolio

Leistungen der swb Gasumstellung GmbH

Netzbetreiber	Industriekunden
Erhebung aller Gasverbrauchsgeräte bei Haushalt, Gewerbe und Industrie	Projektmanagement
Anpassung aller erhobenen GVGs	Erhebung aller Erdgasverbrauchsanlagen
Durchführung der Qualitätssicherung	Einholung und Bewertung von Angeboten
Disposition sowie Qualifizierung- und Weiterbildung der eingesetzten Monteurskapazitäten	Anpassung der Thermoprozess- und Kesselanlagen
Übernahme der Materialwirtschaft	Kostenprüfung und Abstimmung mit Bundesnetzagentur
Beratung aus dem Konzern heraus bei der Kommunikation, Ausschreibungen/Einkauf, IT,	Qualitätssicherung: Erfassung wichtiger Betriebsparameter, wie Produktgüte, Energiekennzahlen, Leistung, Emissionswerte usw.
Umsetzung aller Maßnahmen gemäß DVGW-Arbeitsblatt G680 und mit nach DVGW G 676 B1/A und B1/B sowie WG1: GG-HW-IF zertifizierten Partnerfirmen und Monteuren	

22 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH swb

swb kann nicht alles. Aber wir können mehr als MRU: Weitere Energie- und technische Dienstleistungen

Überblick EDL/TDL von swb

Energiedienstleistungen:
- Energiekonzepte zur Neugestaltung Ihrer Energieversorgung
- Energetische Inspektion von Lüftungsanlagen
- Nachweiserstellung nach EnEV
- u. v. m.

Elektro- und Leittechnische Dienstleistungen:
- Planung/Errichtung von Prozessleittechniklösungen
- Wartung/Instandhaltung von Mess- und Regeltechnik
- Planung, Errichtung, Finanzierung von Energieversorgungsanlagen
- u. v. m.

Maschinentechnische Dienstleistungen:
- Wartungs-/Instandhaltungsservices für Maschinentechnik
- Schwingungsanalyse Maschinentechnik
- Endoskopie
- u. v. m.

Schulungen:
- Sicherheitsanforderungen im Umgang mit Thermoprozessanlagen

Folie 23 Mark Weigel, swb Vertrieb GmbH swb

In den kommenden Monaten wollen wir mit unseren Partnern weitere Kunden im Markt bei der MRU begleiten.

Ansprechpartner der swb Gasumstellung GmbH

Werner Hölscher

Prokurist

swb Gasumstellung GmbH
Theodor-Heuss-Allee 20
28215 Bremen
T 0421 359–5000
F 0421 359–153422
gasumstellung@swb-gruppe.de

Andreas Guntermann

Projektmanager

swb Gasumstellung GmbH
Theodor-Heuss-Allee 20
28215 Bremen
T 0421 359–5024
F 0421 359–153422
andreas.guntermann@swb-gruppe.de

Mark Weigel

Account Manager

swb Vertrieb GmbH
Theodor-Heuss-Allee 20
28215 Bremen
T 0421 359–3931
F 0421 359–3980
mark.weigel@swb-gruppe.de

Holger Burgdorf

Projektmanager

swb Gasumstellung GmbH
Theodor-Heuss-Allee 20
28215 Bremen
T 0421 359–5424
F 0421 359–153422
holger.burgdorf@swb-gruppe.de

24 17.07.2019 swb Vertrieb Bremen GmbH swb

Marktraumumstellung mit swb:

Wir freuen uns die Herausforderungen unserer Kunden zu lösen!

FÜR HEUTE.
FÜR MORGEN.
FÜR MICH.

Besuchen Sie uns Online:
www.swb-gruppe.de/gasumstellung

info@swb-gruppe.de
www.swb-gruppe.de

swb

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb

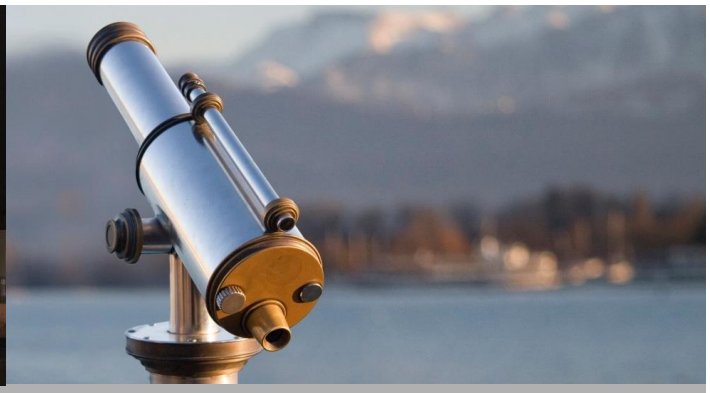
Gasturbinen im zukünftigen Umfeld der Energiewende – Öffentliche Versorgung und Industrie

Herr Marco Wünsch, Prognos AG

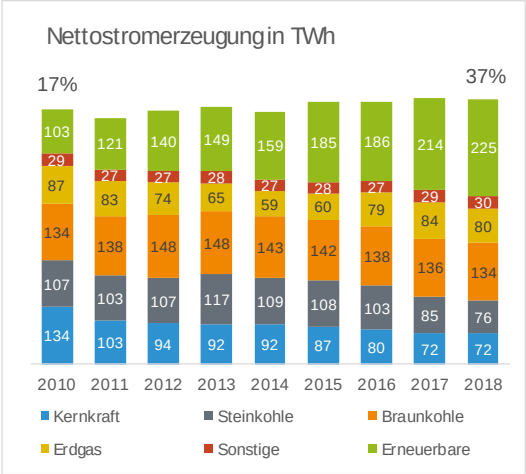
Rolle von Gaskraftwerken und Gasturbinen im Umfeld der Energiewende

ASUE Expertenkreis Gasturbinen

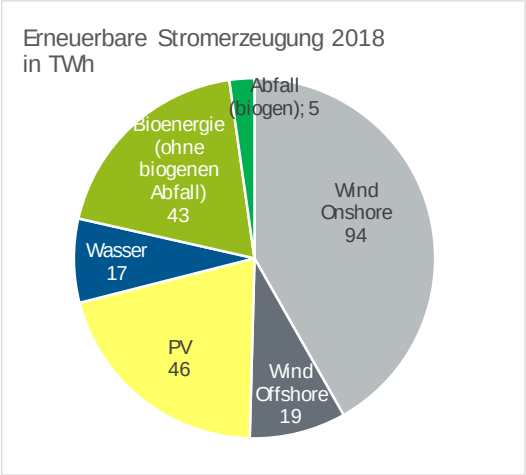
Bremen, 26. Juni 2019
Marco Wünsch



Strommarkt



Quelle: AG Energiebilanz



- Rückgang der Erzeugung aus Kernenergie und Steinkohle
- Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien seit 2010 mehr als verdoppelt, auf 37% der Nettostromerzeugung
- Stromerzeugung aus Erdgas nach starkem Einbruch 2013-2015 wieder angestiegen

© 2019 Prognos AG 2

Installierte Leistung nach Anlagentypen in Deutschland

prognos

	Netto-Engpass-leistung elektrisch*	KWK-Leistung	Kond-Leistung	KWK-Strom-erzeugung
	GW			MWh
Gesamt	**82.7**	**33.4**	**49.3**	**96 741 866**
Dampfturbinen	54.1	15.7	38.4	37 485 498
Gasturbinen	20.5	12.4	8.1	31 985 892
Motoren + Sonstige Anlagen	8.1	5.3	2.8	27 270 476
Gesamt AV + IKW	**76.6**	**30.0**	**46.6**	**74 626 707**
Dampfturbinen	53.6	15.5	38.1	35 682 973
Gasturbinen	20.5	12.4	8.1	31 985 892
Motoren + Sonstige Anlagen	2.5	2.1	0.4	6 957 843
Allgemeine Versorgung	**67.7**	**21.4**	**46.3**	**44 915 893**
Dampfturbinen	48.7	10.9	37.9	24 084 106
Gasturbinen	17.1	9.0	8.1	15 833 037
Motoren + Sonstige Anlagen	1.8	1.5	0.3	4 998 751
Industrielle Kraftwirtschaft	**8.9**	**8.6**	**0.3**	**29 710 814**
Dampfturbinen	4.9	4.6	0.2	11 598 867
Gasturbinen	3.4	3.4	0.0	16 152 855
Motoren + Sonstige Anlagen	0.7	0.6	0.1	1 959 092

Quelle: Öko-Institut; Werte für 2014

© 2019 Prognos AG

prognos

Mittel und langfristige Perspektive

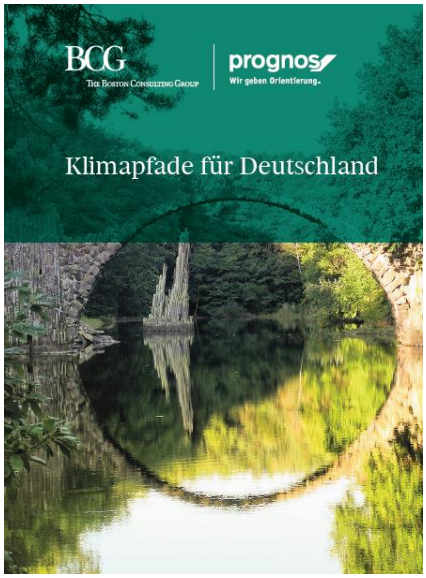
Entwicklung bis 2050 am Beispiel der Szenarien – Klimapfade für die Industrie

© 2019 Prognos AG

Hintergrund – BDI Szenarien Klimapfade für Deutschland

prognos

- Auftraggeber: BDI
- Bearbeitung: BCG und Prognos
- Bearbeitungsdauer: 10 Monate
- 68 beteiligte Verbände und Unternehmen
- 40 Workshops
- 3 Klimapfade (Referenz, 80%, 95%)

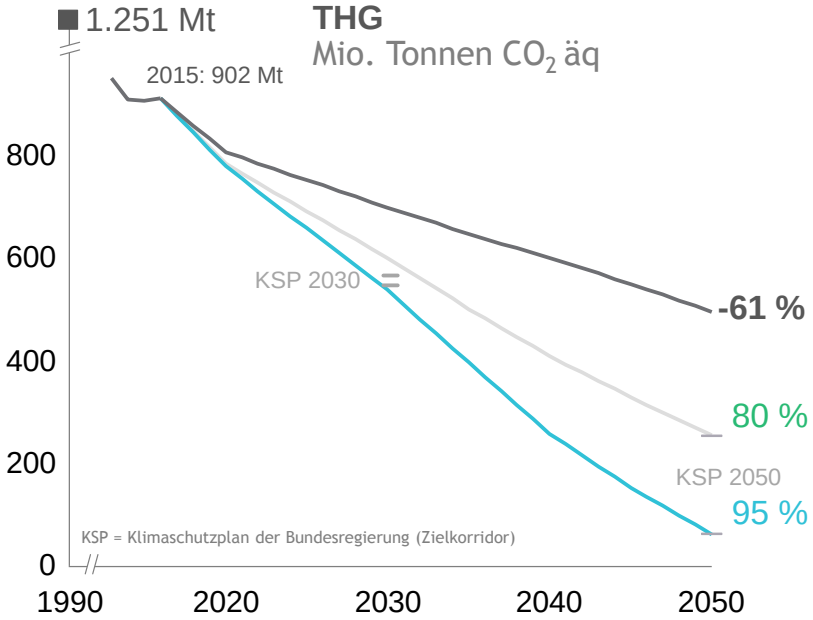


© 2019 Prognos AG

Abgleich Klimaschutzplan und BDI Szenarien

prognos

- Erreichung des Zwischenziels 2030 war in den Szenarien keine Vorgabe
- 80% Pfad liegt in 2030 40 Mio. Tonnen über dem KSP, 95% Pfad liegt darunter

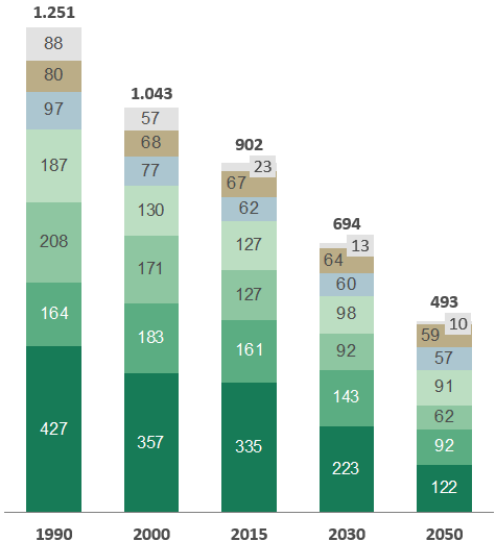


© 2019 Prognos AG

Entwicklung THG-Emissionen - Referenzszenario

prognos

THG-Emissionen Deutschland 1990 – 2050
(Mt CO_2ä)



1. Enthält Abfallwirtschaft, flüchtige Emissionen und Militär

Sektor-spezifische Einsparungen

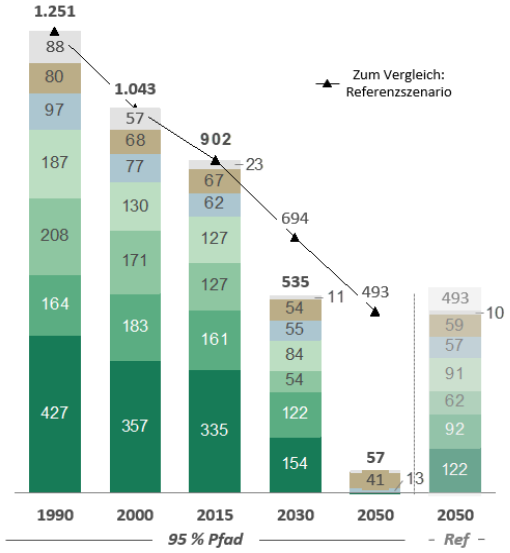
	1990 – 2015	1990 – 2030	1990 – 2050
Andere[1]	-74%	-85%	-88%
Landwirtschaft	-16%	-20%	-25%
Prozessemissionen	-36%	-38%	-41%
Industrielle Energieemissionen	-32%	-48%	-52%
GHD/Haushalte	-39%	-56%	-70%
Verkehr	-2%	-13%	-44%
Energie/ Umwandlung	-22%	-48%	-71%
Alle Sektoren	**-28%**	**-45%**	**-61%**

© 2019 Prognos AG

Entwicklung THG-Emissionen – 95% Szenario

prognos

THG-Emissionen Deutschland 1990 – 2050
(Mt CO_2ä)



1. Enthält Abfallwirtschaft, flüchtige Emissionen und Militär

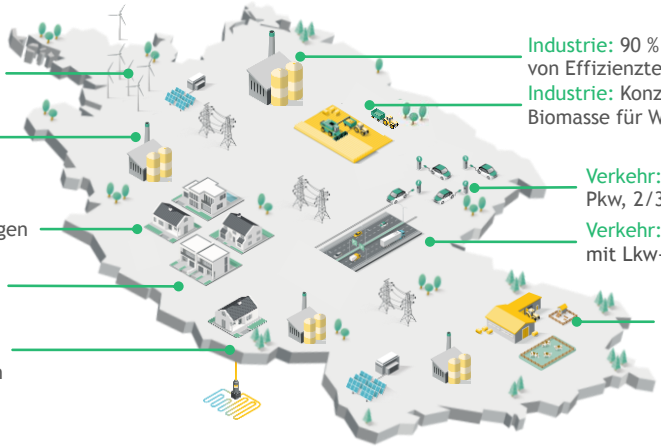
Sektor-spezifische Einsparungen

	1990 – 2015	1990 – 2030	1990 – 2050
Andere[1]	-74%	-87%	-96%
Landwirtschaft	-16%	-32%	-49%
Prozessemissionen	-36%	-43%	-87%
Industrielle Energieemissionen	-32%	-55%	-99%
GHD/Haushalte	-39%	-74%	-100%
Verkehr	-2%	-26%	-100%
Energie/ Umwandlung	-22%	-64%	-100%
Alle Sektoren	**-28%**	**-57%**	**-95%**

© 2019 Prognos AG

80% Pfad: Ausstieg aus der Kohleverstromung, starke Elektrizierung Verkehr und Wärmemarkt, Energieeffizienz

prognos



PV = Photovoltaik
Alle Zahlen beziehen sich auf 2050

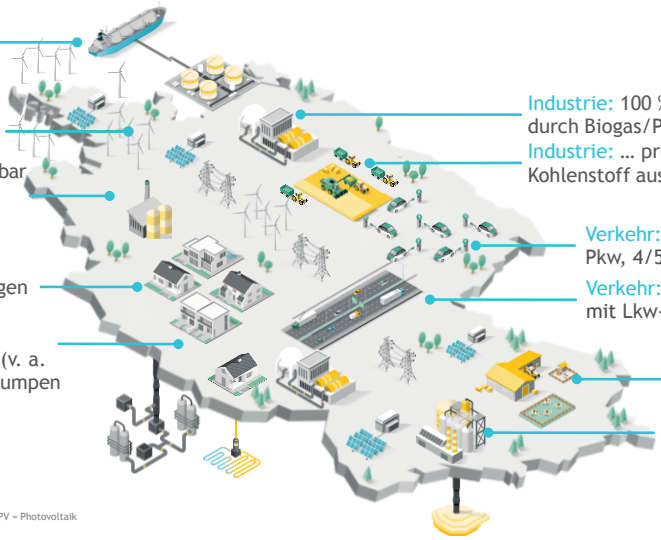
Quelle: BCG / Prognos

Copyright © 2017 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

© 2019 Prognos AG

95% Pfad: Mehr EE und Elektrifizierung, Importe von syn. Brennstoffen und Einsatz von CCS

prognos



PtL = Power-to-Liquid, PtG = Power-to-Gas, PV = Photovoltaik
Alle Zahlen beziehen sich auf 2050

Quelle: BCG / Prognos

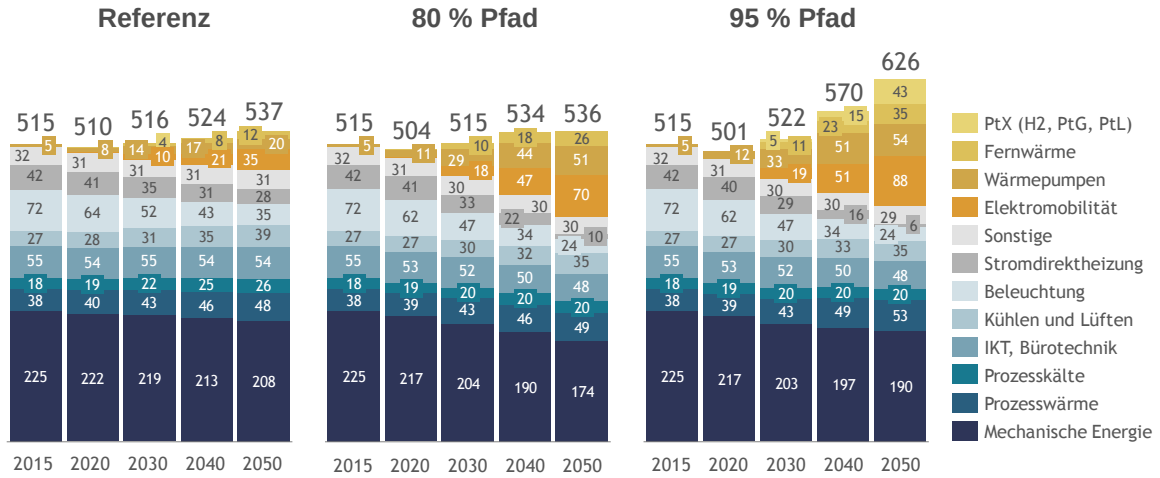
Copyright © 2017 by The Boston Consulting Group, Inc. All rights reserved.

© 2019 Prognos AG

Entwicklung Nettostromverbrauch nach Anwendungen

prognos

- Rückgang des Stromverbrauchs in klassischen Anwendungen
- Anstieg des Gesamtstromverbrauchs durch steigende Anteile von Elektromobilität, Wärmepumpen und die Herstellung von synthetischen Energieträgern

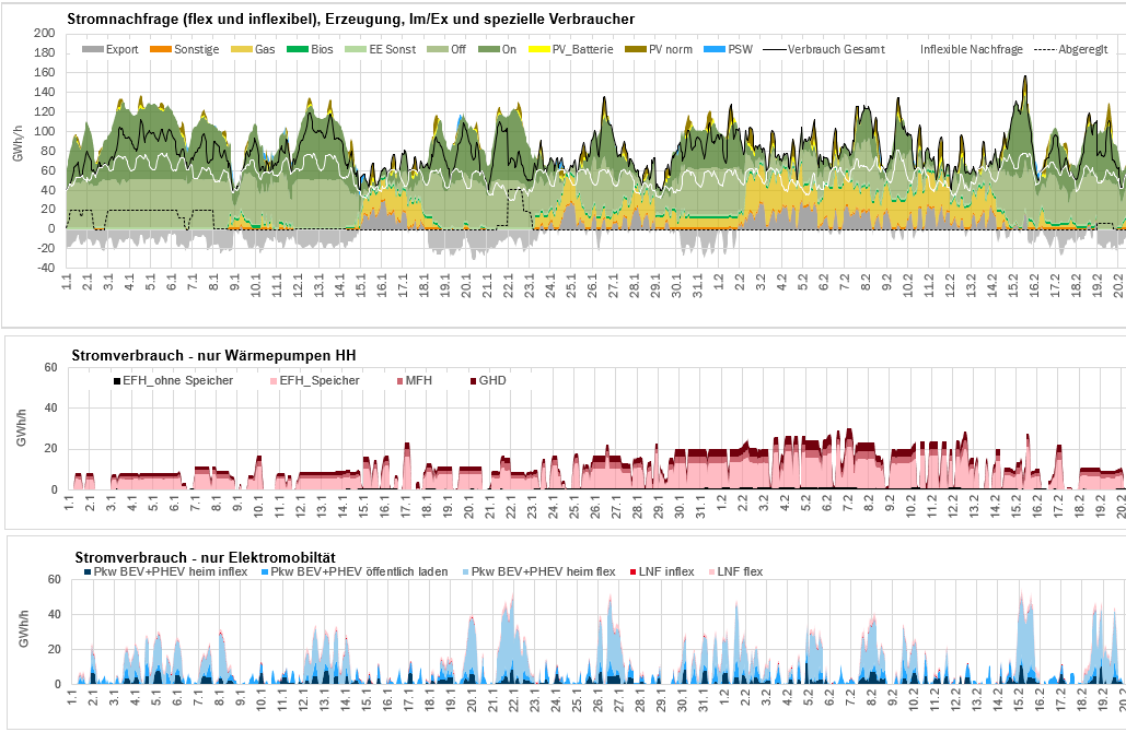


Quelle: BCG, Prognos

© 2019 Prognos AG

Stündliche Situation im Stromsystem im Winter 2050 Basis: Wetterjahr 2012

prognos

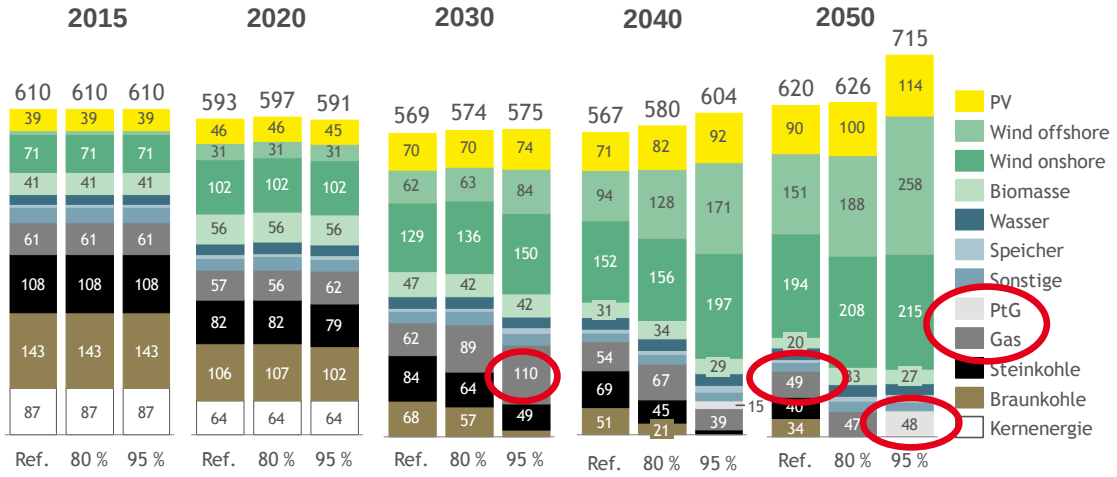


© 2019 Prognos AG

Entwicklung der Nettostromerzeugung

prognos

- Anstieg der Stromerzeugung aus Erdgas bis 2030
- Langfristig Rückgang, aber Sockel von etwa 50 TWh Stromerzeugung aus Gas in allen Szenarien (Erdgas im 80% Pfad, synthetisches Gas im 95% Pfad)



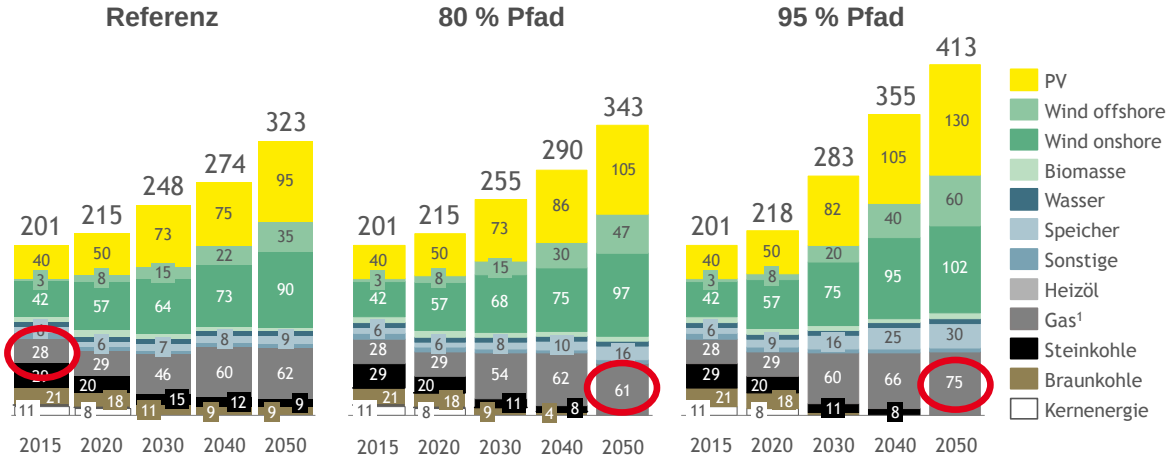
Quelle: BCG, Prognos

© 2019 Prognos AG 13

Ergebnisse – installierte Kraftwerksleistung

prognos

- Die installierte Leistung des Kraftwerksparks steigt in allen Szenarien deutlich
- Auslaufen der Kohleverstromung nach 2040 im 80% Szenario
- Frühzeitige Stilllegung der Kohlekraftwerke im 95% Szenario (infolge des angenommenen CO2-Zertifikatepreises)



Quelle: BCG, Prognos

© 2019 Prognos AG 14

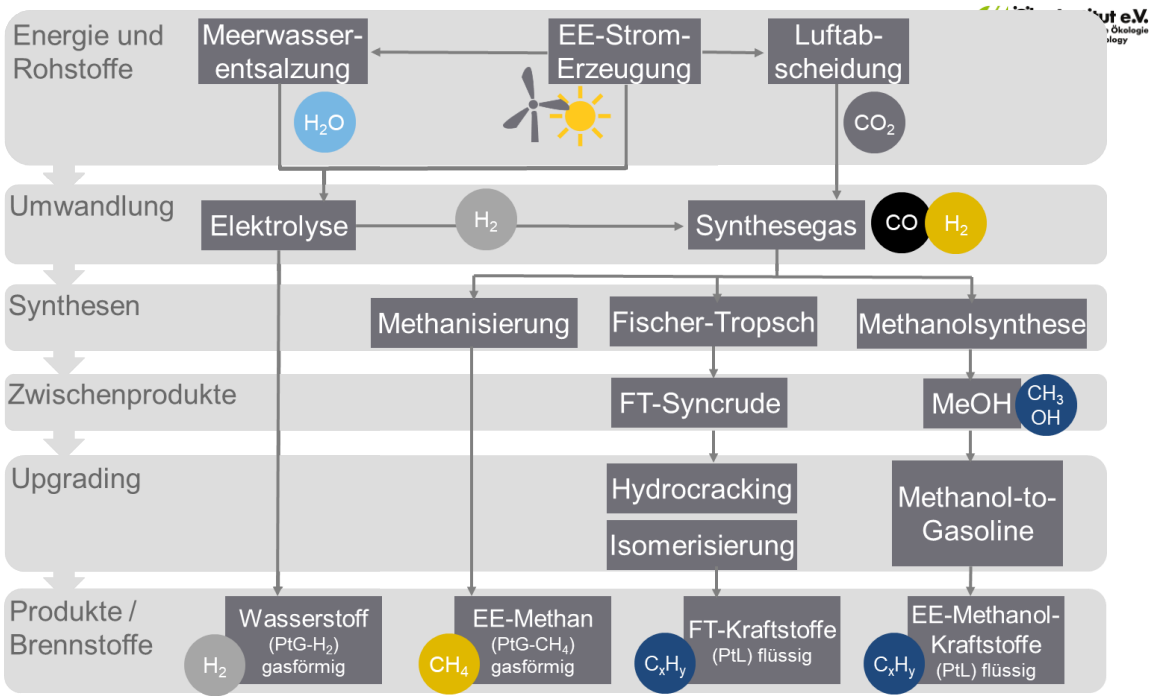
prognos

Rolle und Bedeutung von synthetischen Energieträgern

© 2019 Prognos AG 15

Wege von elektrischem Strom zu Brennstoffen

prognos



PtX: Power-to-X (Oberbegriff für strombasierte chemische Energieträger) | FT: Fischer-Tropsch | EE: Erneuerbare Energien | PtG: Power-to-Gas (Oberbegriff für strombasierte, gasförmige Energieträger) | PtL: Power-to-Liquid (Oberbegriff für strombasierte, flüssige Energieträger)

© 2019 Prognos AG 16

Strombezugskosten Elektrolyse: „MENA“ Beispiel Saudi-Arabien

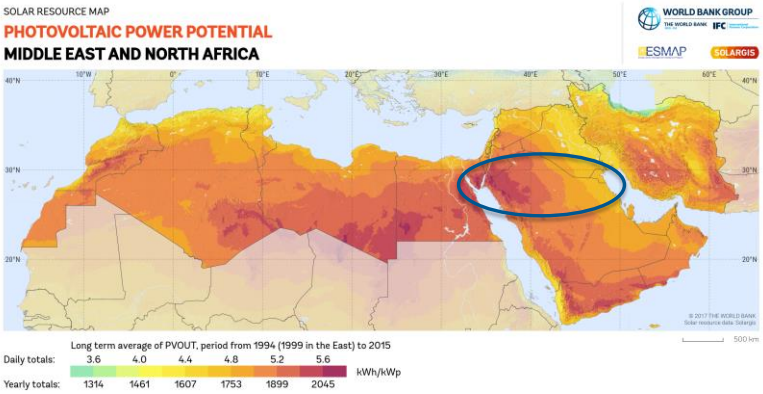
prognos

- Es ist davon auszugehen, dass Top-Standorte begrenzt für die PtX-Produktion zur Verfügung stehen (Konkurrenz zu Stromgewinnung für lokale Märkte, Potenzialkurven)

Solarpotenzial

- Stündl. Globalstrahlung (NASA MERRA-Daten)
- Skalierung der Vektoren anhand der VLH mit JRC PVGIS
- Panele: Optimal ausgerichtet ohne Tracking-Device

Referenz: Mittlere Profile in MENA-Region (Saudi-Arabien)



MENA: Middle East North Africa

17

© 2019 Prognos AG

Strombezugskosten Elektrolyse: „MENA“ Beispiel Saudi-Arabien

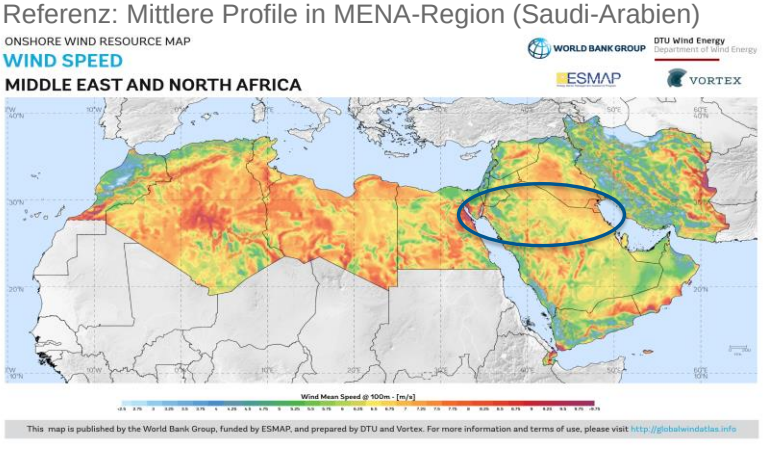
prognos

- Es ist davon auszugehen, dass Top-Standorte begrenzt für die PtX-Produktion zur Verfügung stehen (Konkurrenz zu Stromgewinnung für lokale Märkte, Potenzialkurven).

Windpotenzial

- Stündl. Windgeschw. (NASA MERRA-Daten)
- Berechnung mittels Enercon E-136 EP4 Leistungskennlinie
- Annahmen: 5 % Abschattungsverluste, 95% Verfügbarkeit

Referenz: Mittlere Profile in MENA-Region (Saudi-Arabien)



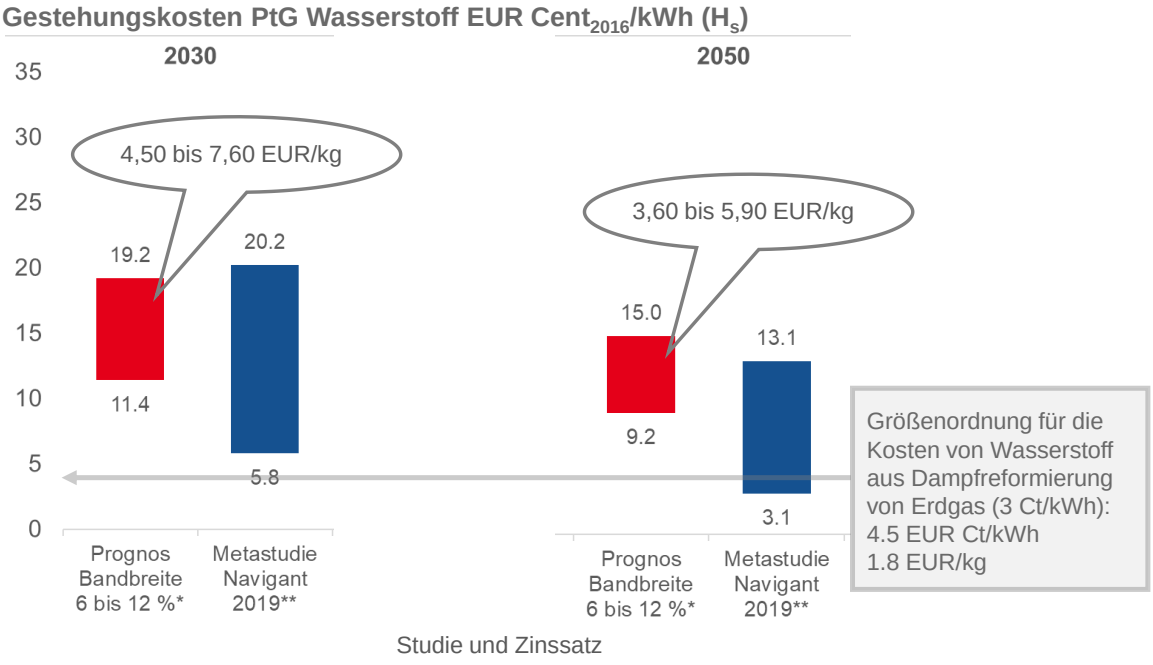
MENA: Middle East North Africa

18

© 2019 Prognos AG

Gestehungskosten PtG: Wasserstoff

prognos



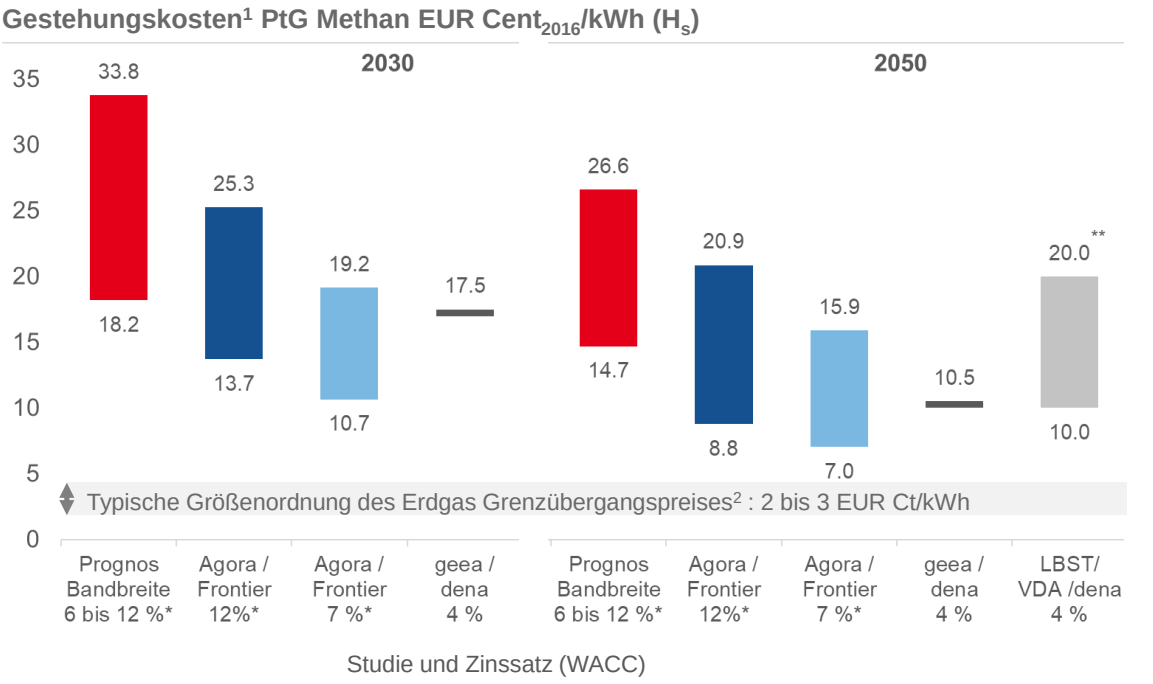
Quellen: * Prognos 2019, Nordafrika PV-/Wind-Kombination | **Navigant 2019 (Metastudie, jeweils verschiedene Annahmen), basierend auf: 9 Studien und 17 Szenarien. Für 2050 geben nur 4 Studien Erzeugungskosten an. (Agora 2018, Asset 2018, CE Delft 2018, Dena 2016, Energy Brainpool 2018, Hinicio 2017, Innovation Board 2017, Navigant 2017, Navigant 2019)

H_s: Brennwert

© 2019 Prognos AG 19

Gestehungskosten PtG: Methan

prognos



[1]Unterschiede beruhen auf unterschiedlichen Annahmen zu Strom-kosten, Investitionskosten, Wirkungsgraden und anderen Parametern

* Nordafrika PV-/Wind-Kombination
** Produktion innerhalb EU

[2] BAFA/BMWi Energieperspektiven
H_s: Brennwert

© 2019 Prognos AG 20

Fazit

Zukünftige Rolle und Herausforderung von Gaskraftwerken

© 2019 Prognos AG

Zukünftige Rolle und Herausforderung von Gaskraftwerken

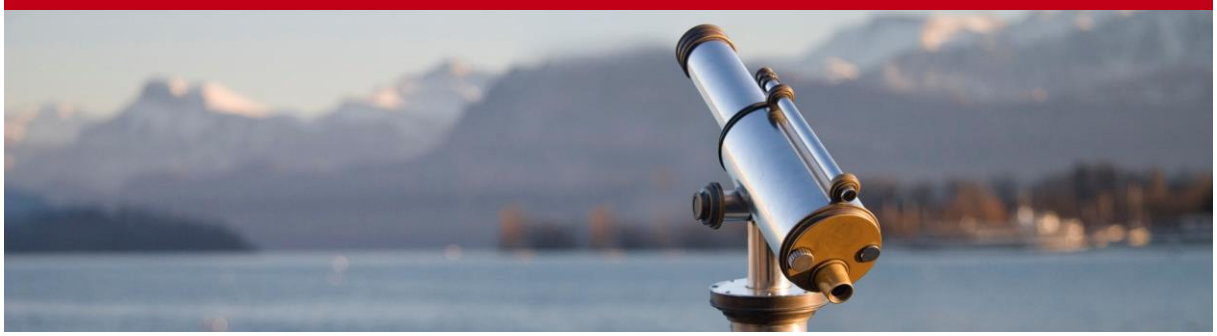
Zukünftige Bedeutung von Gasturbinen im Stromsystem

- Relativ hoher Zubau von regelbarer Kraftwerksleistung in Deutschland (und Europa) aufgrund des Ausstiegs aus der Kohle und KKW-Stromerzeugung notwendig
- Kurz und Mittelfristig: Effizienz noch sehr wichtig
- Langfristig: Teil der Gaskraftwerke mit höheren Betriebsstunden, Teil als reines Backup für wenigen Stunden in kalten Jahren
- Flexibilität der Kraftwerke wird noch wichtiger
  - Mindestlast, Anfahrzeiten, Systemdienstleistungen
  - Umgang mit Wasserstoff (Beimischung von Erdgas/H2)
- Luftschadstoffe und Methanschlupf (Vorteil Gasturbinen ggü. Motoren)

- Konkurrenz der Technologien: Gasturbinen- und GuD-Kraftwerke, Gasmotoren, Brennstoffzellen

© 2019 Prognos AG

Vielen Dank



prognos | Goethestr. 85 | D-10623 Berlin

Marco Wünsch
Tel: +49 30 520059-225
E-Mail: marco.wuensch@prognos.com

© 2019 Prognos AG 23

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb

Zukunft des KWKG und die Bedeutung für kommunale Wärmeversorgung – Erzeugungsmix der Fernwärme in 2030 und 2050

Herr Roth, AGFW e. V.

Expertenkreis Gasturbinentechnik
26. Juni 2019, Bremen

AGFW

Die zukünftige Entwicklung der KWK und Fernwärme im Rahmen des Kohleausstiegs und der Wärmewende

Tobias Roth, AGFW e.V.

WÄRME | KÄLTE | KWK

AGFW

Politische Aussagen zur Zukunft der Kraft-Wärme-Kopplung

Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD 19. Legislaturperiode, 2018

- KWK weiterentwickeln und modernisieren
- KWK CO_2-ärmer ausgestalten und flexibilisieren
- KWK-Anlagen und Fernwärmeinfrastrukturen ausbauen und effizienter gestalten

Ein neuer Aufbruch für Europa
Eine neue Dynamik für Deutschland
Ein neuer Zusammenhalt für unser Land

Koalitionsvertrag
zwischen
CDU, CSU und SPD

19. Legislaturperiode

Abschlussbericht der Kommission für Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung, 2019

- Verlängerung und Fortentwicklung des KWKG zur Minderung der Treibhausgasemissionen und Gewährleistung der Versorgungssicherheit
- Entwicklung von KWK-Anlagen hin zu modernen und flexiblen Strom-Wärme-Systemen u.a. durch Speicher, Fernwärmenetze, WP, P2H-Anlagen sowie Solar- und Geothermie-Anlagen
- Attraktivere Anreize für den Wechsel von Kohle zu Gas und Förderung für die Kompatibilität mit grünen Gasen
- Schaffung verlässlicher Rahmenbedingungen für Investitionen durch Verlängerung des KWKG bis 2030

Eckpunkte zur Umsetzung der strukturpolitischen Empfehlungen der „WSB-Kommission" für ein „Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen", Mai 2019

- Gas-KWK-Anlagen als Baustein zur Sicherung von Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit
- Gas-KWK-Anlagen als gute Ergänzung zu erneuerbaren Energien auf der Strom- und Wärmeseite
- Verlängerung des KWKG bis 2030
- Sicherung von Wärme- und Stromversorgung, Schaffung von Beschäftigung und Wertschöpfung
- Flexible und systemdienliche Fahrweisen unterstützen die Integration erneuerbarer Energien auf der Strom- und Wärmeseite

Eckpunkte zur Umsetzung der strukturpolitischen Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung" für ein „Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen"

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

Seite 2

Verlauf der Energiewende

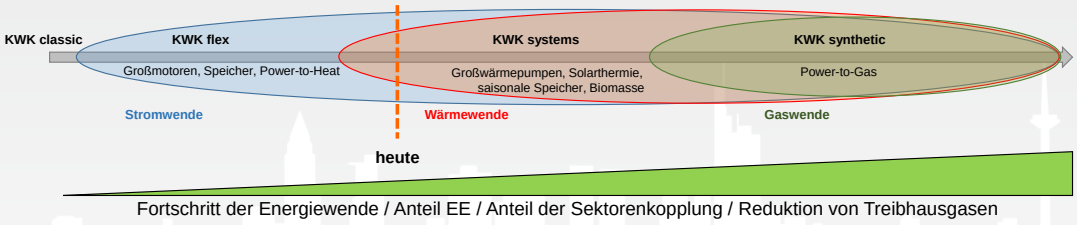
» **Kraft-Wärme-Kopplung ist im eigentlichen Sinne eine Technologie der Sektorenkopplung**
- Brennstoff wird zu den Produkten Strom und (Fern-)Wärme
- KWK ist beeinträchtigt von politischen Entscheidungen und Marktentwicklungen in jedem der einzelnen Sektoren

» **Energiewende (betrachtet ohne Verkehrswende)**
- Lange ein stromseitiges Thema (insbesondere EEG und Auswirkungen auf die Strommärkte)
- Wärmesektor ist aktuell in den politischen Fokus gerückt
- Gassektor geht mit Power-to-Gas offensiv in die Diskussion
- Interaktion der Sektoren Strom/Wärme wird derzeit noch durch wirtschaftliche Gründe verhindert

Energie wende
Umschalten auf Zukunft

Quelle: Bundesregierung

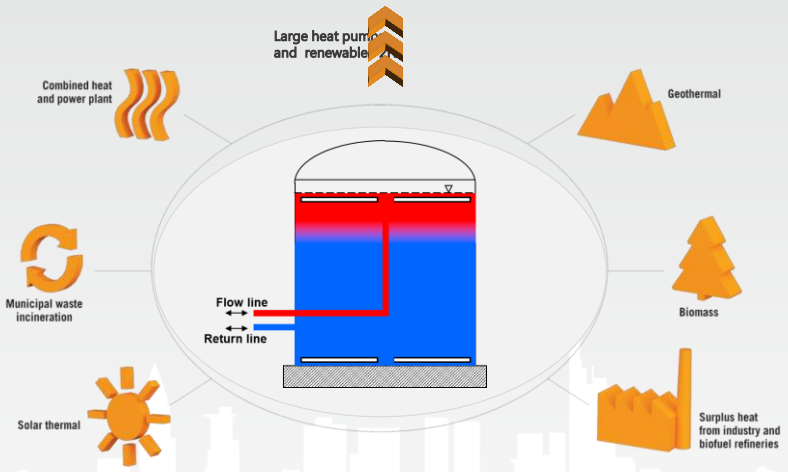
Zeitachse der Energiewende



Fortschritt der Energiewende / Anteil EE / Anteil der Sektorenkopplung / Reduktion von Treibhausgasen

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 3

Zukünftige Fernwärmeerzeugung in Deutschland



AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 4

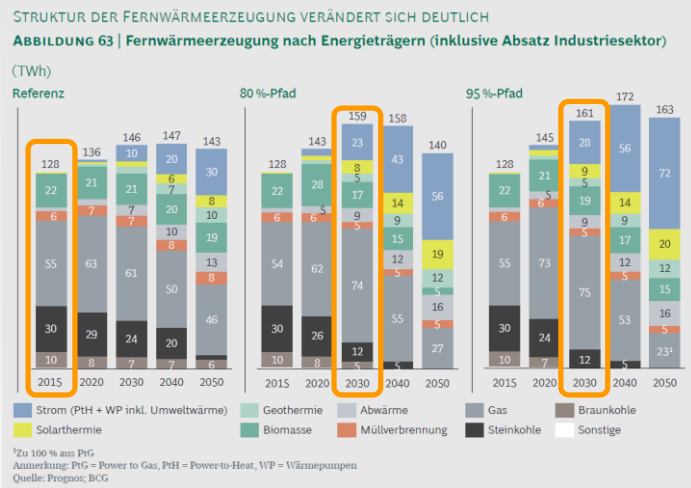
Status Quo Fernwärme in Deutschland

Fernwärmeerzeugung im Jahr 2015

- Gesamterzeugung von 128 TWh Wärme
  - 31 % aus Stein- und Braunkohle
  - 43 % Erdgas
  - 17 % Biomasse
  - 5 % Müll
  - 2 % Abwärme
  - 2 % Solarthermie
- Das bedeutet
  - Anteil erneuerbarer Energien rd. 21,5 %
  - Anteil CO_2-freier Erzeugung (Müll, Abwärme) rd. 4,5 %
  - Anteil fossiler Erzeugung 74 %

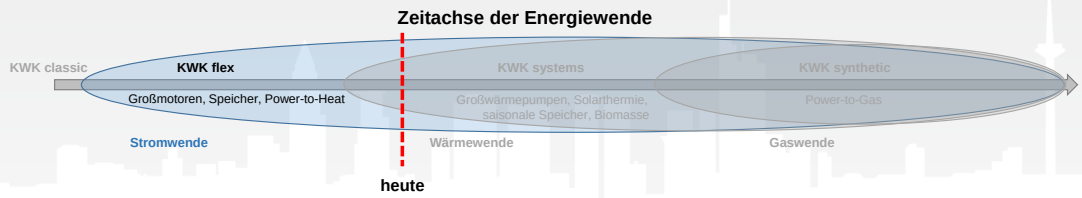
Fernwärmeerzeugung im Jahr 2030

- Gesamterzeugung rd. 160 TWh Wärme (+ 25 %)
  - 10 % Stein- und Braunkohle (- 21 %)
  - 47 % Erdgas (+ 5 %)
  - 11 % Biomasse (-6 %)
  - 3 % Müll (- 2 %)
  - 6 % Abwärme (+ 4 %)
  - 5 % Solarthermie (+ 3 %)
  - 15 % P2H/Wärmepume (Umweltwärme) (+15 %)
  - 3 % Geothermie (+ 3 %)
- Das bedeutet
  - Anteil erneuerbarer Energien rd. 35 %
  - Anteil CO2-freier Erzeugung (Müll, Abwärme) rd. 7,5 %
  - Anteil fossiler Erzeugung 57,5 %



Quelle: Klimapfade für Deutschland, BCG und prognos i. A. v. BDI, 2018

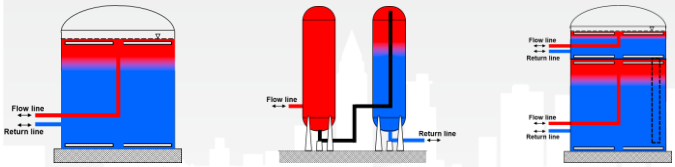
» KWK FLEX



Fernwärmespeicher

» **Flexibilisierung von KWK-Anlagen durch Fernwärmespeicher**

- Mehr als 35 Fernwärmespeicher in Deutschland
- 480.000 m³ Speichervolumen mit mehr als 17.500 MWh Kapazität
- Anwendung verschiedener Art sind möglich
  - Anpassung des Anlagenbetriebs an Hochpreiszeiten der Strommärkte
  - Wärmespitzenlastkappung
  - Ersatz von Frischwärmeerzeugung
  - Aufnahme volatiler Wärmeerzeugung
  - Druckhaltung
  - Reserveleistung
  - …
- Verschiedene Bauarten in Deutschland
  - Atmosphärisch, t < 98 °C
  - Druckbehaftet, t > 98 °C möglich
  - 2-Zonen-Speicher, t > 98 °C möglich, zählt aber als atmosphärisch



Standort	Bauart	Volumen [m³]	Kapazität [MWh]	IBN-Jahr
Augsburg	Nicht bekannt	8.000	320	2015
Berlin-Neukölln	drucklos	10.000	300	2015
Bochum	drucklos	5.000	170*	2013
Chemnitz	Nicht bekannt	1.000	-	2016
Dessau	drucklos	22.000	600	2016
Duisburg	2-Zonen	43.800	1.450	2018
Düsseldorf	drucklos	35.000	1190*	2016
Erfurt	drucklos	7.000	238*	2014
Frankfurt (Oder)	drucklos			Baubeginn Mai 2019, geplante IBN 2020
Flensburg	drucklos	29.000	986*	-
Freiberg	drucklos	3.200	109*	2013
Greifswald	drucklos	785	27*	2011
Großkrotzenburg	Drucklos	2.600	88,4*	2015
Halle	drucklos	6.800	231*	2006
Halle	drucklos	52.000	2.000	2018
Hamburg	drucklos	4.000	136*	2012
Hannover	drucklos	12.500	500	2017
Heidelberg	2-Zonen	-	-	Baubeginn 2018
Hürth	druckbeh.	5.040	300	Baubeginn 2018
Jena	drucklos	13.000	442*	2011
Kiel	2-Zonen	40.000	1.500	2016
Leipzig	druckbeh.	3.000	225	2014
Ludwigsburg	druckbeh.	2.000	130*	Baubeginn März 2019
Mainz	druckbeh.	11.000*	750	Mai 2019 noch im Bau
Mannheim	drucklos	43.000	1.500	2014
Münster	druckbeh.	2.000	130*	2005
Nürnberg	2-Zonen	33.000	1.500	2015
Offenbach	drucklos	8.750	270	vor 2000
Potsdam	drucklos	41.224	1.200	2016
Rosenheim	druckbeh.	250	16*	2005
Saarbrücken	drucklos	5.700	194*	2011
Schwäbisch Hall (3 Einzelstandorte)	druckbeh.	2.400	156*	1996-2016
Schwerin	drucklos	15.000	510*	2008
Tübingen	druckbeh.	800	52	2013
Ulm	druckbeh.	2.500	150	2014

Power-to-Heat Anlagen

» **Flexibilisierung von KWK-Anlagen durch Power-to-Heat**

- Mehr als 28 Anlagen in Deutschland
- Elektrische Leistung von mehr als 350 MW

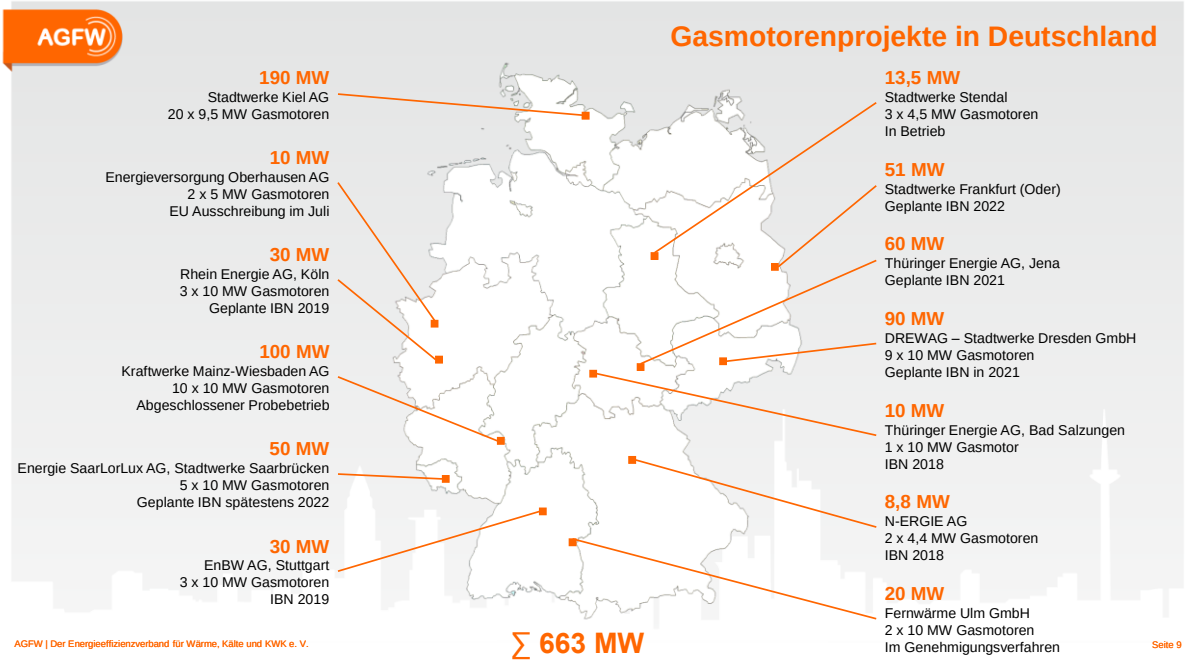
» **Anwendungsbereiche**

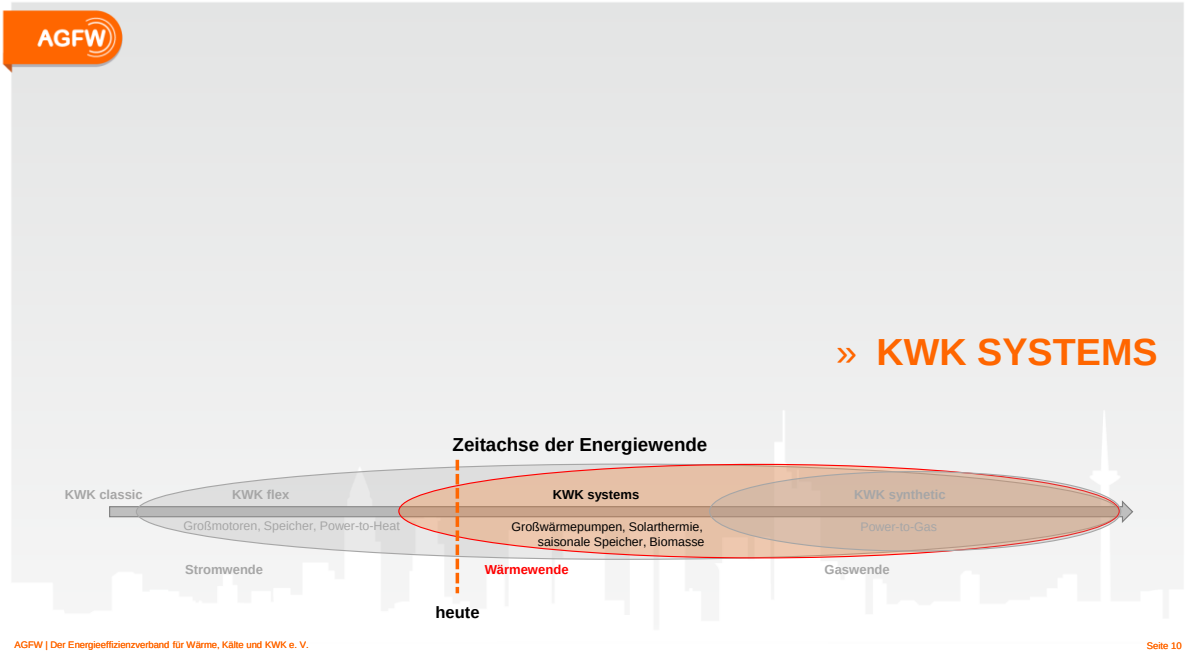
- Bisher Vermarktung für negative Regelleistung (SRL, auch PRL)
- Intelligente Anwendungen wie z.B. Nutzen-statt-Abregeln (§ 13 Abs. 6a EnWG)
- Zukünftig Ausgleich bei Redispatch der KWK-Anlage

» **Betrieb mit KWK-Anlage ist wirtschaftlich vorteilhaft**

- Teilweise Umlagenbefreiung
- Schnelle Regelungsmöglichkeiten der KWK-Anlage
- Perfekte Kombination mit Wärmespeicher

Unternehmen	elektr. Leistung	IB-Jahr
Bioenergie Taufkirchen	6,4 MW	2016
BTB Berlin	6 MW	2015
Energieversorgung Offenbach	10 MW	2014
Energie und Wasser Potsdam	20 MW	2015
ENRO Ludwigsfelde	15 MW	2014
FHW Neukölln, Berlin	10 MW	2015
Heizkraftwerke Mainz	5 MW	2013
Kraftwerk Dessau	5 MW	2015
Mainova, Frankfurt/Main	8 MW	2015
N-ERGIE, Nürnberg	50 MW	2015
Stadtwerke Amberg	1,5 MW	2015/2016
Stadtwerke Augsburg	10 MW	2015
Stadtwerke Bielefeld	20 MW	2016
Stadtwerke Detmold	5 MW	2015
Stadtwerke Flensburg	30 MW	2012
Stadtwerke Forst	0,55 MW	2014
Stadtwerke Greifswald	5 MW	geplant
Stadtwerke Jena	4 MW	2016
Stadtwerke Kiel	30 MW	2015
Stadtwerke Lemgo	5 MW	2012
Stadtwerke Lübeck	4,5 MW	2016
Stadtwerke München	10 MW	2013
Stadtwerke Münster	22 MW	2016
Stadtwerke Neumünster	20 MW	2016
Stadtwerke Schwerin	15 MW	2013
Stadtwerke Tübingen	5 MW	2013
Techn. Werke Ludwigshafen	10 MW	2015
VVS Saarbrücken	10 MW	2012
Summe	**342,95 MW**	

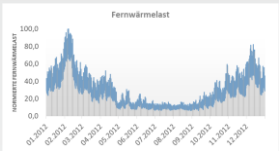

AGFW
Gasmotorenprojekte in Deutschland
190 MW
Stadtwerke Kiel AG
20 x 9,5 MW Gasmotoren
10 MW
Energieversorgung Oberhausen AG
2 x 5 MW Gasmotoren
EU Ausschreibung im Juli
30 MW
Rhein Energie AG, Köln
3 x 10 MW Gasmotoren
Geplante IBN 2019
100 MW
Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG
10 x 10 MW Gasmotoren
Abgeschlossener Probebetrieb
50 MW
Energie SaarLorLux AG, Stadtwerke Saarbrücken
5 x 10 MW Gasmotoren
Geplante IBN spätestens 2022
30 MW
EnBW AG, Stuttgart
3 x 10 MW Gasmotoren
IBN 2019
13,5 MW
Stadtwerke Stendal
3 x 4,5 MW Gasmotoren
In Betrieb
51 MW
Stadtwerke Frankfurt (Oder)
Geplante IBN 2022
60 MW
Thüringer Energie AG, Jena
Geplante IBN 2021
90 MW
DREWAG – Stadtwerke Dresden GmbH
9 x 10 MW Gasmotoren
Geplante IBN in 2021
10 MW
Thüringer Energie AG, Bad Salzungen
1 x 10 MW Gasmotor
IBN 2018
8,8 MW
N-ERGIE AG
2 x 4,4 MW Gasmotoren
IBN 2018
20 MW
Fernwärme Ulm GmbH
2 x 10 MW Gasmotoren
Im Genehmigungsverfahren
∑ 663 MW
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Seite 9


AGFW
» KWK SYSTEMS
Zeitachse der Energiewende
KWK classic
KWK flex
Großmotoren, Speicher, Power-to-Heat
KWK systems
Großwärmepumpen, Solarthermie, saisonale Speicher, Biomasse
KWK synthetic
Power-to-Gas
Stromwende
Wärmewende
Gaswende
heute
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Seite 10

KWK systems

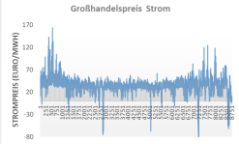
» **KWK systems beschreibt intelligente Systeme aus KWK und erneuerbaren/CO_2-armen Erzeugern**

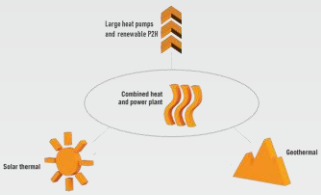
- Erneuerbare ergänzen/ersetzen die KWK, insbesondere in der Sommerlast
  - Geringere KWK-Laufzeiten außerhalb der Heizperiode
  - Ausgleich volatiler Wärmeerzeugung (z.B. Solarthermie)



(Umwelt-)Wärmepumpe

Power-to-Heat Netzbezug





- Sektorenkopplungstechnologien in KWK systems wirtschaftlicher als bei Stromnetzbezug
  - Regulatorische Vorteile bei Sektorenkopplung nutzbar machen
  - Strompreisbestandteile für Power-to-Heat und Wärmepumpen reduzieren

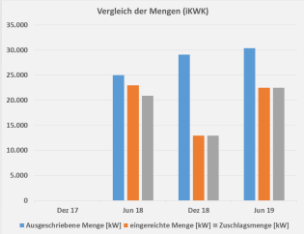
- iKWK-Systeme im KWKG und Wärmenetzsysteme 4.0 fokussieren auf Zusammenspiel
  - Erfahrungsaufbau bei EE-Erzeugern und innovativen Konzepten
  - Nutzung von Synergien in der kombinierten fossilen/EE Wärmeerzeugung
  - Stromnetzdienlichkeit der Systeme (z.B. Redispatch)
  - Anwendung von saisonalen Wärmespeichern

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 11

Förderprogramme für KWK-Systeme

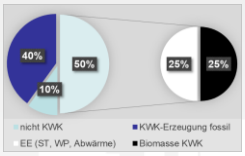
» **iKWK**

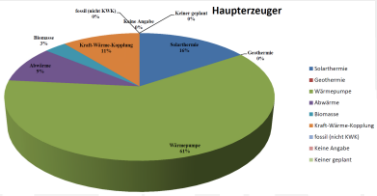
- KWK-Anlage bis 10 MW_{el} in Verbindung mit P2H und Wärmepumpe oder Solarthermie
  - Drei Ausschreibungsrunden seit Juni 2018
  - Grundsätzlich interessantes Förderkonzept mit attraktiven Förderhöhen
  - Ausschreibungsrunden unterzeichnet durch zu hohe technische Anforderungen an Wärmepumpen
  - Bezuschlagte Konzepte in Planung und Bau (keine klare Übersicht der Erzeugungstechnologien)

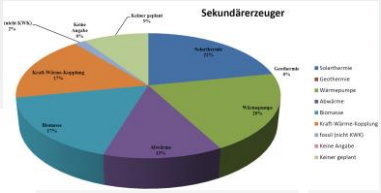


» **Wärmenetzsysteme 4.0**

- BMWi-Förderprogramm für Machbarkeitsstudien und Investivvorhaben
  - 78 Anträge für Machbarkeitsstudien
  - 4 Anträge für Investivvorhaben
  - Übersicht der Erzeugertechnologien der Anträge
    - Wärmepumpen
    - Solarthermie
    - KWK







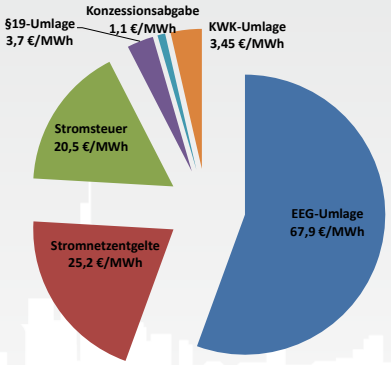
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. Seite 12

Wirtschaftlichkeit von Großwärmepumpen

» **Herausforderungen**

- Strompreisbestandteile sind zu hoch für Sektorenkopplungszwecke
  - Keine Anreizwirkung durch niedrige Börsenstrompreise
  - Keine Regelungen für „Überschussstrom“
  - Keine Regelungen für Sektorenkopplung
  - EEG Umlage verhindert Integration Erneuerbarer Energien in Fernwärmesysteme

Preisbestandteil	Höhe 2018 [€/MWh$_{el}$]
EEG Umlage	67,9
KWK-Umlage	3,45
Stromsteuer	20,5
Netznutzungsentgelte	25,2 (unterschiedlich)
§ 19 Umlage	3,7
Konzessionsabgabe	1,1
SUMME	**122,96**

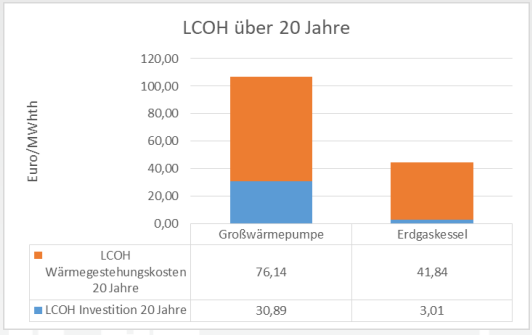


Wirtschaftlichkeit von Großwärmepumpen

» **Vergleich der Wärmegestehungskosten mit Erdgaskessel**

- Annahmen sind
  - **Stromnetzbezug mit allen Strompreisbestandteilen**
  - Gleiche thermische Leistung (5 MW)
  - Gleiche Wärmemenge (10.000 MWh)
  - CO_2-Kosten (20 Euro/t)
  - Erdgaspreis frei Kraftwerk (26 Euro/MWh)
  - Börsenstrompreis (40 Euro/MWh)
  - Investkosten
    - Erdgaskessel 75 Euro/kW
    - GWP 770 Euro/kW
  - Jährliche Betriebskosten
    - Erdgaskessel 3 % des Invests
    - GWP 5 % des Invests

$$LCOH = \frac{I + \sum_{t=1}^{n} \frac{A_t}{(i+1)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{M_t}{(i+1)^t}}$$



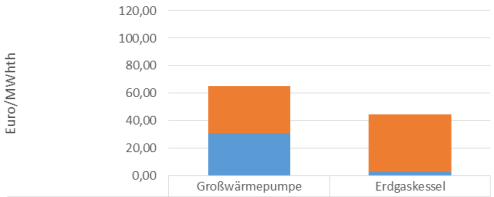
LCOH Gesamt	**107,03**	**44,85**

Wirtschaftlichkeit von Großwärmepumpen

» **Vergleich der Wärmegestehungskosten mit Erdgaskessel**

- Annahmen sind
  - **Strom aus bestehender KWK < 2 MW_{el} ohne Strompreisbestandteile**
  - Gleiche thermische Leistung (5 MW)
  - Gleiche Wärmemenge (10.000 MWh)
  - CO_2-Kosten (20 Euro/t)
  - Erdgaspreis frei Kraftwerk (26 Euro/MWh)
  - Börsenstrompreis (40 Euro/MWh)
  - Investkosten
    - Erdgaskessel 75 Euro/kW
    - GWP 770 Euro/kW
  - Jährliche Betriebskosten
    - Erdgaskessel 3 % des Invests
    - GWP 5 % des Invests

$$LCOH = \frac{I + \sum_{t=1}^{n} \frac{A_t}{(i+1)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{M_t}{(i+1)^t}}$$



	Großwärmepumpe	Erdgaskessel
LCOH Wärmegestehungskosten 20 Jahre	34,06	41,84
LCOH Investition 20 Jahre	30,89	3,01
LCOH Gesamt	**64,95**	**44,85**

Wirtschaftlichkeit von Solarthermieanlagen

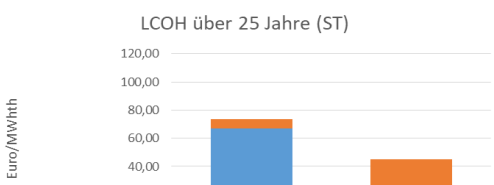
» **Vergleich der Wärmegestehungskosten mit Erdgaskessel**

- Annahmen sind
  - Gleiche Wärmemenge (10.000 MWh)
  - CO_2-Kosten (20 Euro/t)
  - Erdgaspreis frei Kraftwerk (26 Euro/MWh)
  - Investkosten
    - Erdgaskessel 75 Euro/kW
    - ST 500 Euro/m² Kollektorfläche o. Grundstück
  - Ertrag Solarthermie
    - 450 kWh/m²/a bez. auf Aperturfläche
  - Jährliche Betriebskosten
    - Erdgaskessel 3 % des Invests
    - Solarthermie 5 Euro/MWh

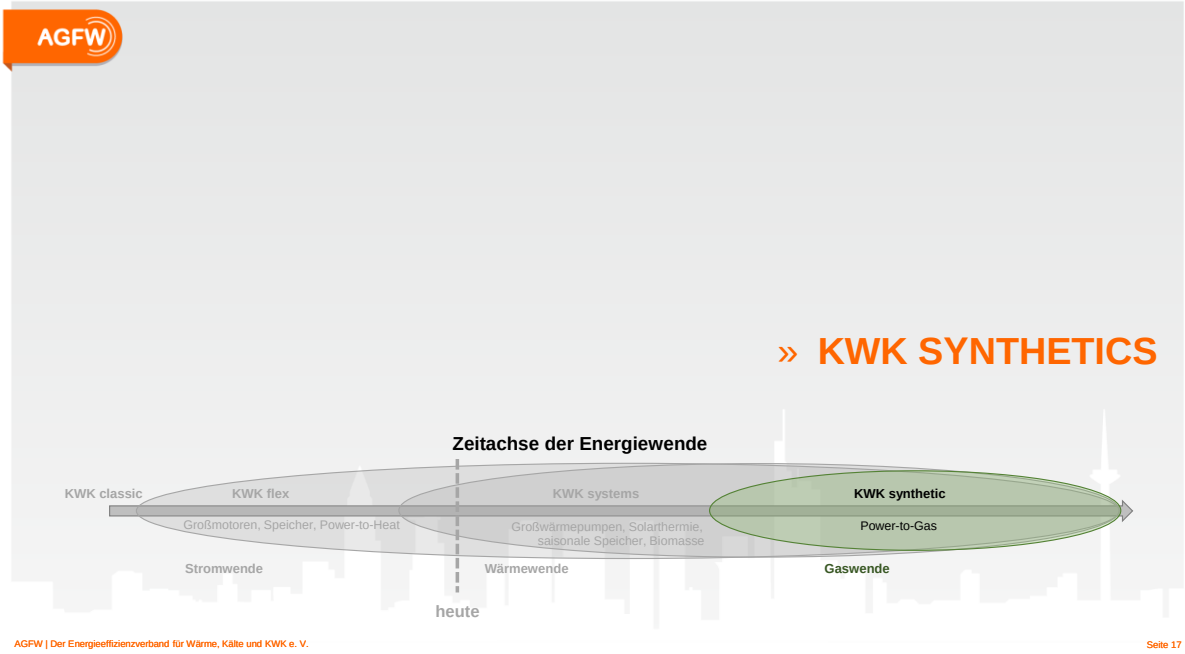
» **Marktanreizprogramm setzt interessante Förderanreize**

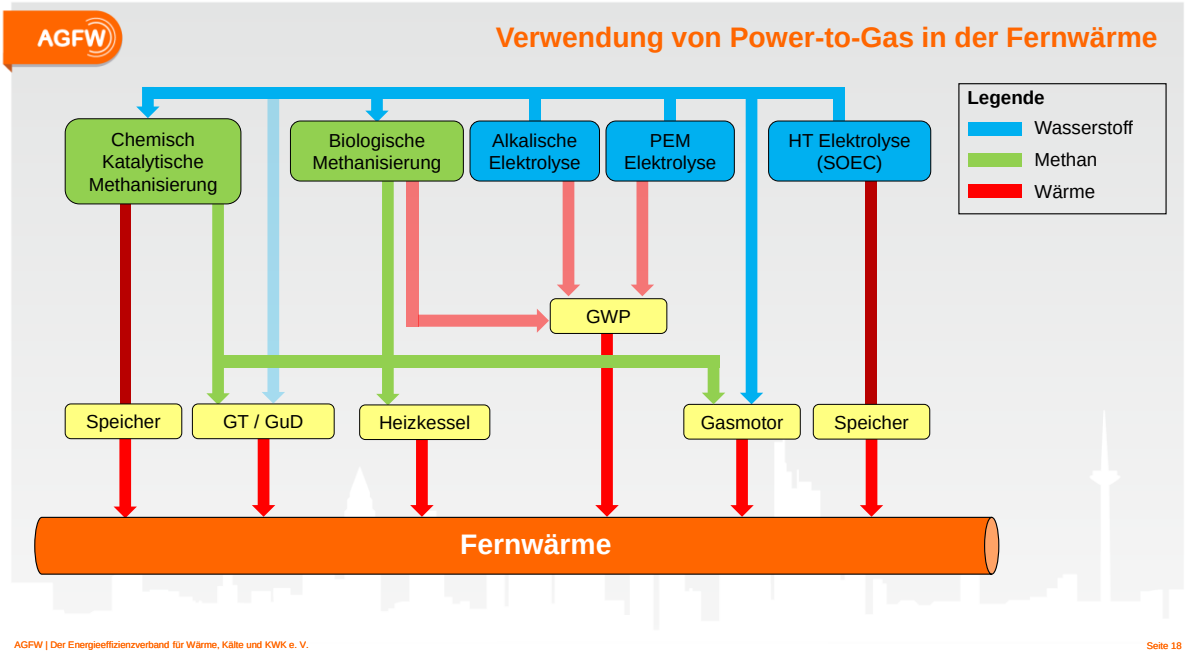
- Ertragsförderung mithilfe der Solar Keymark Daten
  - Jährlicher Kollektorertrag x Anzahl Kollektor x 0,45 Euro
- Wärmegestehungskosten dadurch im Rahmen des Erdgaskessels

$$LCOH = \frac{I + \sum_{t=1}^{n} \frac{A_t}{(i+1)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{M_t}{(i+1)^t}}$$

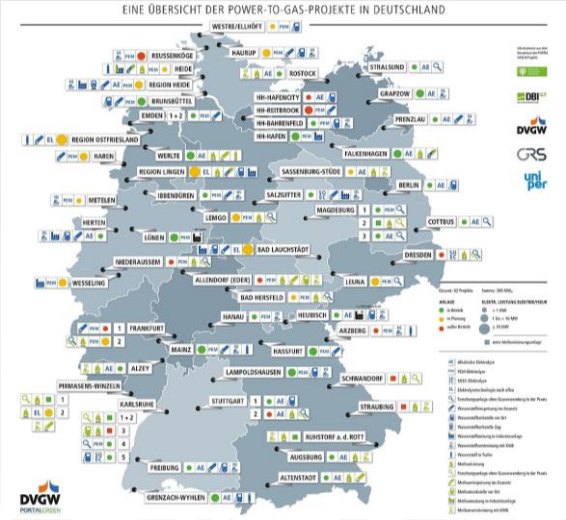


	Solarthermie	Erdgaskessel
LCOH Wärmegestehungskosten 25 Jahre	6,60	41,84
LCOH Investition 25 Jahre	66,91	3,01
LCOH Gesamt	**73,51**	**44,85**


AGFW
» KWK SYNTHETICS
Zeitachse der Energiewende
KWK classic
KWK flex
KWK systems
KWK synthetic
Großmotoren, Speicher, Power-to-Heat
Großwärmepumpen, Solarthermie, saisonale Speicher, Biomasse
Power-to-Gas
Stromwende
Wärmewende
Gaswende
heute
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Seite 17


AGFW
Verwendung von Power-to-Gas in der Fernwärme
Legende
Wasserstoff
Methan
Wärme
Chemisch Katalytische Methanisierung
Biologische Methanisierung
Alkalische Elektrolyse
PEM Elektrolyse
HT Elektrolyse (SOEC)
GWP
Speicher
GT / GuD
Heizkessel
Gasmotor
Speicher
Fernwärme
AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.
Seite 18

Ausblick Power-to-Gas



		Electrolysis			Methanation	
		Alkaline	PEM	High temperature	Chemical	Biological
current	TRL	9	8	6	8	7
	Efficiency	62 – 82 %	65 – 82 %	65 – 85 %	77 – 83 %	77 – 80 %
	Invest Costs	800 – 1,500 €/kW	900 – 1,850 €/kW	2,200 – 6,500 €/kW	400 – 1,230 €/kW	400 – 1,980 €/kW
Perspective view	Efficiency	78 – 84 %	75 – 84 %	87 – 95 %	77 – 90 %	79 – 90 %
	Invest Costs	250 – 400 €/kW	300 – 700 €/kW	270 – 800 €/kW	130 – 400 €/kW	200 – 400 €/kW

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

Seite 19

» Ausblick

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

Seite 20

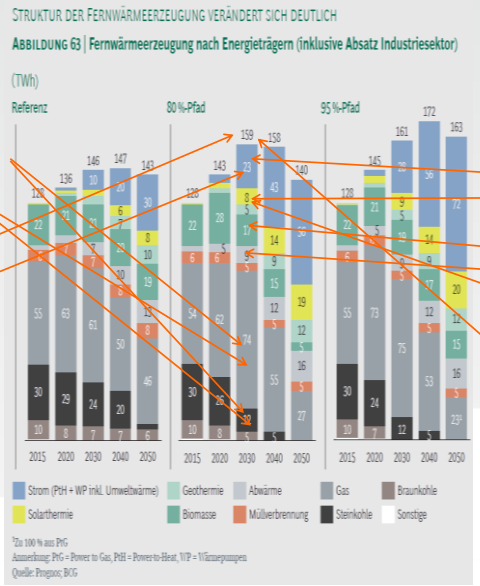
Transformation und Rahmenbedingungen für die Pfade bis 2050

Strom

KWK-Förderung bis 2030 verlängern

- Neubau und Neubau-Kohlebonus für Umstellung
- Bestandsanlagen Gas
- Speicher
- Fernwärmenetzausbau

Sektorkopplung und **PtDH** ausgestalten
= EnWG §13 (6a) für alle Netzbereiche mit negativen Redispatch anwendbar machen



Wärme

Förderung für Erneuerbare und Abwärme:
Wärmenetzförderprogramm
Basisprogramm

- Großwärmepumpen
- Solarthermie
- Geothermie
- Biomasseheizwerke
- Abwärmenutzung
- Wärmespeicher

NON-ETS Steuer für Heizen

Aufgrund Effort Sharing Regulation sind Fördergelder für die Fernwärme für Deutschland „netto kostenlos“

Fazit

- **Die Fernwärme muss und wird erneuerbarer**
  - **Alle** erneuerbaren und CO_2-freien Technologien müssen ihren Beitrag leisten
  - Fokus auf Sektorenkopplungstechnologien, Solarthermie, Geothermie, Biomasse, Abwärme
- **Die KWK wird auch zukünftig ihren Beitrag leisten (müssen)**
  - Zunehmend flexibel, im Einklang mit Erneuerbaren, grüner mit synthetischem Brennstoff
  - KWK schafft Versorgungssicherheit im Strom- und Wärmesektor
- **Neue Fernwärme-Wege müssen beschritten werden**
  - Wärmequellen und Freiflächen sind ggf. nur in Randgebieten von Städten zu finden
  - Lange Verbindungsleitungen von Wärmequellen und Speicher an das Wärmenetz
  - Niedrigere Netztemperaturen zur Erhöhung der Effizienz (von Netz und Erzeugern)
- **Technologieentwicklung zur synthetischen Gasherstellung muss vorangetrieben werden**
  - Power-to-Gas-Technologie muss weiterhin wissenschaftlich untersucht und verbessert werden
  - Großskalige Demonstrationsanlagen müssen aufgebaut und betrieben werden
- **Politik muss die Wirtschaftlichkeitslücken schließen, um die Transformation auch sozialverträglich zu gestalten**
  - Voraussetzungen für wirtschaftliche Vermarktung von EE-Erzeugern muss gewährleistet werden
  - Entwicklung und Ausgestaltung von Fördermaßnahmen
  - Förderliche Ausgestaltung von flankierenden Maßnahmen

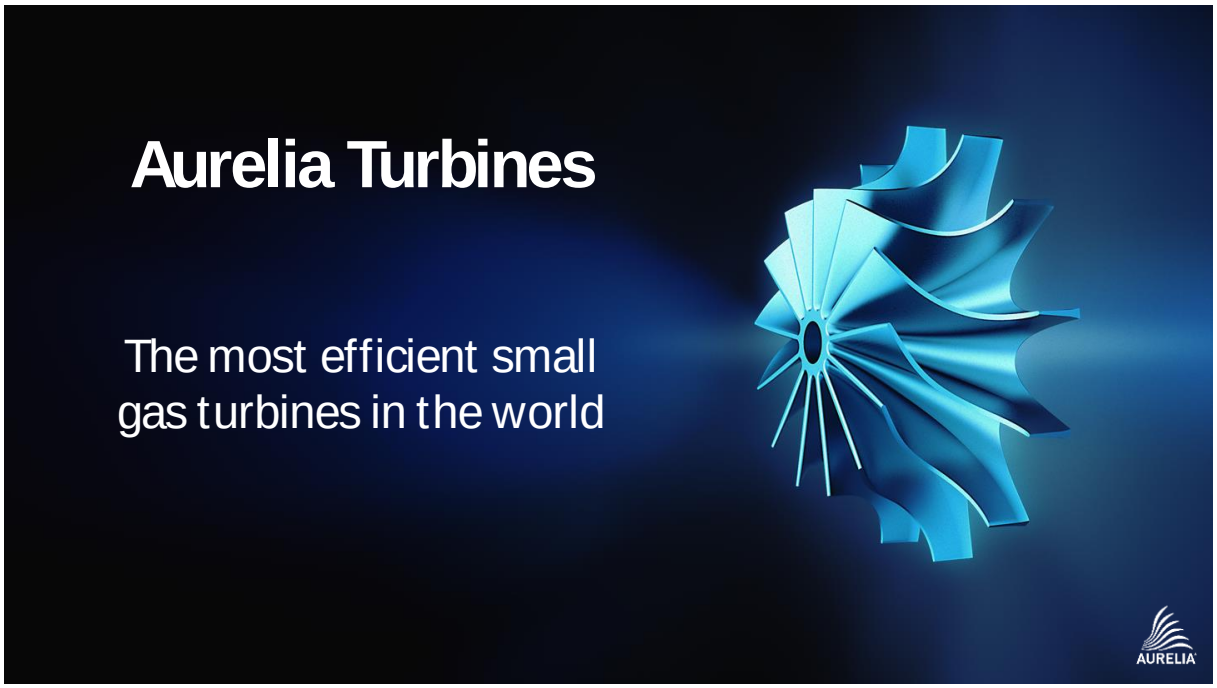
Tobias Roth
Tel: 069 6304 347
Mail: t.roth@agfw.de

ASUE
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

swb

Die Aurelia-Gasturbine – Neue Gasturbinenklasse unter 1 MW elektrischer Leistung

Herr Dr. Eisenkolb, CP i-Invest GmbH


Aurelia Turbines
The most efficient small gas turbines in the world
AURELIA

Die effizienteste kleine Gasturbine der Welt
A400
400 kW elektrische Nettoleistung
~ 40 %elektrischer Wirkungsgrad
AURELIA

Aurelia Turbines

2013 – Aurelia Turbines Oy wurde 2013 in Lappeenranta, Finnland, gegründet, wo sich jetzt das Büro und die Fertigungsstätte befinden.
Entwicklung des neuen Gasturbinenzyklus nach dem IRG2-Verfahren (Zweiwellige, zwischengekühlte Gasturbine mit Rekuperator) in Zusammenarbeit mit der Lappeenranta University of Technology (LUT)

2014 - Anfang 2014 engagierten sich die ersten Investoren bei Aurelia.
Beginn der Prototypenentwicklung der A400-Turbine.

2016 - Turbinentests weit fortgeschritten - Aktivitäten zur Geschäftsentwicklung wurden gestartet.
Vergrößerung des Teams in Lappeenranta.
Niederlassung in Berlin: Aurelia Turbines GmbH.
Das Team wurde um eine Handelsabteilung mit Sitz in Großbritannien erweitert.

2018 - Aurelia hat seine ersten Bestellungen erhalten und die ersten Lieferungen werden im Sommer 2019 folgen.

Unser erster geografischer Zielmarkt liegt in Europa, Russland und Nordamerika und es ist geplant, danach zu expandieren.

AURELIA

Die effizienteste kleine Gasturbine der Welt

Energieeffizienz

Niedrige Betriebskosten für unsere Kunden

Eigenentwickelte Technologie

Kooperation mit der technischen Universität in Lappeenranta
- (>30 Jahre Erfahrung in der Gasturbinenforschung)

Breites IP-Portfolio

Bestätigte Bestellungen von vertrauenswürdigen Partnern

Erste Vertriebspartner bestellt

Interesse von strategischen Partnern

Die Serienproduktion hat begonnen - die Auslieferungen folgen in Kürze

AURELIA

Neue Produktionsstätte, Lappeenranta

- 2000 m²
- Gas- und Stromversorgung
- Büro und Konferenzräume
- Ausreichend Parkplätze
- Wareneingang
- Testanlage draußen

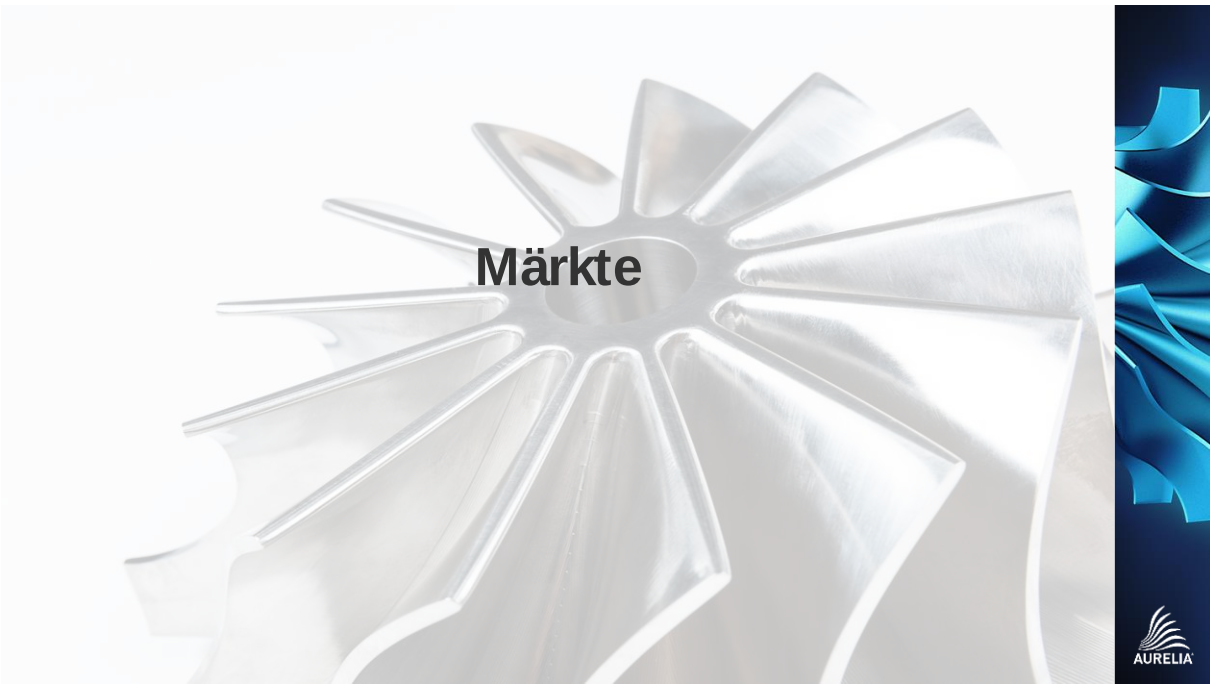
Management Team mit über 80 Jahren einschlägiger Erfahrung

Matti Malkamäki
CEO
- Erfahrung mit Gasturbinen seit 1996
- Erfahren in KWK- und DE-Anwendungen
- Bewährter Start-up-Rekord

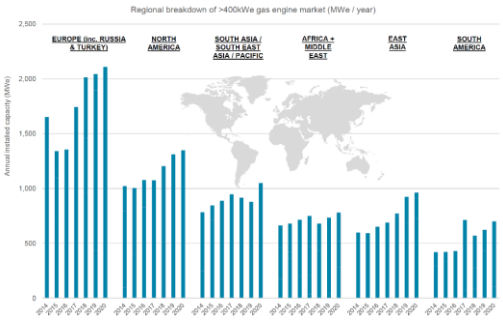
Tony Hynes
Commercial Director
- C- & VP Positionen; GE, Calnetix, Capstone und Siemens
- Bewährte Erfolgsgeschichte der Wertschöpfung aus einem internationalen Netzwerk

Janne Pottonen
CFO / General Manager Lappeenranta
- Frühere Positionen in produzierenden Unternehmen in Finnland und im Ausland
- Erfahrung im Finanzmanagement und Berichtswesen

Toni Hartikainen
R&D Director
- Frühere Positionen; Sulzer Pumps, Switch, usw.
- 15+ Jahre international Erfahrung in der Hochgeschwindigkeitstechnologie



Marktstudien stützen die Marktwachstumsschätzungen



Delta Energy & Environment Ltd

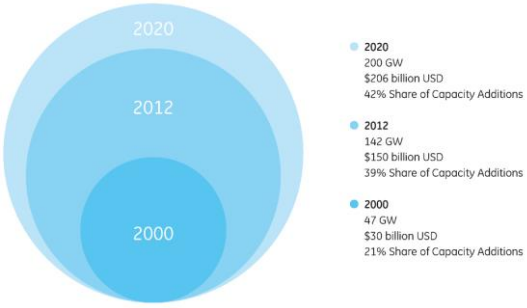
- Webinar: Who will win the Distributed Power race?
- Die Studie zeigt deutlich die Notwendigkeit einer dezentralen Stromerzeugung, berücksichtigt jedoch noch nicht die neuen Möglichkeiten für die Turbinen von Aurelia.

Frost & Sullivan- Bericht verfügbar als Drittanbieter-Ansicht zum Marktpotenzial von Aurelia.

GE: The rise of distributed power

- Guter Einblick in die Zukunftsgedanken von GE
- Zahlen sprechen für sich

Global distributed power installations and investment are on the rise. By 2020, $206 billion will be invested annually. Distributed power applications will account for 42 percent of global capacity additions.



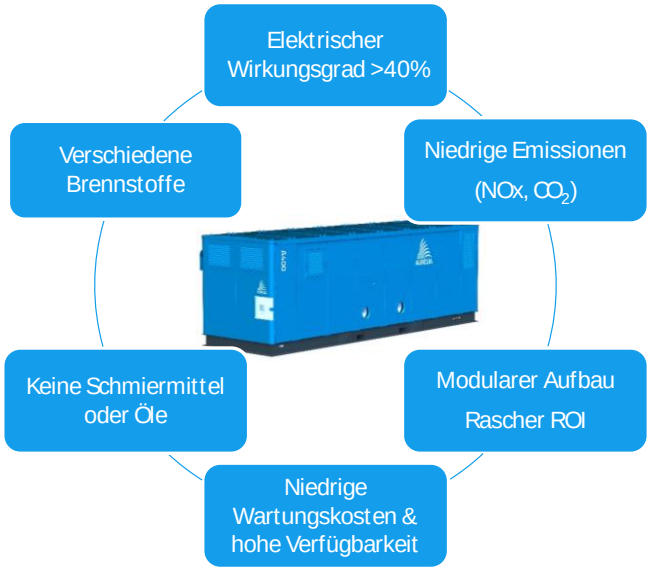
Source: General Electric, Diesel & Gas Turbine Worldwide, European Photovoltaic Industry Association.

AURELIA

Existing and further developing market possibility
30 000+ Gasmotoren, Turbinen im Bereich zwischen 400kW and 3MW[1] werden jährlich verkauft.
> 30 MRD€ jährlicher Gesamtmarkt
• Wachsende Tendenz
Typische Installationsen Technologie
• Notstromversorgung
• Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
• Größtenteils Kolbenmaschinen
Turbinen übertreffen die Motoren in größeren Anlagen, kleinere Turbinen sind alte Technologie
• Kleine Turbinen haben ein altes (+15 J) Design → ineffizient und teuer
• OEMs konzentrieren sich auf große Einheiten und Flugzeugturbinen
Wachsende Sektoren, in denen Motoren keine Lösung oder Konkurrenz bieten können.
• Sonderkraftstoffe wie erneuerbare Energien, synthetische Gase
• Industrielle KWK
• Gleichstrom
• Niedrige Emissionen
Aurelia Turbine:
• Verwendet bereits vorhandenes modernes Design und Technologien
• Elektrischer Wirkungsgrad, der den Gasmotoren entspricht und diese sogar übertrifft
• Kann Sonderbrennstoffe verwenden
• Modularer Aufbau
• Ermöglicht die Anpassung an unterschiedliche Umgebungen
Treibende Faktoren für Aurelia, Beispiele:
Energieeffizienz
Industrille KWK
Erneurbare Energien
Ausgleichsenergie
Lokale Brennstofe
Flexibilität
Datacenter
Gleichstrom + KKWK
Electrofahrzeuge
Schnellladestation
Niedrige Emissionen
Weniger NOx und CO als die Konkurrenz
Wenig Lärm
Standortunabhängig
1) Quelle: Geschätzte Zahlen auf Basis der Diesel & Gas Turbine Worldwide – Magazine & Jahresbericht
AURELIA

Die Aurelia® A400 Vorteile
AURELIA

Ein neuer Designansatz – Aurelia A400



1. Kosteneinsparung - reduzierter Primärenergiebedarf
2. **Betriebssicherheit** für Kunden
3. **Reduzierung der CO2-Emissionen**
4. **Brennstoffflexibilität – auch Erneuerbare**

Wirkungsgrad ist der Schlüssel

Der elektrische Wirkungsgrad ist der einzige Faktor, der die Kraftstoffkosten für die erzeugte Leistung beeinflusst

- In der Regel> 70%der Gesamtkosten der produzierten Energie
- Großer Einfluss auf den ROI

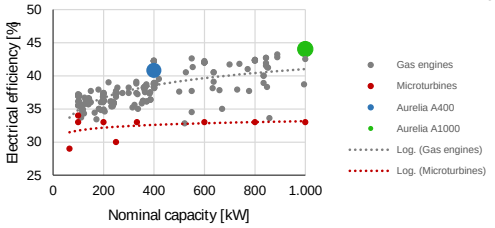
Geringer Wartungsaufwand erhöht die Wirtschaftlichkeit

- Turbinen benötigen weniger Wartung als Motoren
- Das ölfreie Lagersystem (AMB) reduziert den Bedarf zusätzlich

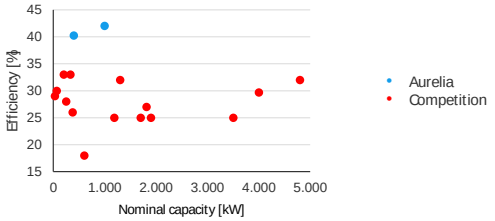
Turbinen profitieren von Merkmalen wie der Brennstoffflexibilität und den Möglichkeiten zur Kraft-Wärme-Kopplung, konnten jedoch hinsichtlich des Wirkungsgrades nicht mit den Motoren mithalten

- Aurelia® A400 ist **die erste Turbine, die den Wirkungsgrad der Gasmotoren erreicht und sogar übertrifft**

Vergleich des Wirkungsgrads im Auslegungspunkt, < 1 MW_e

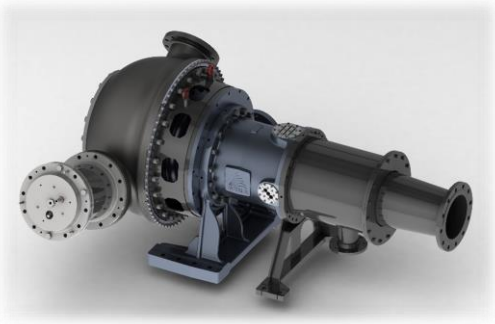


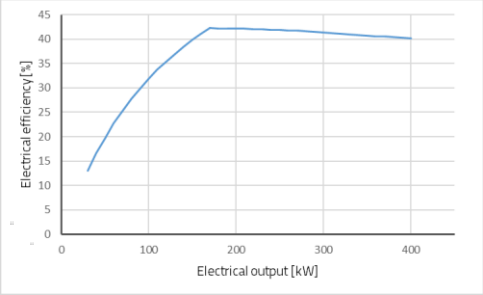
Aurelia vs. andere Gasturbinen < 5 MW_e



Aurelia® A400 - Leistung

Elektrischer Wirkungsgrad	40.2 %
Elektrische Nettoleistung	400 kW_e
Ausgangsspannung	400/480 V
Frequenzband	50/60 Hz
Maximaler Ausgangsstrom (400VAC)	597 A
Elektrischer Anschluss	3 Phasen, 4 Leiter





NO_x Emissionen bei 15 %O_2	<20 mg/m³
Abgassmassenstrom bei Volllast	2.2 kg/s
Abgastemperatur bei Volllast	185° C
Abgasenergieeinhalt bei Volllast	1 188 MJ/h
Nutzbare thermische Leistung des Zwischenkühlers	278 kW
Nutzbare thermische Leistung aus dem Abgas	240 kW
Restsauerstoffgehalt im Abgas	17.5 %

AURELIA

Wege zur Markteinführung

AURELIA

Regionale Vertiebspartner und Projektentwickler

- **Produkte** in **Projekten**
- Wir brauchen **mehrere Vertriebspartner & Projektentwickler**
- **1. Zielmarkt: Europa & kleine und mittlere Industrieunternehmen**

AUFTRÄGE	VERTRIEBSPIPELINE	ABSICHTSERKLÄRUNGEN
2.8 M€	65+ M€	~100 M€

Vetriebspartner in Deutschland

Aurelia sucht deutsche Integratoren, Projektentwickler und OEM-Partner, um die lokale Produktion von Aurelia® A400-Turbinen aufzunehmen.

Rolle des Integrator-Partners:
Marketing
Vertrieb
Projektmanagement
Design
Installation
Inbetriebnahme
Verifikation
Service-Unterstützung

Turbineneinheiten werden in Finnland hergestellt und nach Deutschland geliefert.

Deutsche Integrator-Partner montieren die Turbinen mit lokal bezogenen Komponenten. Eine Neugestaltung / Änderung des Layouts ist möglich, um lokalen Anforderungen oder nicht standardmäßigen Anforderungen zu entsprechen.

Vertriebskanäle definiert

Aurelia verkauft über die folgenden komplementären Routen

Direkt: Der Direktvertrieb wird genutzt, um neue Märkte zu erschließen und die ersten Verkäufe zu starten;

OEM: Kanäle, die Kessel, Kältemaschinen und andere Elemente als ‚Gesamtlösung' hinzufügen',

Projektentwickler: Projektentwickler, die schlüsselfertige Projektlösungen verkaufen,

Vertriebspartner: die Hauptkanäle in einer definierten Region, die sich dem Verkauf und Service von Aurelia-Produkten verschrieben haben. Sie werden ihre eigenen Ressourcen einsetzen und Untervertriebshändler, Vertreter, Wiederverkäufer und Projektentwickler ernennen.

Integrator-Partner: Distributoren, die wie oben definiert unvollständige A400-Systeme von Aurelia (normalerweise Turbine, Brenner und Steuerungen) übernehmen und ein endgültig verpacktes System „integrieren"

AURELIA

Aurelia® A400

AURELIA

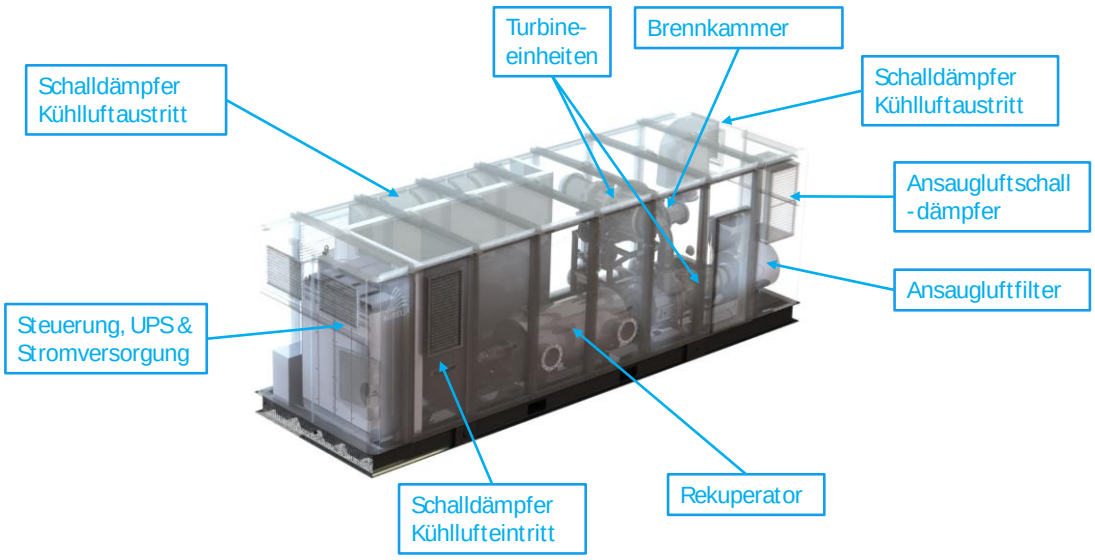
Aurelia® A400 - Designelemente

- 400 kW_e elektrische Nettoleistung
- 40.2 %elektrischer Wirkungsgrad
- Vollständig verpackt
- Zweiwellige, zwischengekühlte Gasturbine mit Rekuperator (IRG2)
- Jede Welle ist ausgestattet mit:
  - Aktive Magnetlager
  - Kompressor
  - Turbine
  - Dauermagnetgenerator

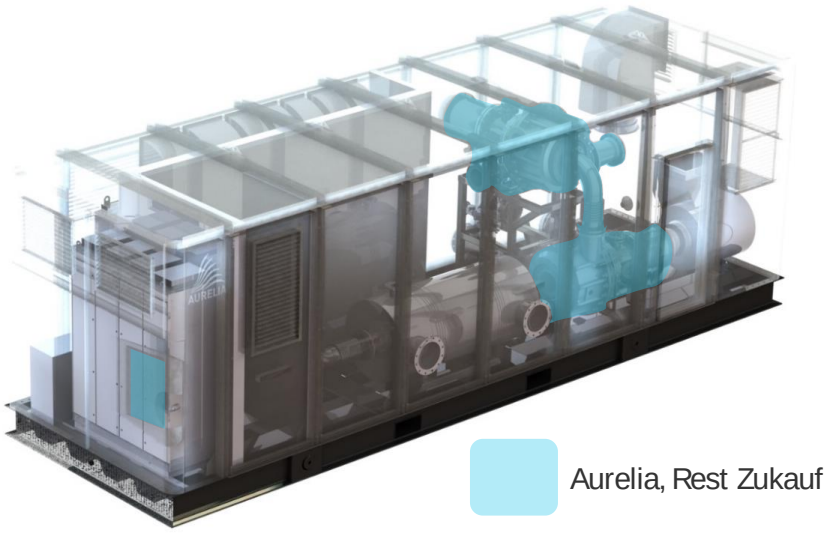
Produktmerkmale und Vorteile

- Modularer Aufbau
- Aktive Magnetlager
- Einkammer Brennkammer
- Fernüberwachung
- Hochgeschwindigkeit Stromerzeugung
- Höchster Wirkungsgrad in dieser Leistungsklassa
- Weltweites Servicenetzwerk
- Keine Schmiermittel, kene Reibung, keine Abnutzung
- Niedrige Emissionen
- Keine Vibrationen
- Innenraum- oder Freiluftaufstellung
- Geringste Wartungskosten und höchste Verfügbarkeite
- Integrierte Eintrittsluftfilter

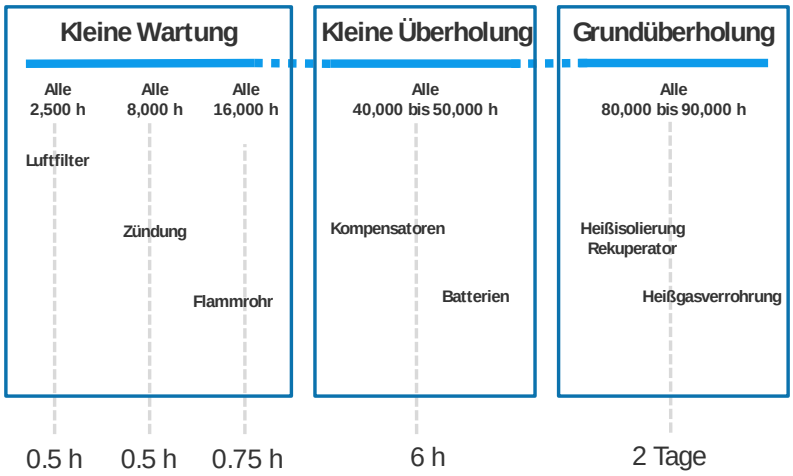
Das A400 Paket



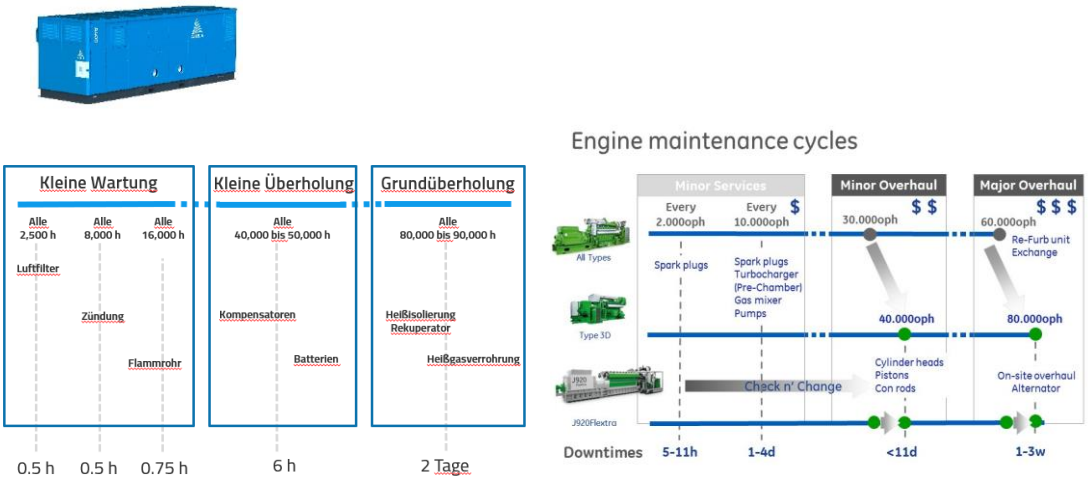
Aurelia konzentriert sich auf die Kernkomponenten



A400 Wartungspaket

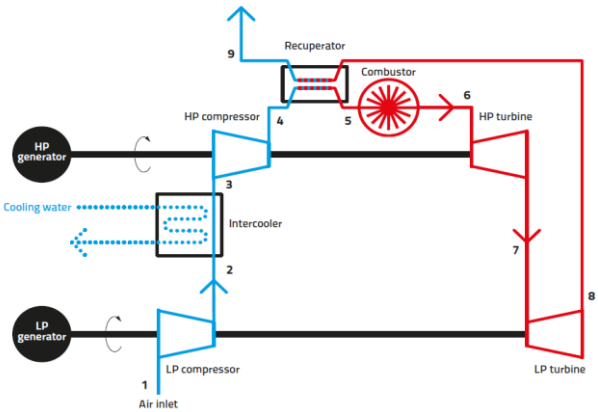


Aurelia® A400 - Wartung



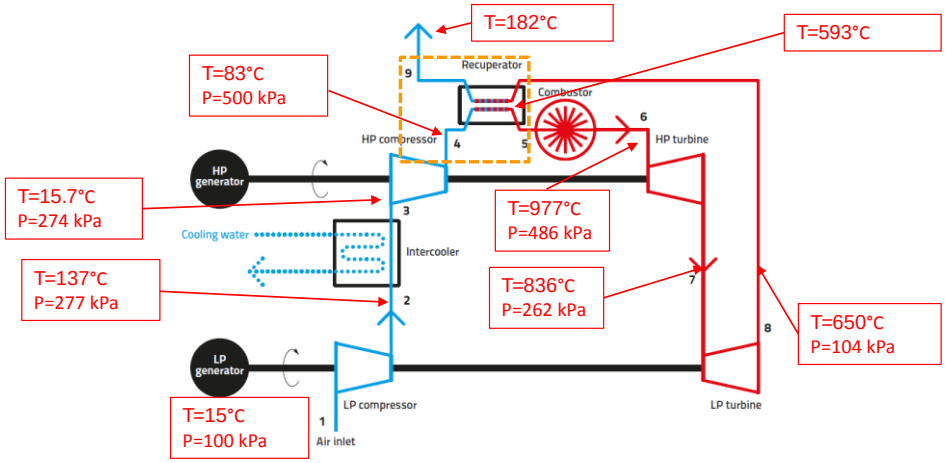
Funktionsprinzip

IRG2 Funktionsprinzip



Ansaugluft wird durch ein zweistufiges Filter von einem Niederdruckkompressor angesaugt. Die Luft wird komprimiert.

IRG2 Funktionsprinzip



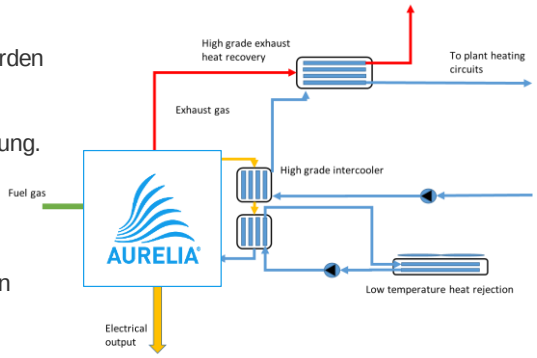
Gerätebetrieb bei Nennleistung und normalen Betriebsbedingungen.

Anwendungen
AURELIA

Aurelia® Anwendungen
Process steam
Our ability to efficiently produce steam meets the process manufacturers demand for both heat and power.
Hot Water
Our systems will deliver power and high temperature hot water for industrial processes and heating.
Chilling
Refrigeration is a growing application: with higher efficiency, we provide a better solution.
Direct Current
Our turbines can generate on-site DC power with multiple fuels.
Biogas
Our turbine design caters for the combustion of biogas produced from many different sources.
Alternative Fuel
Alternative fuels
We can generate electricity from non-standard fuels which most others can't use.
Oil and Gas
Our fuel flexibility, size, low maintenance and tolerance to corrosion is a great solution for oil & gas producers.
Prime power
Our turbines meet the continuous demands of prime power applications.
AURELIA

Anwendungen – Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

- Übertragungs- und Verteilungsverluste werden reduziert.
- Erhöht die Sicherheit der Brenntoffversorgung.
- Reduzierte Umweltbelastung.
- Kombiniert hohe Systemeffizienz, große Betriebsfenster und Flexibilität beim Heizen und Kühlen.

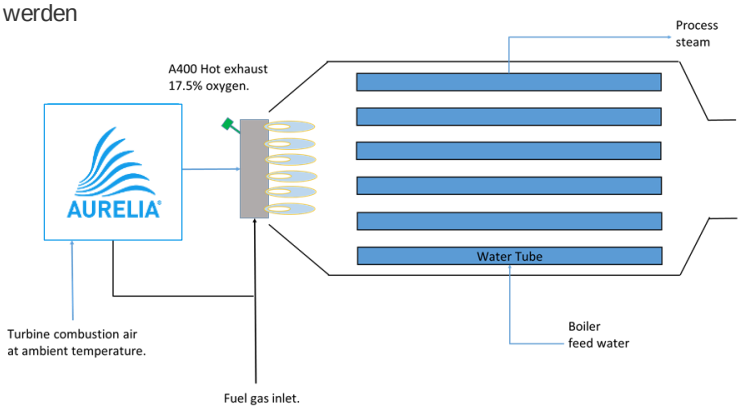


Brennstoffeffizienz des Systems von bis zu 86%

Typische Kundeneinsparung:
- **20%auf Energiekosten**
- **30%auf Kohlenstoffemissionen**

Anwendungen – Prozessdampf

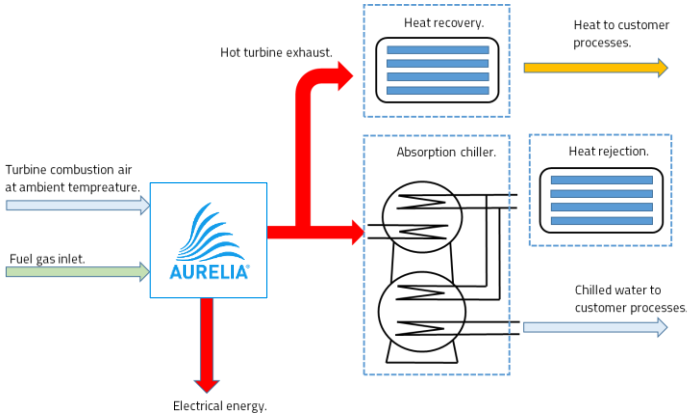
- Abgas mit hohem O2-Gehalt kann direkt mit zusätzlicher Verbrennung verwendet werden.
- Bis zu 4 MW Zusatzverbrennung können von 1 A400 unterstützt werden
- Kombiniert hohe Effizienz mit großen Betriebsfenstern.



Anwendungen – Kraft-Wärme-Kältekoppelung (KWKK)

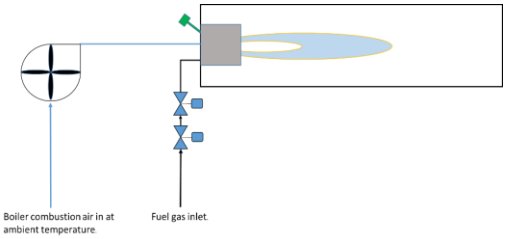
KWKK bietet eine Reihe von Vorteilen, darunter:

- Erhöhte Energieeffizienz
- Reduzierte Brennstoffkosten
- Reduzierter saisonaler Spitzenstromverbrauch
- Deutliche Reduzierung der Umweltbelastung
- Verbesserte Gebäudeenergieeffizienz
- Erhöhte Energiesicherheit



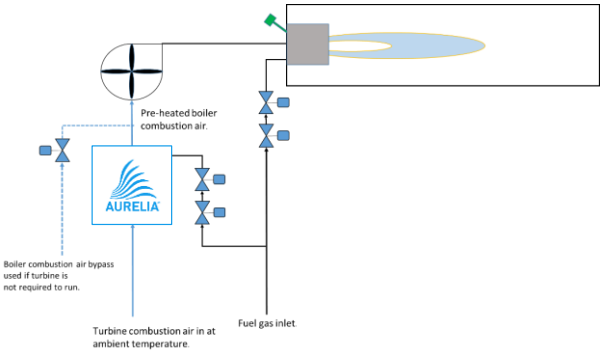
Kombiniert eine hohe Systemeffizienz , breites Betriebsfenster und Heiz- und Kühlflexibilität.

Anwendungen – Brennererweiterung



- Abgas mit hohem O2-Gehalt kann direkt als Kessel- oder Ofenverbrennungsluft verwendet werden.

- Das spart zusätzlich 375 kW Kesselbrennstoff pro Stunde.



Anwendungen – Flexibilitet

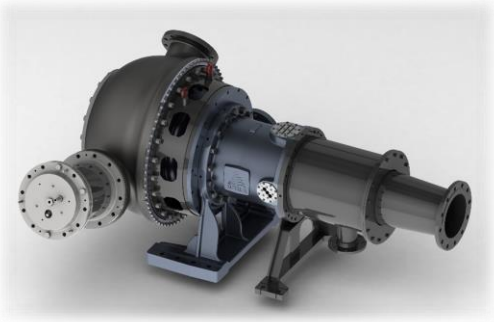
Geeignet für Fast-Track-Kraftwerke aufgrund schneller Bereitstellung, geringerer Lebens-zykluskosten und geringerer Wartungs-kosten.

Eher für Kaltwetterbetrieb geeignet: containerisiert, robust, keine Schmiermittel.

Eher geeignet für abgelegene Standorte, Offshore- und unbemannte Standorte.

Marine.

Danke schön! Fragen?



Tony Hynes
Commercial Director
tony.hynes@aureliaturbines.com
+44 (0)786 7498 569

Herausgeber

ASUE Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundlichen
Energieverbrauch e. V.
Robert-Koch-Platz 4
10115 Berlin

Telefon 030 / 22 19 13 49-0
info@asue.de
www.asue.de

ASUE Expertenkreis Gasturbinentechnik
Bremen, 25./26. Juni 2019