

JENBACHER



Intro

Referent:

Dr. Uwe Braun

Senior Sales Manager

Jenbacher GmbH

Carl-Benz-Str. 25

67227 Frankenthal

Mail: uwe.braun@innio.com



Inhalt

- **Unternehmensvorstellung**
- Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit
- Wasserstoff als Alternative zu Erdgas
- Wasserstoff im Erdgasnetz
- Verbrennungsmotoren als attraktive Möglichkeit für H₂-KWK
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

INNIO* Jenbacher* und Waukesha* Gasmotoren

Unternehmensvorstellung

JENBACHER



Energieerzeugung

- Elektrische Leistung: 220 – 10.380 kWe, elektrischer Wirkungsgrad bis zu 49,9%, Gesamtwirkungsgrad > 90%
- 23.000+ gelieferte Motoren weltweit
- Erdgas, KWK, Kompetenz bei Spezialgasanwendungen (Biogas, Deponiegas, Grubengas, Hochofengas, Synthesegase), Ölfeld-Anwendungen

JENBACHER

INNIO

Alle Rechte vorbehalten

2021

* Kennzeichnet ein Warenzeichen

Waukesha



Gasverdichtung

- Leistung: 335 bhp – 5.000 bhp (220 kWe – 3.605 kWe)
- 30.000+ gelieferte Gasverdichtungsmotoren weltweit
- Gasförderung, -aufbereitung, -lagerung und -transport

Überbrückung von Versorgungslücken in Rechenzentren

Gelieferte Motoren weltweit

Unternehmensvorstellung



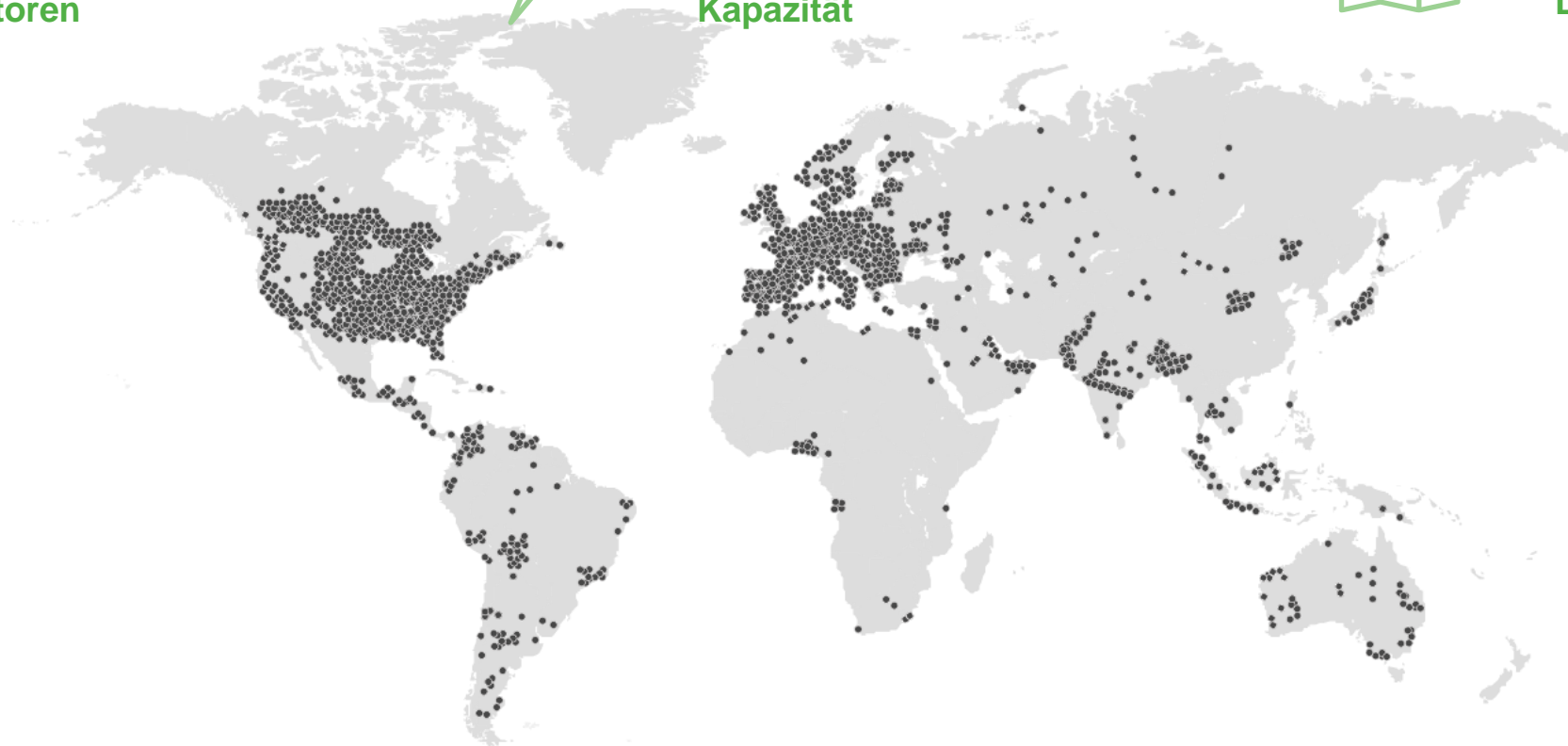
~ **53.000**
Motoren



~ **56 GW**
Kapazität



> **100**
Länder



JENBACH, TIROL, ÖSTERREICH

Unternehmenszentrale der INNIO* Gruppe
und Zentrum für Forschung, Technologieentwicklung,
digitale Transformation und Fertigung im Bereich
Energieerzeugung



Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung

Energieerzeugung aus erneuerbaren Gasen und Abfällen



1. Biogas



2. Deponiegas*



3. Klärgas



4. Grubengas



5. Sondergase

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit

Dezentrale Energieerzeugung und Kraft-Wärme-Kopplung



1. Geschäftskunden & Industrieunternehmen



2. Stromversorgungsunternehmen, Kommunen, unabhängige Stromerzeuger



**3. Mikronetze, Rechenzentren, Ersatzstromversorgung
Schnellstartfähigkeit**



4. Gewächshäuser

Der Weg zu 100% erneuerbaren Brennstoffen

Heute

45% ← EU → 55%



Erdgas
KWK



Biogas

Heutiger Mix von
fossilen Erdgas und
erneuerbaren Gas



Morgen



Biomethan oder
Synthetisches Methan
KWK



Biomethan &
CO₂ Anwendung



Wasserstoff
KWK



Biogas

CO₂ neutral Brennstoffe
&
grüner Wasserstoff

Inhalt

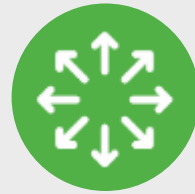
- Unternehmensvorstellung
- **Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung**
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit
- Wasserstoff als Alternative zu Erdgas
- Wasserstoff im Erdgasnetz
- Verbrennungsmotoren als attraktive Möglichkeit für H₂-KWK
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung

INNIO* Jenbacher* unterstützt die Energiewende - Internationale Trends ... die drei Ds



Dekarbonisierung



Dezentralisierung



Digitalisierung & Big Data

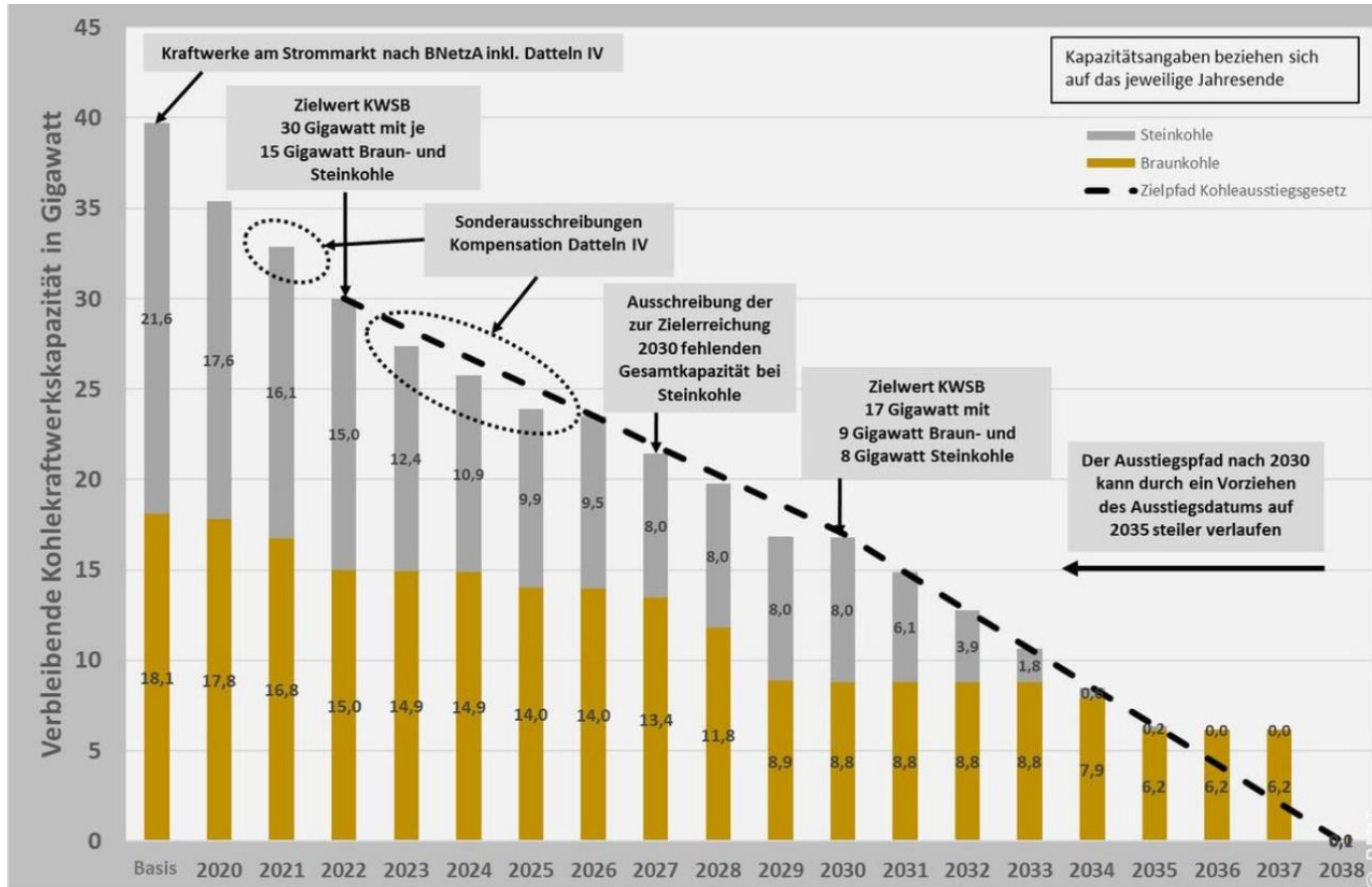
- Hoher elektrischer Wirkungsgrad
- > 90% Kraftstoffverwertung mit KWKK
- Pionier bei erneuerbaren Brennstoffen (Biogas usw.)
- Wasserstoff als kohlenstofffreier Brennstoff der Zukunft bis zu 60% (v) heute 100% bis 2021

- Energieerzeugung am Verbrauchsort
- Alternative zum Netz
- Ausgleich der Volatilität erneuerbarer Energiequellen
- Flexibler Betrieb
- Hybridbetrieb mit Photovoltaik
- Mikronetze

- myPlant* ... Motorzustandsüberwachung
- Datenanalyse
- Zustandsbasierte Instandhaltung
- Ausfallmanagement
- Flottenmanagement
- Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Leistung

Jenbacher Produkte als wesentlicher Faktor und Wegbereiter für die Energiewende

Abschaltung der Stein-, Braunkohle- und Kern-Kraftwerke



Quelle: BMU - Bundesumweltministerium

Abschaltung der Kohle-KW

- ~ 2GW pro Jahr über die nächsten ~ 16 Jahre

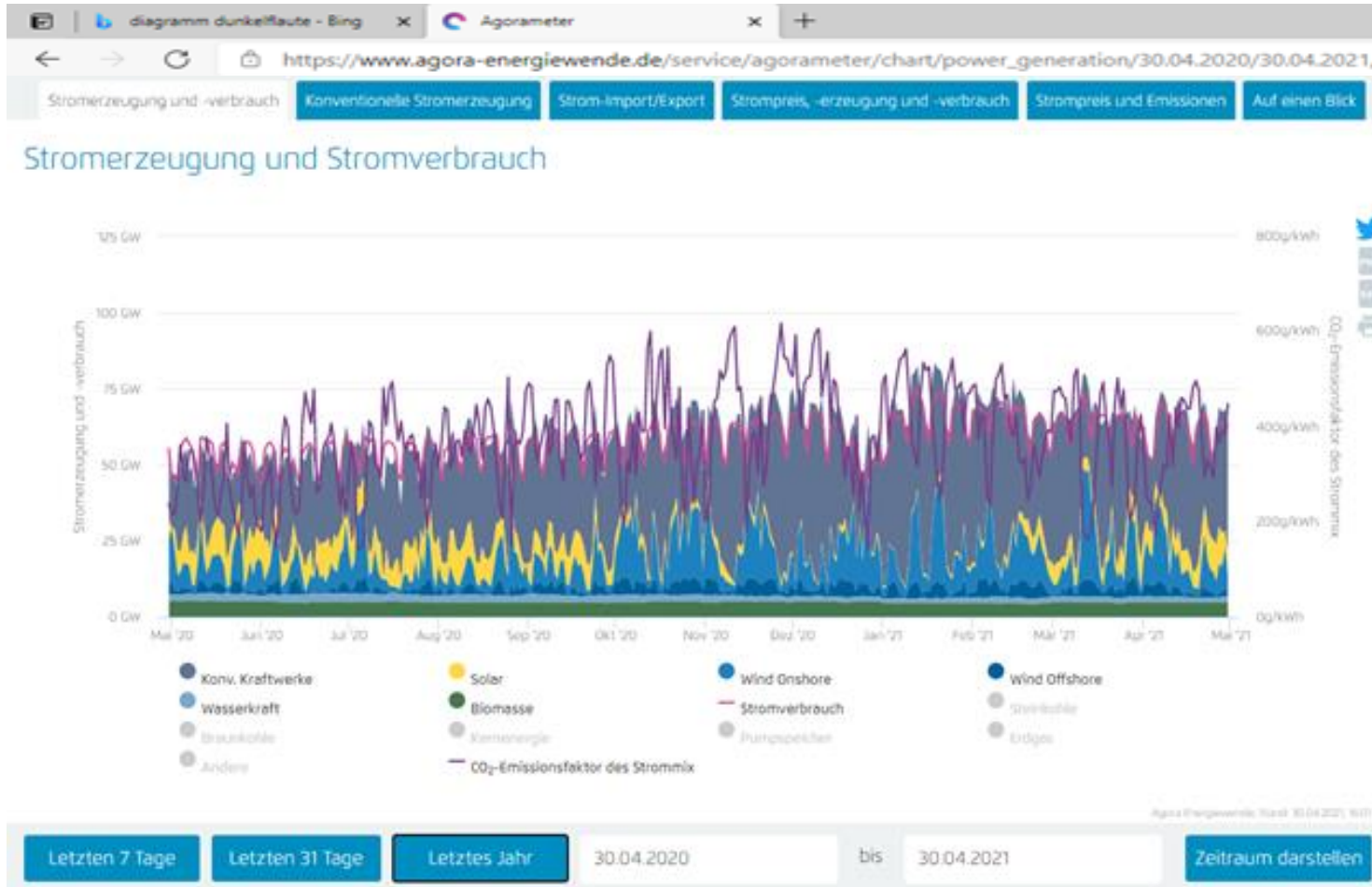
Abschaltung der KKW

- Zwei Stufen mit je ~ 4GW
- Jeweils Ende 2021 / 2022

Name	Kürzel	P/MW Netto	Ende Betrieb
<u>Brokdorf</u>	KBR	1410	31. Dez. 2021
<u>Grohnde</u>	KWG	1360	31. Dez. 2021
<u>Gundremmingen C</u>	KRB C	1288	31. Dez. 2021
<u>Emsland</u>	KKE	1335	31. Dez. 2022
<u>Isar/Ohu 2</u>	KKI 2	1410	31. Dez. 2022
<u>Neckarwestheim 2</u>	GKN 2	1310	31. Dez. 2022

Quelle: Wikipedia

Dunkelflauten & verschärfte Klimaziele



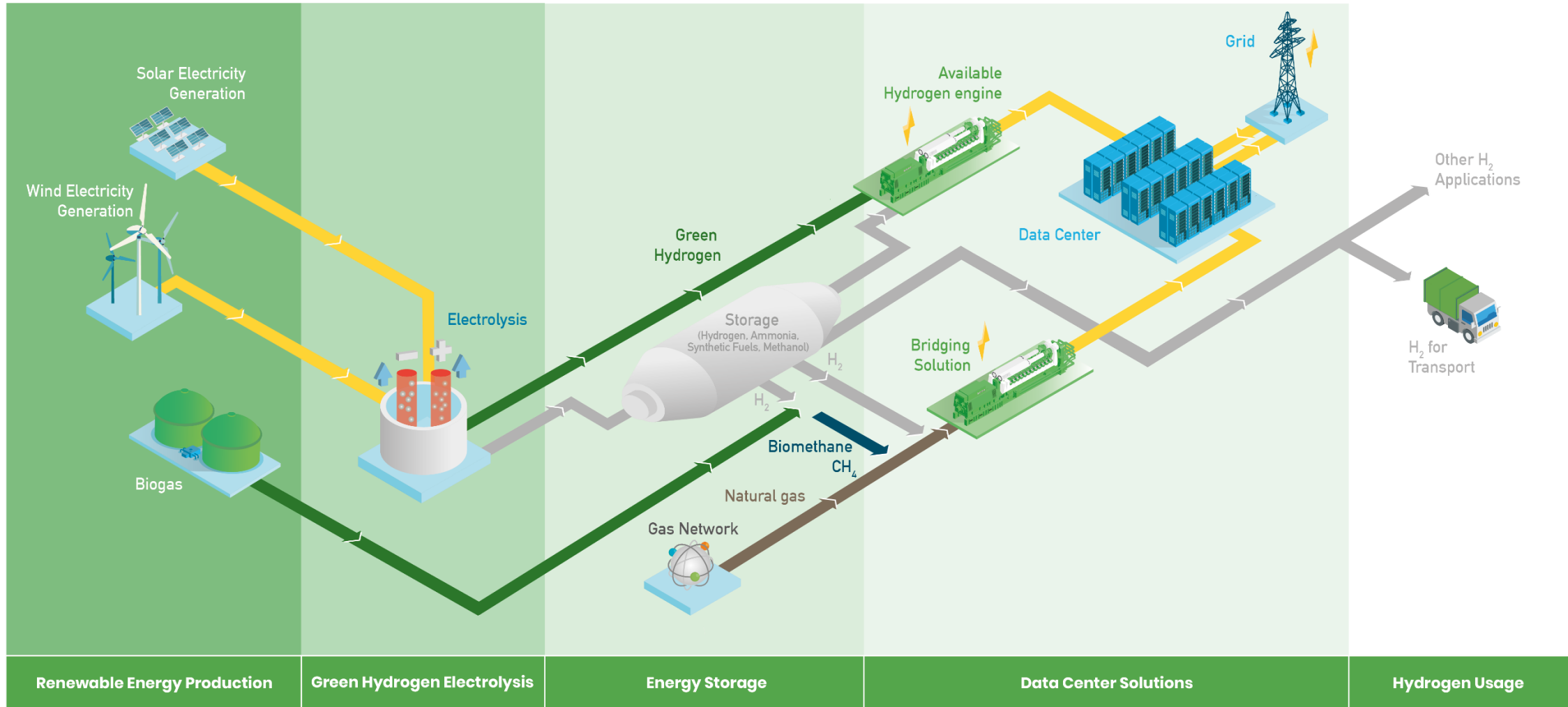
[Agorameter \(agora-energiewende.de\)](https://www.agora-energiewende.de)

Quelle: agora

- Wieviele Gaskraftwerke sind notwendig, um die Dunkelflauten zu überbrücken?
- Zitat aus Süddeutsche
Wie viele Gaskraftwerke nötig sind, um die Versorgungssicherheit nach dem Kohleausstieg zu gewährleisten, zeigt eine im Auftrag des Berliner Thinktanks Agora Energiewende erstellte Studie von Prognos, Öko-Institut und Wuppertal-Institut. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass die installierte Leistung **bis 2030 auf 43 Gigawatt** und **bis 2050 auf 73 Gigawatt** wachsen muss. Laut Bundesnetzagentur sind derzeit fast 32 Gigawatt installiert.
Quelle: Energie: Wie riskant sind Dunkelflauten von Wind- und Solarenergie? - Wissen - SZ.de (sueddeutsche.de)
- Wo werden die 43GW bis 2030 gerade geplant / genehmigt / gebaut?
- 10GW EE für H2-Elektrolyse bis 2040
- Verschärfte Klimaziele / Reduktion CO₂
 - 55% => 65% bis 2030
 - 88% bis 2040
 - 100% bis 2045 statt 2050

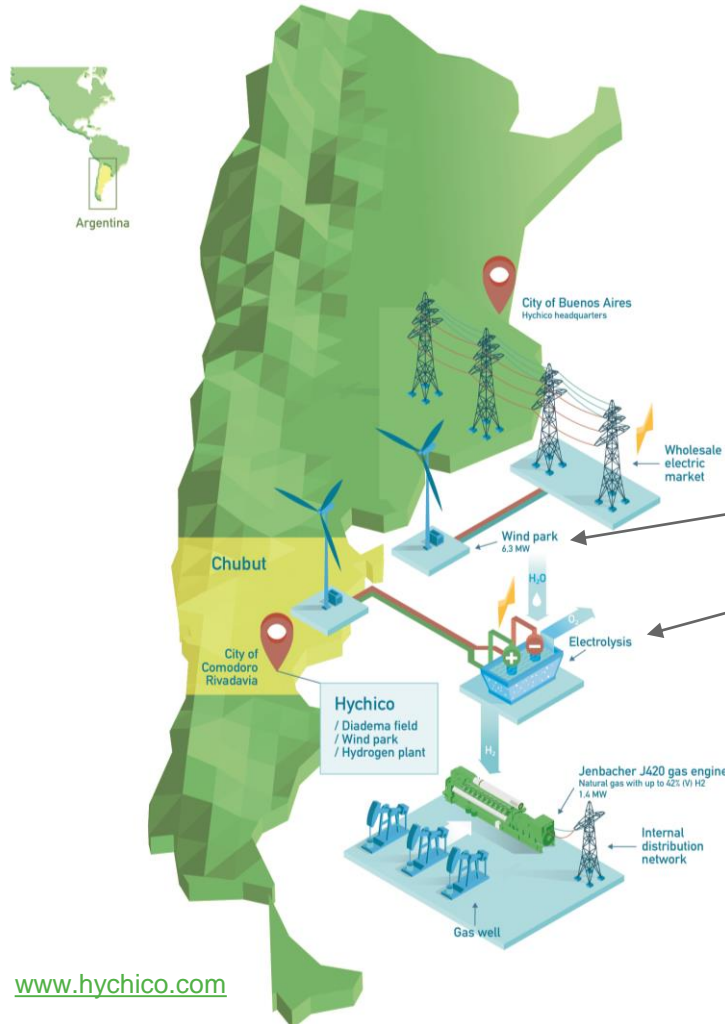
Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung

Das zukünftige Energiesystem wird immer mehr kohlenstoffneutrale Brennstoffe verwenden ...



Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung

Künftiges Energie- und Ökosystem am Beispiel Diadema-Windpark und -Wasserstoffwerk von Hychico, Argentinien



Über die Region

Derzeit große Öl- und Gasfelder

2.000 GW Windkraftpotenzial; derzeit sind weltweit Anlagen mit einer Gesamtleistung von 600 GW in Betrieb

Idealer Standort für den Export von grünem Wasserstoff und E-Fuels in der Zukunft

Demonstrationsanlage für grünen Wasserstoff

6,3-MW-Windpark mit einem CF von **54,9 % (2017)**, durchschnittl. > 50 %

0,8 MW Elektrolyse (2 Anlagen), 120 Nm³/h H₂

H₂ mit hoher Reinheit (99,998%), O₂ für den lokalen Markt

Forschung zur unterirdischen Wasserstoffspeicherung

J420 wandelt Wasserstoff wieder in Strom um

Leistung 1.415 kW_{el}

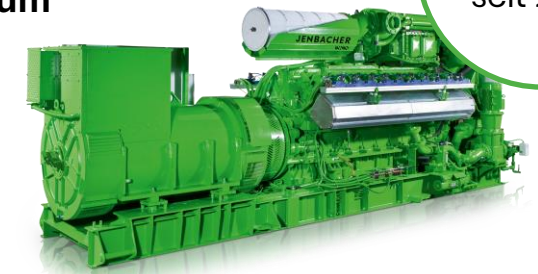
Hauptbrennstoff: Erdgas MZ > 90

Betrieb mit **kontrollierter H₂-Beimischung**

0 – 27 % vol H₂ 1.415 kW

28 – 42 % vol H₂ 1.415 bis 1.180 kW

~70.000 h
seit 2009



www.hychico.com

JENBACHER

INNIO

Alle Rechte vorbehalten

2021

Überbrückung von Versorgungslücken in Rechenzentren

16

Beispiele von H2 Demo-Projekten

30%v H₂

Bozen - Italien
Horizon 2020 Demo

J612



30%v H₂

Biogas Stream- Österreich
2008 Demo

J312

42%v H₂

Hychico – Argentinien
IBN 2008

J420

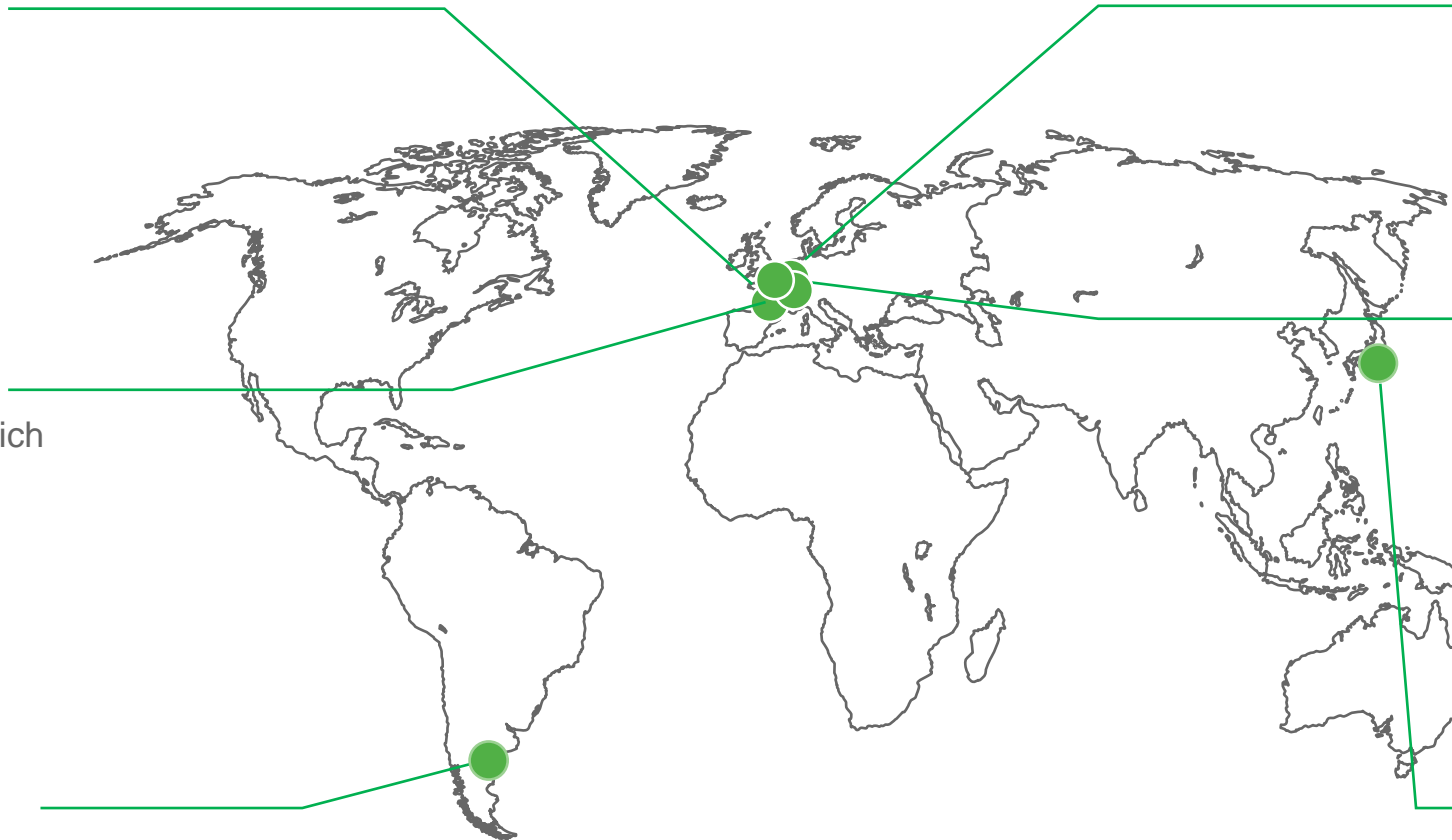


JENBACHER



Alle Rechte vorbehalten

VKU Verbandstagung, 2021



60%v H₂ 

H2ORIZON - Stuttgart
IBN Q2/2020

J312

Bis zu 100% H₂

HanseWerk Natur - Hamburg
IBN 11/2020

J416



60%v H₂

Ando Hasama - Japan
IBN 01/2020

J312

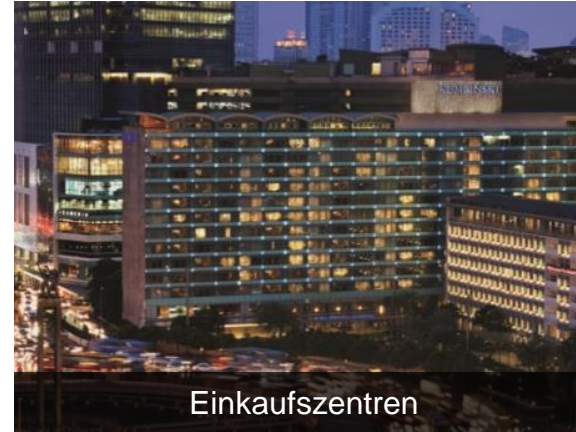


Inhalt

- Unternehmensvorstellung
- Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung
- **Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit**
- Wasserstoff als Alternative zu Erdgas
- Wasserstoff im Erdgasnetz
- Verbrennungsmotoren als attraktive Möglichkeit für H₂-KWK
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit

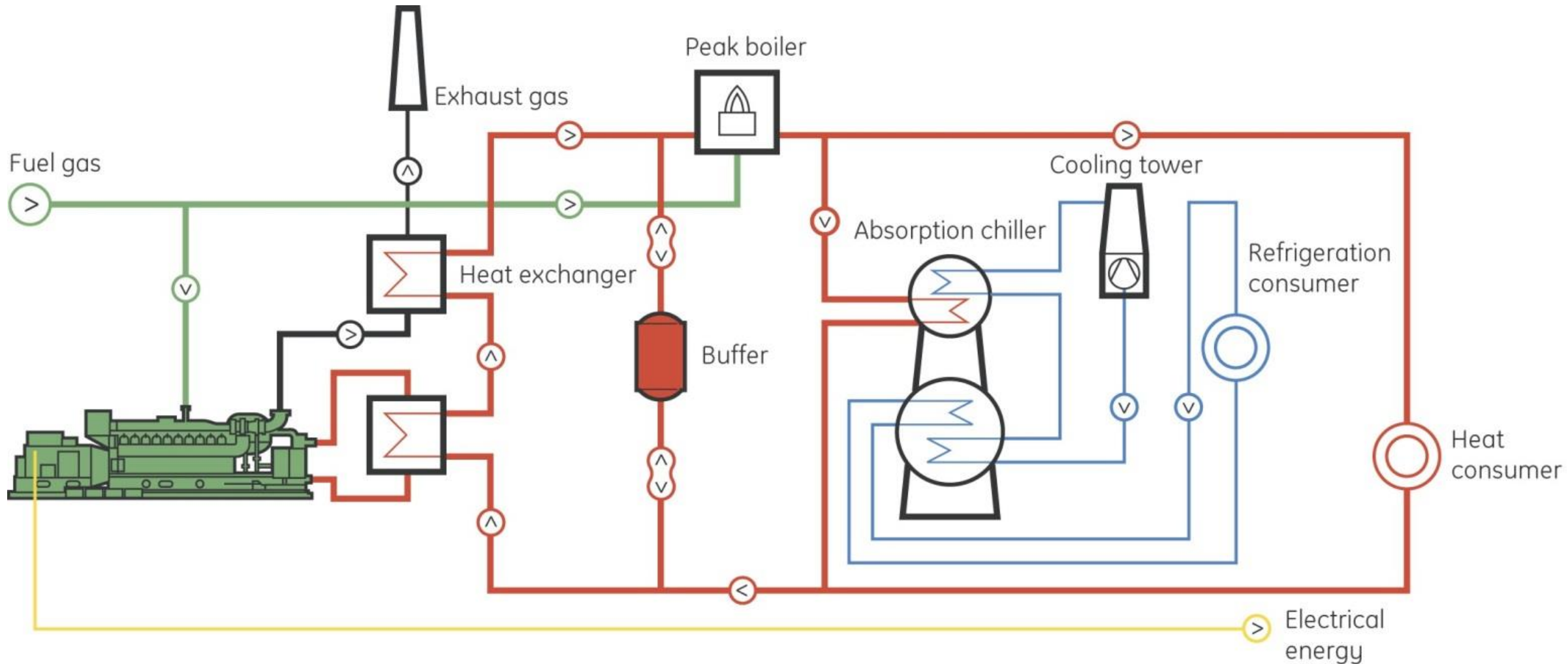
Dezentrale Energieerzeugung und Kraft-Wärme-Kopplung



Weltweit sind bereits mehr als 500 KWKK-Systeme mit Jenbacher* Gasmotoren in Betrieb.

Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit

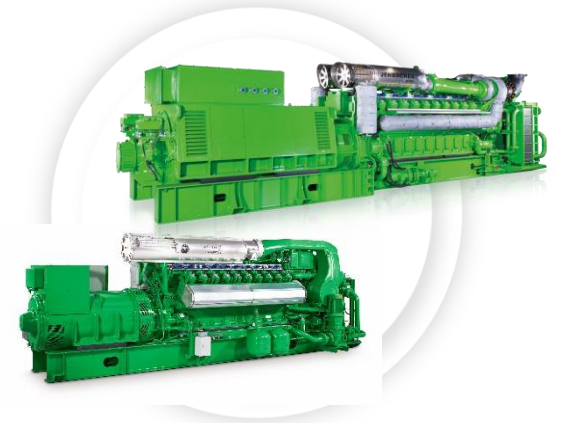
Prinzipdarstellung



Inhalt

- Unternehmensvorstellung
- Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit
- **Wasserstoff als Alternative zu Erdgas**
- Wasserstoff im Erdgasnetz
- Verbrennungsmotoren als attraktive Möglichkeit für H₂-KWK
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Jenbacher's Erfahrung mit Wasserstoff & Wasserstoffgemischen



Koksgas (Profusa)
IBN 1998

Prozessgas (Krems)
COD 1996

Biomassevergasung (Mutsu)
COD 2003

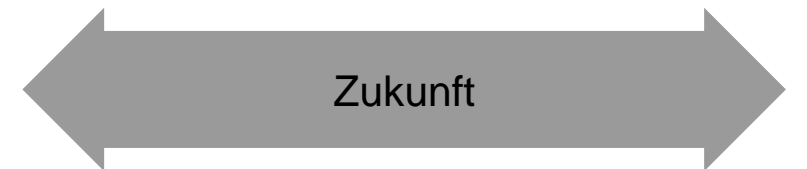
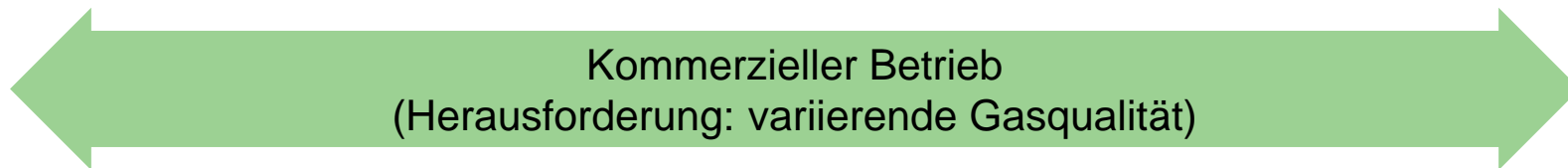
Reiner Hydrogen
2021+

H₂: ~50-70Vol%
CH₄: ~20-25Vol%
LHV: ~5 kWh/m³

H₂: ~15-17 Vol%
CH₄: ~1.5 Vol%
LHV: ~0.5 kWh/m³

H₂: ~30-40 Vol%
CO: ~25-30 Vol%
LHV: ~2.5 kWh/m³

H₂: ... 100 Vol%
Nat. Gas oder Inerts
LHV: ~3 kWh/m³



~250MW installierte Leistung mit synthetischen Gasen / Prozessgasen

Jenbacher's Lösungen für H₂ Gasmotoren

A

H₂ im Erdgasnetz



A-1: Niedriger H₂ Gehalt

Optimiert für Erdgas
<5%v H₂

A-2: Mittlerer H₂ Gehalt

Breitbandprodukt
5-30%v H₂

Keine
Modifikationen nötig

Existierende Version
verfügbar

90 Projekte in 28 Länder von Japan bis Hawaii
Erfahrung mit allen Motortypen

B

H₂ lokal zugemischt



B-1: Spezial-Gasmotor

betrieboptimiert
bis zu ~60%v H₂

B-2: Erdgas / H₂ Motor

2-Gas Motor
100%v Erdgas / H₂

Existierende Version
verfügbar

Pilotmotoren
(Vorserie)

Erste Demo-Projekte
(Umrüstung und Neubau)

C

Reiner H₂



C: H₂ Motor

Wasserstoff-Motor
100% H₂

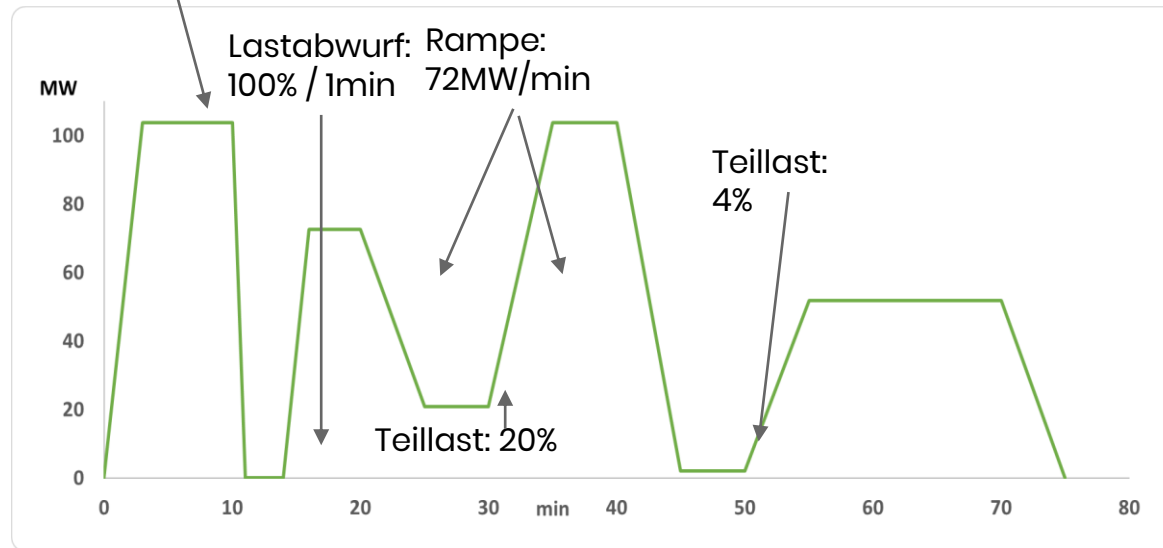
Pilotmotoren
(Vorserie)

Vorteile von Gasmotoren

Beispiele mit 10 Motoren der 10MW-Klasse

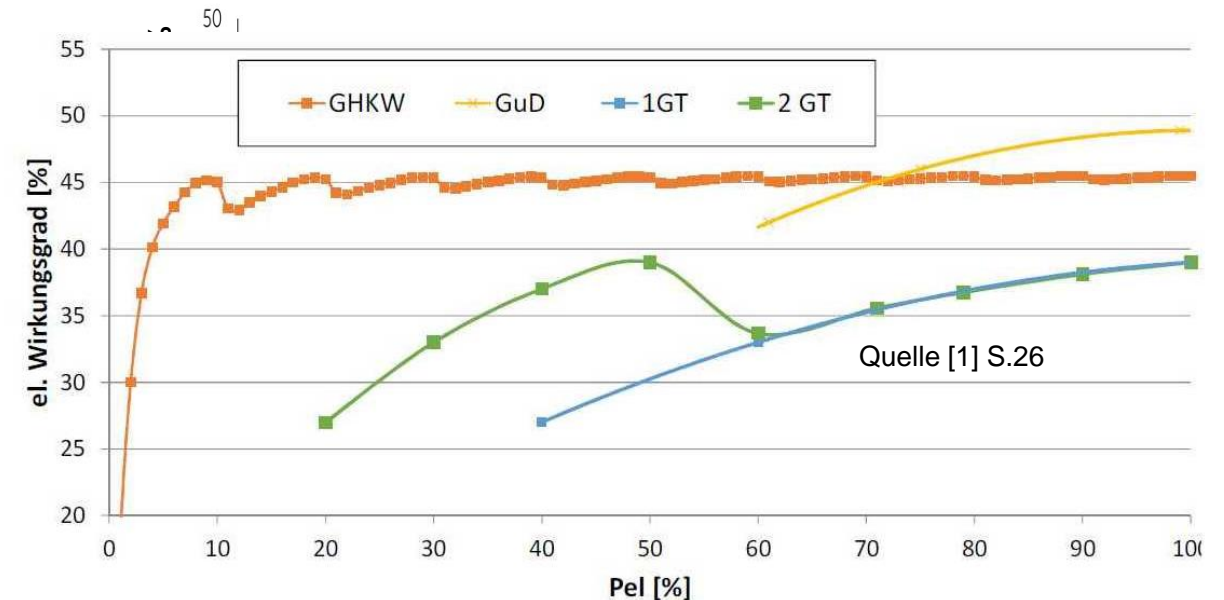
Flexibler Betrieb – Modulation und schneller Start- / Stopp-Betrieb

Volllast nach 3 min



Hoher Wirkungsgrad – auch in Teillast

Elektrischer Wirkungsgrad eines modular aufgebauten GHKW's im Vergleich zu einer GT und einer GuD Anlage im KWK-Betrieb



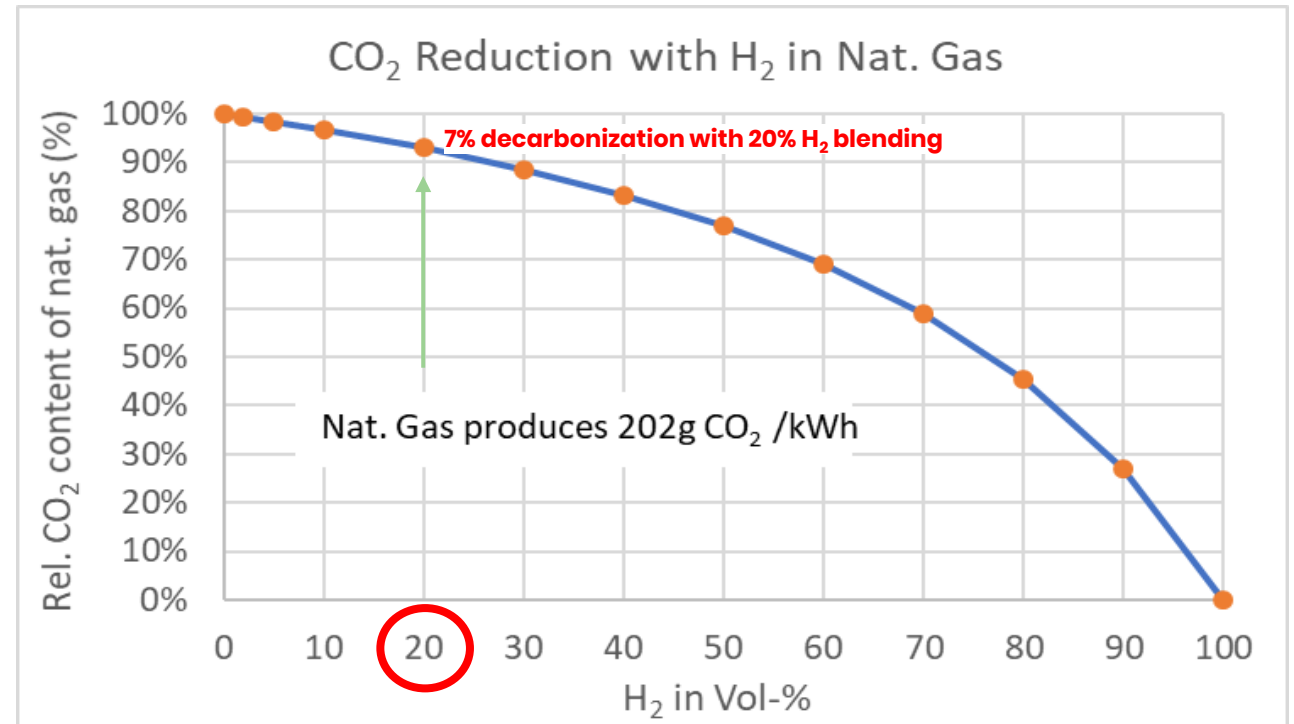
Inhalt

- Unternehmensvorstellung
- Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit
- Wasserstoff als Alternative zu Erdgas
- **Wasserstoff im Erdgasnetz**
- Verbrennungsmotoren als attraktive Möglichkeit für H₂-KWK
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Dekarbonisierung des Erdgasnetzes mit Wasserstoff

		Erdgas	Wasserstoff
CH4	Vol-%	97.6	0
C2H6	Vol-%	2	0
C3H8	Vol-%	0.4	0
H2	Vol-%	0	100
LHV	kJ/Nm ³	36 730	10 800
WI	kJ/Nm ³	48 704	41 000
MZ	-	92	0
Stöchiom. Luftverbrauch	Nm ³ /Nm ³	9.7	2.4
Laminar Flammgeschwindigkeit	cm/s	38	>300

Wasserstoff zugemischt im Erdgasnetz

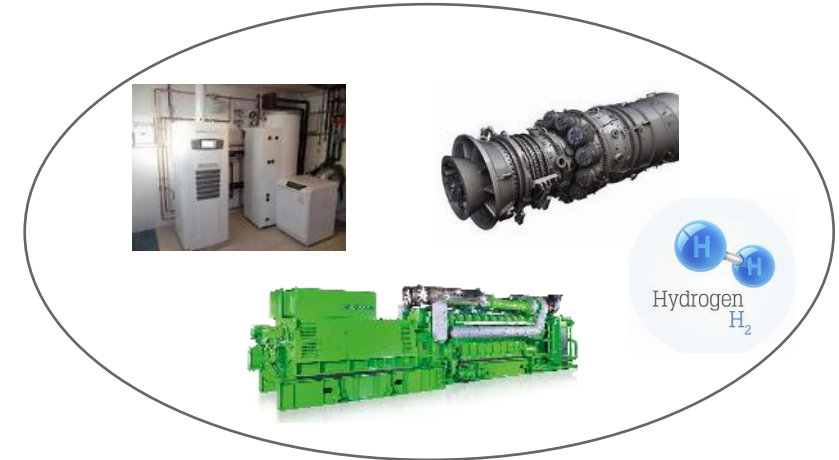


Inhalt

- Unternehmensvorstellung
- Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit
- Wasserstoff als Alternative zu Erdgas
- Wasserstoff im Erdgasnetz
- **Verbrennungsmotoren als attraktive Möglichkeit für H2-KWK**
- Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Rolle von H2 in der Stromerzeugung

Mit Fortschritt der Energiewende



Erneuerbare Stromerzeugung

- **Hydro** und **Geothermie** sind nicht überall verfügbar
- **Biomasse** ist limitiert und teuer
- **Solar PV** wird immer günstiger, aber hat keine Verfügbarkeit
- **Wind** kann sehr hohe Kapazitätsfaktoren erreichen (~50%), aber hat auch eingeschränkte Verfügbarkeit

H2 Produktion aus erneuerbarem Strom

- Historisch wurde Elektrolyse oft zur H2 Produktion eingesetzt wo Erdgas nicht verfügbar war.
- **Elektrolyseure** sind die Schlüsseltechnologie für die Produktion von grünem Wasserstoff
- Hochskalierung zu grossen Anlagen ist derzeit allgegenwärtig

Erzeugung der Residuallast

- Wasserstoff **Brennstoffzellen** sind ideal für kleine Anwendungen im kW Bereich – dezentrale KWK
- Wasserstoff **Motoren** sind ideal für den mittleren Leistungsbereich im MW Bereich – stromgeführte dezentrale KWK
- Wasserstoff **Turbinen** sind ideal für den grossen Leistungsbereich im 100 MW Bereich – zentrale Spitzenlast-Kraftwerke

Erzeugung der Residuallast

Rolle der Gasmotoren

Nach dem Stromzähler



Brennstoffzelle
1 – 200 kW

Vor dem Stromzähler (Strommarkt)



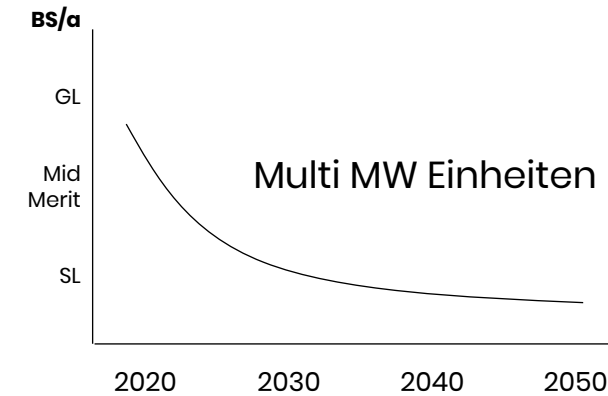
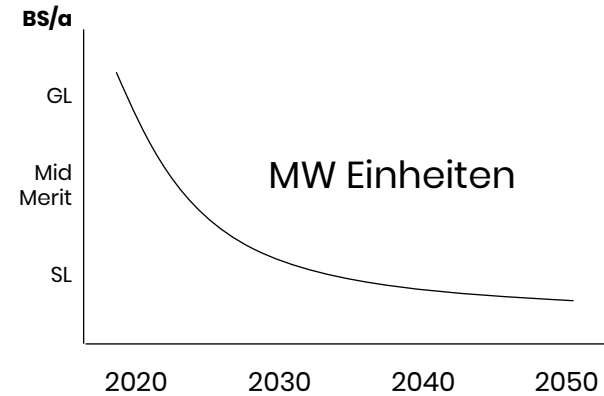
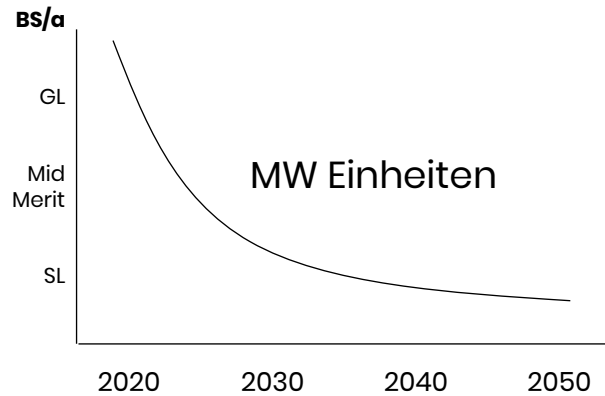
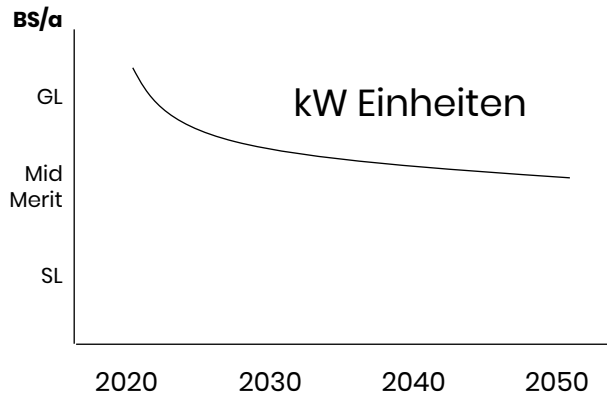
Brennstoffzelle
200 – 5,000 kW



H2 Motor
200 – 5,000 kW



H2 Turbine
50,000 – 500,000 kW



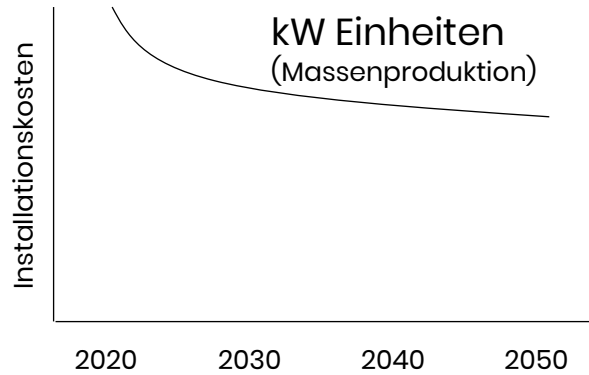
Erzeugung der Residuallast

Rolle der Gasmotoren

Nach dem Stromzähler



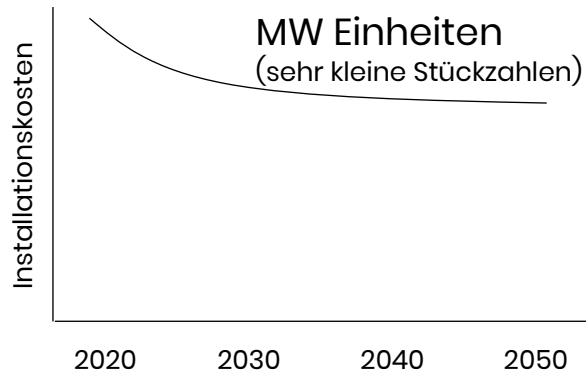
Brennstoffzelle
1 – 200 kW



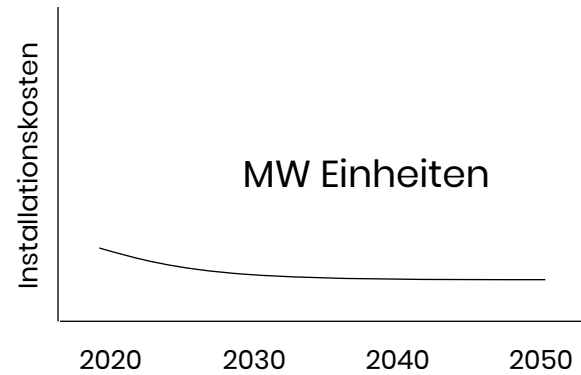
Vor dem Stromzähler (Strommarkt)



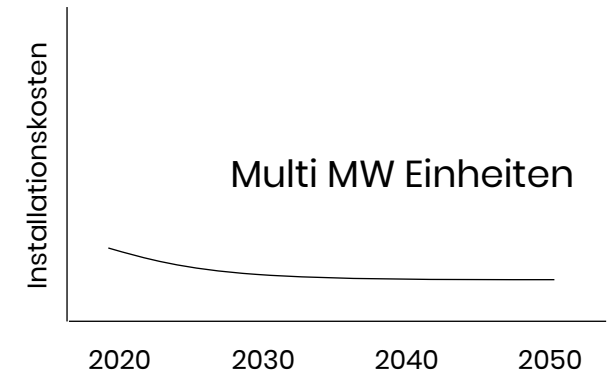
Brennstoffzelle
200 – 5,000 kW



H2 Motor
200 – 5,000 kW



H2 Turbine
50,000 – 500,000 kW

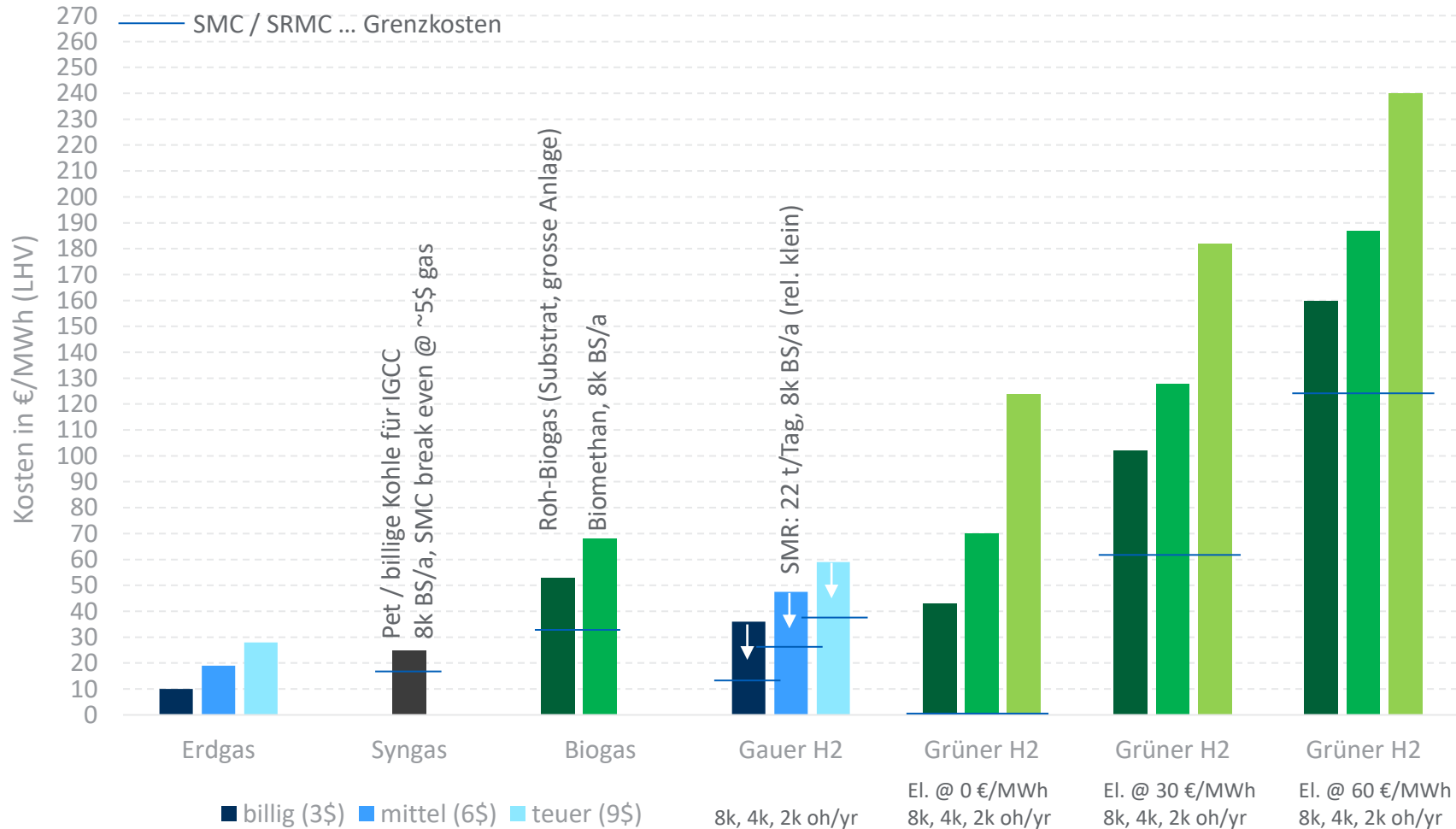


Inhalt

- Unternehmensvorstellung
- Künftiges Energie- und Ökosystem mit Wasserstoff – Dekarbonisierung
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung / Kühlungslösungen weltweit
- Wasserstoff als Alternative zu Erdgas
- Wasserstoff im Erdgasnetz
- Verbrennungsmotoren als attraktive Möglichkeit für H₂-KWK
- **Wirtschaftliche Rahmenbedingungen**

Erdgas und alternative Brennstoffkosten im Vergleich

Kosten von Brennstoffen & H2 (fixe + variable Kosten)



Elektrolyse mit heutigen Stand der Technik:

Herstellkosten des grüner H2 abhängig von:

- Strompreis
- Betriebsstunden

Nicht zu vergessen

- H2 Transportkosten
- H2 Speicherkosten
- H2 Verteilungskosten

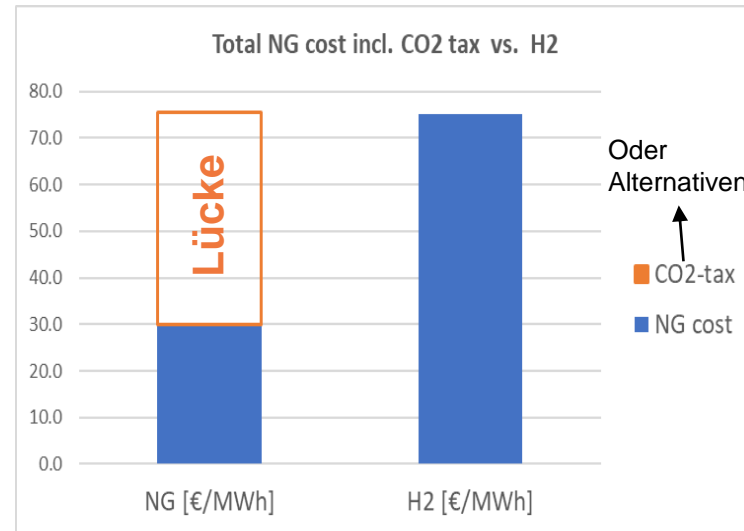
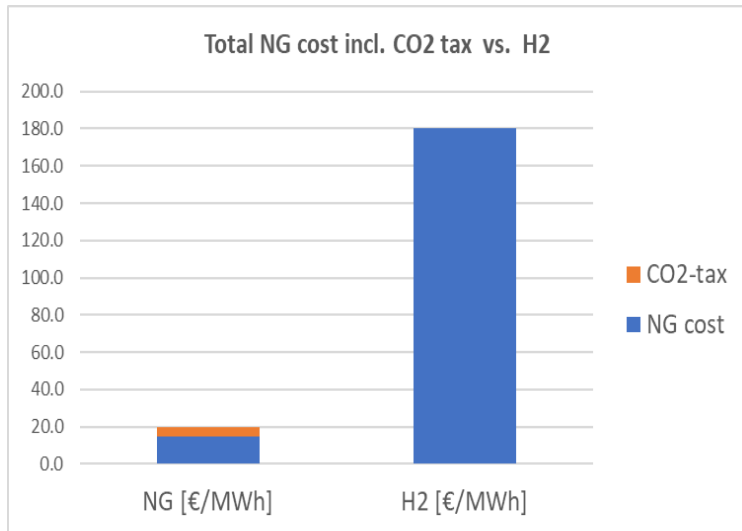
Wasserstoff wettbewerbsfähig machen für die KWK

Heute

Billiges Erdgas → Heute
 Heute →
15 €/MWh Erdgas und 6 €/kg H₂
CO₂ @ 25 €/ton (EU ETS)

2030

Realistisch in EU → 2030 Ziel
 2030 Ziel →
30 €/MWh Erdgas und 2.5 €/kg H₂
CO₂ @ 225 €/ton (erforderlich)



Optionen um die Lücke bis 2030 zu schliessen und kommerzielle Projekte realisieren zu können

- x EU ETS wahrscheinlich <100 €/t
- ~ CO₂ Mindestpreis >100 €/t
- ?! CCfD oder ähnliches erforderlich (Carbon Contracts for Difference)



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Fragen?