



ÖSTERREICHISCHE VEREINIGUNG  
FÜR DAS GAS- UND WASSERFACH

**FORSCHUNG**   
**Burgenland**  
RESEARCH & INNOVATION

  
**FH Burgenland**  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

09.09.2021

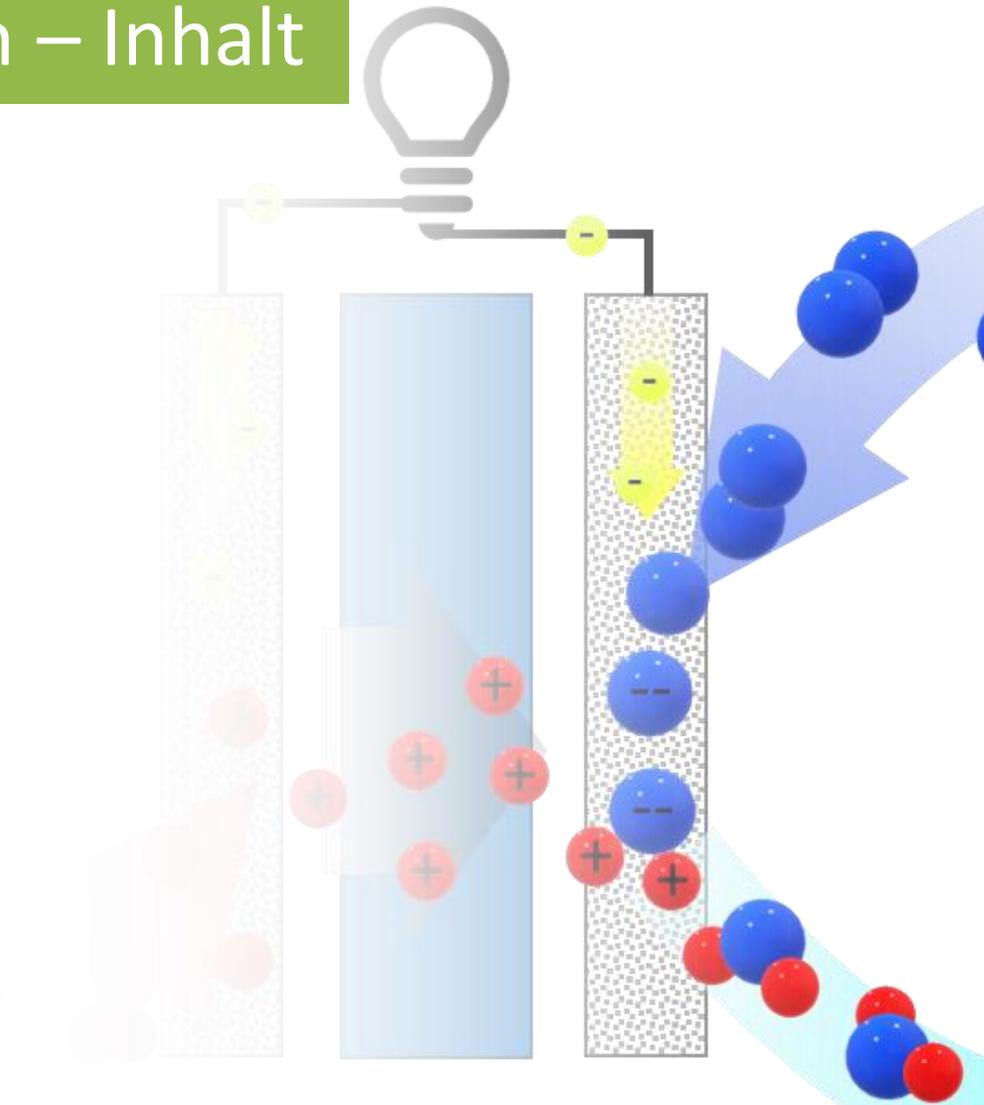
## *Brennstoffzellen für den Endkundenbereich*

Sebastian Schuh, Sebastian Dragosits, Christian Seidl, Sascha Grimm

**IEWT 2021**

# Brennstoffzellen für den Endkundenbereich – Inhalt

- **Aufbau eines Brennstoffzellen (BZ)-Systems**
- **Vor- und Nachteile unterschiedlicher BZ-Systeme**
- **Erdgas und H<sub>2</sub>-Zumischung**
- **Marktangebot von BZ**
- **Einsatz von BZ in Gebäuden**



# Forschung Burgenland

★ **Low-Tech-Ansätze für Gebäude, neuartige Brennstoffzellen, Geschäftsmodelle für erneuerbare Energien, Sicherheitslösungen für Informationstechnologien und Konsumentenforschung sind Beispiele für unsere anwendungsorientierten Forschungsthemen.**

**Aktuell arbeiten wir an mehr als 60 Forschungsprojekten mit einem Gesamtvolumen von über 7 Mio. €.**

**Dabei reichen die Aktivitäten von sehr großen internationalen Projekten mit mehr als 50 Partnern bis hin zu punktgenauer Auftragsforschung für regionale KMU's.**

 **Seit 2012**

 **Umsatz**

> 3,0 Mio. €

 **MitarbeiterInnen**

50 MitarbeiterInnen (41 VZÄ)

Davon 5 im Projekt Office

 **Eigentümer**

Fachhochschule Burgenland (75,1%)

Wirtschaftsagentur Burgenland (24,9%)

 **Standorte**

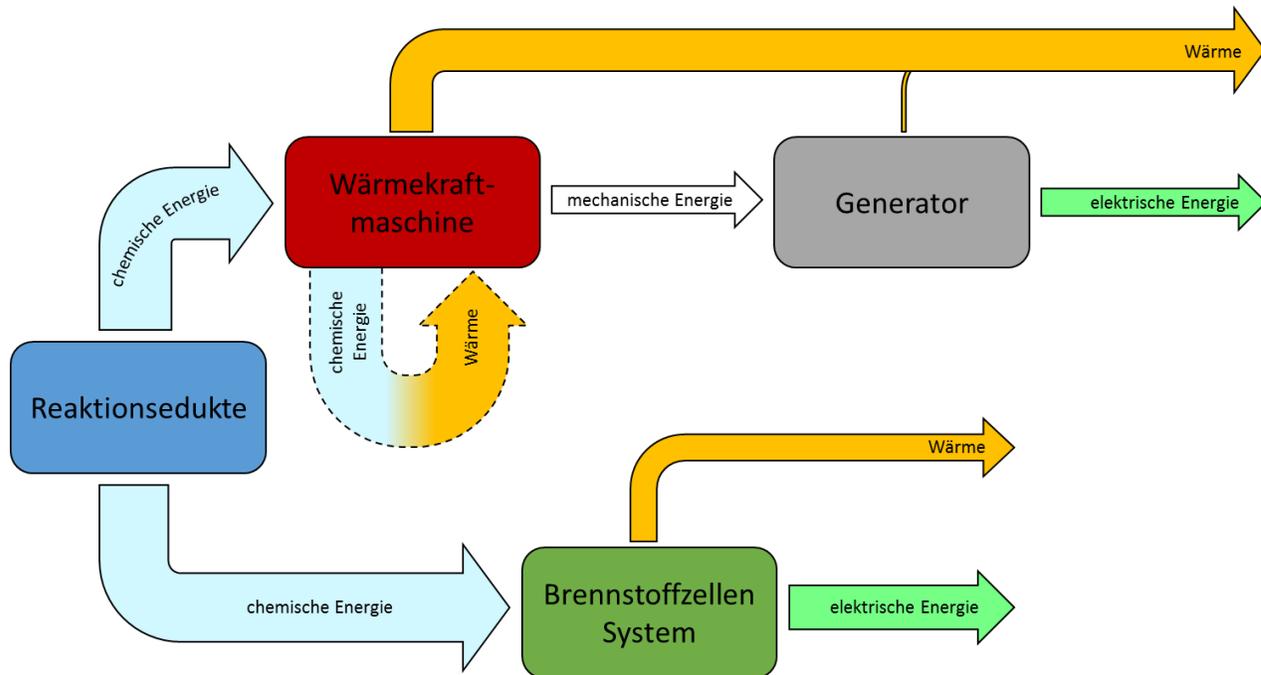
Eisenstadt (HQ)

Pinkafeld (Labor)



# Umwandlungsprozess

## Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie und Wärme



<https://bilder.landwirt.com/thumbsfixed/0518/3c91ce33951015459a13eab7a79cb90a.jpg>

**theoretische Effizienzgrenze:**  
Carnot-Wirkungsgrad

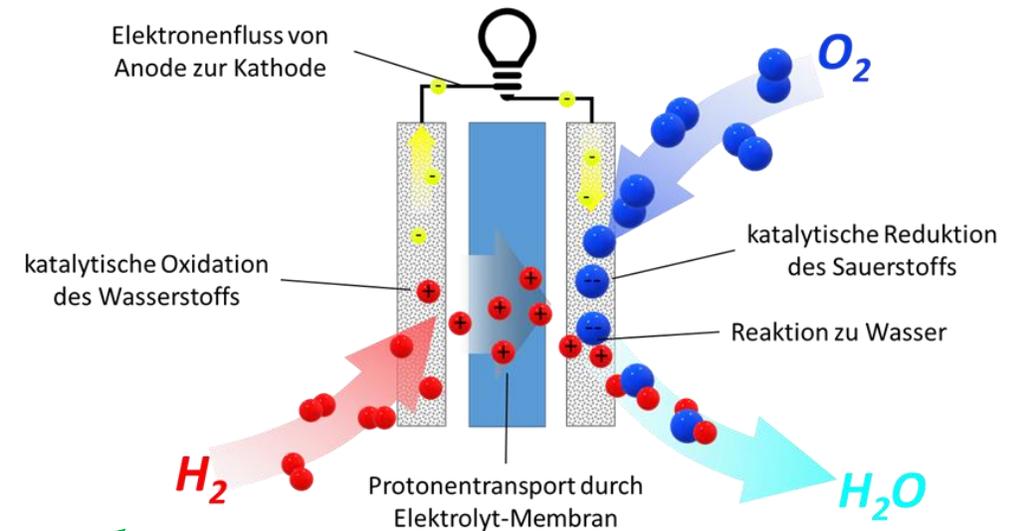
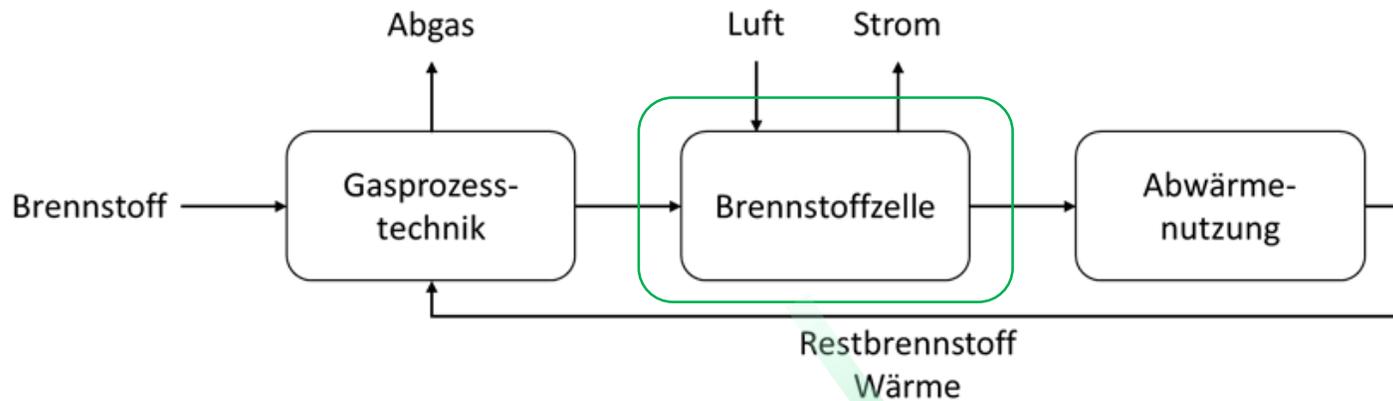


<https://media2.bauemotion.de/m6/74/66174/images/10/21483310px1040x780.jpg>

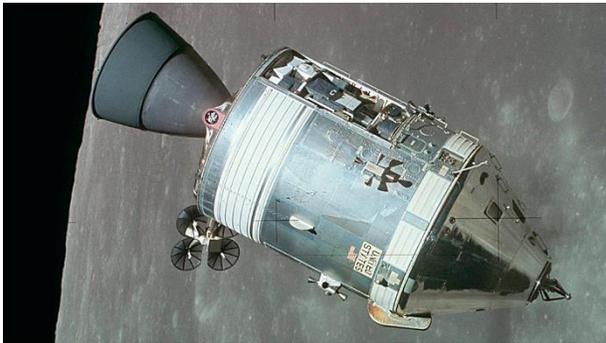
**theoretische Effizienzgrenze:**  
reversibler Zellwirkungsgrad

# Brennstoffzellensystem

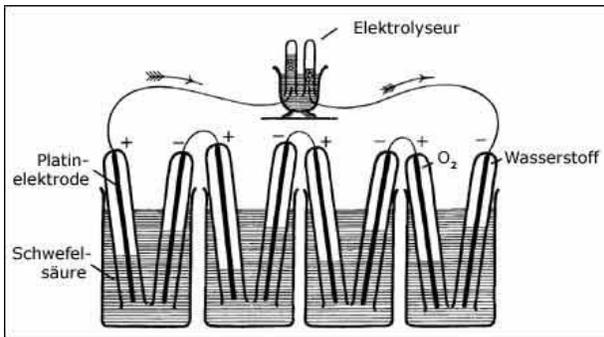
## ▪ Brennstoffzellensystem und Brennstoffzelle



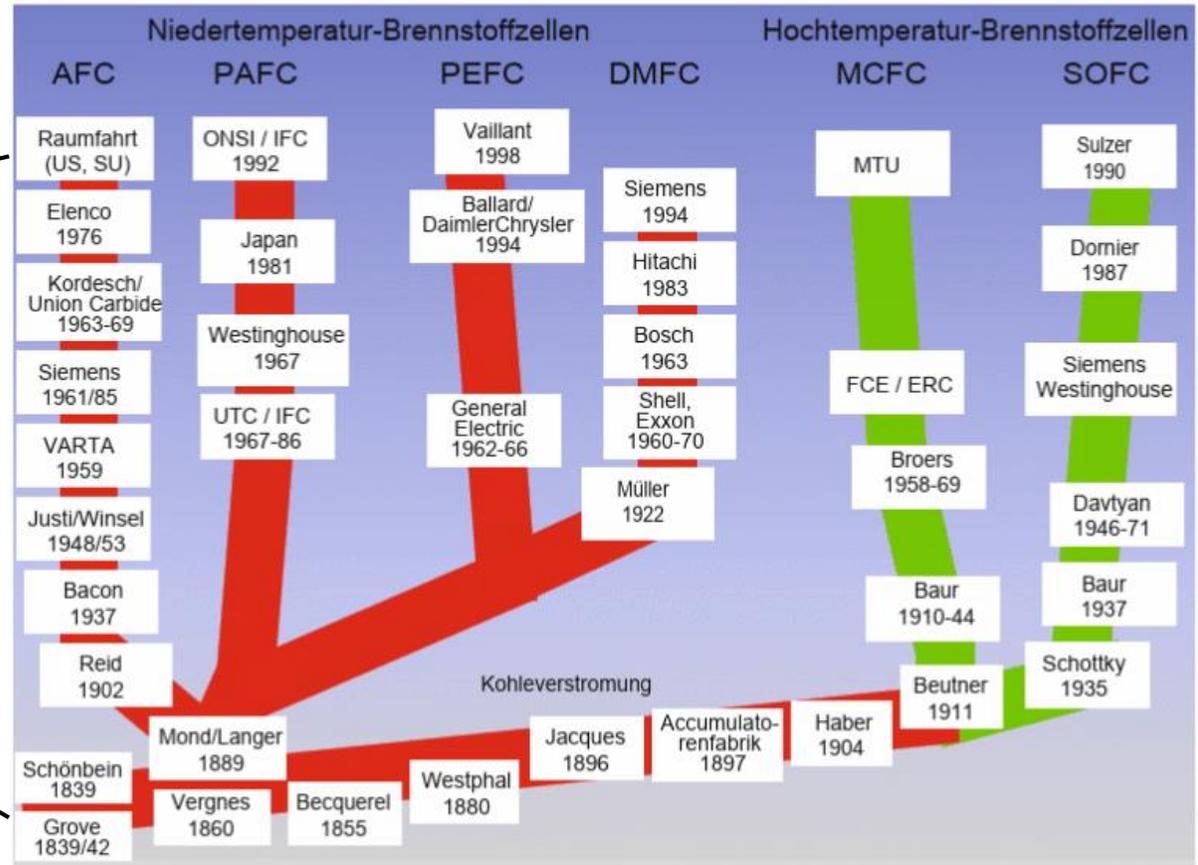
# Brennstoffzellentypen



<https://www.dlr-innospace.de/innospaceexpo/W&A/Home/content/wasserstoff.html>



<http://www.diebrennstoffzelle.de/zelltypen/geschichte/index.shtml>



P. Kurzweil, Brennstoffzellentechnik : Grundlagen, Komponenten, Systeme, Anwendungen, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2012.

# Brennstoffzellentypen

	AFC	PEFC	DMFC	PAFC	MCFC	SOFC
<b>Brennstoff</b>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	Methanol	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> /CO/CH	H <sub>2</sub> /CO/CH
<b>Betriebstemperatur</b>	20 – 90°C	60 – 120°C	60 – 130°C	160 – 220°C	620 – 650°C	800* – 1000°C
<b>Elektrolyt/Membran</b>	Kalilauge	protonenleitende Membran	protonenleitende Membran	Phosphorsäure	Alkalicarbonatschmelze	yttriumstabilisiertes Zirkoniumoxid
<b>Katalysatormaterial</b>	Ni-Legierungen, Pt	Pt	Pt, Ru	Pt, Au	Ni, Ni-Legierungen	Ni, dotierte Perowskite, Pt**, Pd**
<b>El. Effizienz (Zelle)</b>	60 % – 70 %	50 % – 68 %	20 % – 30 %	55 %	55 % – 65 %	60 % – 65 %
<b>Leistungsbereich</b>	10 W – 200 kW	1 W – 500 kW	100 mW – 1 kW	50 kW – 1 MW	<1 kW – 1 MW	1 kW – 3 MW
<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenreduktion bei Einsatz Pt-freier Elektroden</li> <li>• kurze Anlaufzeit</li> <li>• niedrige Arbeitstemperatur</li> <li>• schnelle Kinetik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• großer Leistungsbereich</li> <li>• einfache Skalierbarkeit</li> <li>• hohe Leistungsdichte</li> <li>• kurze Anlaufzeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• einfaches System ohne Brenngasreformierung</li> <li>• kurze Anlaufzeit</li> <li>• gute Verfügbarkeit und Lagerbarkeit von Methanol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verträgt geringe CO-Mengen im Betriebsgas</li> <li>• Einsatz CO<sub>2</sub>-haltiger Brenngase</li> <li>• Abwärme für Dampfreformierung und Heißwasserbereitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Edelmetalle</li> <li>• CO-Tolerant</li> <li>• Vielfalt an Brennstoffen</li> <li>• interne Reformierung</li> <li>• hochwertige Abwärme (KWK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• keine Edelmetalle**</li> <li>• CO-Tolerant</li> <li>• Vielfalt an Brennstoffen</li> <li>• interne Reformierung</li> <li>• hochwertige Abwärme (KWK)</li> </ul>
<b>Nachteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>-Unverträglichkeit</li> <li>• benötigt reine Betriebsgase</li> <li>• Niedertemperatur-Abwärme von geringem Nutzen</li> <li>• kurze Elektroden-Lebensdauer (1 Jahr)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• langsame O<sub>2</sub>-Kinetik</li> <li>• Wärme- und Wassermanagement</li> <li>• CO-Unverträglichkeit</li> <li>• benötigt reine Betriebsgase</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methanol-Cross-Over (Methanoldurchtritt)</li> <li>• Methanol ist giftig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lange Anlaufzeit</li> <li>• Lebensdauer</li> <li>• mäßige Elektrolytleitfähigkeit</li> <li>• höherer CO-Anteil im Brenngas problematisch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lange Anlaufzeit</li> <li>• hoher Materialanspruch</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Rückführung notwendig</li> <li>• Kurzschlussgefahr durch Kathodenauflösung and Abscheidung an Anode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lange Anlaufzeit</li> <li>• hoher Materialanspruch</li> </ul>
<b>Einsatzbereich</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raumfahrt</li> <li>• Militär</li> <li>• Kleinanlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kleinanlagen und Blockheizkraftwerke</li> <li>• Verkehrswesen</li> <li>• Raumfahrt</li> <li>• Militär</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• portable elektronische Geräte</li> <li>• Kleinanlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dezentrale Stromerzeugung</li> <li>• Blockheizkraftwerke</li> <li>• Kraft-Wärme-Kopplung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dezentrale Stromerzeugung</li> <li>• Blockheizkraftwerk</li> <li>• Notstromversorgung</li> <li>• Kraft-Wärme-Kopplung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dezentrale Stromerzeugung</li> <li>• Blockheizkraftwerk</li> <li>• Notstromversorgung</li> <li>• Kraft-Wärme-Kopplung</li> </ul>

# Brennstoffzellentypen

## ■ Niedertemperatur-Brennstoffzelle

niedrige Temperatur

→ langsame Kinetik  $k = A \cdot T^\beta \cdot e^{-\frac{E_A}{R \cdot T}}$

→ vermehrter Einsatz von Edelmetallen

→ Empfindlichkeit gegenüber Katalysatorgiften

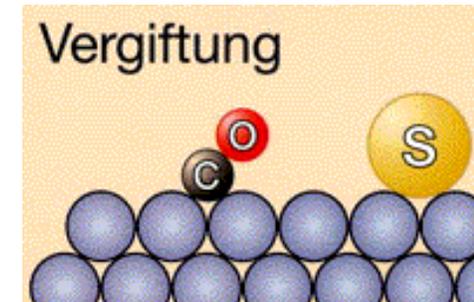
## ■ Hochtemperatur-Brennstoffzelle

hohe Temperatur

→ schnelle Kinetik

→ Einsatz von Edelmetallen nicht notwendig

→ hohe Materialanforderung und Belastung



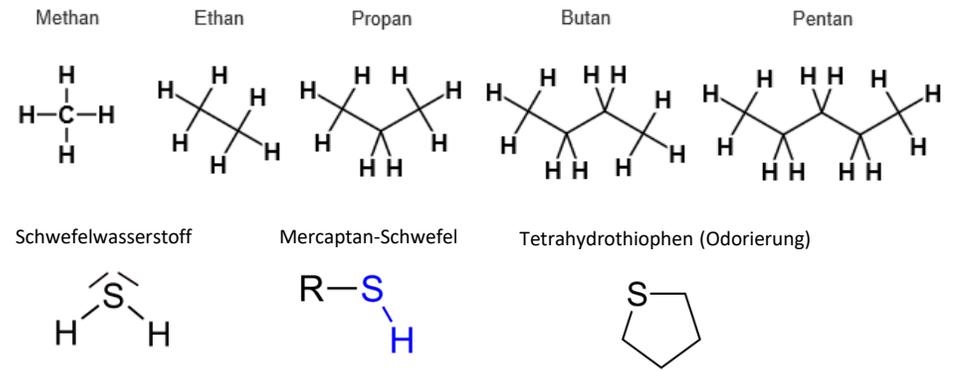
[http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/10/heterogene\\_katalyse/katalysator\\_desaktivierung/katalysator\\_desaktivierung/medien/schema\\_vergiftung.gif](http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ch/10/heterogene_katalyse/katalysator_desaktivierung/katalysator_desaktivierung/medien/schema_vergiftung.gif)

# Brenngasaufbereitung

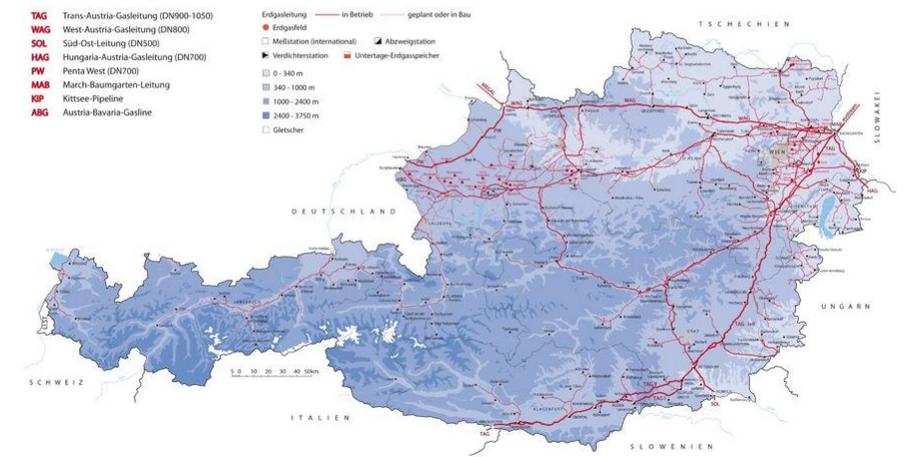
- Brenngas
  - idealerweise reiner Wasserstoffbetrieb  
→ aktuell fehlende Infrastruktur und Verfügbarkeit
  - gut ausgebautes Erdgasnetz



[https://www.tugraz.at/fileadmin/user\\_upload/Events/Enin\\_nov2018/files/pr/Session\\_G6/PR\\_Herrmann.pdf](https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Events/Enin_nov2018/files/pr/Session_G6/PR_Herrmann.pdf)



Erdgasleitungen & Erdgaslagerstätten in Österreich

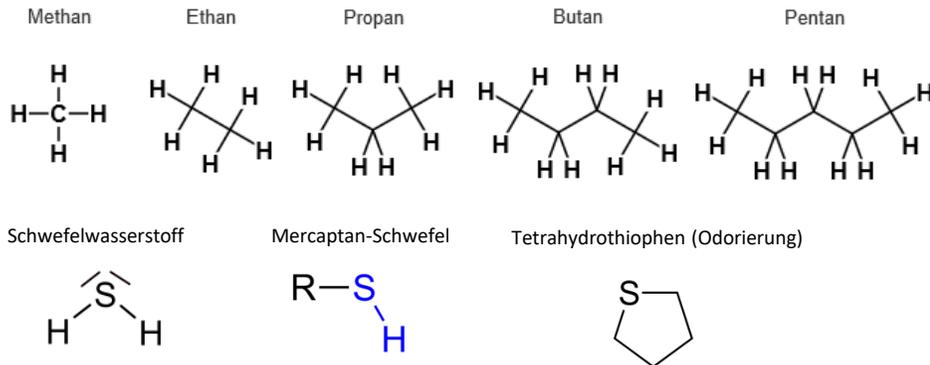


<https://www.e-control.at/industrie/gas/gasnetz>

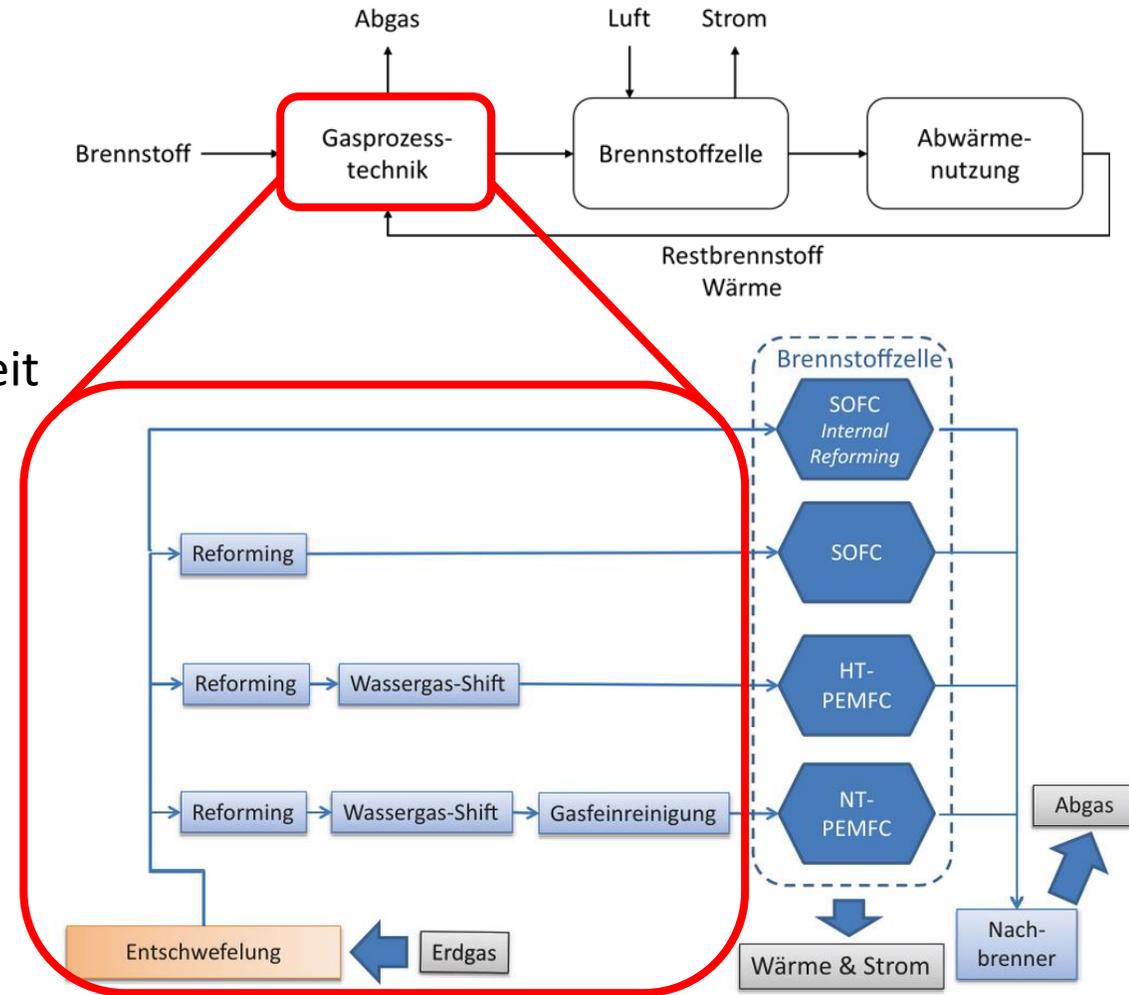
# Brenngasaufbereitung

## ■ Brenngas

- idealerweise reiner Wasserstoffbetrieb  
→ aktuell fehlende Infrastruktur und Verfügbarkeit
- gut ausgebautes Erdgasnetz



<http://www.strukturformelzeichner.de/>  
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/24/Schwefelwasserstoff.svg/100px-Schwefelwasserstoff.svg.png>  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/Mercapto\\_Group\\_General\\_Formulae.png/150px-Mercapto\\_Group\\_General\\_Formulae.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/Mercapto_Group_General_Formulae.png/150px-Mercapto_Group_General_Formulae.png)  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0e/Tetrahydrothiophene\\_200.svg/100px-Tetrahydrothiophene\\_200.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0e/Tetrahydrothiophene_200.svg/100px-Tetrahydrothiophene_200.svg.png)



Töpler, J., & Lehmann, J. (Eds.). (2017). *Wasserstoff und Brennstoffzelle : Technologien und marktperspektiven*. ProQuest Ebook Central <https://ebookcentral.proquest.com>

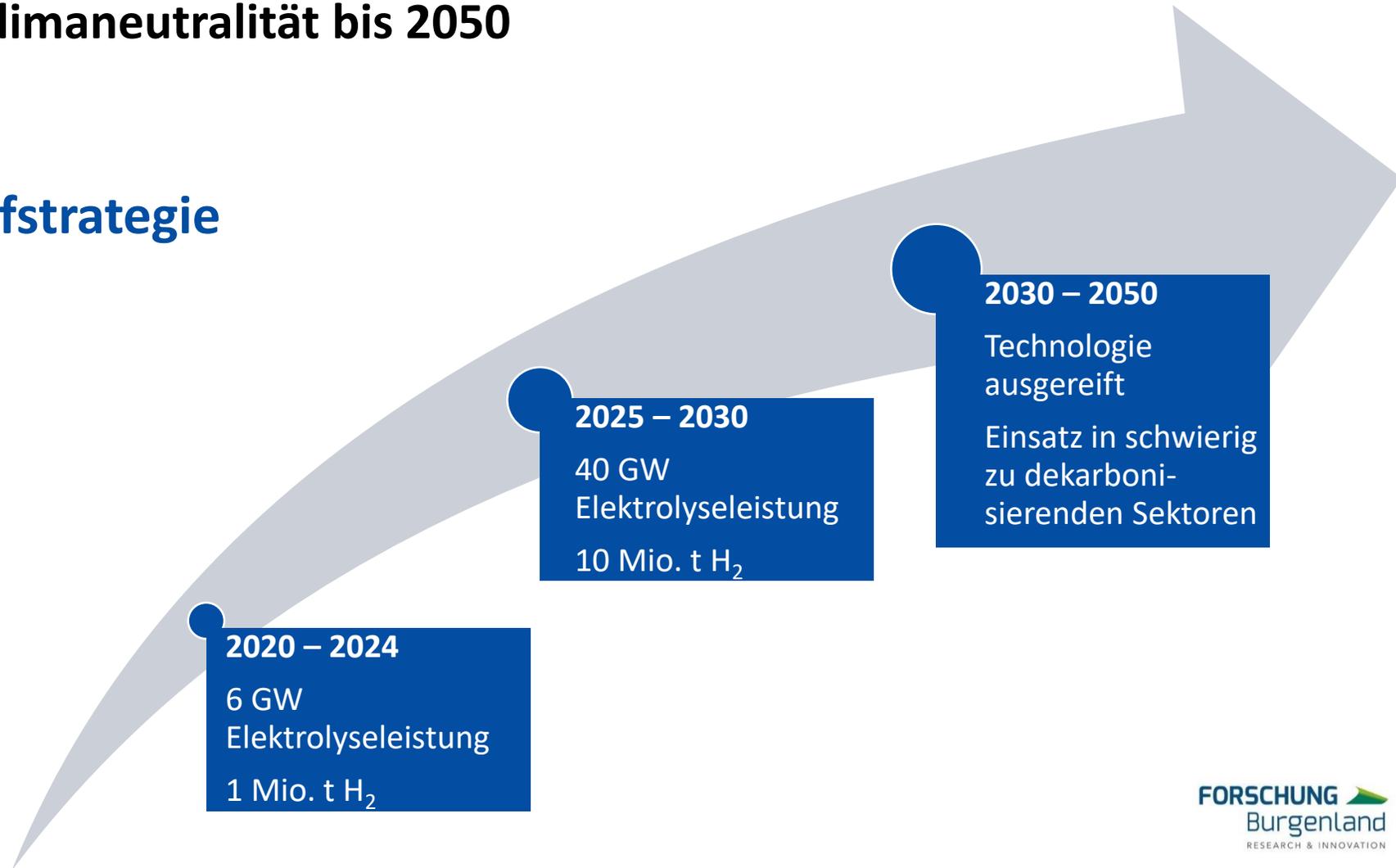
# H<sub>2</sub>-Zumischung

- **Europäisches Ziel: Klimaneutralität bis 2050**



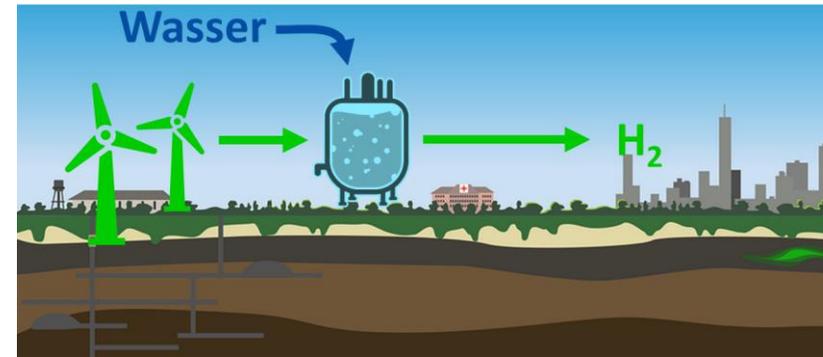
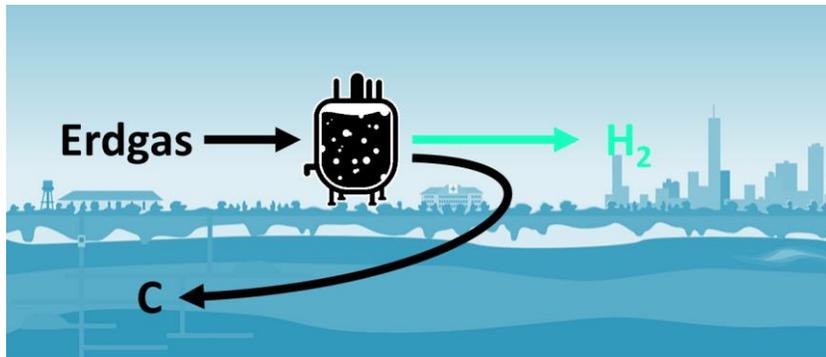
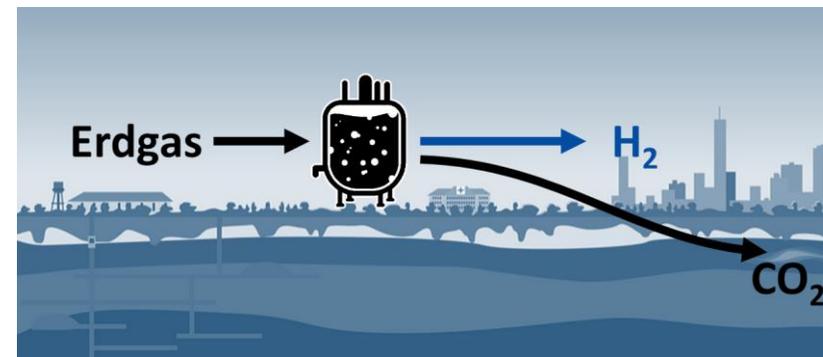
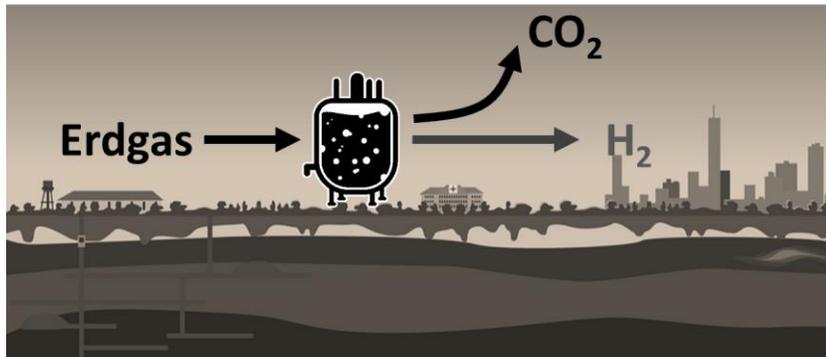
[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Europaeische\\_Kommission\\_logo.svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Europaeische_Kommission_logo.svg)

## Wasserstoffstrategie



# H<sub>2</sub>-Zumischung

- H<sub>2</sub>-Erzeugung – graues, blaues, türkises und grünes H<sub>2</sub>



# H<sub>2</sub>-Zumischung

- **Einfluss der H<sub>2</sub>-Zumischung auf Gaseigenschaften**
  - Erdgas und H<sub>2</sub>:  
große Unterschiede hinsichtlich chemischer und physikalischer Eigenschaften

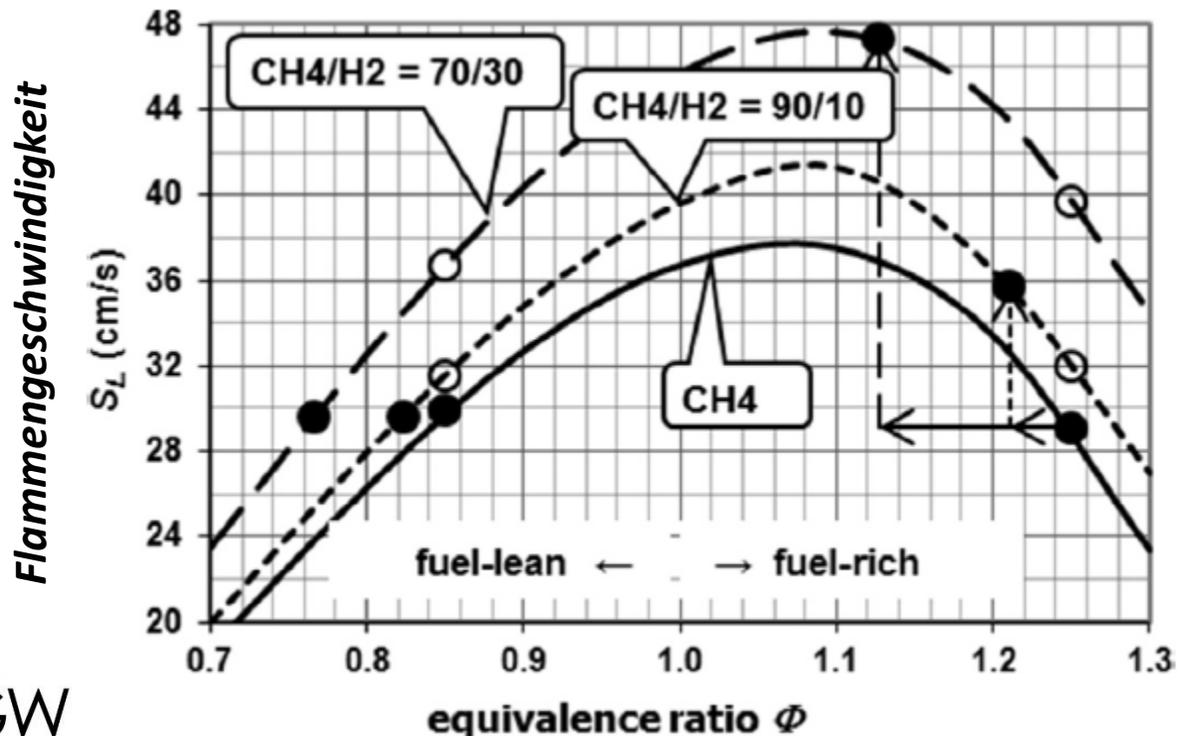
	Erdgas	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>
$H_i$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	31,30 – 36,04	35,81	10,79
$W_i$ [MJ/m <sup>3</sup> ]	39,96 – 47,52	48,12	40,89
$\rho_{Gas}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	0,72 – 0,79	0,72	0,09
$MZ$	75,2 – 88,7	100	0



<https://pixabay.com/de/photos/flamme-gas-gasflamme-blau-hei%C3%9F-580342/>

# H<sub>2</sub>-Zumischung

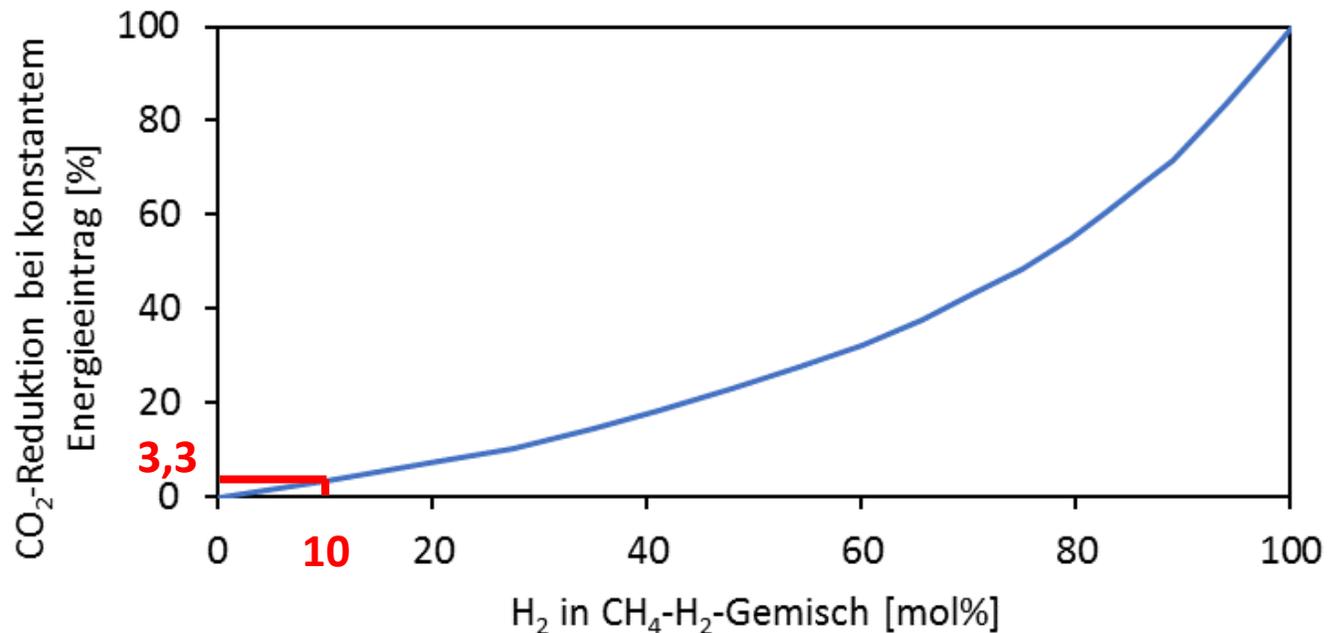
- Einfluss der H<sub>2</sub>-Zumischung auf Gaseigenschaften
  - Erdgas und H<sub>2</sub>: große Unterschiede hinsichtlich chemischer und physikalischer Eigenschaften



<https://pixabay.com/de/photos/flamme-gas-gasflamme-blau-hei%C3%9F-580342/>

# H<sub>2</sub>-Zumischung

## Einfluss der H<sub>2</sub>-Zumischung auf CO<sub>2</sub>-Ausstoß



- Beimischung von 10 mol% H<sub>2</sub>  
→ Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um ~3,3 %
- Beimischung von ca. 75 mol% H<sub>2</sub> notwendig, um CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu halbieren
- CO<sub>2</sub>-Reduktion nur erreichbar, wenn kein graues H<sub>2</sub> verwendet wird
- Verwendung von grauem H<sub>2</sub>  
→ schlechtere Bilanz als bei Verbrennung von reinem Erdgas

# Marktübersicht

- Japan internationaler Vorreiter – mehrere 100.000 BZ- $\mu$ KWK-Anlagen
- ENE-FARM-Programm → Senkung der Produktionskosten



<https://pixabay.com/de/photos/international-fahne-flagge-japan-2693231/>

# Marktübersicht

- Japan internationaler Vorreiter – mehrere 100.000 BZ- $\mu$ KWK-Anlagen
- ENE-FARM-Programm → Senkung der Produktionskosten
- Europäischer Markt beginnt sich zu entwickeln (10.000 Anlagen)
- In Anlehnung an erfolgreiches japanisches Programm → neue EU-Projekte (z.B. PACE)



# Marktübersicht (Europa)

<b>Produkt</b>	 SenerTec Dachs 0.8	 Remeha eLecta 300	 Sunfire- Home 750	 Vitovalor PT2	 Buderus GCB + BlueGEN	 BlueGEN
<b>Anbieter</b>	BDR Thermea	BDR Thermea	Sunfire	Viessmann	Bosch, Buderus	SOLIDpower
<b>BZ-Typ</b>	PEMFC	PEMFC	SOFC	PEMFC	SOFC	SOFC
<b>Elektrische Leistung</b>	0,75 kW	0,75 kW	0,375 – 0,75 kW	0,75 kW	0,5 – 1,5 kW	0,5 – 1,5 kW
<b>Thermische Leistung</b>	1,1 kW	1,1 kW	0,65 – 1,25 kW	1,1 kW	bis zu 0,85 kW	bis zu 0,85 kW
<b>Elektrischer Wirkungsgrad</b>	38 %	38 %	36 % / 38 %	37 % / 38 %	bis zu 56 % / 60 %	bis zu 55 % / 57 %
<b>Gesamtwirkungsgrad</b>	92 %	92 % / 95 %	88 % / 90 %	92 %	bis zu 88 %	bis zu 88 % / 90 %
<b>Stack-Lebensdauer</b>	80.000 h	80.000 h	40.000 h	80.000 h	bis zu 60.000 h	40.000 h
<b>Anzahl der Anlagen</b>	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
<b>Kosten</b>	20.000 € (zzgl. MwSt)	23.000 € (zzgl. MwSt)	23.315 € (inkl. MwSt)	20.000 bis 25.000 € (inkl. MwSt.)	ca. 31.000 € (inkl. MwSt.)	25.000 € (zzgl. MwSt.)
<b>Brennstoff</b>	Erdgas (H, L), H <sub>2</sub>	Erdgas (H, L), H <sub>2</sub>	Erdgas (H, L), LPG, H <sub>2</sub>	Erdgas (H, L), H <sub>2</sub> -Mix bis zu 5 %	Erdgas (H, L)	Erdgas (H, L), H <sub>2</sub> -Mix bis zu 20 %
<b>Pufferspeicher</b>	300 l	300 l	extern	220 l Trinkwasserspeicher	extern	extern

# Marktübersicht (Europa)

<b>Produkt</b>	 Vitovaler PA2	 Leonardo	 I-1000	 Inhouse5000+	 k .A.
<b>Anbieter</b>	Viessmann	Hexis	ReliOn	inhouse- engineering	Convion
<b>BZ-Typ</b>	PEMFC	SOFC	PEMFC	PEMFC	SOFC
<b>Elektrische Leistung</b>	0,75 kW	0,5 – 1,5 kW	1 kW	1,68 – 4,2 kW	50 kW
<b>Thermische Leistung</b>	1,1 kW	0,6 – 2 kW	k. A.	3 – 7,5 kW	25 kW
<b>Elektrischer Wirkungsgrad</b>	38 %	40 %	38,4 – 40,6 %	34 %	> 55 %
<b>Gesamtwirkungsgrad</b>	92 %	95 %	k. A.	92 %	82 %
<b>Stack-Lebensdauer</b>	k. A.	5 – 7 Jahre	22.000 h	k. A.	> 4.000 h
<b>Anzahl der Anlagen</b>	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	< 5
<b>Kosten</b>	k. A.	k. A.	k. A.	ca. 60.000 € (zzgl. MwSt.)	k. A.
<b>Brennstoff</b>	Erdgas (H)	Erdgas; H <sub>2</sub> -Mix bis zu 23 %	H <sub>2</sub>	Erdgas	Erdgas
<b>Pufferspeicher</b>	extern	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

# Marktübersicht (Japan)

<b>Produkt</b>					
	ENE-FARM	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
<b>Anbieter</b>	Panasonic	AISIN, Kyocera	Panasonic	Kyocera	Fuji Electric
<b>BZ-Typ</b>	PEMFC	SOFC	PEMFC	SOFC	PAFC
<b>Elektrische Leistung</b>	0,2 – 0,7 kW	0,7 kW	0,75 kW	3 kW	100 kW
<b>Thermische Leistung</b>	k. A.	0,6 kW	1 kW	k. A.	k. A.
<b>Elektrischer Wirkungsgrad</b>	40 %	53 %	37 %	52 %	42 %
<b>Gesamtwirkungsgrad</b>	97 %	87 %	92 %	90 %	91 %
<b>Stack-Lebensdauer</b>	k. A.	> 70.000 h	k. A.	k. A.	k. A.
<b>Anzahl der Anlagen</b>	k. A.	> 50.000	> 250.000	k. A.	k. A.
<b>Kosten</b>	k. A.	9.950 €	7.900 €	k. A.	k. A.
<b>Brennstoff</b>	k. A.	Erdgas	Erdgas	City Gas 13A	City Gas 13A, H <sub>2</sub>
<b>Pufferspeicher</b>	130 l	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

# Marktübersicht (USA)

<b>Produkt</b>	 k. A.	 k. A.	 PureCell Model 400 NG	 k. A.	 SureSource 1500
<b>Anbieter</b>	Doosan Fuel Cell America	Bloom Energy	Doosan	Hydrogenics	FuelCell Energy
<b>BZ-Typ</b>	PAFC	SOFC	k. A.	PEMFC	MCFC
<b>Elektrische Leistung</b>	200 kW	250 kW	440 kW	1.000 kW	1.400 kW
<b>Thermische Leistung</b>	215 kW	k. A.	k. A.	1.500 kW	k. A.
<b>Elektrischer Wirkungsgrad</b>	40 %	52 %	43 %	> 50 %	47 %
<b>Gesamtwirkungsgrad</b>	90 %	k. A.	90 %	k. A.	k. A.
<b>Stack-Lebensdauer</b>	80.000 h	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
<b>Anzahl der Anlagen</b>	400	ca. 2.500	k. A.	< 10	k. A.
<b>Kosten</b>	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
<b>Brennstoff</b>	Erdgas	Erdgas	Erdgas	H <sub>2</sub>	Erdgas
<b>Pufferspeicher</b>	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

# Aktuelle Entwicklungen

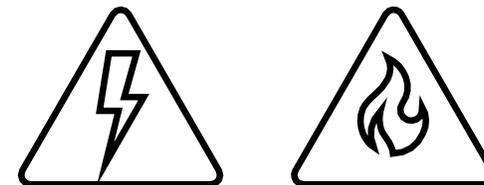
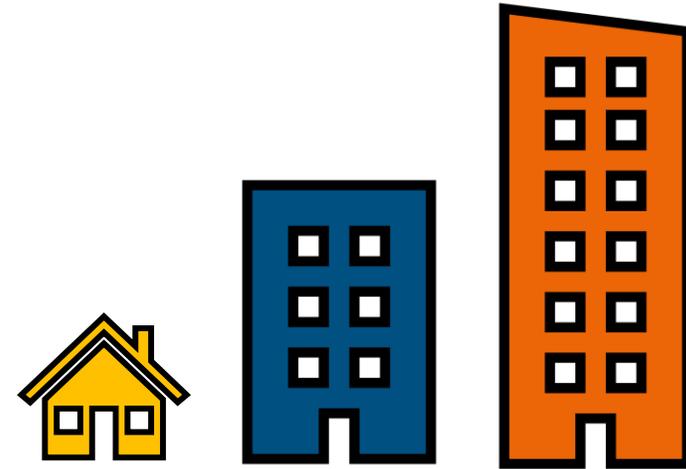
- EU-Projekte
  - PACE
  - ene.field
- Erhöhung der Produktionskapazitäten
  - Bosch: jährlich 200 MW (SOFCs)
- Neue Produkte
  - Panasonic, Hexis, Bosch (11 kW SOFC), ...
- Reduktion der SOFC-Betriebstemperatur
  - Steel Stack (SOFC) von Ceres Power ( $< 630\text{ °C}$ )



<https://pixabay.com/de/photos/hoch-wachstum-erfolg-pfeil-grafik-2081170/>

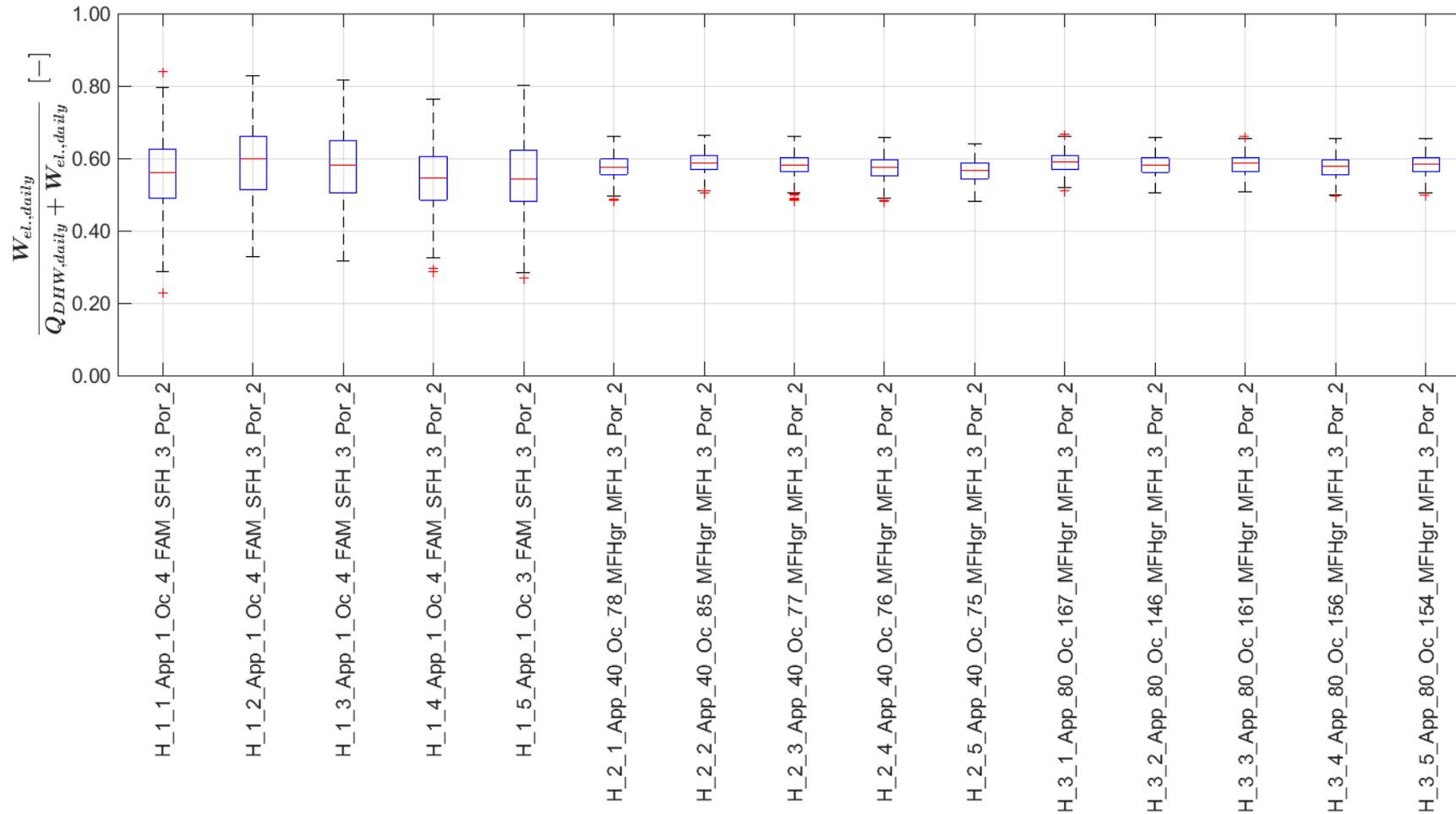
# Lastprofilanalyse

- Lastprofile von
  - Einfamilienhäusern
  - Mehrfamilienhäusern mit je 40 Wohneinheiten
  - Mehrfamilienhäusern mit je 80 Wohneinheiten
- Analyse von:
  - Elektrischem Energiebedarf
  - (Heizenergiebedarf)
  - Energiebedarf zur Warmwasserbereitung (WW)
- Analyse von Strom-Wärme-Verhältnis → Boxplots

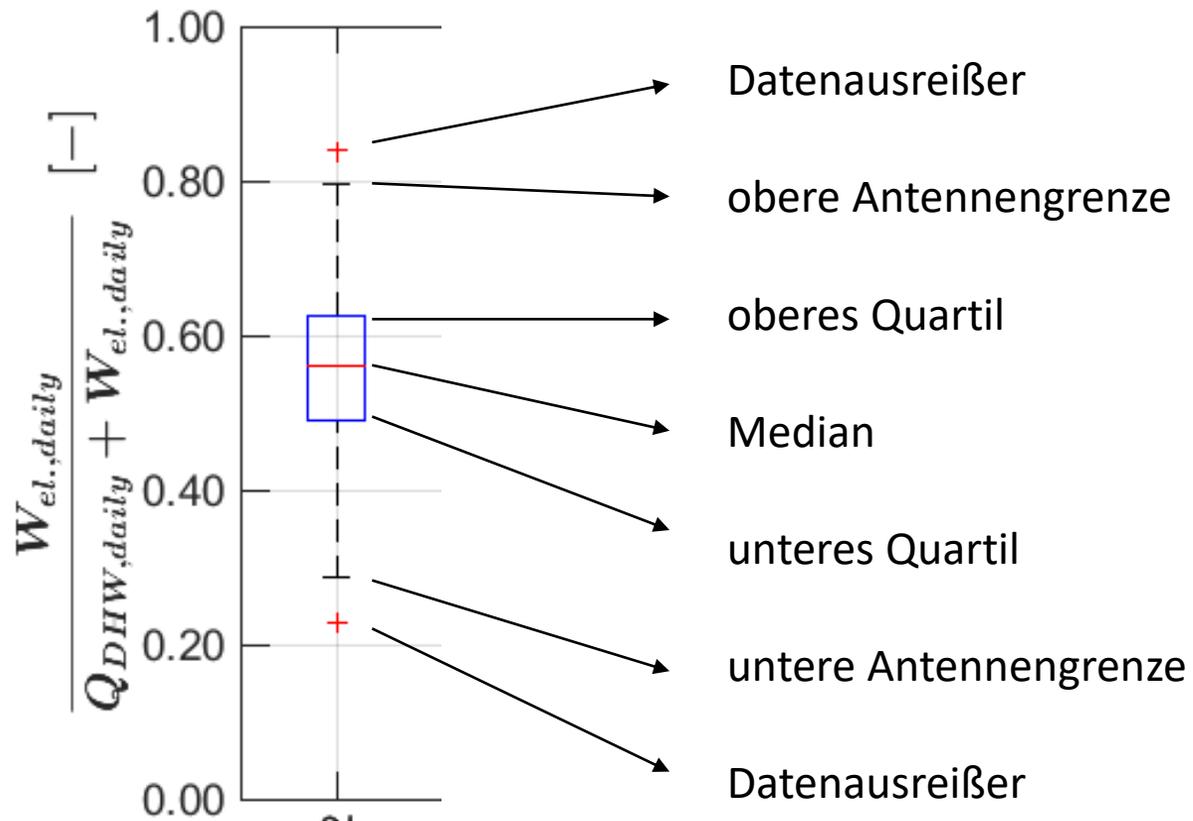


# Strom-WW-Verhältnis

- Häufigkeitsverteilung mit Tages-Summenwerte für ein Jahr



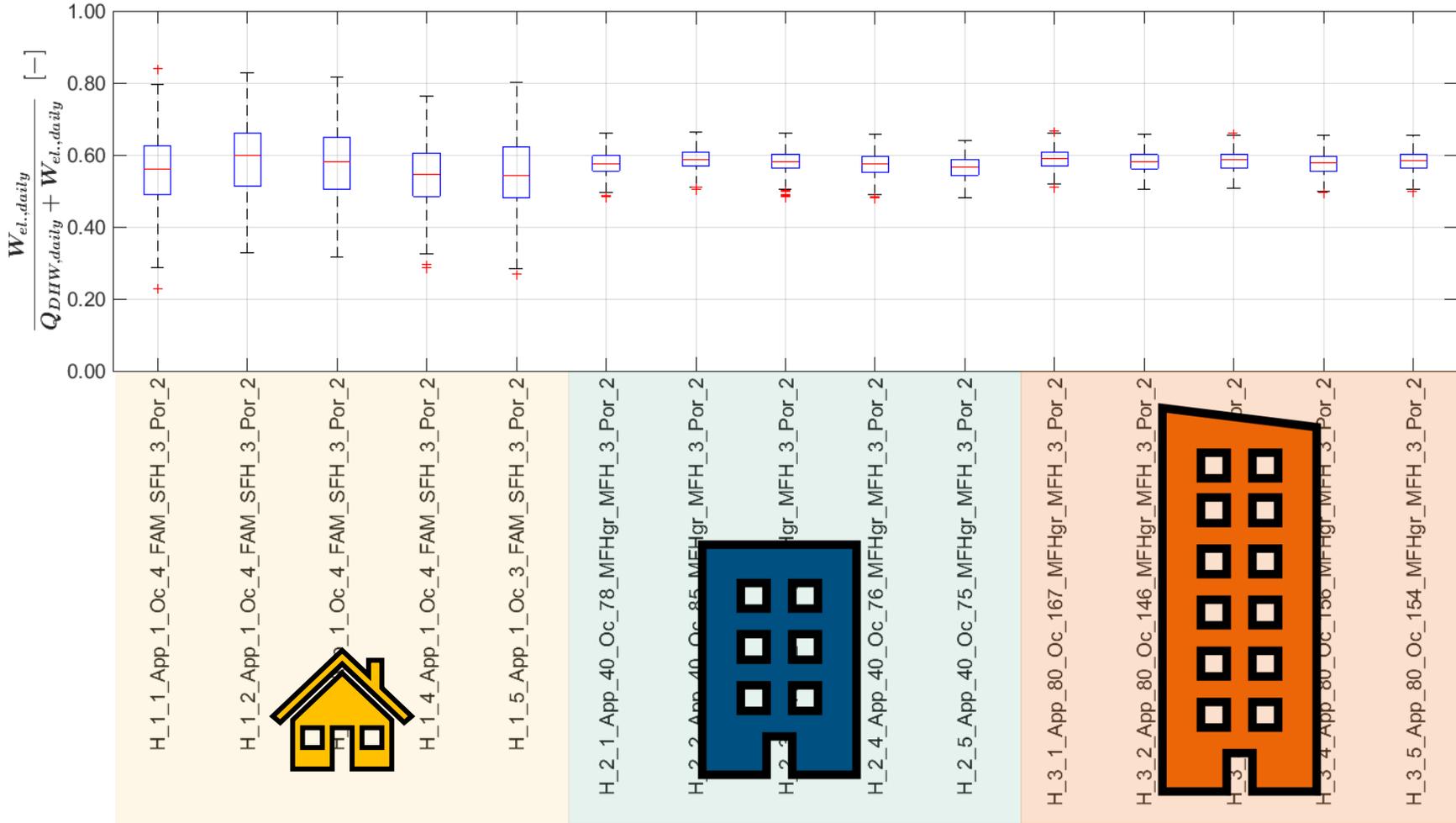
# Boxplot



- Innerhalb der Box befinden sich die mittleren 50 % der Daten
- Länge der Antennen ist auf maximal das 1,5-fache des Interquartilsabstands begrenzt
- Werte außerhalb der Antennengrenzen sind Datenausreißer
- Wertemenge innerhalb der beiden Antennengrenzen samt Datenausreißer ergeben 100 % der gesamten Wertemenge

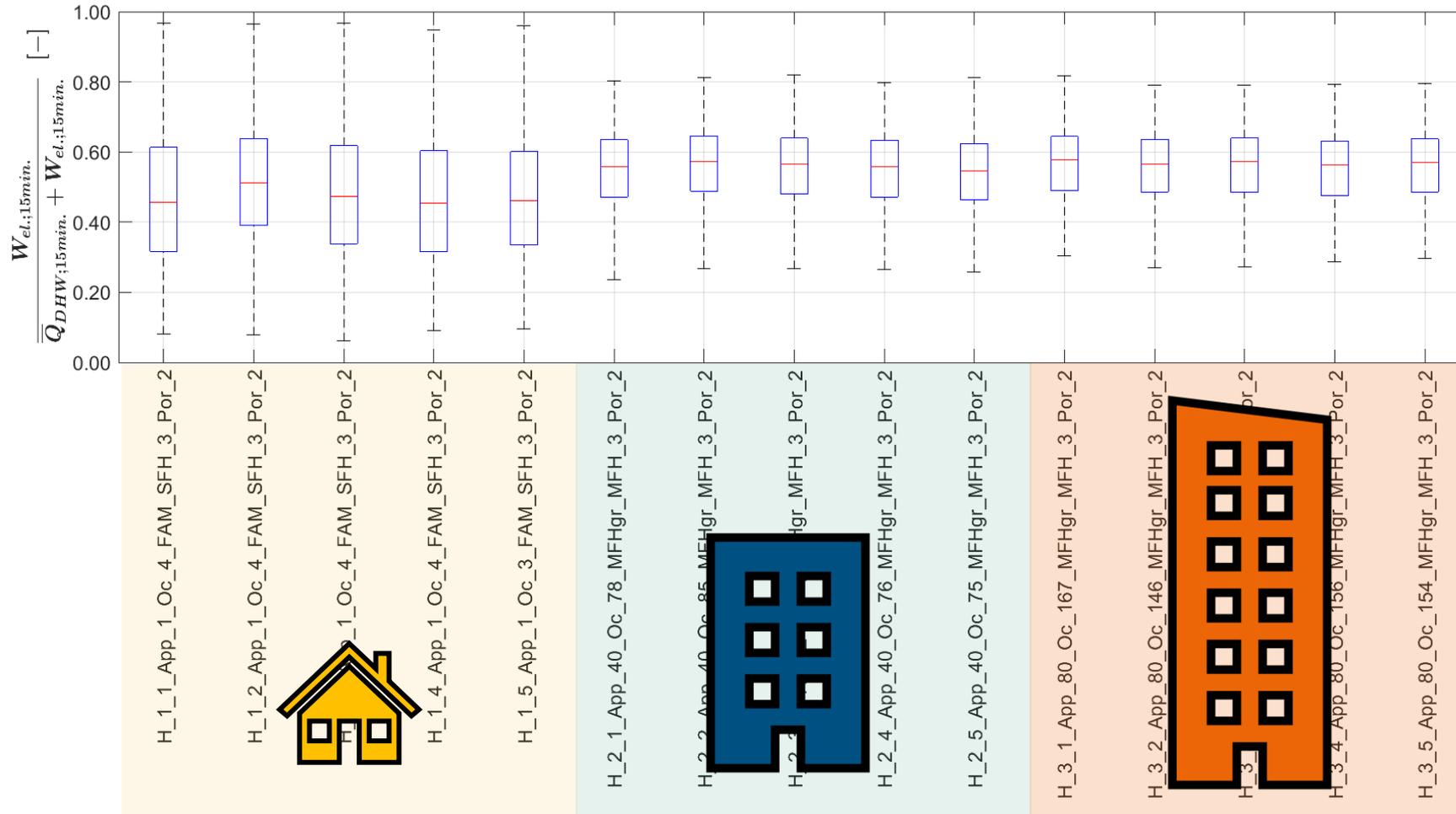
# Strom-WW-Verhältnis

- Häufigkeitsverteilung mit Tages-Summenwerte für ein Jahr



# Strom-WW-Verhältnis

- Häufigkeitsverteilung mit 15-Minuten-Summenwerte für ein Jahr

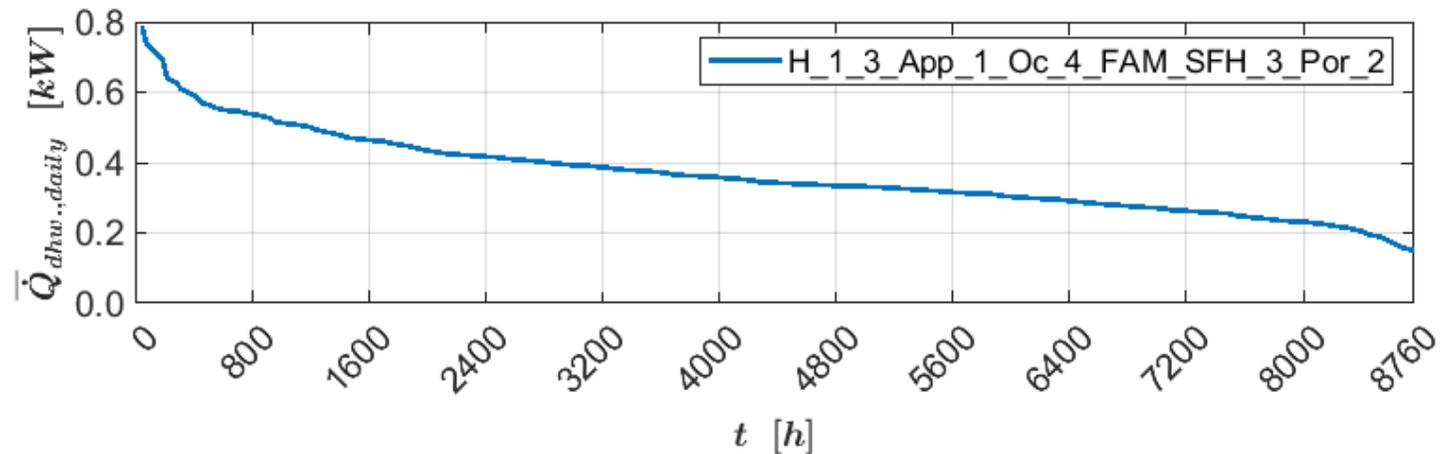
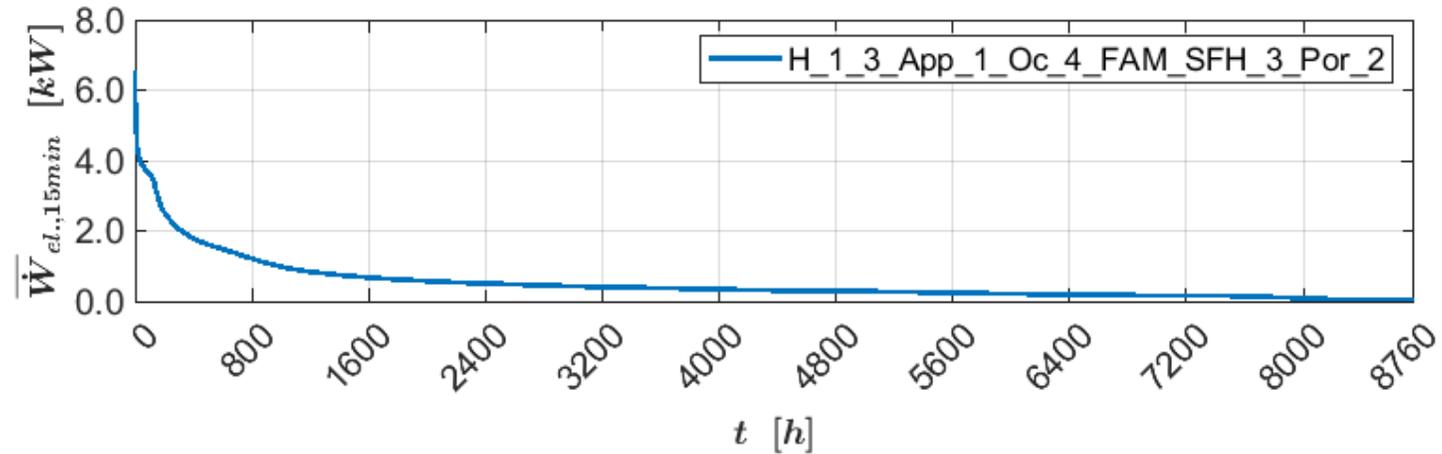


# Strom-WW-Verhältnis

- Abdeckung der Tagesbedarfe → optimales Strom-WW-Verhältnis von ca. 60 zu 40
- Generelle Reduktion der Wertestreuung mit zunehmender Personenbelegung
  
- Analyse der zeitlichen Lastverteilung (warmwasserseitig mit und stromseitig ohne Tagesspeicher) → Lastverteilungsdiagramme

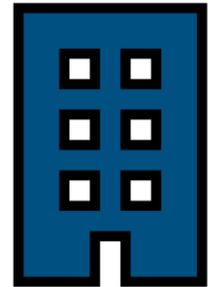
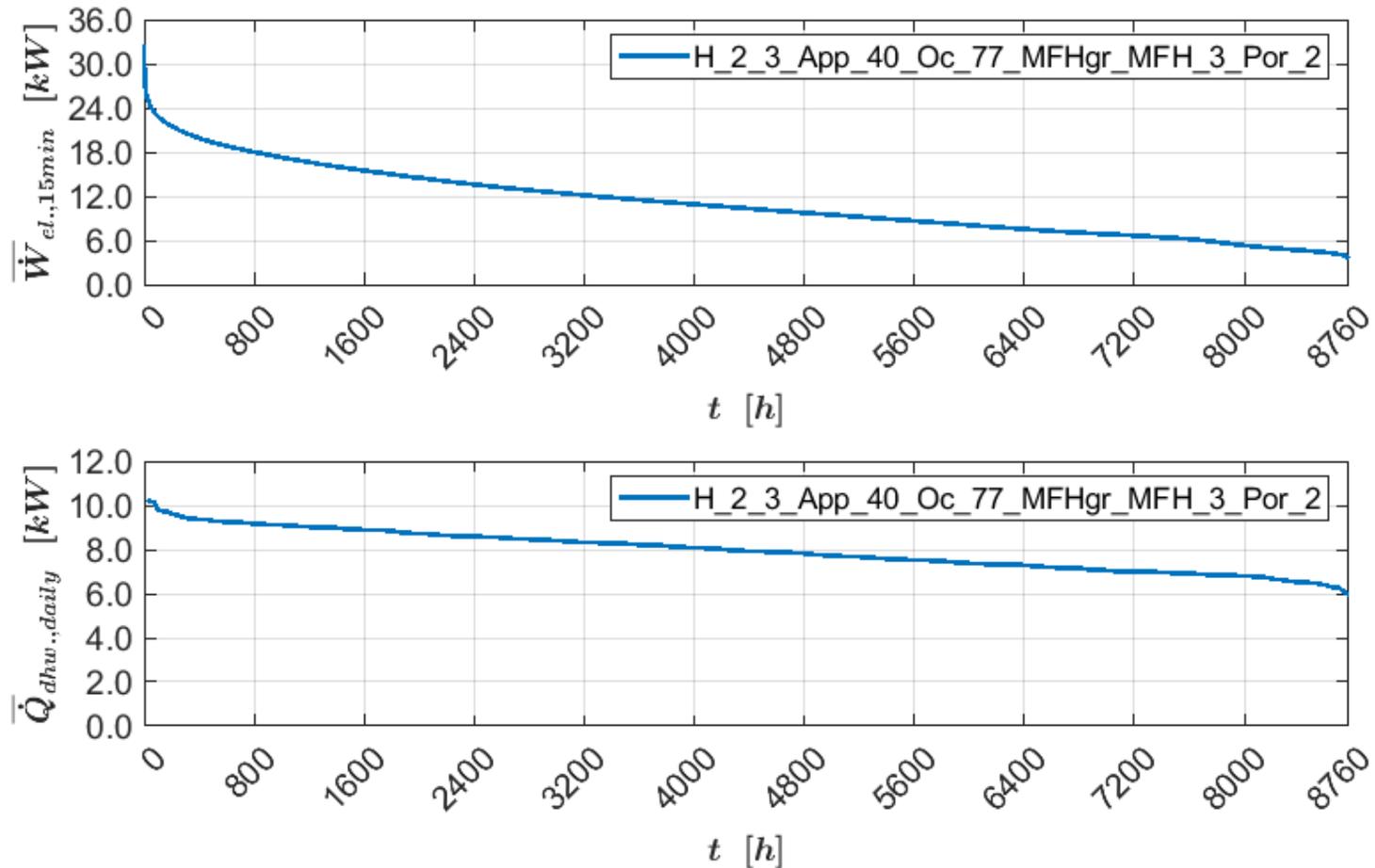
# Jährliche Lastverteilung

- Jährliche Lastverteilung beispielhaft für ein Einfamilienhaus



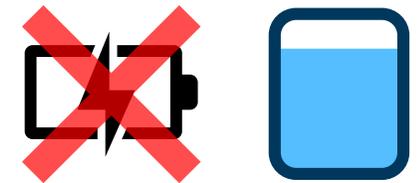
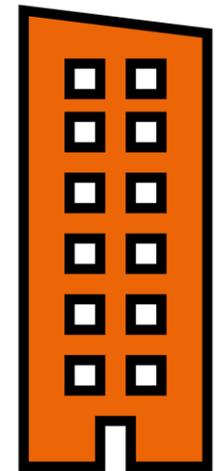
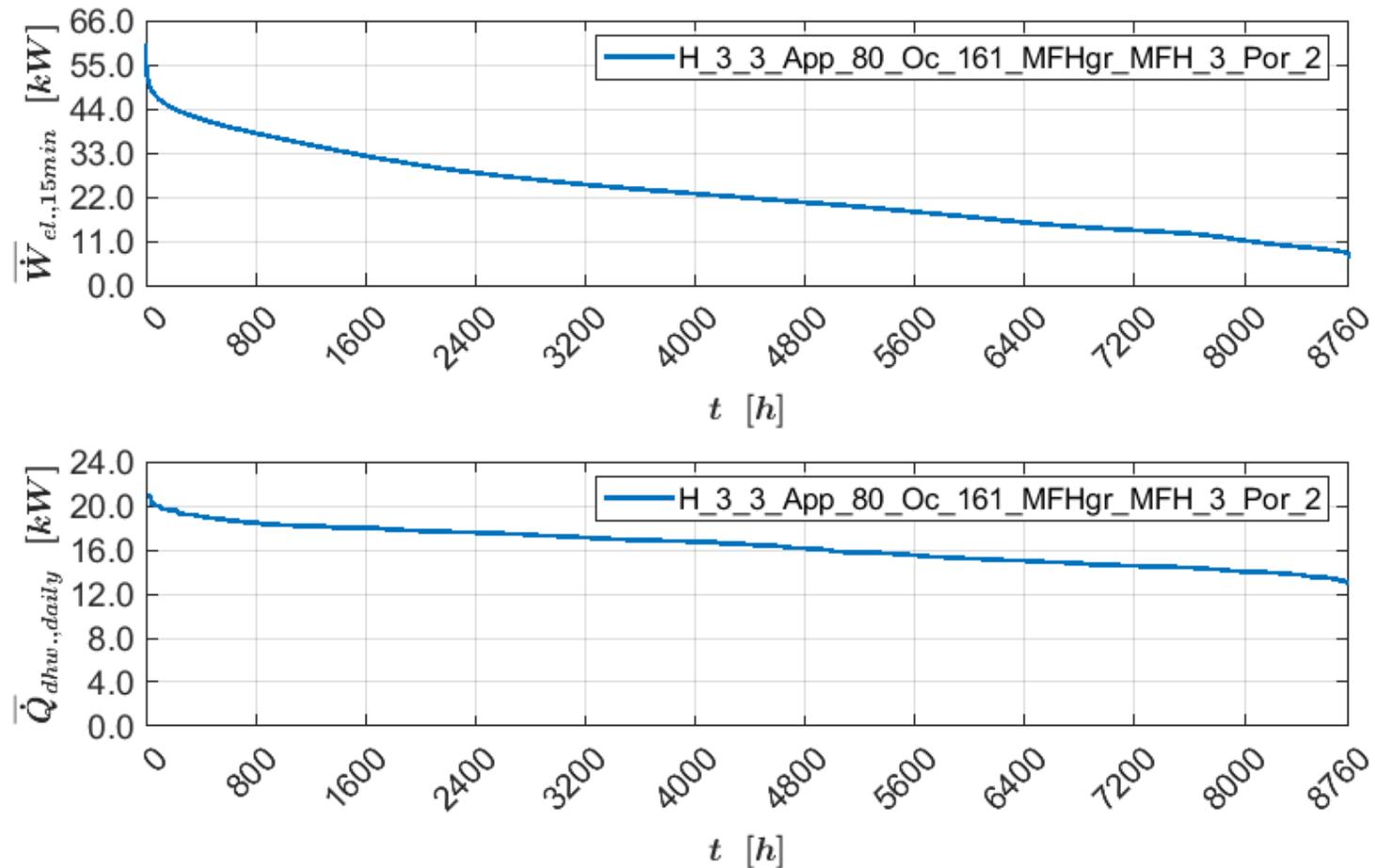
# Jährliche Lastverteilung

- Jährliche Lastverteilung beispielhaft für ein Mehrfamilienhaus (40 WE)



# Jährliche Lastverteilung

- Jährliche Lastverteilung beispielhaft für ein Mehrfamilienhaus (80 WE)

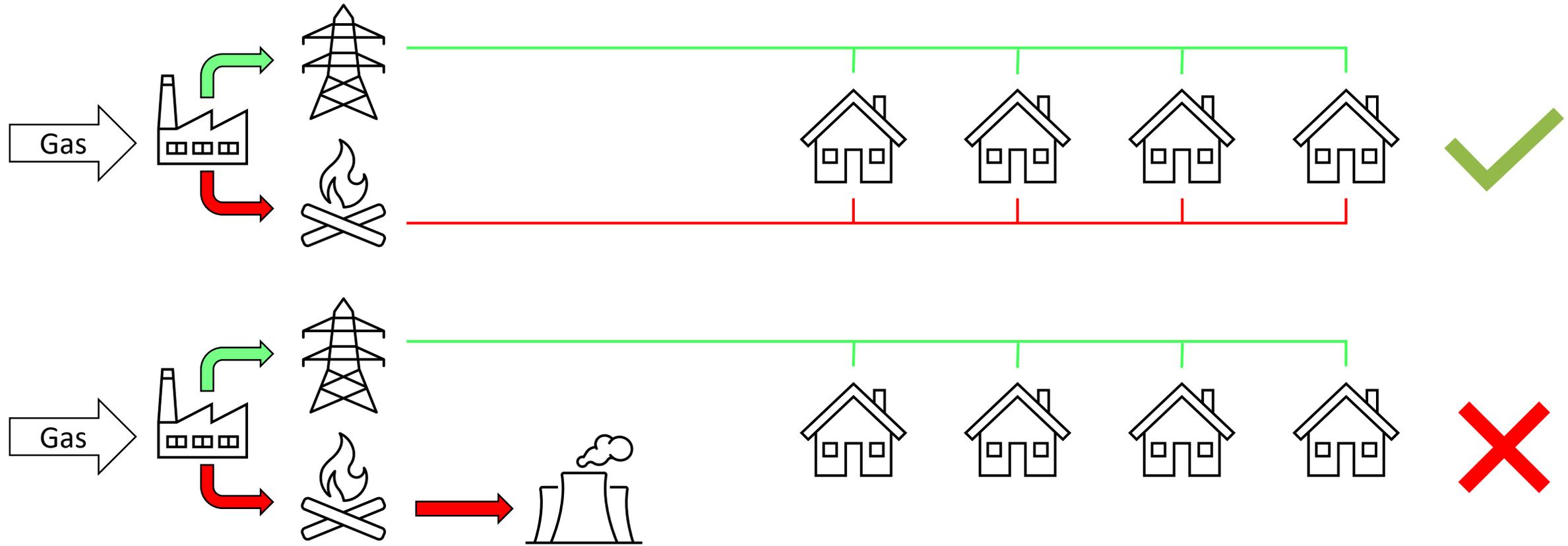


# Jährliche Lastverteilung

- Über gesamtes Jahr hinweg bestehende Grundlast vorhanden
- Höhere Grundlast und natürliche Glättung der Lastspitzen mit zunehmender Personenbelegung
- Verhältnis der Grundlasten: ca. 40 zu 60 (Strom zu WW)

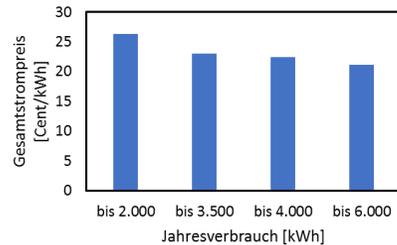
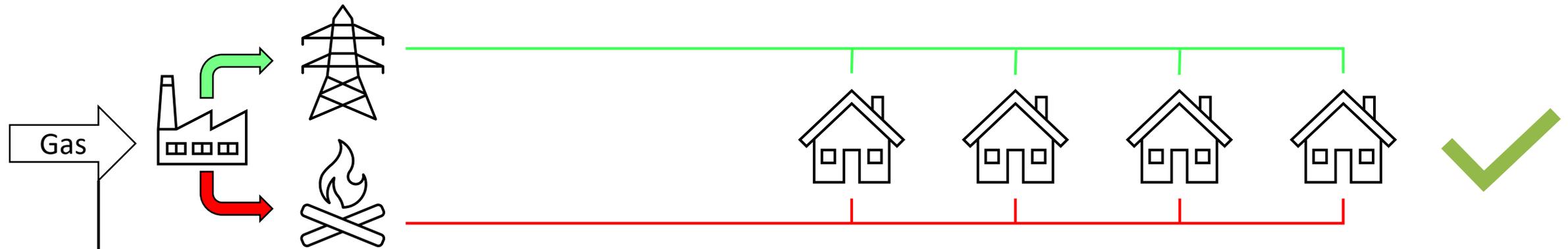
# Einsatz aus Sicht des Endkunden

- Ökologischer und ökonomischer Einsatz von Brennstoffzellen- $\mu$ KWKs

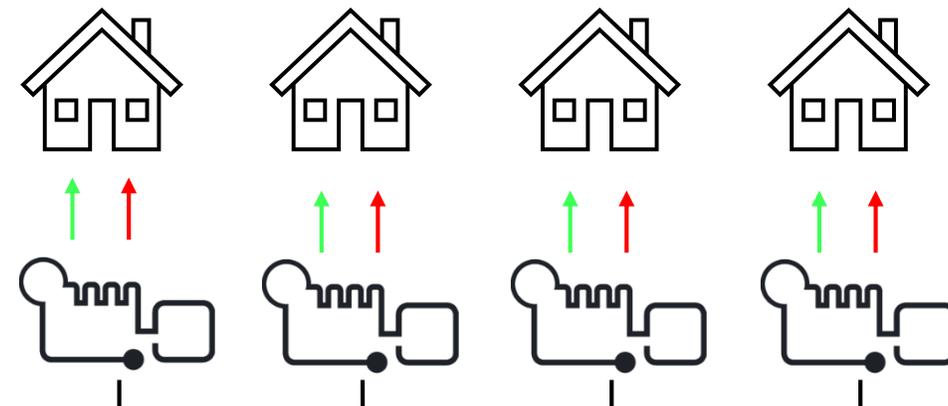
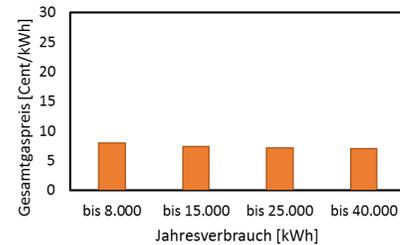


# Einsatz aus Sicht des Endkunden

- Ökologischer und ökonomischer Einsatz von Brennstoffzellen- $\mu$ KWKs



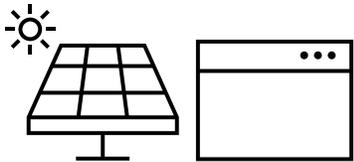
<https://www.e-control.at/konsumenten/strom/strompreis/was-kostet-eine-kwh>  
<https://www.e-control.at/konsumenten/strom/strompreis/was-kostet-eine-kwh-gas>



[https://www.avat.de/fileadmin/filecontent/99-Bildelemente/Piktogramme/AVAT\\_iKWK\\_BHKW.png](https://www.avat.de/fileadmin/filecontent/99-Bildelemente/Piktogramme/AVAT_iKWK_BHKW.png)

# Einsatz aus Sicht des Endkunden

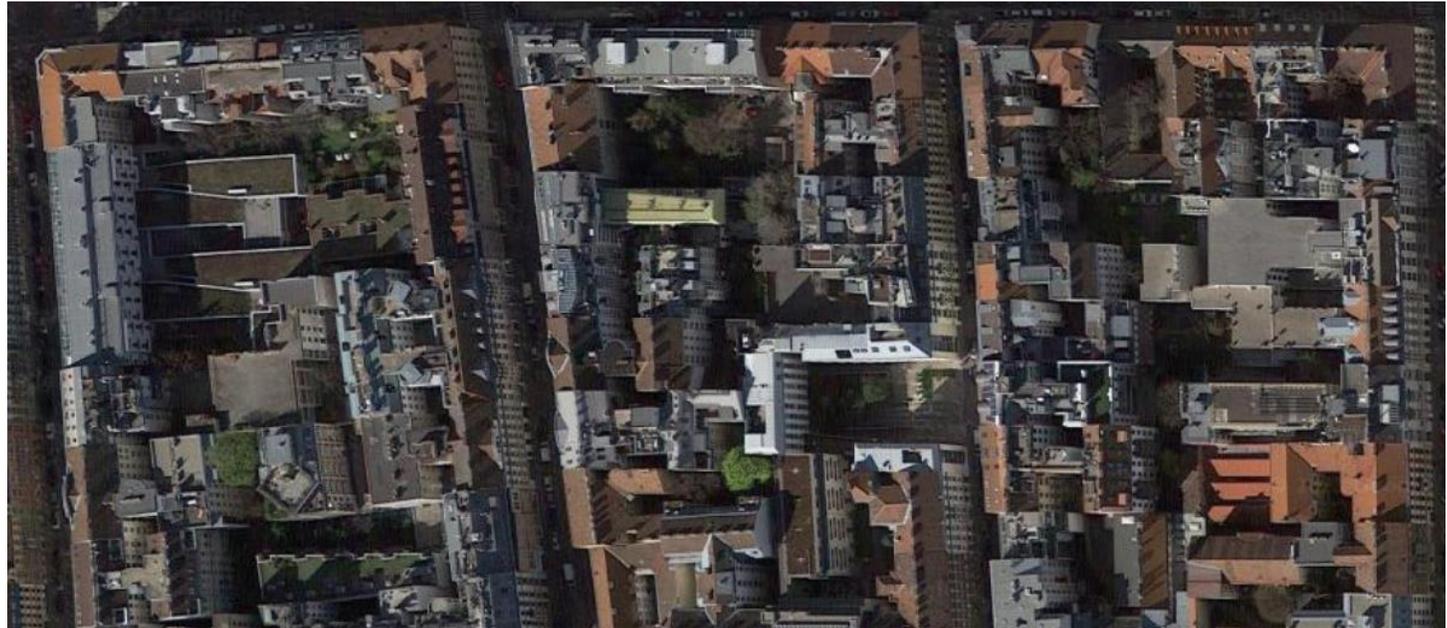
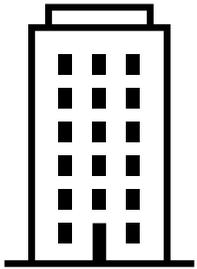
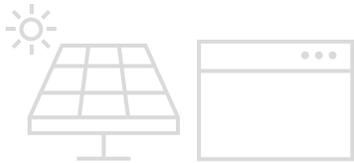
- Ökologischer und ökonomischer Einsatz von Brennstoffzellen- $\mu$ KWKs



Google Maps

# Einsatz aus Sicht des Endkunden

- Ökologischer und ökonomischer Einsatz von Brennstoffzellen- $\mu$ KWKs



Google Maps

# Fazit für KWK-Anlagen

- Integrationsszenario von KWK-Anlagen:
  - Mehrfamilienhaus im städtischen Bereich
  - Lastausgleichsspeicher warmwasserseitig
  - Mit erzeugter Wärme wird WW-Tagesspeicher beladen
  - Mit einem eingestellten Strom-Wärme-Verhältnis von ca. 60 zu 40 kann nahezu gesamte Tageslast (Strom und WW) abgedeckt werden

# Studie über Brennstoffzellen und KWKs

## 1 EINLEITUNG

## 2 BRENNSTOFFZELLEN – FUNKTION UND TYPENÜBERSICHT

### 2.1 Funktionsprinzip der Brennstoffzelle

### 2.2 Brennstoffzellentypen

### 2.3 Brennstoffzellensysteme

### 2.4 Wasserstoffzumischung in das Erdgasnetz

## 3 MARKTÜBERSICHT

## 4 AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND AUSBLICK

### 4.1 BZ- $\mu$ KWK-Projekte

### 4.2 Erhöhte Produktionskapazitäten und neue Produkte

### 4.3 Aktuelle Forschungstrends

### 4.4 Wasserstoff als Brennstoff

### 4.5 Reversible Brennstoffzellen

## 5 ANALYSE DER LASTPROFILE VON WOHNGEBÄUDEN

## 6 BETRACHTUNG AUS SICHT DES ENDKUNDEN

### 6.1 Ökologischer und ökonomischer Einsatz von Brennstoffzellen- $\mu$ KWKs

### 6.2 Einsatz von Brennstoffzellen- $\mu$ KWKs im urbanen und ruralen Raum

### 6.3 Energiegemeinschaften mit Brennstoffzellen- $\mu$ KWK-Anlagen und rechtliche Rahmenbedingungen

## 7 ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG

## 8 VERZEICHNISSE



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**

**DI Dr. Sebastian Schuh, BSc**  
**Forschung Burgenland GmbH**

**[sebastian.schuh@forschung-burgenland.at](mailto:sebastian.schuh@forschung-burgenland.at)**

**+43 (0)5/7705 5431**

*Die Studie wurde von der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach finanziert.*