



Leibniz  
Universität  
Hannover

## Prozesswärme: Weg von den Fossilen ... hin zu – ja, was eigentlich?

Richard Hanke-Rauschenbach<sup>1,3</sup>, Waris Ziarkash<sup>1,3</sup>, Egbert Baake<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Leibniz Universität Hannover, Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES)

<sup>2</sup>Leibniz Universität Hannover, Institut für Elektroprozessertechnik (ETP)

<sup>3</sup>Energieforschungszentrum Niedersachsen (EFZN)

Webinarreihe „Erneuerbare Prozesswärme“, 26.4.2024

### Kernaussagen/Gliederung



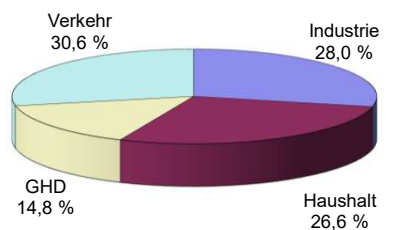
- Wärmeprozesse haben einen Anteil von 2/3 am industriellen Endenergiebedarf und werden fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen beheizt
- Industrielle Wärmeprozesse sind vielfältig hinsichtlich technologischer und anwendungstechnischer Prozessanforderungen
- Wärmebereitstellungen auf Basis erneuerbarer Energien bieten Potenziale zur klimaneutralen Bereitstellung von Prozesswärme für die Industrie
- Erhöhung der Betriebskosten und Finanzierbarkeit der nötigen Investitionen sind durch Politik zu beachten
- Potentielle Anwender sollen Chancen jetzt nicht verpassen
- Chancen auch für Ausrüster-Industrie sollten in den Blick genommen werden

## Kernaussagen/Gliederung

- Wärmeprozesse haben einen Anteil von 2/3 am industriellen Endenergiebedarf und werden fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen beheizt
- Industrielle Wärmeprozesse sind vielfältig hinsichtlich technologischer und anwendungstechnischer Prozessanforderungen
- Wärmebereitstellungen auf Basis erneuerbarer Energien bieten Potenziale zur klimaneutralen Bereitstellung von Prozesswärme für die Industrie
- Erhöhung der Betriebskosten und Finanzierbarkeit der nötigen Investitionen sind durch Politik zu beachten
- Potentielle Anwender sollen Chancen jetzt nicht verpassen
- Chancen auch für Ausrüster-Industrie sollten in den Blick genommen werden

## Endenergiebedarf in Deutschland

### Gesamt-Endenergiebedarf

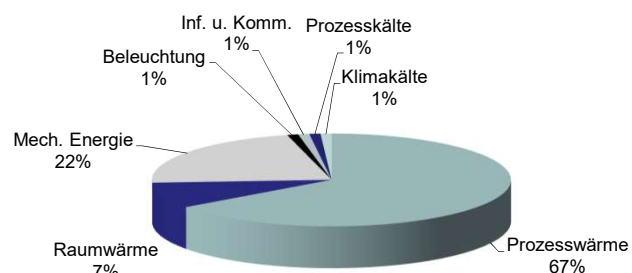


Summe in 2019: 9.056 PJ (2.516 TWh)

GHD: Gewerbe, Handel, Dienstleistung

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 09/2020

### Endenergiebedarf Industrie



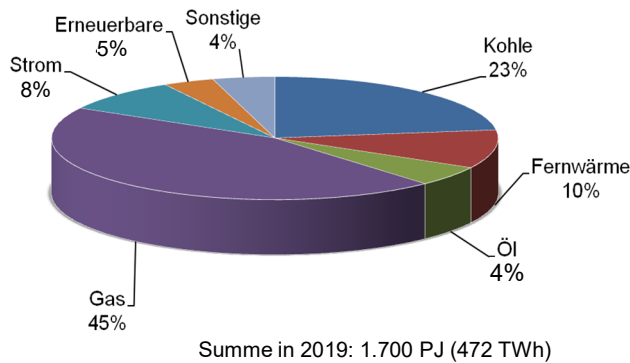
Summe in 2019: 2.536 PJ (704 TWh)

Prozesswärme dominiert mit einem Anteil von etwa 2/3 den industriellen Endenergiebedarf

## Endenergieträger im Bereich industrielle Prozesswärme



Prozesswärme: Anteile der verschiedenen Endenergieträger



Source: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 09/2020

- Fossile Brennstoffe als Endenergieträger haben einen Anteil von etwa 85% bei der industriellen Prozesswärme
- Defossilisierung industrieller Prozesswärme durch klimaneutrale Technologien basierend auf Energie aus erneuerbaren Quellen und entsprechenden Energieträgern

### Herausforderungen:

- Technologische Prozessanforderungen, wie z.B.: Prozesstemperaturen, Wärmebedarf, Heizleistungen, Durchsatz, Ofenabmessungen, Ofenatmosphären, chemische Prozesse, u.a.
- Versorgungsanforderungen: Zuverlässigkeit und Volalität der Energiebereitstellung
- Wirtschaftliche Aspekte, z.B. CAPEX, OPEX
- Politische Rahmenbedingungen
- Sonst. Hemmnisse, z.B. Unsicherheit beim Technologiewechsel

## Industrielle Wärmeprozesse sind vielfältig hinsichtlich technologischer und anwendungstechnischer Prozessanforderungen

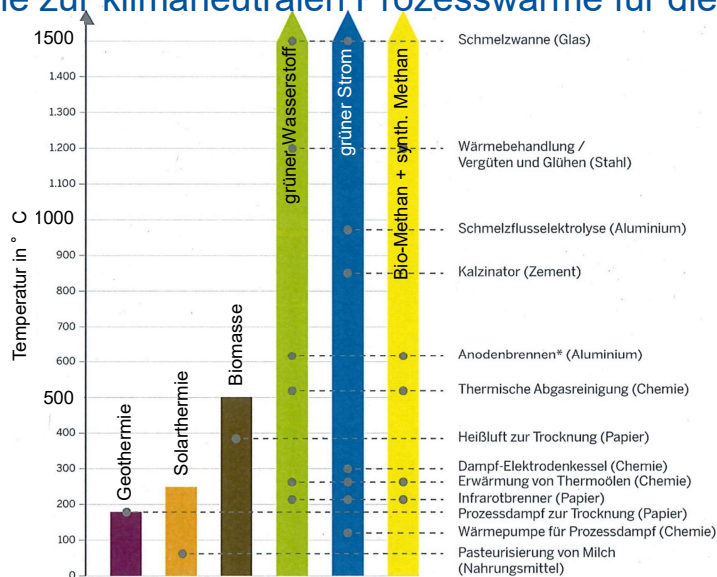


Industrielle Wärmeprozesse	Temperatur-Niveau	Wärmeerzeuger	Energieträger aktuell
Prozessdampferzeugung (Wasser)	100°C – 500°C	Dampfkessel mit Brenner, Elektrodenkessel	Erdgas, Heizöl, Kohle, Strom
Trocknungsprozesse, (z.B. Papier, Pappe, Beschichtungen, Lackierungen)	100°C – 400°C	Industrieöfen (Heißlufttrockner), Infrarottrockner,	Erdgas, Strom
Erwärmen zum Umformen, Fügen oder Wärmebehandeln (Eisen und Nichteisenwerkstoffe, Kunststoffe)	400°C – 1300°C	Industrieöfen, Induktive/konduktive Erwärmungsanlagen	Erdgas, Heizöl, Strom
Brennprozesse (Keramiken, Baustoffe, Zement)	bis 1600°C	Industrieöfen (Kammer- oder Drehrohröfen)	Abfallbasierte Brennstoffe, Erdgas, Heizöl
Schmelzprozesse (Eisen und Nichteisenwerkstoffe, Glas)	bis 1650°C	Schmelzöfen / Schmelzwannen	Koks, Erdgas, Heizöl, Strom

## Kernaussagen/Gliederung

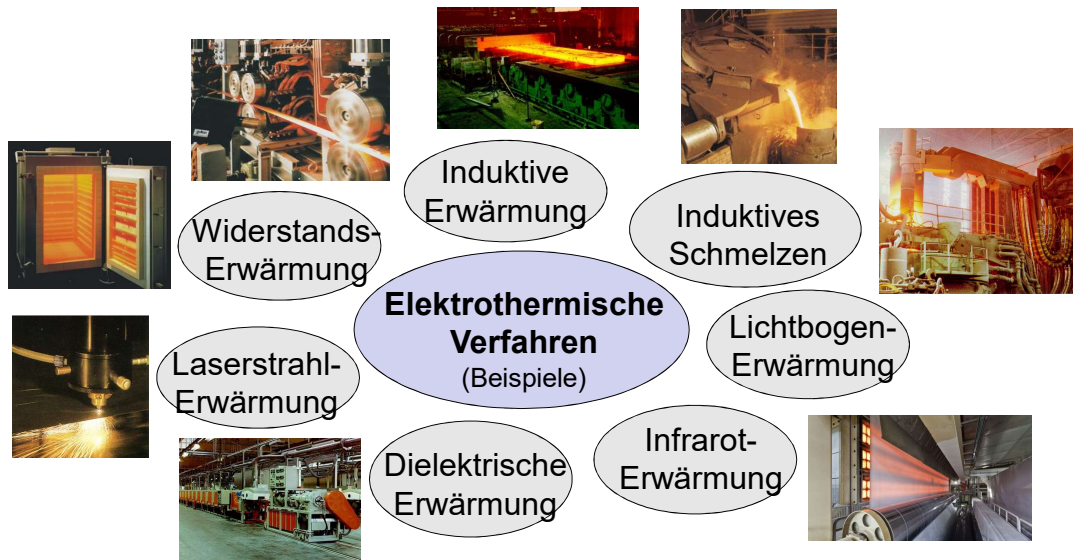
- Wärmeprozesse haben einen Anteil von 2/3 am industriellen Endenergiebedarf und werden fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen beheizt
- Industrielle Wärmeprozesse sind vielfältig hinsichtlich technologischer und anwendungstechnischer Prozessanforderungen
- **Wärmebereitstellungen auf Basis erneuerbarer Energien bieten Potenziale zur klimaneutralen Bereitstellung von Prozesswärme für die Industrie**
- Erhöhung der Betriebskosten und Finanzierbarkeit der nötigen Investitionen sind durch Politik zu beachten
- Potentielle Anwender sollen Chancen jetzt nicht verpassen
- Chancen auch für Ausrüster-Industrie sollten in den Blick genommen werden

## Wärmebereitstellungen auf Basis erneuerbarer Energien bieten Potenziale zur klimaneutralen Prozesswärme für die Industrie (1/2)



Quelle: IN4climate.NRW (Hrsg.)  
2021 Industriewärme klimaneutral:  
Strategien und Voraussetzungen für  
die Transformation.

## Wärmebereitstellungen auf Basis erneuerbarer Energien bieten Potenziale zur klimaneutralen Prozesswärme für die Industrie (2/2)



## Kernaussagen/Gliederung

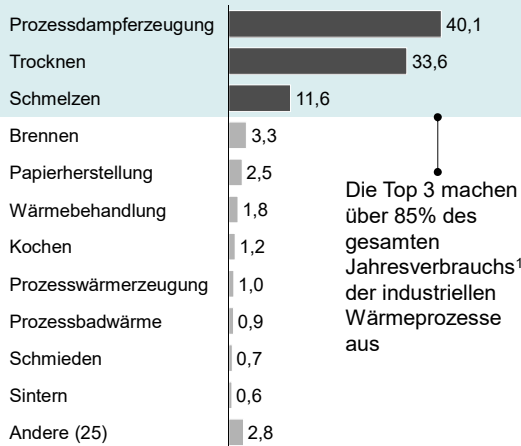
- Wärmeprozesse haben einen Anteil von 2/3 am industriellen Endenergiebedarf und werden fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen beheizt
- Industrielle Wärmeprozesse sind vielfältig hinsichtlich technologischer und anwendungstechnischer Prozessanforderungen
- Wärmebereitstellungen auf Basis erneuerbarer Energien bieten Potenziale zur klimaneutralen Bereitstellung von Prozesswärme für die Industrie
- Erhöhung der Betriebskosten und Finanzierbarkeit der nötigen Investitionen sind durch Politik zu beachten
- Potentielle Anwender sollen Chancen jetzt nicht verpassen
- Chancen auch für Ausrüster-Industrie sollten in den Blick genommen werden

# Befragung Mittelstand (150 Unternehmen, nicht repräsentativ)

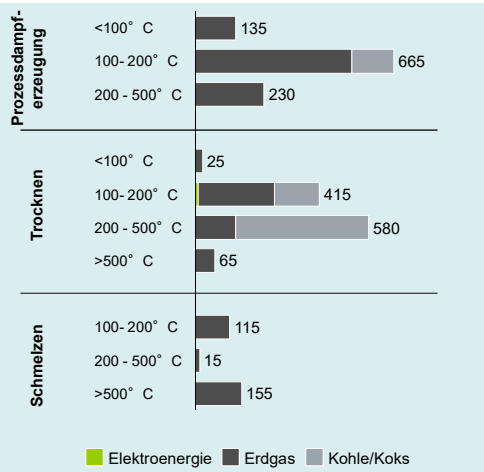


## Industrielle Wärmeprozesse

Jahresverbrauch<sup>1</sup> (in %)

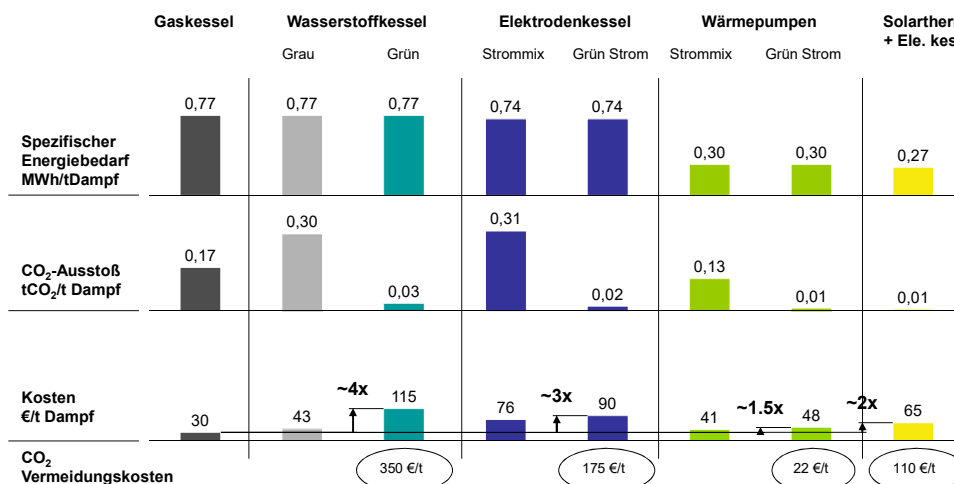


## Temperaturbereiche und Endenergieträger der Top 3 der industriellen Wärmeprozesse (in GWh)



1. Unter den ~150 teilnehmenden Unternehmen der Datenerhebung

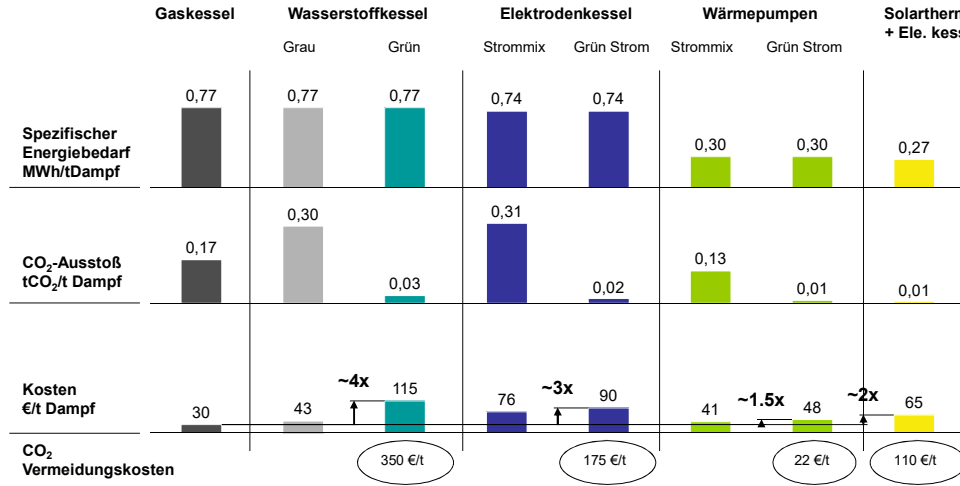
# Beispiel 1: Prozessdampferzeugung Technologievergleich (hier: Papiertrocknung)



- Elektrodenkessel und Wasserstoffkessel sind Stand der Technik und einsetzbar und Wärmepumpen TRL 7-8 (bis 160° C)
- Wärmepumpen sind bei relativ niedriger Nutztemperatur die wirtschaftlichste und emissionsärmste Option
- Alle vier Alternativtechnologien mit dem Potential, die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber der fossilen Dampferzeugung komplett einzusparen, sofern grüner Strom, beziehungsweise grüner Wasserstoff genutzt wird
- Allerdings führen die hohen Strom- und Wasserstoffpreise dazu, dass H<sub>2</sub>-Kessel und Elektrodenkessel generell und die Wärmepumpe unwirtschaftlich sind.

CO<sub>2</sub>-Emission: 420 g/kWh für Strom-Mix-Erzeugung und 221,2 g/kWh für Erdgas 26g/kWh für Wasserstoff (Grün) und 620g/kWh Wasserstoff (Grau); 30g/kWh für Grüner Strom aus Wasser- und Wind Energiekosten: 3,2 Eurocent/kWh für Erdgas und 10,5 Euro-Cent/kWh für Strommix, 10,6 Euro-Cent/kWh für Grünstrom aus Wasser und Wind; 5 Euro/kg H<sub>2</sub> (grün) und 3-4 Euro/kg H<sub>2</sub> (grau) ([https://green-planet.energy.de/fileadmin/user\\_upload/broschuere-wasserstoff.pdf](https://green-planet.energy.de/fileadmin/user_upload/broschuere-wasserstoff.pdf)) IEWT 2021 (<https://iewt2021.esg.tu-wien.ac.at/>); Fraunhofer ISE 2018

# Beispiel 1: Prozessdampferzeugung Technologievergleich (hier: Papiertrocknung)

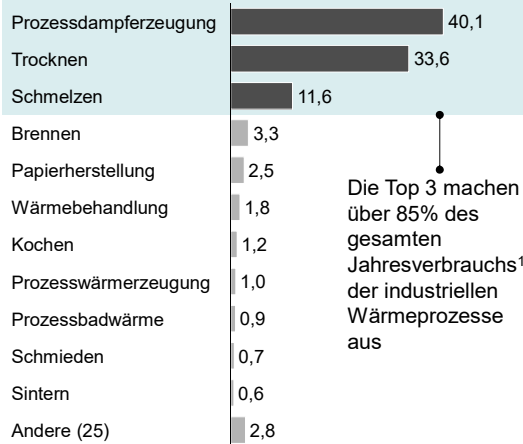


- **Elektrodenkessel und Wasserstoffkessel** sind Stand der Technik und einsetzbar und **Wärmepumpen TRL 7-8** (bis 160° C)
- **Wärmepumpen** sind bei relativ niedriger Nutztemperatur die **wirtschaftlichste und emissionsärmste Option**
- **Alle vier Alternativtechnologien** mit dem Potential, die **CO<sub>2</sub>-Emissionen** gegen-über der fossilen Dampferzeugung **komplett einzusparen**, sofern grüner Strom, beziehungsweise grüner Wasserstoff genutzt wird
- Allerdings führen die hohen Strom- und Wasserstoffpreise dazu, dass H<sub>2</sub>-Kessel, Elektrodenkessel und die Wärmepumpe unwirtschaftlich sind.

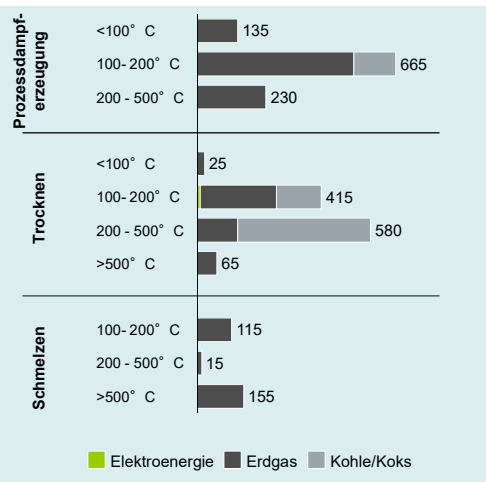
CO<sub>2</sub>-Emission: 420 g/kWh für Strom-Mix-Erzeugung und 221,2 g/kWh für Erdgas 26g/kWh für Wasserstoff (Grün) und 620g/kWh Wasserstoff (Grau); 30g/kWh für Grüner Strom aus Wasser und Wind Energiekosten; 3,2 Eurocent/kWh für Erdgas und 10,5 Euro-Cent/kWh für Strommix; 10,6 Euro-Cent/kWh für Grünstrom aus Wasser und Wind; 5 Euro/kg H<sub>2</sub> (grün) und 3-4 Euro/kg H<sub>2</sub> (grau) ([https://green-planet-energy.de/fileadmin/user\\_upload/broschuere-wasserstoff.pdf](https://green-planet-energy.de/fileadmin/user_upload/broschuere-wasserstoff.pdf) IEWT 2021 (<https://www.iese.ac.at/>); Fraunhofer ISE 2018)

# Befragung Mittelstand (150 Unternehmen, nicht repräsentativ)

Industrielle Wärmeprozesse Jahresverbrauch<sup>1</sup> (in %)

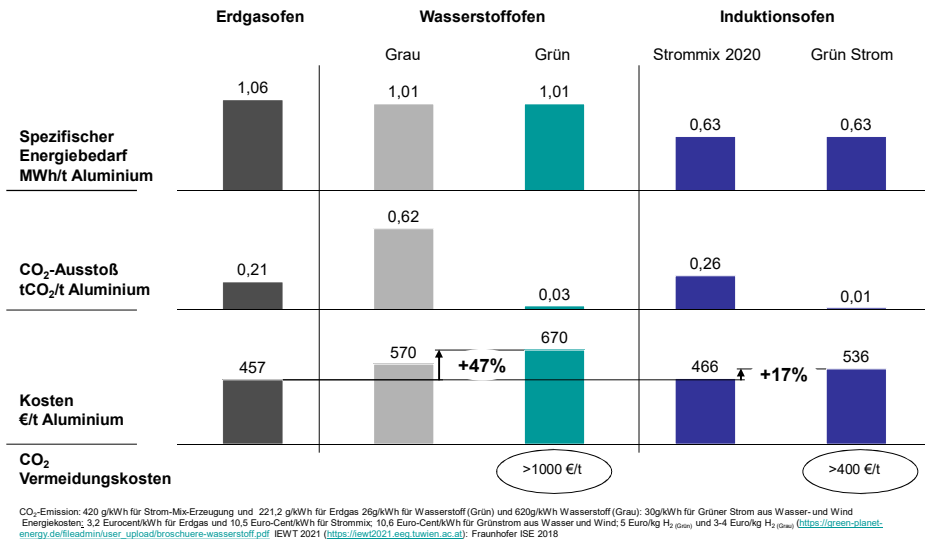


Temperaturbereiche und Endenergieträger der Top 3 der industriellen Wärmeprozesse (in GWh)



1. Unter den ~150 teilnehmenden Unternehmen der Datenerhebung

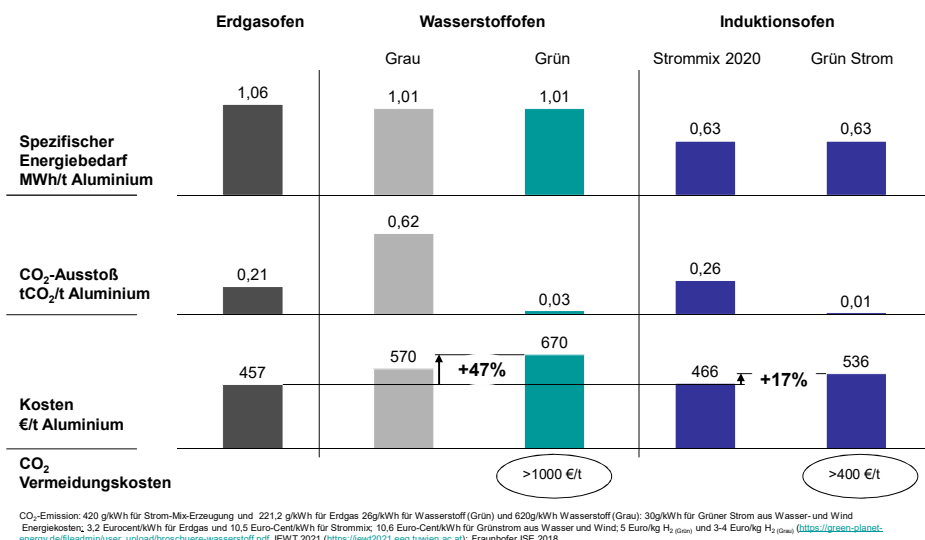
## Beispiel 2: Metallschmelzprozesse Technologievergleich (hier Aluminium)



- Induktionsofen stand jetzt schon einsetzbar (TRL 9) ist und thermische
- Nutzung von H<sub>2</sub> auf TRL 5-6
- Beide Technologien mit dem Potential die CO<sub>2</sub>-Emissionen (fast) komplett einsparen
- Induktionsofen die erfolgversprechendste Option für die Zukunft (von CO<sub>2</sub> und Energiekosten perspektive), jedoch nur mit Grünstrom eine echte Alternative
- Die Kosten für die Defossilierungsoptionen im Vergleich zu Erdgasbetriebene Öfen trotz der Gas-Krise höher

CO<sub>2</sub>-Emission: 420 g/kWh für Strom-Mix-Erzeugung und 221,2 g/kWh für Erdgas 26g/kWh für Wasserstoff (Grün) und 620g/kWh Wasserstoff (Grau); 30g/kWh für Grüner Strom aus Wasser- und Wind Energiekosten; 3,2 Eurocent/kWh für Erdgas und 10,5 Euro-Cent/kWh für Strommix; 10,6 Euro-Cent/kWh für Grünstrom aus Wasser und Wind; 5 Euro/kg H<sub>2 (grün)</sub> und 3-4 Euro/kg H<sub>2 (grau)</sub> ([https://green-planet-energy.de/fileadmin/user\\_upload/broschuere-wasserstoff.pdf](https://green-planet-energy.de/fileadmin/user_upload/broschuere-wasserstoff.pdf) IEWT 2021 (<https://www2021.esg.tuwien.ac.at/>); Fraunhofer ISE 2018

## Beispiel 2: Metallschmelzprozesse Technologievergleich (hier Aluminium)



- Induktionsofen stand jetzt schon einsetzbar (TRL 9) ist und thermische
- Nutzung von H<sub>2</sub> auf TRL 5-6
- Beide Technologien mit dem Potential die CO<sub>2</sub>-Emissionen (fast) komplett einsparen
- Induktionsofen die erfolgversprechendste Option für die Zukunft (von CO<sub>2</sub> und Energiekosten perspektive), jedoch nur mit Grünstrom eine echte Alternative
- Die Kosten für die Defossilierungsoptionen im Vergleich zu Erdgasbetriebene Öfen trotz der Gas-Krise höher

CO<sub>2</sub>-Emission: 420 g/kWh für Strom-Mix-Erzeugung und 221,2 g/kWh für Erdgas 26g/kWh für Wasserstoff (Grün) und 620g/kWh Wasserstoff (Grau); 30g/kWh für Grüner Strom aus Wasser- und Wind Energiekosten; 3,2 Eurocent/kWh für Erdgas und 10,5 Euro-Cent/kWh für Strommix; 10,6 Euro-Cent/kWh für Grünstrom aus Wasser und Wind; 5 Euro/kg H<sub>2 (grün)</sub> und 3-4 Euro/kg H<sub>2 (grau)</sub> ([https://green-planet-energy.de/fileadmin/user\\_upload/broschuere-wasserstoff.pdf](https://green-planet-energy.de/fileadmin/user_upload/broschuere-wasserstoff.pdf) IEWT 2021 (<https://www2021.esg.tuwien.ac.at/>); Fraunhofer ISE 2018



## Zusammenfassung



- Wärmeprozesse haben einen Anteil von 2/3 am industriellen Endenergiebedarf und werden fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen beheizt
- Industrielle Wärmeprozesse sind vielfältig hinsichtlich technologischer und anwendungstechnischer Prozessanforderungen
- Wärmebereitstellungen auf Basis erneuerbarer Energien bieten Potenziale zur klimaneutralen Bereitstellung von Prozesswärme für die Industrie
- Erhöhung der Betriebskosten und Finanzierbarkeit der nötigen Investitionen sind durch Politik zu beachten
- Potentielle Anwender sollen Chancen jetzt nicht verpassen
- Chancen auch für Ausrüster-Industrie sollten in den Blick genommen werden



## Prozesswärme: Weg von den Fossilen ... hin zu – ja, was eigentlich?

Richard Hanke-Rauschenbach<sup>1,3</sup>, Niklas Ziarkash<sup>1,3</sup>, Egbert Baake<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Leibniz Universität Hannover, Institut für Elektrische Energiesysteme (IfES)

<sup>2</sup>Leibniz Universität Hannover, Institut für Elektroprozessstechnik (ETP)

<sup>3</sup>Energieforschungszentrum Niedersachsen (EFZN)

**Vielen Dank für Ihr Interesse!**