

OLEC Energy Week 2024

Transformationsimpulse – Neue Wege zur Resilienz in Unternehmen

Input zu Session 1

Optionen für eine klimaneutrale Prozesswärme

Dr. Sascha Samadi, Wuppertal Institut

13. Juni 2024

Bedeutung der Prozesswärme im Endenergiebedarf Deutschlands

- 19 % des gesamten deutschen Endenergiebedarfs (2022) wurden für industrielle Prozesswärme eingesetzt; davon wird bisher nur ein Bruchteil aus regenerativen Energien oder regenerativem Strom bereitgestellt.

Legende

Industrie 667 TWh

Verkehr 698 TWh

Haushalte 678 TWh

Gewerbe, Handel,
Dienstleistung (GHD) 325 TWh

Prozesswärme 451 TWh

Sonstige Wärme 43 TWh a)

Kälte 14 TWh

Elektrizität 160 TWh b)

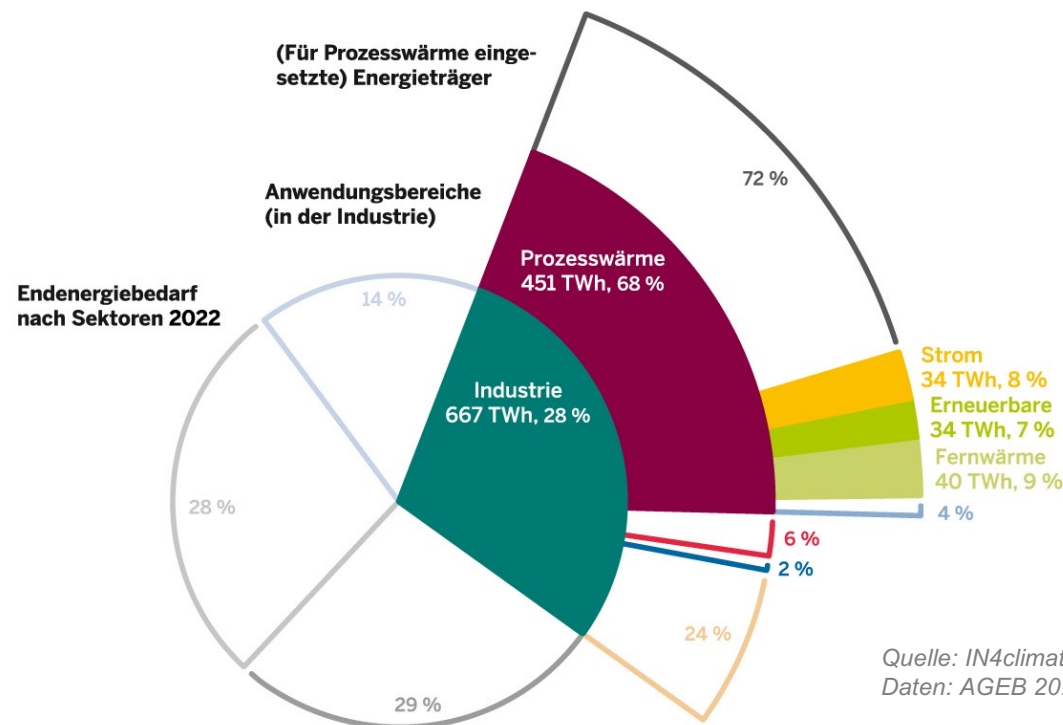
Fossile Energieträger 323 TWh c)

Strom 34 TWh

Erneuerbare 34 TWh d)

Fernwärme 40 TWh

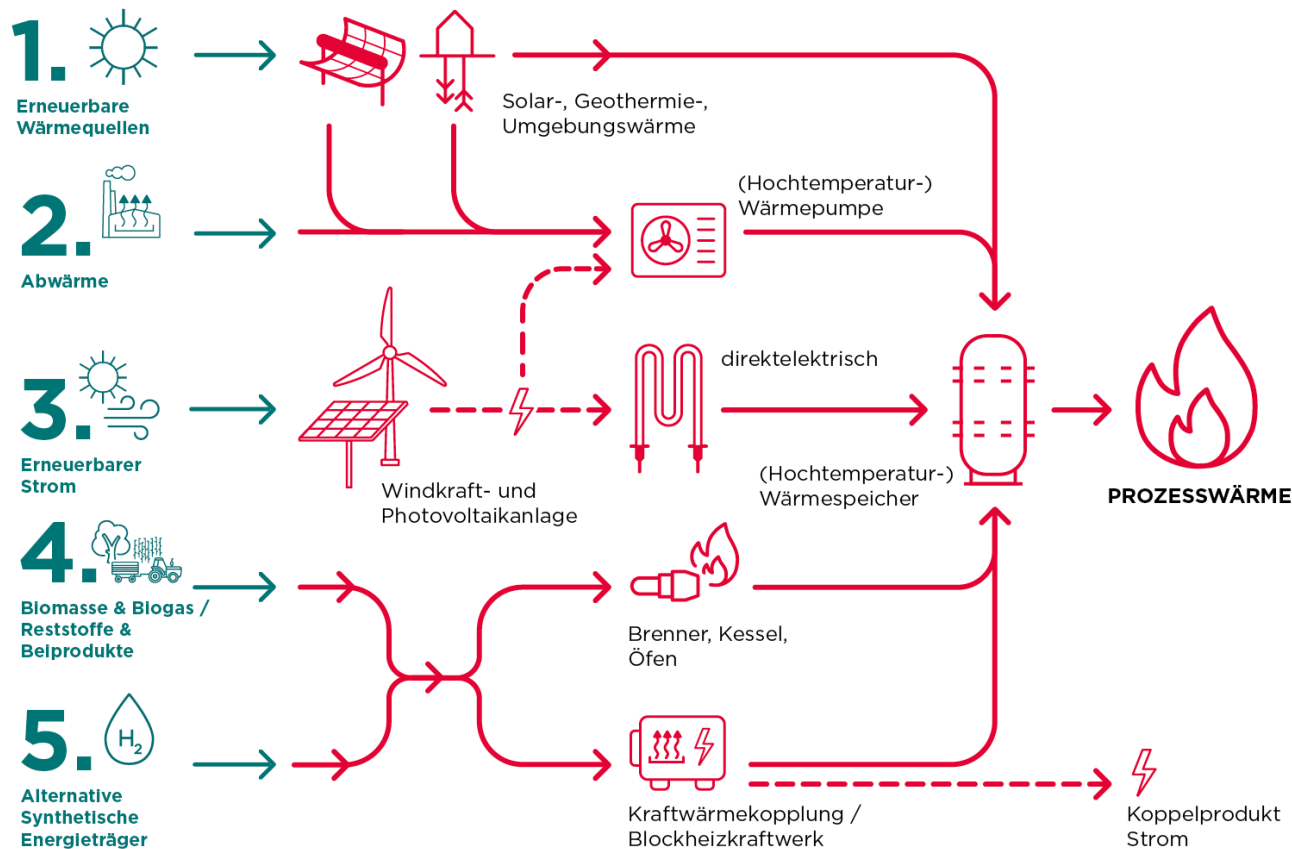
Sonstige 19 TWh



- a) U. a. Raumwärme (z.B. Hallenbeheizung) und Warmwasser
- b) U. a. mech. Energie (Pumpen, Antriebe), Beleuchtung, Information und Kommunikation
- c) Mineralöl, Gas und Kohle
- d) U. a. Biomasse, Geothermie und Solarthermie

Quelle: IN4climate.NRW (2022), hier aktualisiert.
Daten: AGEBA 2023

Optionen für klimaneutrale industrielle Prozesswärme



Charakteristika:

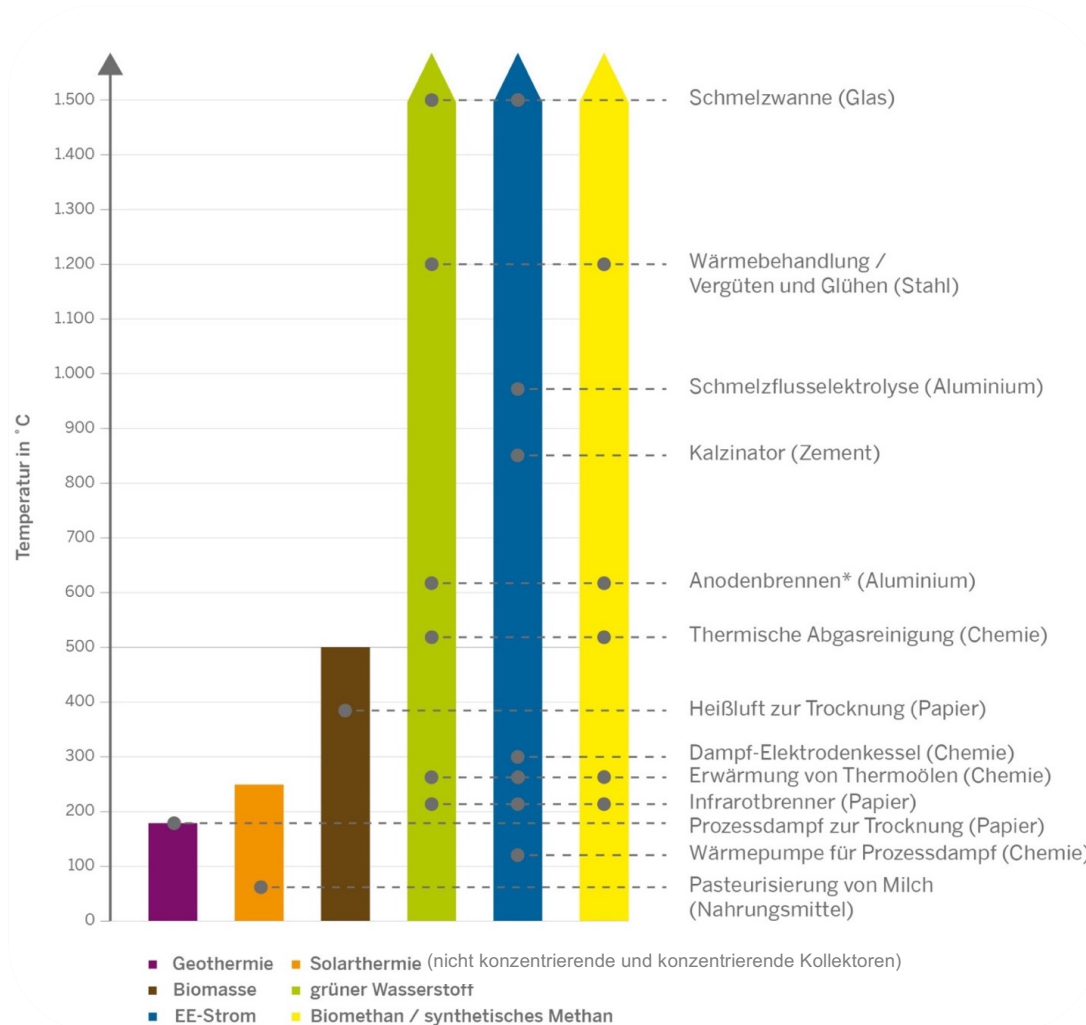
- Technische Eignung für Anwendungsbereich (Temperatur, Prozess, Branche)
- Zeitliches und lokales Dargebot (Solarthermie, Geothermie...)
- Infrastruktur (H₂-Leitung, Stromnetzausbau)
- Mengenverfügbarkeit (z. B. Hochlauf grüner Wasserstoff)
- Technische Reife (z. B. Elektrifizierung spezieller technischer Prozesse) und Wirtschaftlichkeit

→ maßgeschneiderte Lösungen entsprechend benötigtem Temperaturniveau erforderlich!

Forschungsbedarf

- HT-Wärmepumpen und HT-Speicher
- Hybride Konzepte und Integration verschiedener Wärmeerzeuger in industrielle Prozesse

Erzielbare Temperaturen und potenzielle Einsatzbereiche erneuerbarer Wärme



Quelle: IN4climate.NRW (2021), eigene Ergänzungen

Das 4-Stufen-Modell zur Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme

Erarbeitet von der AG „Industrielle Prozesswärme“ von IN4climate.NRW

1. Steigerung der Effizienz (Energie und Exergie)

z. B. Prozessoptimierungen, interne und externe Abwärmenutzung

+ 2. Erschließung erneuerbarer Wärmequellen

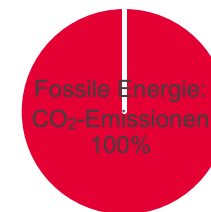
d. h. Solarthermie, Tiefengeothermie

+ 3. Elektrische Wärmeerzeugung (mit EE-Strom)

z. B. Elektrodenkessel, Induktion, Hochtemperatur-Wärmepumpen

+ 4. Alternative Energieträger (Grüner H₂, Biomasse, Biomethan, synthetisches Methan, u. a.)

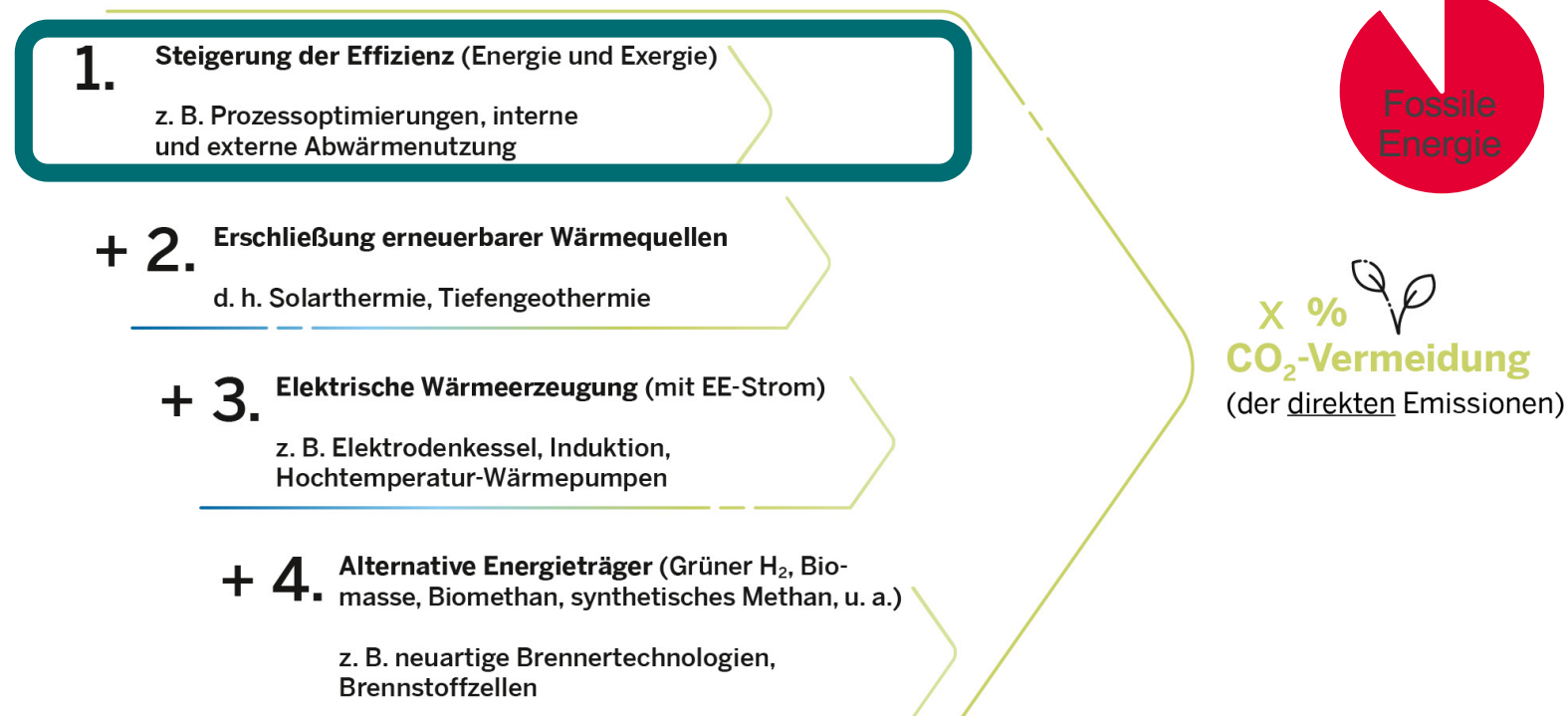
z. B. neuartige Brennertechnologien, Brennstoffzellen



100 % 
CO₂-Vermeidung
(der direkten Emissionen)

Das 4-Stufen-Modell zur Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme

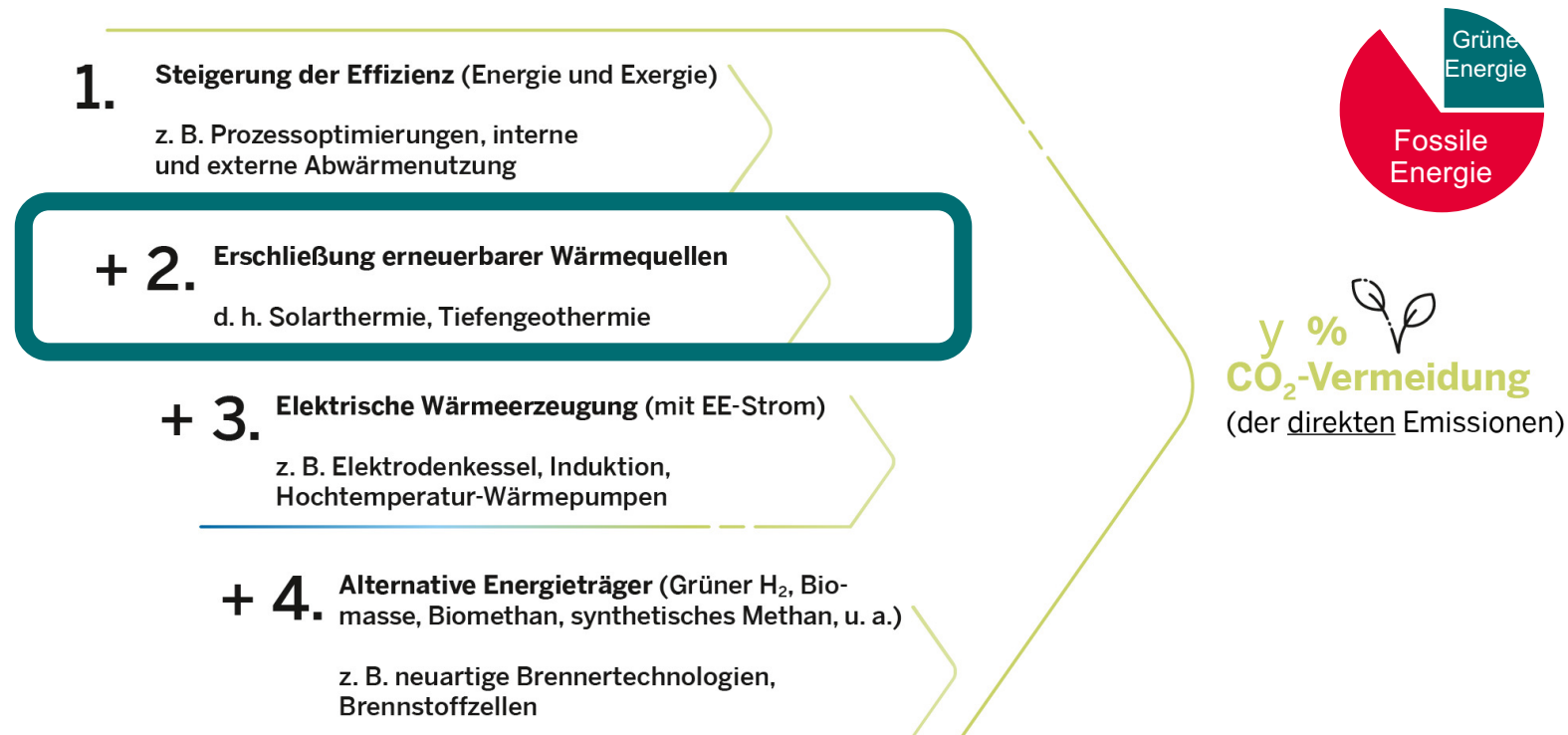
Stufe 1: Energieeffizienz



Quelle: IN4climate.NRW (2023)

Das 4-Stufen-Modell zur Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme

Stufe 2: Erneuerbare Wärmequellen



Stufe 2: Erneuerbare Wärmequellen

Solarthermie und Tiefengeothermie

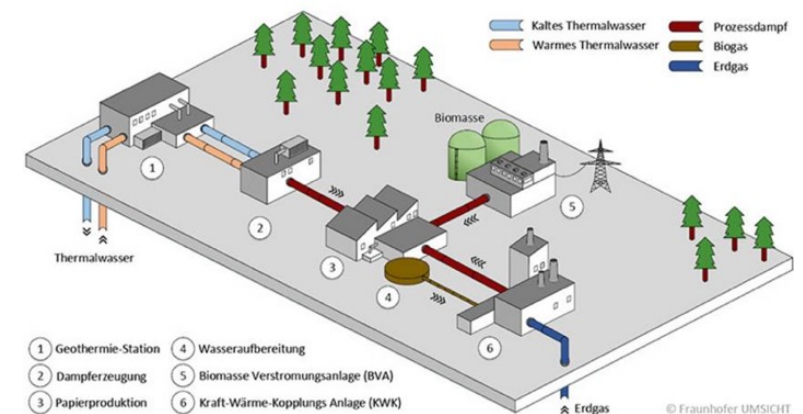
⊕ Im Betrieb unabhängig von Energiepreisen und -importen

› Solarthermie (in Kombination mit Wärmespeicher)

- Kann auch in unseren Breitengraden die Prozesswärmebereitstellung bis max. 120 °C (nicht-konzentrierend) bzw. 300 °C (konzentrierend) unterstützen
- Z. B. Nahrungsmittelindustrie bzw. allgemein NT-Prozesse (Bäder etc.) auch in typischen HT-Branchen
- Kurzfristig verfügbare (hybride) Fuel-Saver-Technologie

› Tiefengeothermie:

- Kann bis zu ca. 180 °C kontinuierlich (!) Prozesswärme bereitstellen

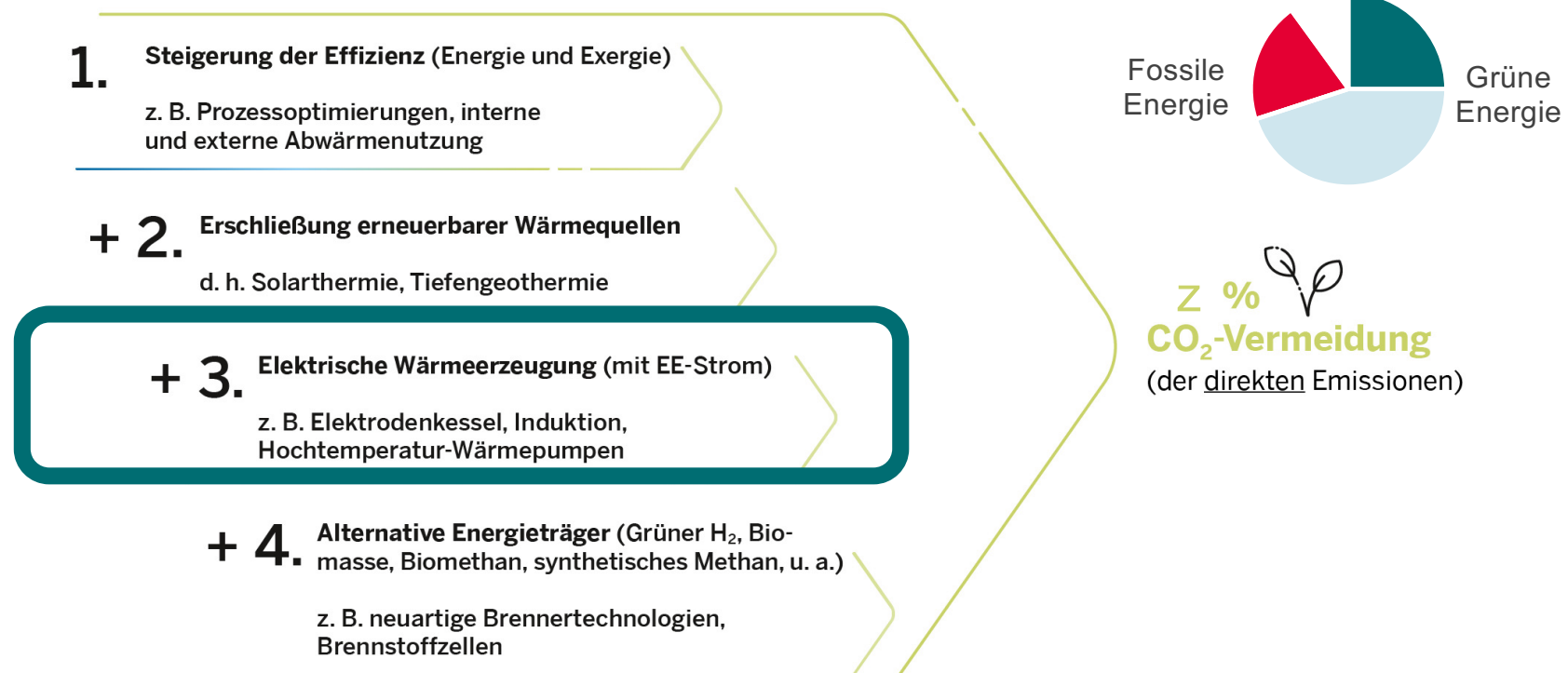


Pläne für hydrothermale Geothermie (23,5 MW_{th}) zur Papiertrocknung beim Hersteller Kabel Premium Pulp & Paper

Quelle: Kabel Premium Pulp & Paper / Grafik: Fraunhofer UMSICHT

Das 4-Stufen-Modell zur Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme

Stufe 3: Elektrische Wärmeerzeugung



Stufe 3: Elektrische Wärmeerzeugung

Hochtemperatur-Wärmepumpen: Typische Anwendungen und Temperaturniveaus

Potenzielle Wärmequellen:

- Kühlwasser 20 ... 50°C
- Abwasser 20 ... 60°C
- Druckluftabwärme 30 ... 70°C
- Abluft aus Öfen 20 ... 100°C

Potenzielle Wärmesenken:

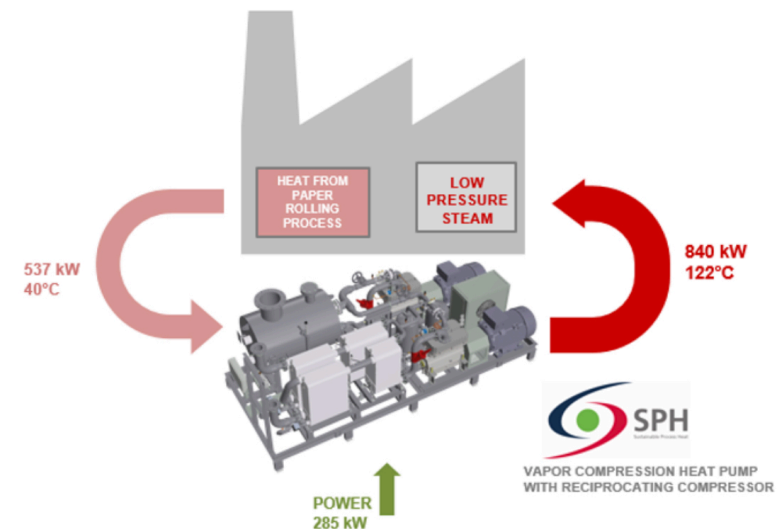
- Verdampfen 40 ... 170°C
- Trocknen 40 ... 250°C
- Pasteurisieren/Sterilisieren 70 ... 120°C
- Destillieren 100 ... 300°C

Potenziell für Anwendung geeignete Branchen:

- Nahrungsmittel
- Chemie/Pharma
- Papier
- Maschinenbau & Textil
- Metallerzeugnisse, Metalle, Mineralien

Praxisbeispiel:

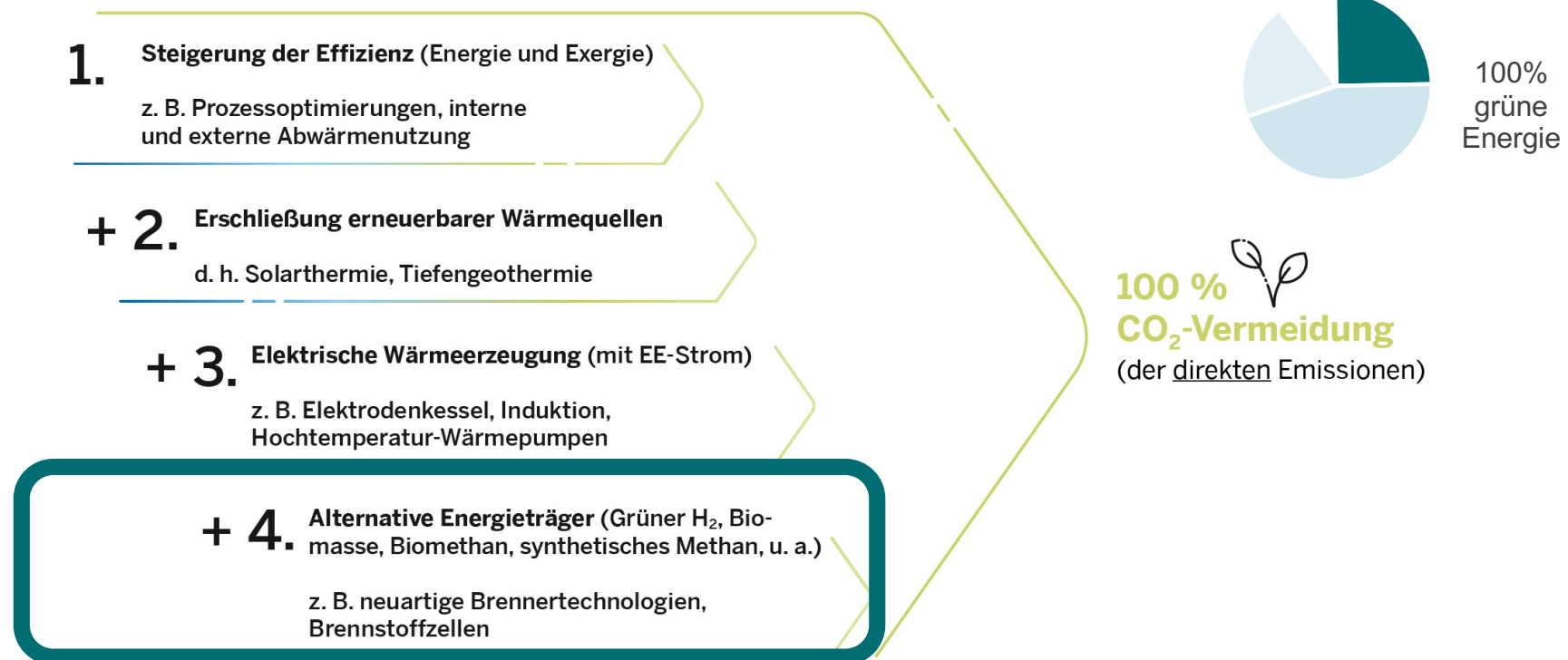
- Einsatz einer Hochtemperatur-Wärmepumpe bei der Papierfabrik Felix Schoeller in Weißenborn
- Die WP stellt Niederdruckdampf (ca. 122 °C) zur Papiertrocknung her und nutzt dafür Abwärme (ca. 45 °C) aus der Papiermaschine



Quelle: Push2Heat-Projekt (o. J.)

Das 4-Stufen-Modell zur Dekarbonisierung industrieller Prozesswärme

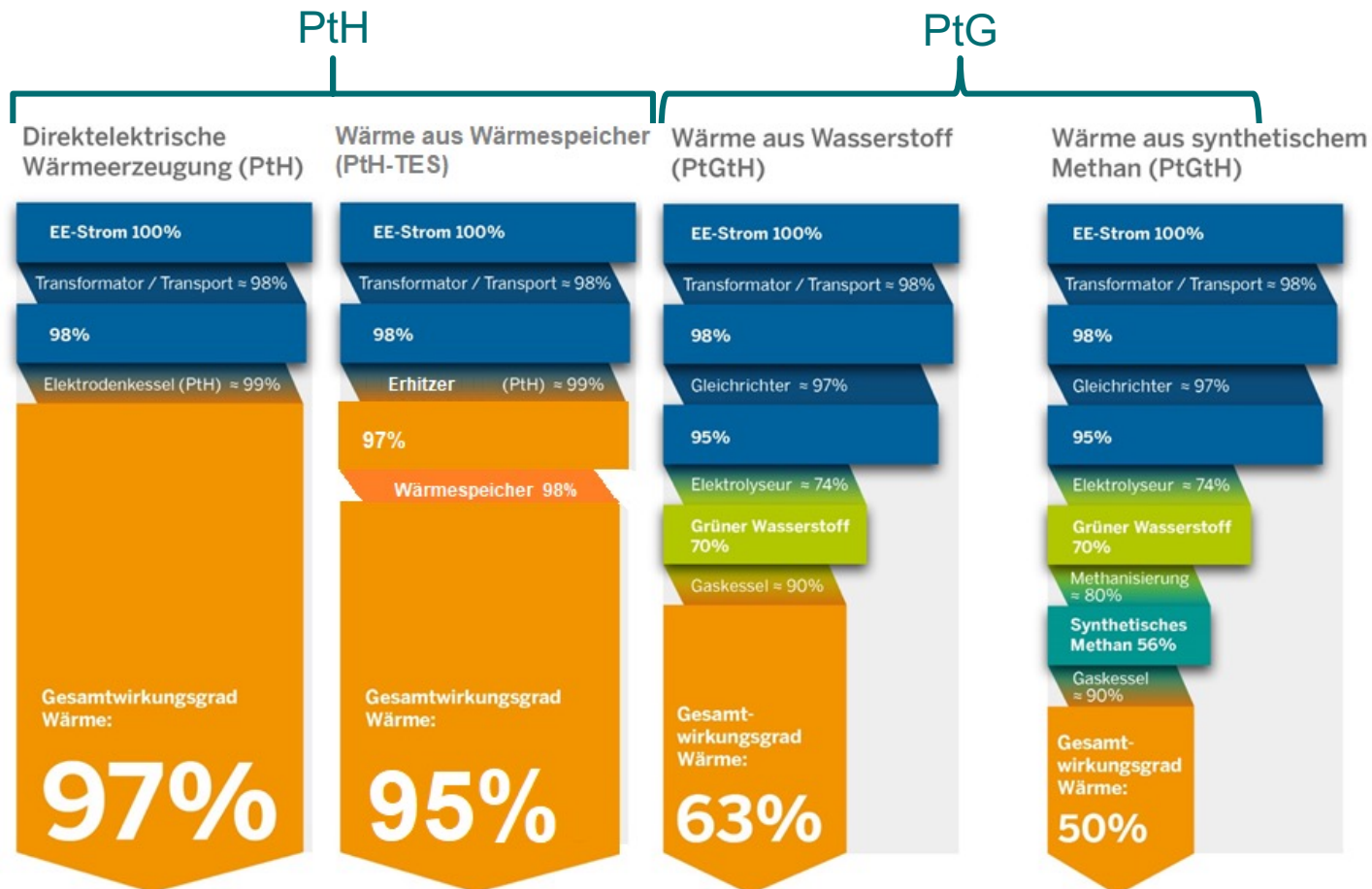
Stufe 4: Alternative Energieträger



Quelle: IN4climate.NRW (2023)

Stufe 4: Alternative Energieträger

PtG (H₂, Biogas, SNG) aus Effizienzgründen möglichst auf Hochtemperaturanwendungen beschränken



Projektbeispiele Wasserstoff

- **Glasindustrie:**
HyGlass, COSiMa
- **Gießereien:**
InnoGuss
- **Stahlherstellung**
tkH₂Stahl

Quelle: IN4climate.NRW (2021), mit Ergänzung von Thomas Bauer, DLR

- Klimaneutralität erfordert auch Transformation industrieller Prozesswärme, diese ist komplex (diverse Temperaturen, Medien, Prozesse...) und muss gesamtsystemisch (sektor-, stakeholder- und branchenübergreifend) angegangen werden.
- Effizienzsteigerungen sind prioritär, Vier-Stufen-Modell gute Hilfestellung für weitere Priorisierung des Energieeinsatzes
- Erneuerbare Wärmeversorgung
 - erfordert individuelle, temperaturangepasste Lösungen und frühzeitige Evaluierung möglicher lokaler Wärmequellen
 - Tiefengeothermie und Solarthermie können für einige Branchen und NT-Anwendungen wichtige Beiträge leisten
- Durch Sektorenkopplung (KWK, PtH, PtG), Hybridisierung und Flexibilisierung wichtige Beiträge zur Systemintegration von erneuerbarem Strom und zur Stabilisierung der Stromnetze

Mögliche Fragen für die Diskussion

- Haben sich anwesende Unternehmen – soweit Prozesswärmebedarf besteht – bereits mit der Frage der Umstellung auf (potenziell) klimaneutrale Prozesswärme beschäftigt?
- Falls ja, in welcher Tiefe und mit welchem Ergebnis?
- Gibt es Hürden, die Investitionen in klimaneutrale Prozesswärme z. Zt. behindern? Z. B.:
 - Fehlende Wirtschaftlichkeit (bzw. hohe Unsicherheit über Wirtschaftlichkeit)
 - Hohe Investitionskosten
 - Unzureichender Stromnetzanschluss
 - Unzureichender Wissensstand im eigenen Unternehmen und bei Partnern
 - Zweifel an technischer Ausgereiftheit der klimaneutralen Optionen
 - ...
- Welche Änderung bestehender Rahmenbedingungen ist besonders wichtig, um die Transformation der Prozesswärmebereitstellung in der Praxis umsetzen zu können?

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**

sascha.samadi@wupperinst.org