

Im Auftrag von



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

BUNDESSTELLE  
FÜR  
ENERGIE  
EFFIZIENZ



## 4. Sitzung der AG Industrie, 17. Dezember 2021 Energieeinsparung durch Prozess- und Produktinnovationen Prof. Dr. Clemens Rohde, Dr. Ali Aydemir, Dr. Tobias Fleiter, Dr. Barbara Schlomann (Fraunhofer ISI)

Wissenschaftliche Begleitung durch



Geschäftsstelle





## Dekarbonisierungsoptionen im Sektor Industrie

- **Energieeffizienz und Abwärmenutzung (Leitprinzip „Efficiency First“)**
- Material- und Ressourceneffizienz, Kreislaufwirtschaft
- Erneuerbare Prozesswärme
- Substitution von fossilen, emissionsintensiven Energieträgern durch CO<sub>2</sub>-arme oder -freie Produktionsverfahren

### **LEITFRAGE** der AG Industrie

Welche Rolle kann und soll die **ENERGIEEFFIZIENZ** im Kontext aller verfügbarer Dekarbonisierungsoptionen in der Industrie in mittelfristiger Perspektive (2030) und mit Blick auf 2050 spielen?

## Die Bedeutung der Energieeffizienz in ambitionierten Szenarien zur Erreichung der Klimaneutralität 2045

### Fazit aus dem Energieeffizienzscenario der Roadmap Energieeffizienz 2045:

„Ohne wirksame Effizienz auf der Nachfrageseite sind die ambitionierten THG-Reduktionsziele nicht erreichbar. Energieeffizienz ist nicht nur „eine Option“, sondern eine strategische Notwendigkeit.“

[4. Sitzung AG Systemfragen am 8.12.2021]

### Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland:

„Das Szenario TN-Strom mit sehr starker Stromnutzung und einer **deutlichen Steigerung der Energieeffizienz in allen Sektoren** ist im Szenariovergleich das günstigste Szenario“

[Webinar Szenariovarianten TN-Strom am 2.12.2021]

### Kopernikus-Projekt ARIADNE:

„Die Steigerung der Energieeffizienz führt in den Zielszenarien bis 2045 zu einem Rückgang des Endenergieverbrauchs um 34-59 % gegenüber 2019. Szenarien mit hohen Effizienzsteigerungen führen zu geringeren Zubaubedarfen für Erneuerbare Energien.“

[Ariadne-Report „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045“, Oktober 2021]



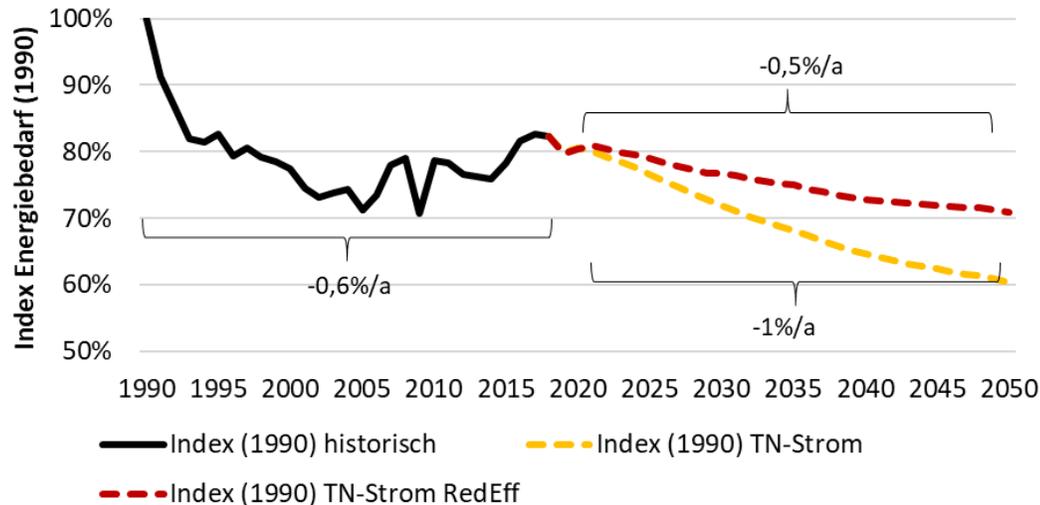
# Langfristszenarien: Effizienzpotenziale Industrie: Vergleich Energieeffizienz nach Branchen in Szenario mit stark beschleunigtem Effizienzfortschritt (TN-Strom) und Effizienzfortschritt im historischen Trend (TN-RedEff)

## Veränderung der Energieintensität der Industrie

Sektor	TN-RedEff	TN-Strom
Bergbau	-0,6%	-0,8%
Ernährung und Tabak	-1,4%	-1,7%
Fahrzeugbau	-0,7%	-0,7%
Glas u. Keramik	-0,7%	-1,3%
Grundstoffchemie	-1,3%	-1,6%
Gummi- u. Kunststoffwaren	-1,2%	-1,8%
Maschinenbau	-0,8%	-0,8%
Metallbearbeitung	-0,6%	-0,8%
Metallerzeugung	-0,9%	-2,2%
NE-Metalle, -gießereien	-0,6%	-0,9%
Papiergewerbe	-0,9%	-1,7%
Sonstige chemische Industrie	-0,4%	-0,4%
Sonstige Wirtschaftszweige	-0,7%	-0,8%
Verarbeitung v. Steine u. Erden	-0,3%	-1,4%
<b>Summe</b>	<b>-1,2%</b>	<b>-1,7%</b>

- Energieintensität als aggregierter Indikator der Energieeffizienz
- Energieintensität berechnet aus
  - Endenergieverbrauch je Euro Bruttowertschöpfung (BWS) in realen Preisen
  - Veränderung als Wachstumsrate gezeigt
  - TN-Strom und TN-RedEff im Mittel +1% Steigerung der BWS
- TN-Red-Eff
  - Mittlerer Effizienzfortschritt
    - TN-RedEff: ~1,2% pro Jahr (2020-2050)
    - TN-Strom: ~1,7%
    - 2005-2015: ~1,3%
  - Deutliche Branchenunterschiede
  - Indikator zeigt aggregierte Wirkung aus Energieeffizienten Prozessen, circularity und Materialeffizienz

# Langfristszenarien: Effizienzpotenziale Industrie: Vergleich historischer mit zukünftig angenommener Effizienzentwicklung



## Zeitraum 1990-2018

- Historische Reduktion des Energiebedarfes etwa 0,6%/a
- Sondereffekte und nicht-linearer Verlauf

## Entwicklung TN-Strom 2018-2050

- BWS-Entwicklung: +1%/a
- Reduktion Energiebedarf etwa 1%/a

## Entwicklung TN-RedEff 2018-2050

- BWS-Entwicklung: +1%/a
- Reduktion Energiebedarf etwa 0,5%/a

Auch TN-RedEff ist bezüglich der Effizienzoptionen kein Stillstands-Szenario, aber deutlich weniger ambitioniert als TN-Strom

## Zentrale Ergebnisse TN-RedEff im Jahr 2050

- Summe Energieverbrauch 138 TWh höher als TN-Strom
- Deutlicher Mehrbedarf an Wasserstoff (+77 TWh) und Strom (+65 TWh) ggü. TN-Strom

## Schlussfolgerungen

- Deutliche Bandbreite beim Effizienzfortschritt, aber kein vollständig anderes Bild
- Viele Anlagen wechseln ohnehin auf "beste verfügbare Technik" durch den Wechsel auf neue Verfahren
- Großer Beitrag von Materialstrategien
- **Deutlich höhere Energie- und Materialkosten**

## Effizienzpotenziale Industrie: Gieß und Walzstrang in der Stahlindustrie

- Innovation damals: „Strangguss“
- Gegenwärtig: Kopplung von Gieß- und Walzprozessen
- Zahlreiche Begriffe für Konzepte und Technologien,...

Endabmessungsnahes Gießen (Near net shape casting)  
Dünnbrammengießen (Thin strip-casting)

- Compact Strip Production
- Inline Strip Production
- Endless Strip Production (Endlosbandproduktion)
- ....

Hauptziele → Reduktion “Wiedererwärmen” **und** Prozessschritte  
Vereinzelte Angaben in Quellen zu Einsparung und Amortisation

- 4 → 1 GJ/t
- Amortisation 3-4 Jahre



## Abwärmepotenzial der Grundstoffindustrie in der EU

Neue Berechnung von Manz et al. (2021) zu EU-weiten Potenzialen der Abwärmennutzung

Die Analyse umfasst:

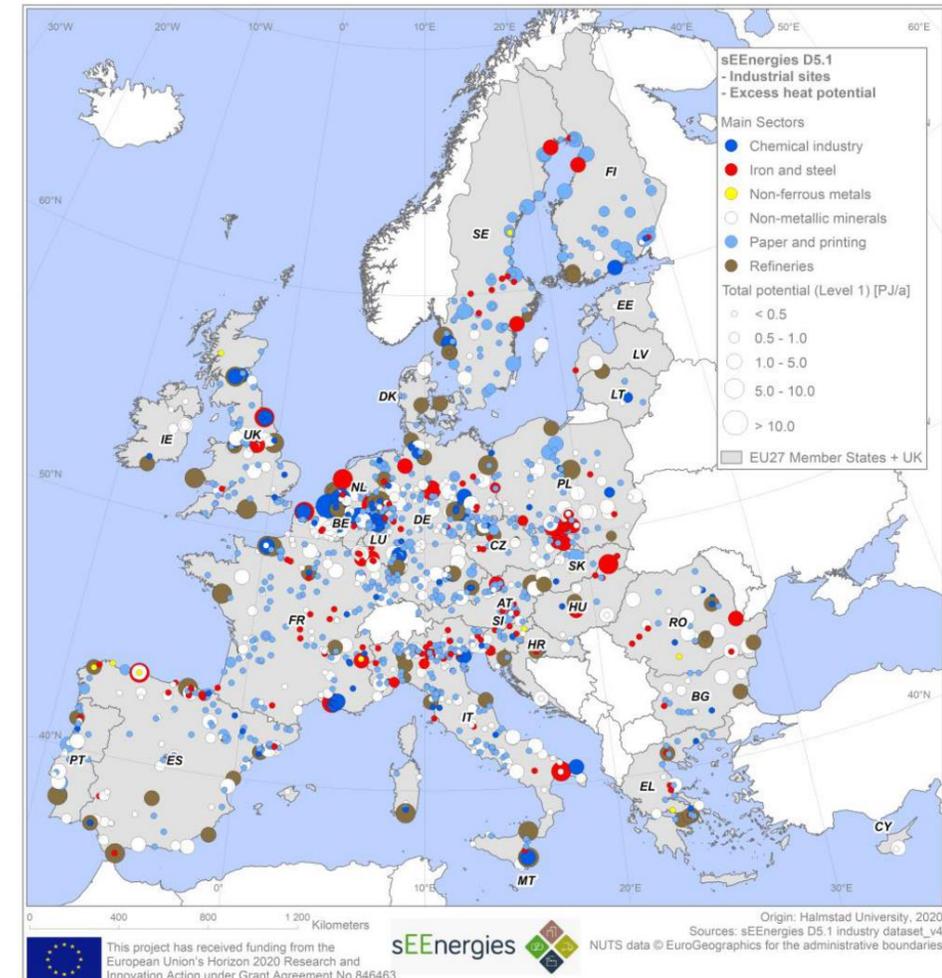
- ~1600 Standorte der Schwerindustrie
- Regional hochaufgelöste Wärmenachfrage (Hektar-Auflösung)
- Ausbau von Fernwärmenetzen entsprechend zukünftiger Wärmedichte
- 10km Radius um potenzielle Fernwärmenetze

Ergebnisse zeigen:

- Abwärme von etwa 64 TWh/a ist bei heutiger Struktur der Fernwärmenetze verfügbar (17% der heutigen Fernwärmenachfrage des Gebäudesektors)
- In Zukunft können die Potenziale leicht zunehmen, auf 72 TWh/a, wenn die Wärmenachfrage sinkt, Fernwärme ausgebaut wird und Temperaturen in Wärmenetzen sinken

Nicht berücksichtigt:

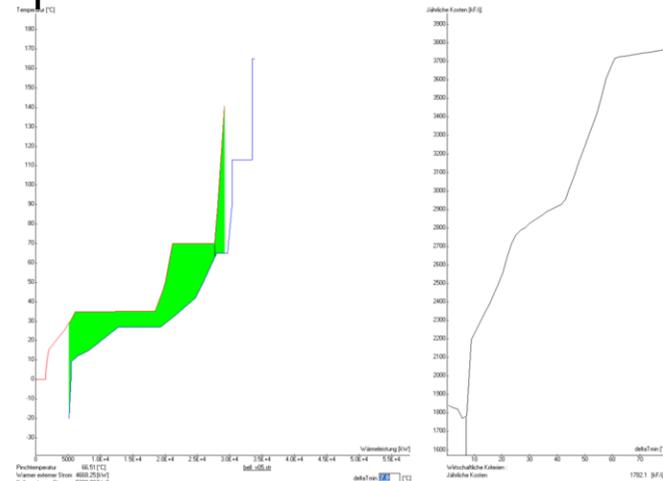
- Transformation der Industrie & kleine Standorte



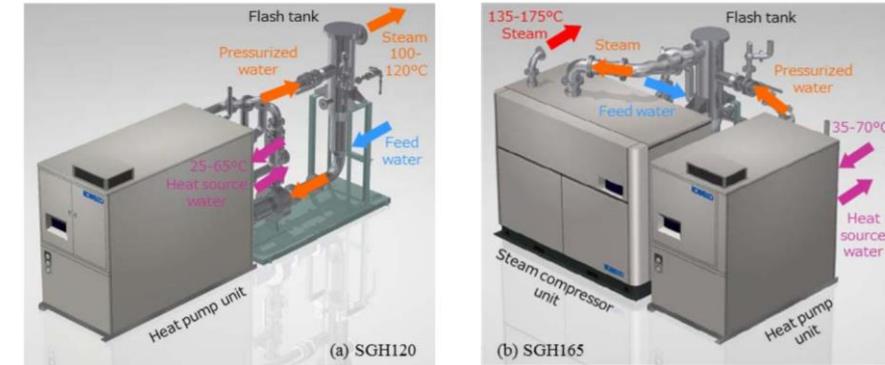
## Effizienzpotenziale Industrie: Wärmeeffizienzpotenziale

Wärmeversorgung, z.B. Dampf auf Effizienzpotenziale untersuchen

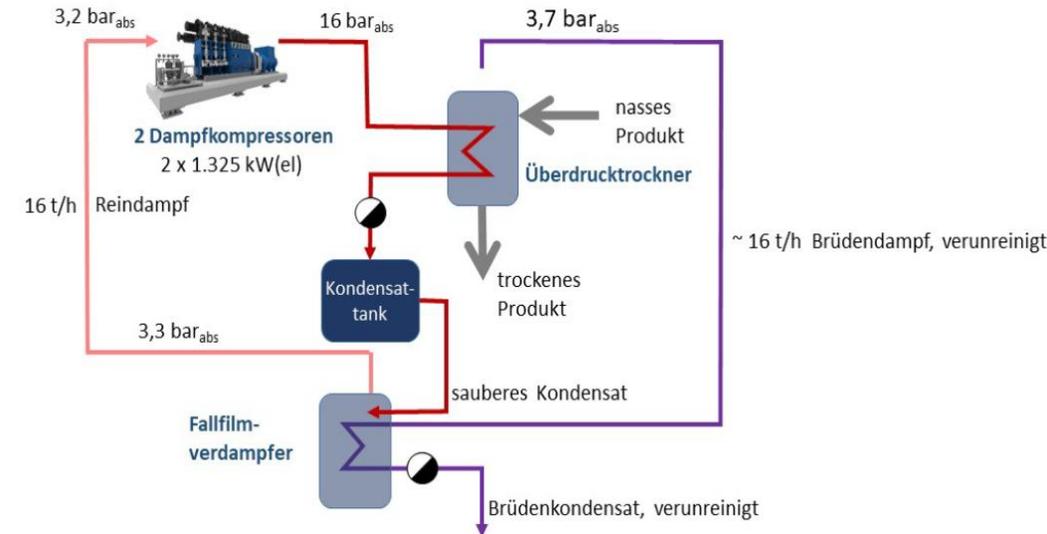
- Wärmerückgewinnung und -nutzung systematisch erfassen (Pinch-Analysen) → Zahlreiche Maßnahmen < 5 Jahre
- Wärmepumpen systematisch einbinden z.B. mit Abwärme
  - Steam Grow Heat Pump
  - Dampfkompressoren
  - ...



Bildquelle: [https://pinch-analyse.ch/downloads/bericht-bell\\_encontrol\\_2007.pdf](https://pinch-analyse.ch/downloads/bericht-bell_encontrol_2007.pdf)



Bildquelle: Kaida et al. (2015)



Bildquelle: [https://www.spilling.de/de/energie-blog/artikel/2020/dampftrocknung\\_papier.php](https://www.spilling.de/de/energie-blog/artikel/2020/dampftrocknung_papier.php)



# Fazit: Einordnung der Energieeffizienz in die Dekarbonisierungsoptionen für die Industrie

**Die aktuelle Diskussion zur Dekarbonisierung konzentriert sich stark auf**

- Erneuerbare Prozesswärme
- Substitution von fossilen, emissionsintensiven Energieträgern durch CO<sub>2</sub>-arme oder -freie Produktionsverfahren

**Nicht jede Effizienzinvestition ist zielführend:**

- Trade-off: kurzfristige Investitionen in Effizienzverbesserungen vs. Anlagenaustausch durch neue Verfahren
- Kurzfristige Effizienzverbesserungen fossiler Verfahren sind ggfs. nicht effizient, wenn Anlagen später umfassend umgestellt oder neugebaut werden.
- Es findet ein sehr umfassender Umbau des Anlagenparks statt

→ **Lock-In vermeiden!**



# Fazit: Einordnung der Energieeffizienz in die Dekarbonisierungsoptionen für die Industrie

**Aber: Erneuerbare bzw. CO<sub>2</sub>-Freie Energieträger sind nicht unbegrenzt gleichzeitig(!) verfügbar. Daher müssen sie effizient eingesetzt werden.**

**Notwendige Voraussetzung für eine Dekarbonisierung sind daher**

- Material- und Ressourceneffizienz, Kreislaufwirtschaft
- Energieeffizienz und Abwärmenutzung (Leitprinzip „Efficiency First“)
- Insbesondere bei der Transformation der energieintensiven Industrien mit ihrem radikalem Prozessumbau muss das Prinzip Efficiency First möglichst frühzeitig in der Planung berücksichtigt werden; die größten Einsparpotentiale finden sich, wenn man Effizienz möglichst frühzeitig berücksichtigt.
- Energieeffizienz muss breit definiert sein und effiziente Wertschöpfungssysteme sowie Materialeffizienz beinhalten.