



# Power-2-Heat: Direkte Elektrifizierung von industrieller Prozesswärme

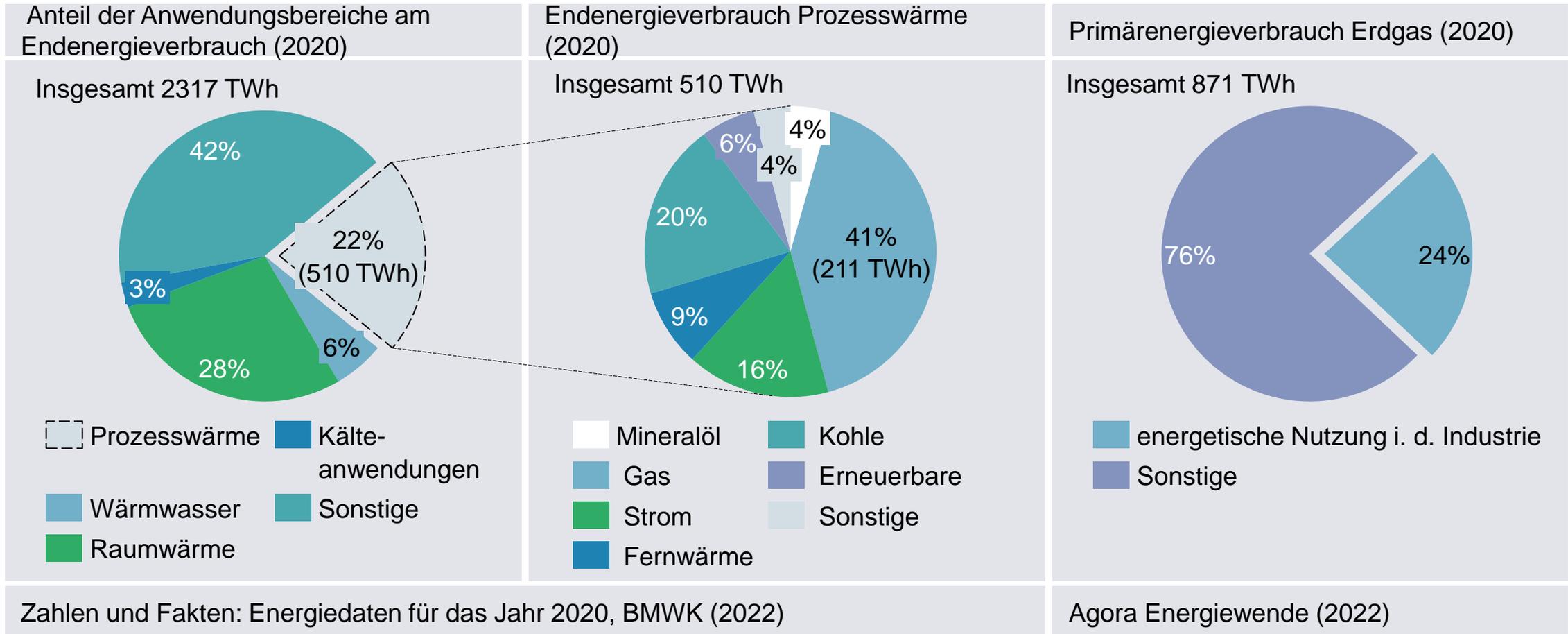
*Elektrifizierung und Flexibilisierung von  
industrieller Prozesswärme als Low-Hanging-  
Fruit auf dem Weg zur Klimaneutralität*

**Paul Münnich**

**BERLIN, 07. JULI 2022**

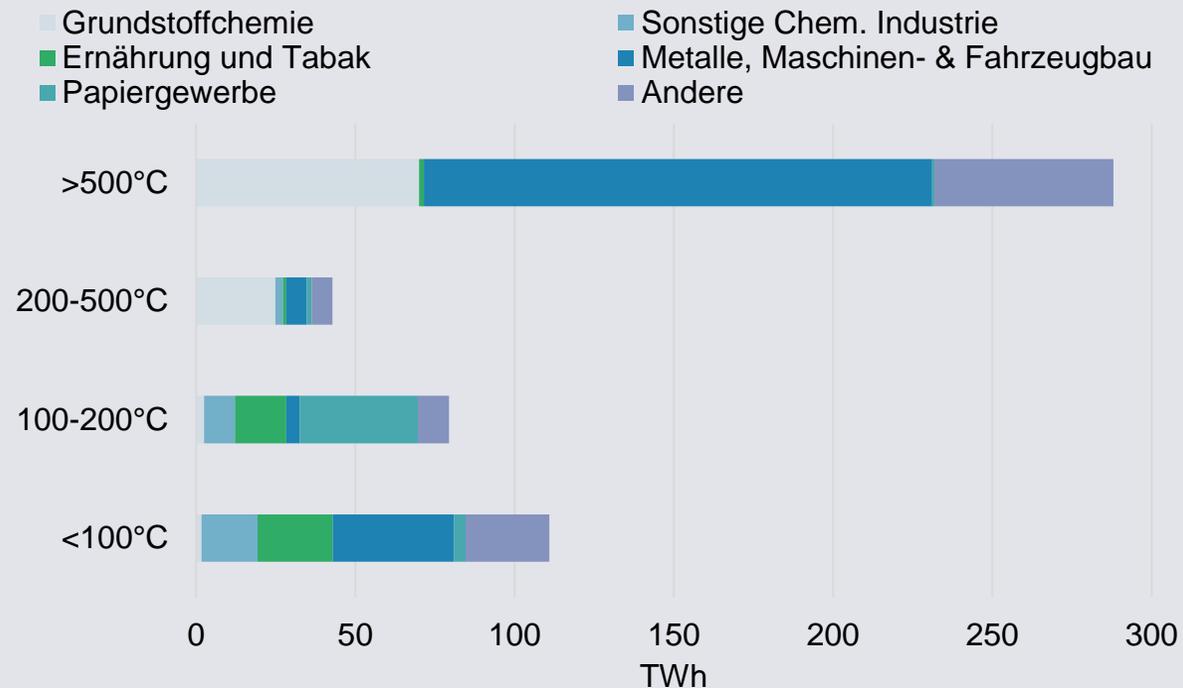


# 24 Prozent des in Deutschland verbrauchten Erdgases wird energetisch zur Bereitstellung von Prozesswärme genutzt. Prozesswärme hat einen Anteil von 22 Prozent am gesamtdeutschen Endenergieverbrauch.



# Für die Dekarbonisierung von Prozesswärme ist das Temperaturniveau entscheidend – Die Steigerung der Standorteffizienz muss die oberste Priorität sein

Endenergieverbrauch zur Erzeugung industrieller Prozesswärme nach Temperaturniveau



Fraunhofer ISI (2016)

- Verfügbare Abwärme kann kaskadenartig in Prozessen verwendet werden, die bei einem geringeren Temperaturniveau ablaufen.
- Wärmepumpen können verfügbare Abwärme auf ein höheres Temperaturniveau bringen und so die Energieintegration verbessern. Diese Aufwertung und Wiederverwertung von Wärme verringert den Primärenergiebedarf.
- Startpunkt für die Dekarbonisierung von Prozesswärme ist die Identifikation von Potenzialen zur Steigerung der Energieintegration und Minderung des Primärenergiebedarfs.

# Die Dekarbonisierung von Prozesswärme muss mit Systemsicht und unter Berücksichtigung von Nutzungskonkurrenzen erfolgen

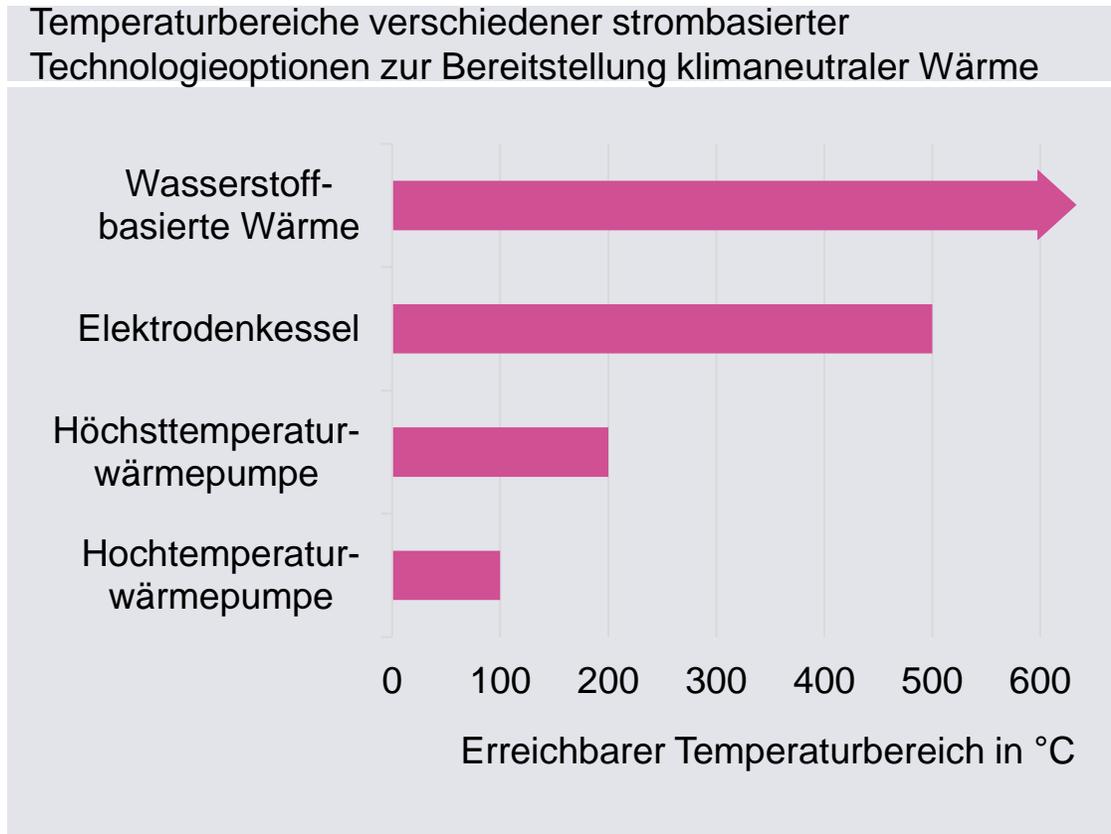
## **Kunststoffabfälle als alternative Brennstoffe...**

- ...stehen nur begrenzt zur Verfügung
- ...stehen in Konflikt mit den Zielen einer energie- und ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft
- ...emittieren große Mengen fossiles CO<sub>2</sub>

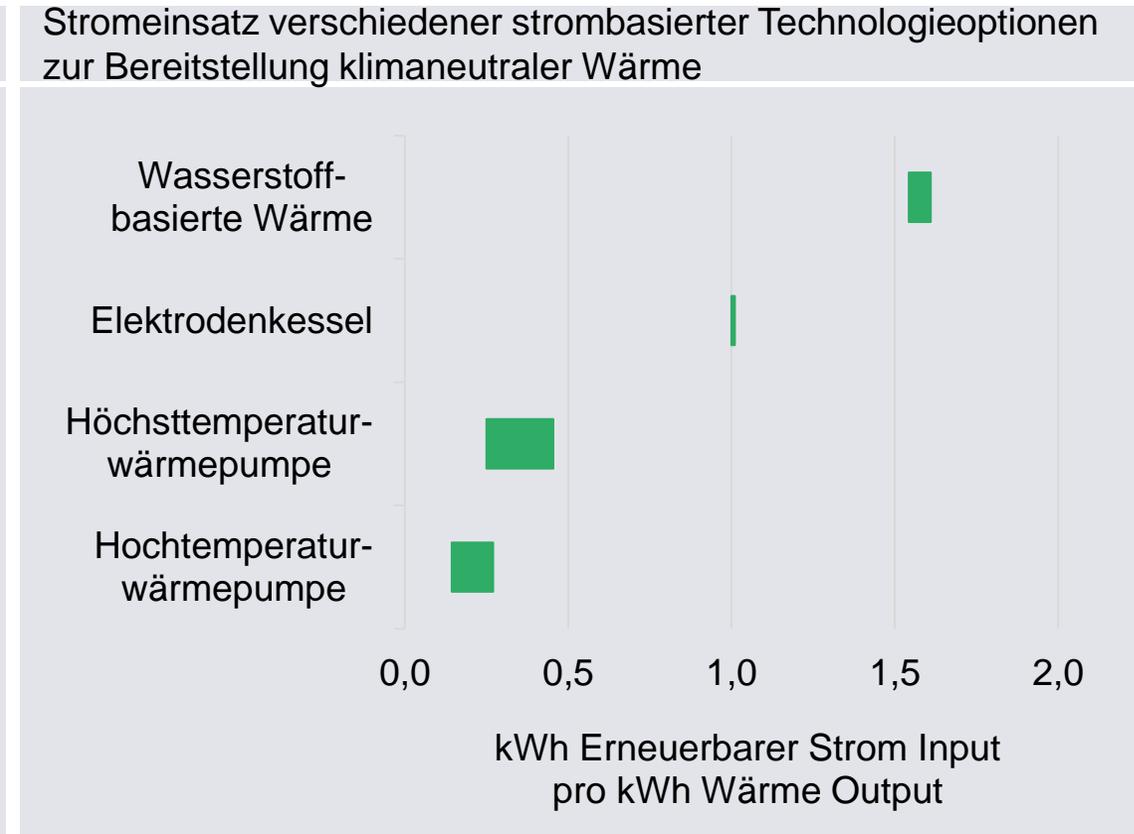
## **Nachhaltige Biomasse als alternativer Brennstoff...**

- ...ist nur begrenzt verfügbar
- ...steht in Konflikt mit einer höherwertigen stofflichen Nutzung z.B. in der chemischen Industrie
- ...vernachlässigen den Wert von biogenem CO<sub>2</sub> für das Schaffen langfristiger CO<sub>2</sub>-Senken

# Strombasierte Verfahren sind für die Dekarbonisierung von Prozesswärme zentral – Elektrodenkessel und Wärmepumpen benötigen deutlich weniger erneuerbaren Strom als Wasserstoff



Agora Industrie (2022)



Agora Industrie (2022)

# Für 80 Prozent Erneuerbare in 2030 und ein Klimaneutrales Stromsystem 2035 müssen Flexibilitätspotentiale umfassend mobilisiert werden

## Klimaneutrales Stromsystem 2035

Wie der deutsche Stromsektor bis zum Jahr 2035 klimaneutral werden kann

STUDIE

Agora  
Energiewende

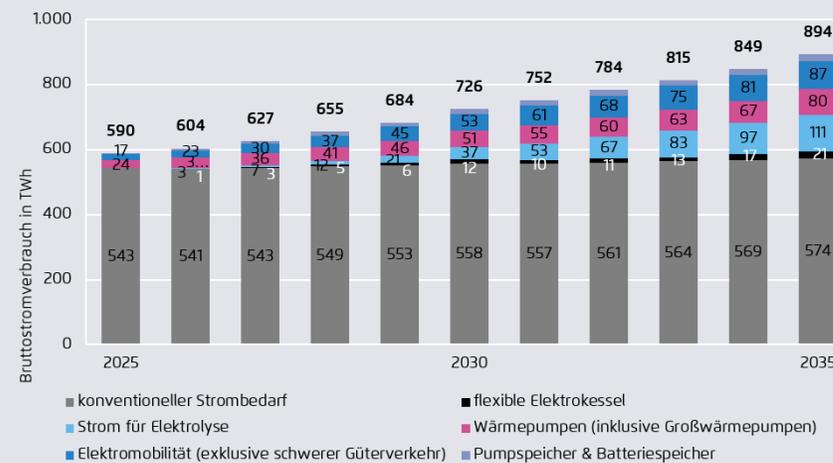


consentec prognos

## Elektrolyseure, Elektro-Fahrzeuge, Wärmepumpen und Elektrokessel steigern den Strombedarf. Ihr Flexibilitätspotential muss gehoben werden, um Wind- und Solarstrom effizient zu nutzen.

Agora  
Energiewende

Bruttostromverbrauch im Szenario KNS2035



Prognos (2022)

consentec

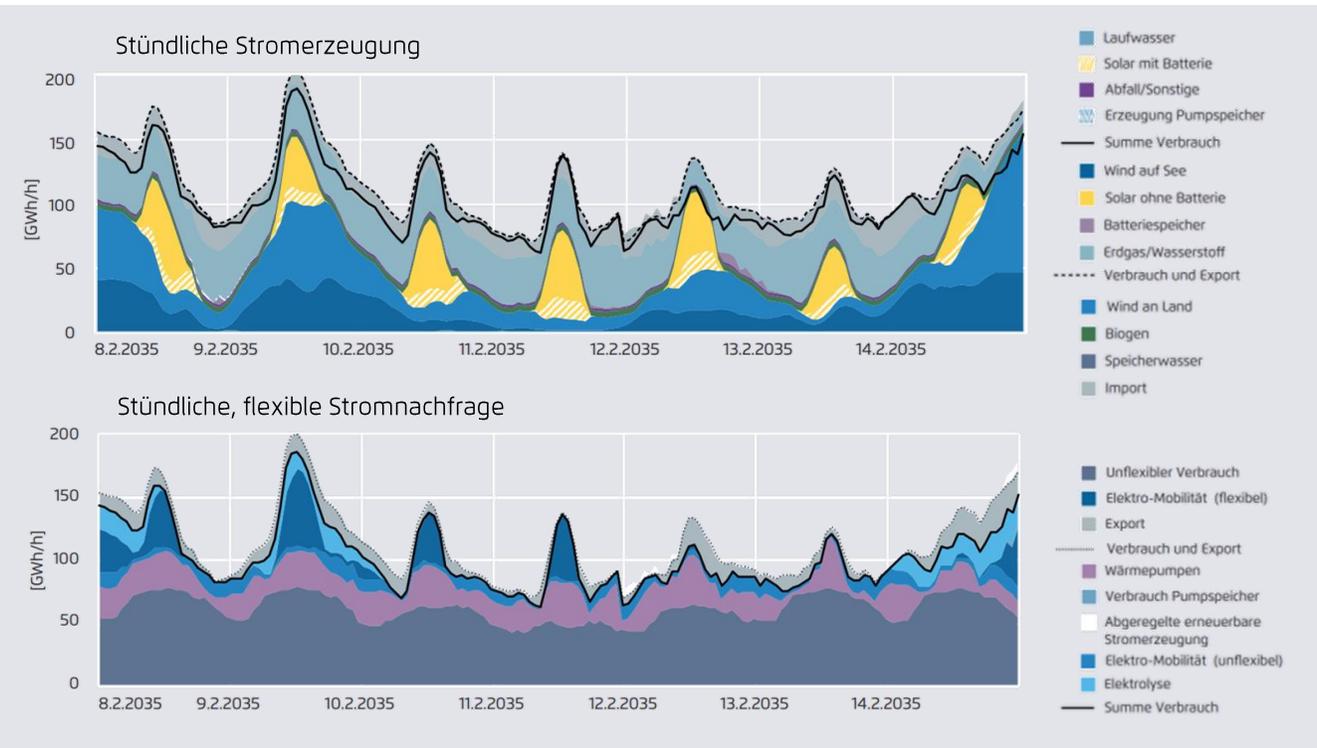
prognos

10

- Die Höhe des zukünftigen Strombedarfs ist ein zentraler Treiber für den notwendigen EE-Ausbaubedarf und des Stromsystems als Ganzes. Entscheidend ist, dass Strom effizient und, wo möglich, flexibel genutzt wird.
- Die zunehmende Elektrifizierung von Wärmeerzeugung, Industrie und Verkehr sowie die Wasserstoffproduktion lassen den Strombedarf auf rund 725 TWh bis 2030 steigen.
- Der konventionelle Stromverbrauch stagniert, da sich Effizienzgewinne und mehr Abnehmer ausgleichen.
- Neue Verbraucher bieten erhebliche Flexibilitätspotentiale. Diese müssen umfassend mobilisiert werden, um Angebot und Nachfrage effizient zur Deckung zu bringen.

# Eine flexible Stromnachfrage ist mit Speichertechnologien gleichwertig - sie sichert die volatile Stromerzeugung ab und stützt den Ausbau der Erneuerbaren Energien

## Erzeugung und Nachfrage einer Winterwoche mit geringer EE-Stromerzeugung

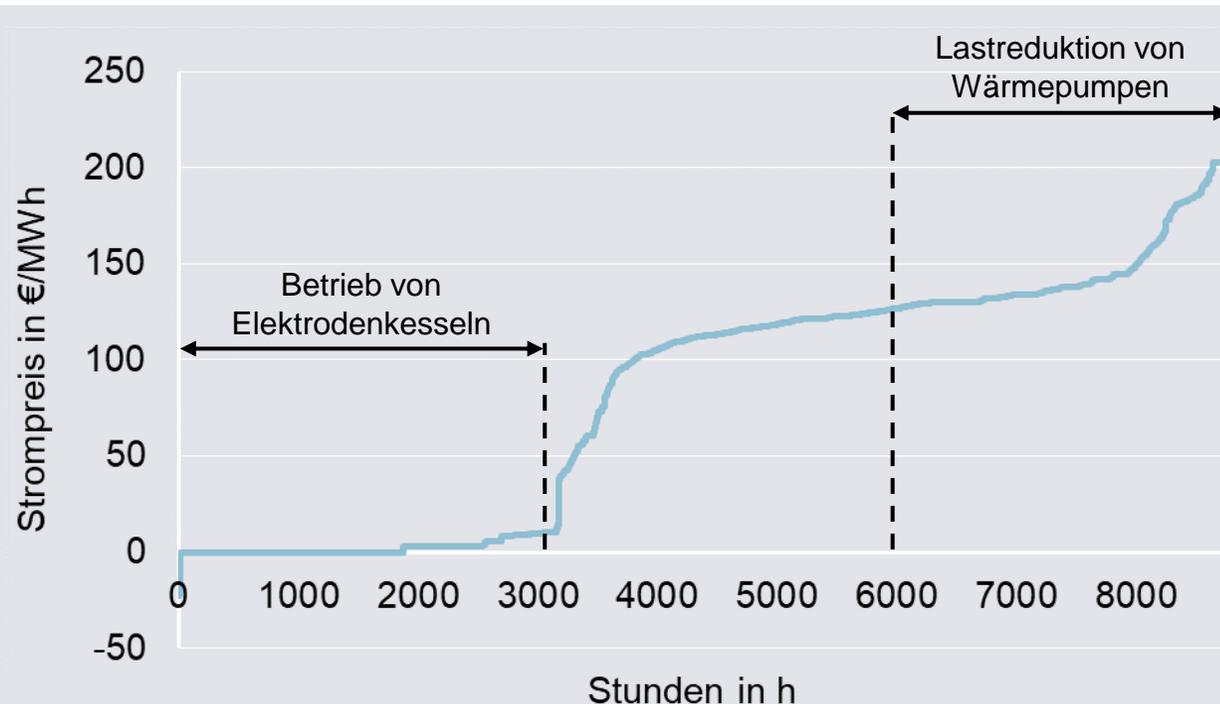


Prognos AG (2022)

- Die Einspeisemengen in einem klimaneutralen Stromsystem können aufgrund volatiler Erneuerbarer Energien (EE) stark variieren.
  1. Bei **geringer EE-Stromerzeugung** müssen Lasten reduziert werden um den Einsatz von teuren Grenzkraftwerken zu begrenzen.
  2. Bei **hoher EE-Stromerzeugung** müssen zusätzliche Lasten realisiert werden, um die Produktion der Erneuerbaren abzusichern.
- Die Mobilisierung flexibler Stromnachfrage zum Ausgleich der volatilen EE-Strom-erzeugung ist mit dem Einsatz von Speichertechnologien gleichwertig.
- Ein flexible Stromnachfrage sichert den minimalen und den maximalen Strompreis ab und stärkt so den Ausbau der Erneuerbaren und verringert volkswirtschaftliche Kosten.

# Der systemdienliche Einsatz von Elektrodenkesseln und Wärmepumpen schafft dringend benötigte Flexibilitäten und kann die Wettbewerbsfähigkeit stärken

Modellierung der Strompreise für ein Klimaneutrales Stromsystem im Jahr 2035

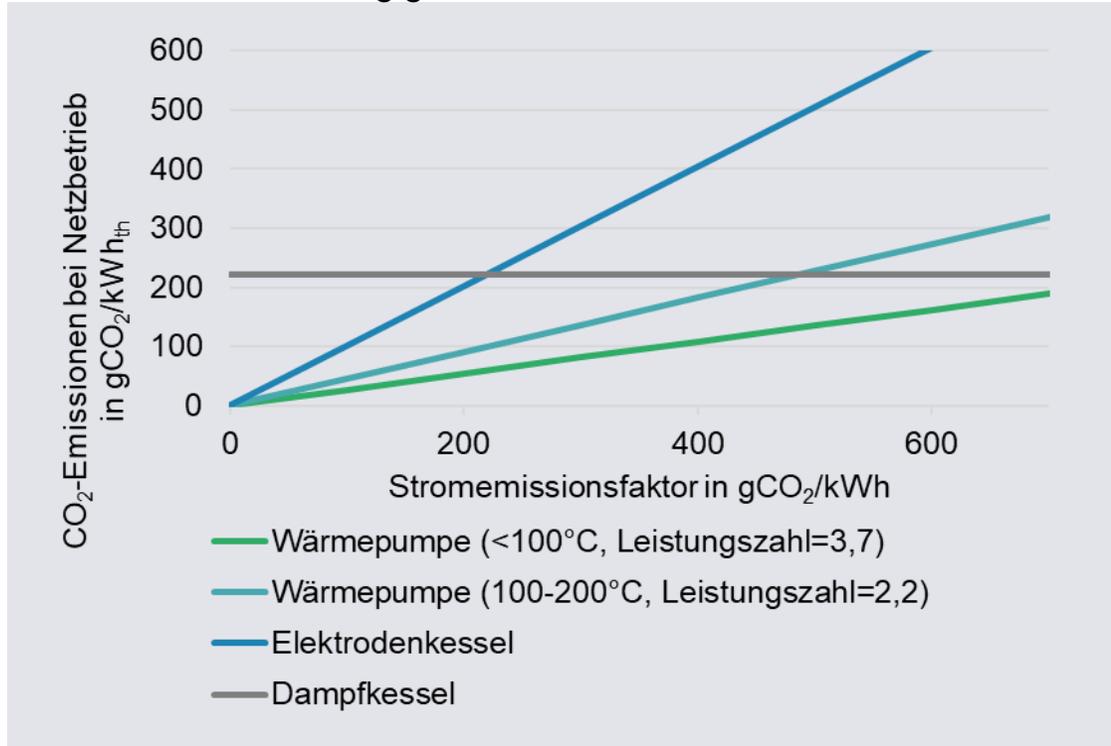


Agora Energiewende (2022)

1. Flexibilitätskonzept für **Stunden mit geringer EE-Stromerzeugung (Flexibilität >6000h)**
    - **Wärmepumpen** sind kapitalintensiv und vor allem bei hohen Volllaststunden wirtschaftlich
  2. Flexibilitätskonzept für **Stunden mit hoher EE-Stromerzeugung (Flexibilität <3000h)**
    - **Elektrodenkessel** sind weniger kapitalintensiv und können auch bei geringen Volllaststunden wirtschaftlich sein
- Der Einsatz von flexiblen Stromverbrauchern senkt den mittleren Strombezugspreis

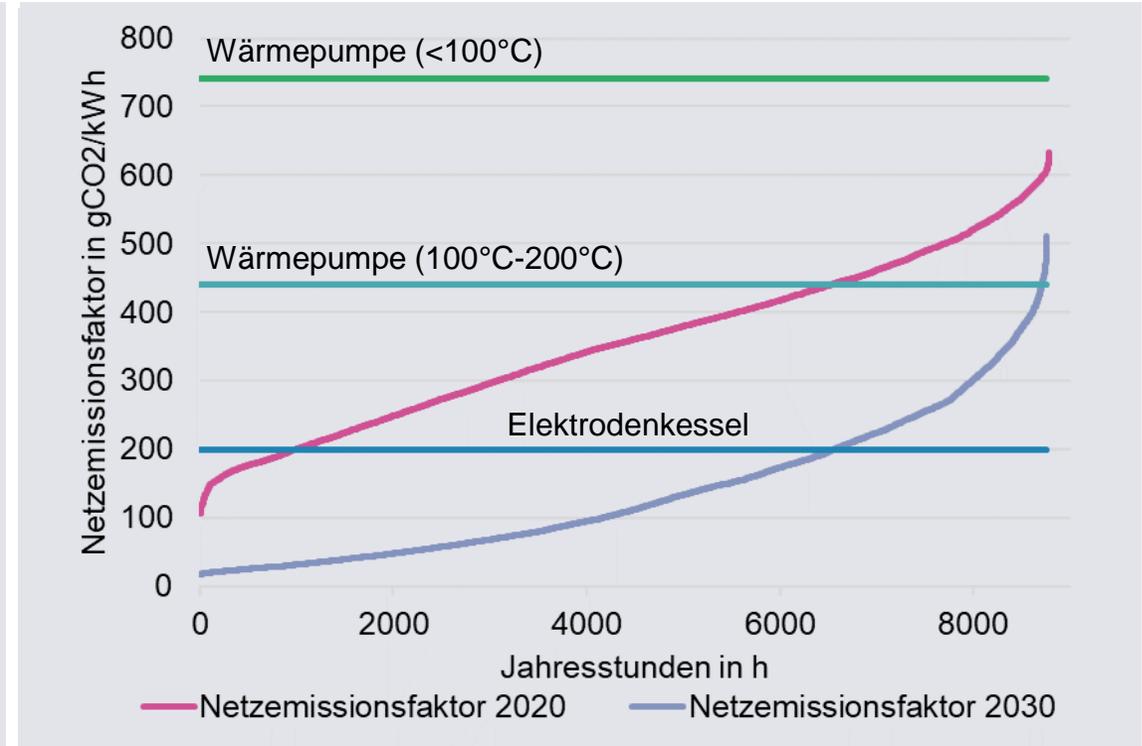
## Auch aus ökologischer Sicht ist ein flexibler Betrieb von Elektrodenkesseln und Wärmepumpen sinnvoll

CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Technologieoptionen bei Netzbetrieb in Abhängigkeit des Netzemissionsfaktors



Agora Industrie (2022)

Jahresdauerkennlinie der Netzemissionen in 2020 und 2030

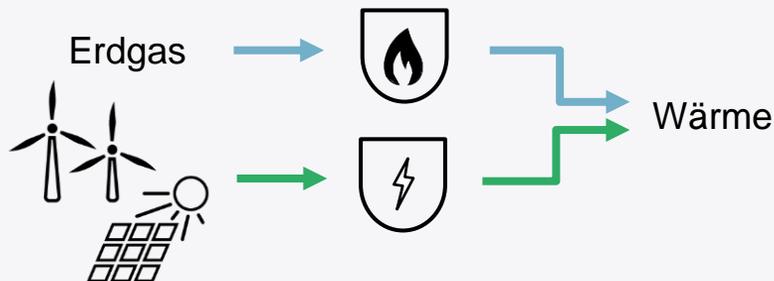


Agora Industrie (2022) auf Basis historischer Daten für 2020 und Projektionen für 2030

# Konzepte zur direkten Elektrifizierung ermöglichen Energieeffizienz und nachfrageseitige Flexibilitäten in der Industrie

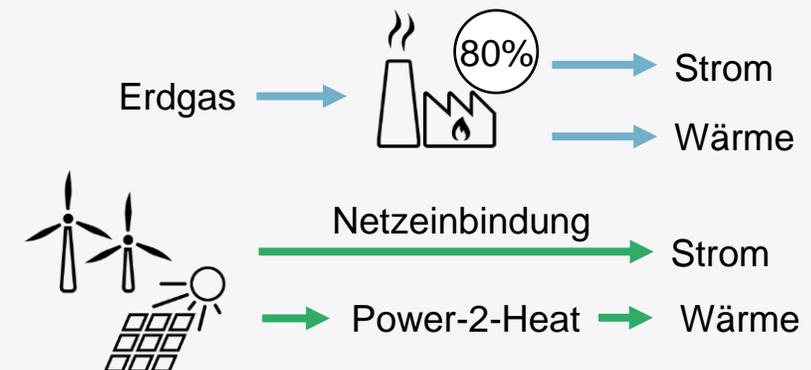
## Elektrifizierung von Backup-Kapazitäten

1. Viele Industriestandorte verfügen über Backup-Kapazitäten zur Wärmeerzeugung. Die Kombination fossiler und erneuerbarer Erzeugungskapazitäten ermöglicht einen flexiblen Stromverbrauch und stärkt zudem die Resilienz gegenüber Energiepreisschwankungen.
2. Die Nutzung von Überkapazitäten und (Wärme-)speichern kann den Übergang in vollständig klimaneutrale Wärme ermöglichen und gleichzeitig Flexibilitäten mobilisieren.



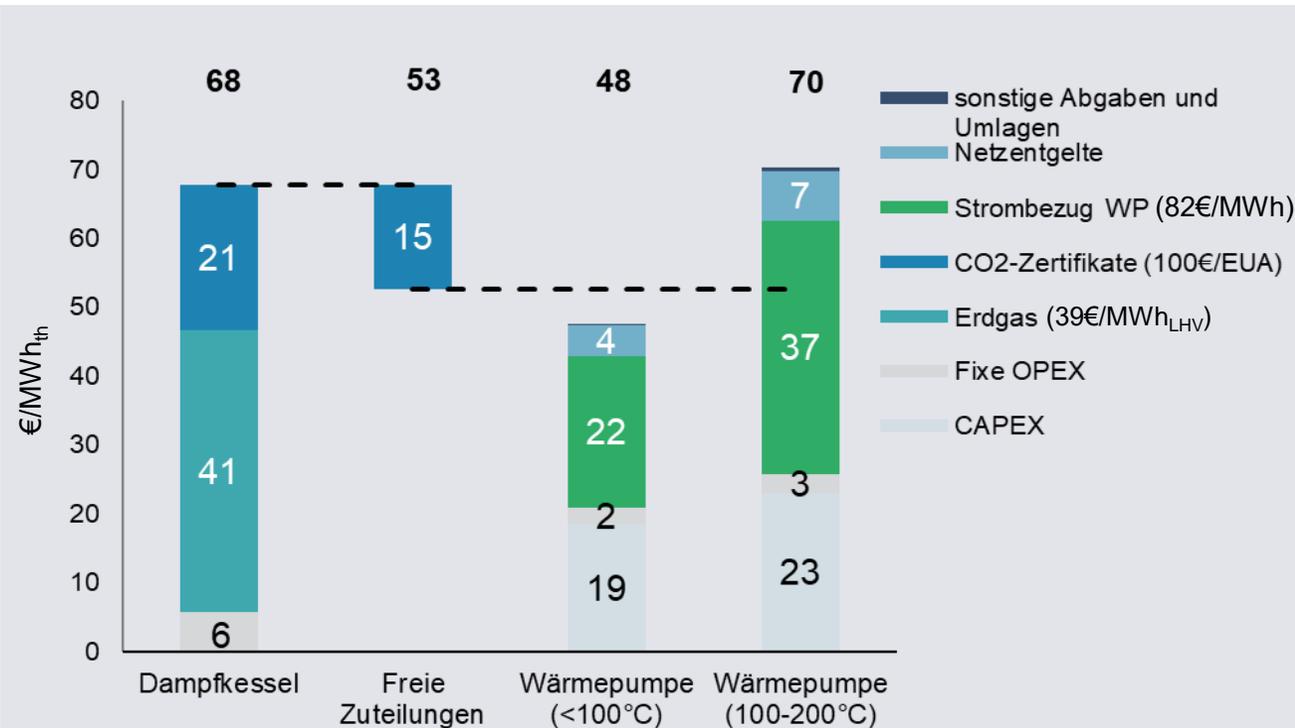
## Flexible Entlastung bestehender fossiler Anlagen

1. Bestehende KWK-Anlagen können mit Wärmepumpen und Elektrodenkesseln ergänzt werden. Die elektrifizierte Anlage wird systemdienlich flexibel betrieben und entlastet die KWK, wenn erneuerbarer Strom verfügbar ist.
2. Langfristig ist der Betrieb der KWK mit Wasserstoff eine Option, klimaneutrale Wärme in einen hybriden systemdienlichen Betrieb zu erzeugen.



# Bei geringen Temperaturen können Wärmepumpen klimafreundlich Wärme bereitstellen und sind gegenüber Dampfkesseln wirtschaftlich

Kostenvergleich Dampfkessel vs. Wärmepumpen

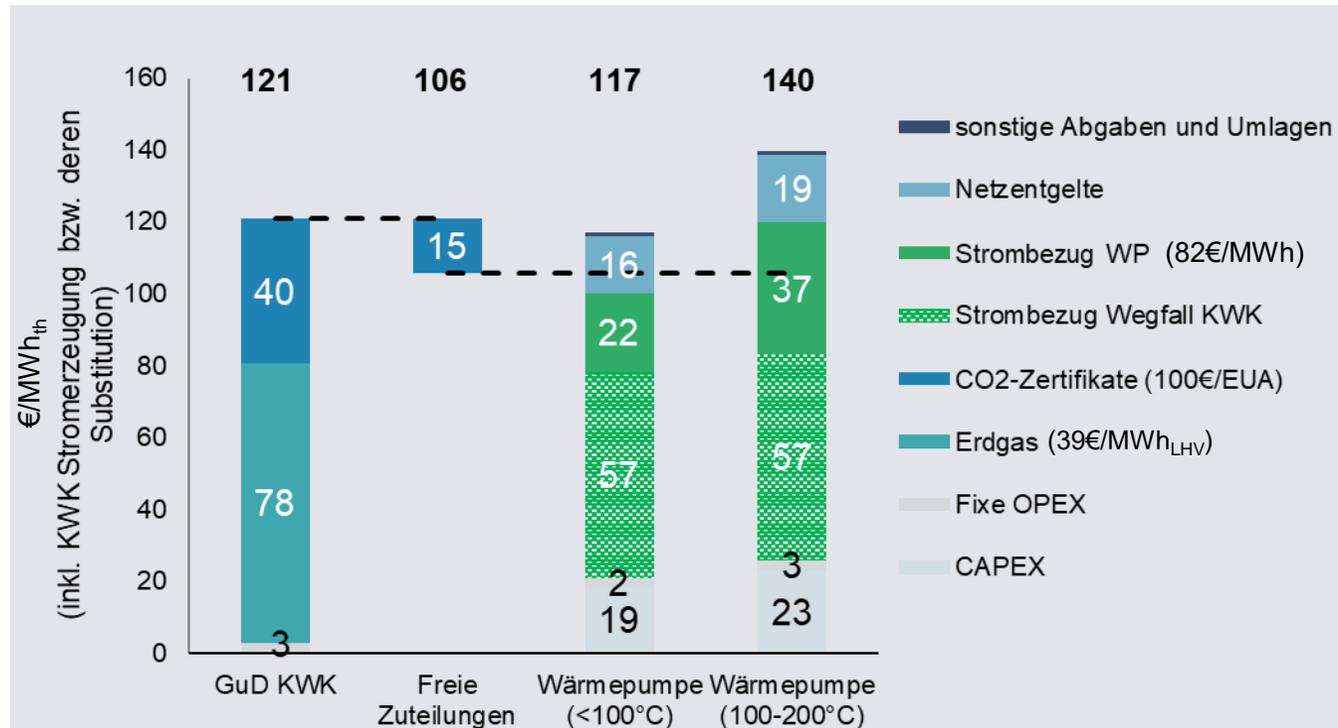


- Durch hohe Effizienzen sind Wärmepumpen auch bei geringen Erdgas- und bei hohen Strompreisen wirtschaftlich.
- Bestehende Subventionstatbestände begünstigen die Erdgas-basierte Variante und müssen abgebaut werden. Kostenfreie Zuteilungen im EU-ETS beispielsweise schränken dessen Lenkungswirkung ein.
- Derzeit hohe Kapitalkosten und geringe Erfahrung mit industriellen Wärmepumpen sind eine zentrale Hürde für den zügigen Einsatz in der Praxis.
- *Der Power-2-Heat Transformationskostenrechner ermöglicht die individuelle Kostenabschätzung. Dazu später mehr!*

Agora Industrie, FutureCamp (2022)

# Gegenüber einer Erdgas-basierten KWK-Anlage verursachen Wärmepumpen Mehrkosten – Grund dafür sind Fehlanreize durch kostenfreie Zuteilungen im EU-ETS und Vorteile für die Eigenstromerzeugung

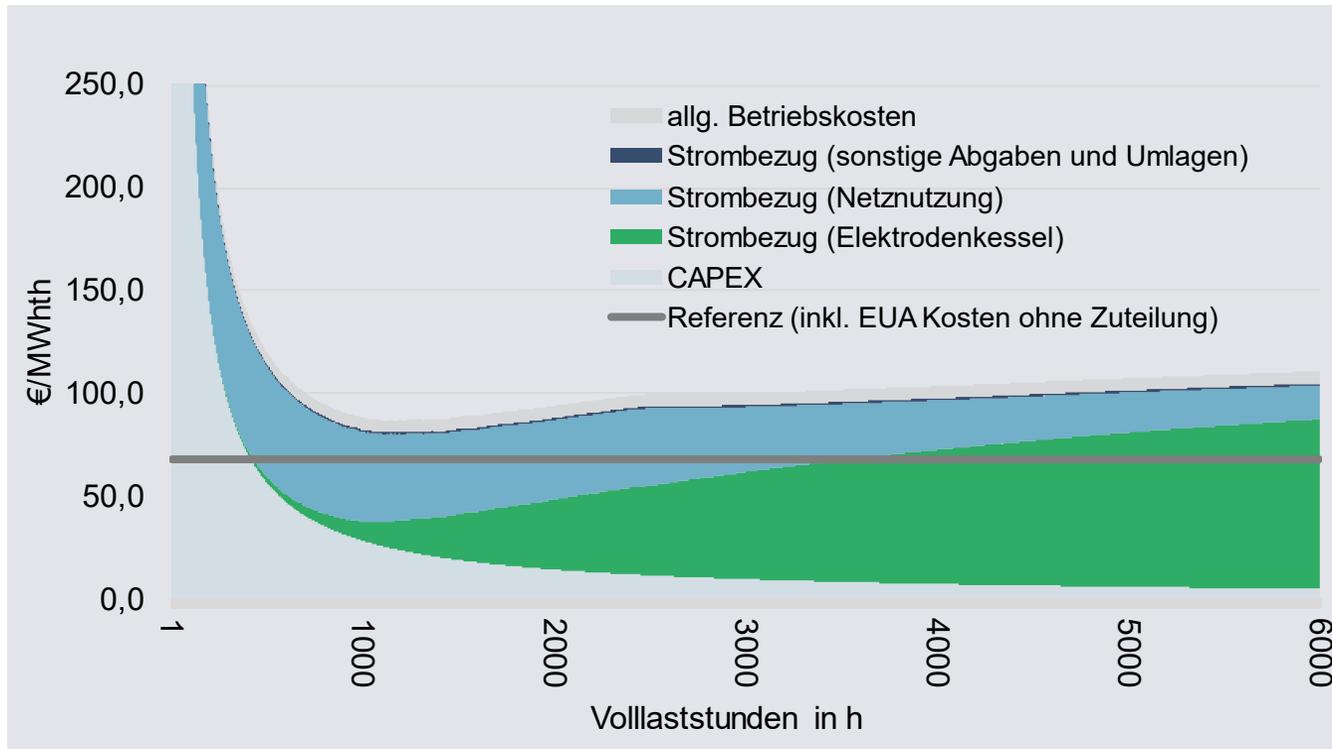
Kostenvergleich GuD KWK vs. Wärmepumpen und Netzstrombezug



- Bei der partiellen oder vollständigen Substitution einer Gas-und-Dampf Kraft-Wärme-Kopplung (GuD KWK) fällt Strom als Nebenprodukt weg. Dieser Strom muss zusätzlich über das Netz bezogen werden.
- Die Eigenproduktion von Strom hat gegenüber dem Bezug über das Netz eine Reihe von Kostenvorteilen:
  1. Vorteile bei der Besteuerung von Erdgas bei besonders effizienten Anlagen.
  2. Zusätzliche Netzentgelte beim Fremdbezug von Strom.
- *Der Power-2-Heat Transformationskostenrechner ermöglicht die individuelle Kostenabschätzung. Dazu später mehr!*

# Die geltende Netzkostenallokation bestraft einen systemdienlichen Strombezug und muss für die Mobilisierung von lastseitigen Flexibilitäten dringend reformiert werden

Betriebskosten von Elektrodenkesseln in Abhängigkeit der Volllaststunden (2030 Szenario)



Agora Industrie, FutureCamp (2022)

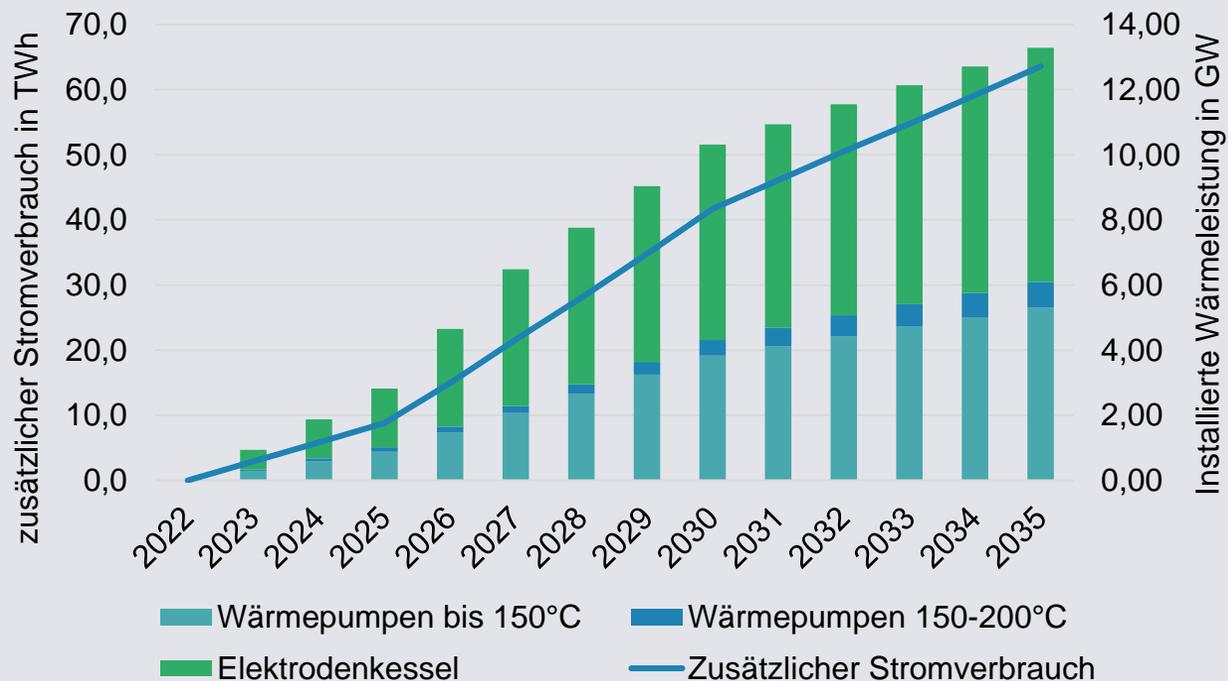
- Bei geringen Volllaststunden stellen **Netzentgelte** und **Kapitalkosten** die größten Kostenblöcke dar.
- § 19 (2) StromNEV sieht individuelle Netzentgelte für Verbraucher mit mehr als 10 GWh Jahresverbrauch vor und ist ein besonderes Hemmnis für Flexibilität:

Benutzungsdauer	Reduktion der regulären Netzentgelte
Mehr als 7000 h	Reduktion um 80 Prozent
Mehr als 7500 h	Reduktion um 85 Prozent
Mehr als 8000 h	Reduktion um 90 Prozent

- Ein flexibler Betrieb von Elektrodenkesseln oder Wärmepumpen kann dazu führen, dass ein Betrieb seine Privilegien nach § 19 (2) StromNEV verliert.
- Die 10 GWh-Grenze ist ein Hemmnis für Effizienzmaßnahmen zur Minderung des Stromverbrauchs.
- Die **Reform hin zu Strommarkt- wie auch netzdienlichen Netzkostenallokation** muss zur politischen Priorität in dieser Legislaturperiode werden.

# Ein schneller Markthochlauf kann einen Beitrag zur Energieunabhängigkeit leisten und den Klimaschutz vorantreiben – gleichzeitig darf der Stromsektor nicht überlastet werden

Die installierte Wärmeleistung und der Strombedarf eines ambitionierten Markthochlaufes von Wärmepumpen und Elektrodenkesseln in der Industrie

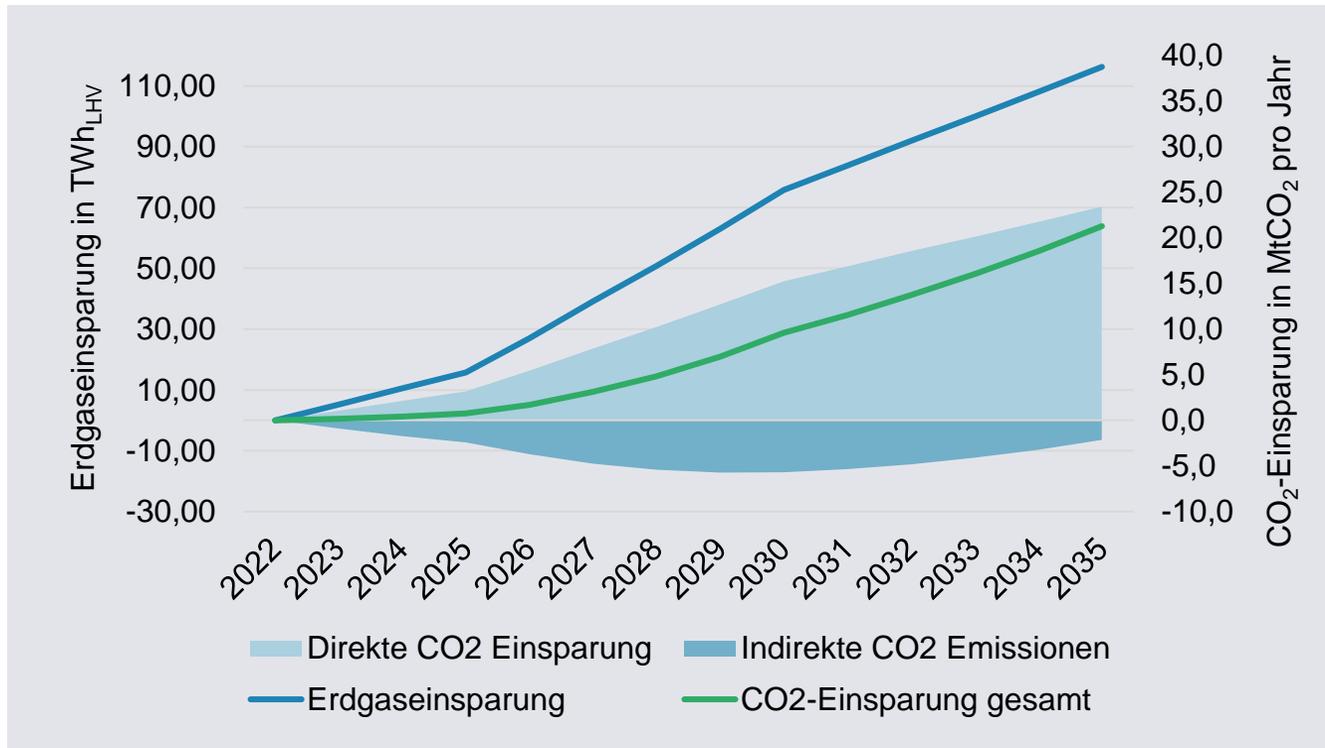


- Der Ausbau und Betrieb muss im Einklang mit der Dekarbonisierung des Stromsektors erfolgen. Der zusätzliche Strombedarf entspricht dem verfügbaren Angebot der Modellierung „*Klimaneutrales Stromsystem 2035*“.
- Elektrodenkessel werden systemdienlich mit zunächst geringen, dann ansteigenden Volllaststunden betrieben (1000h in 2025, 3000h in 2035).
- Hürden bei Lieferketten, limitierten Planungs- und Installationskapazitäten und Genehmigungsverfahren müssen durch einen effizienten Markthochlauf ausgeräumt werden.

Agora Industrie, FutureCamp (2022)

# Ein schneller Markthochlauf von Wärmepumpen und Elektrodenkesseln kann industrielle CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Erdgasverbrauch senken

Erdgas und CO<sub>2</sub>-Einsparung durch einen schnellen Markthochlauf

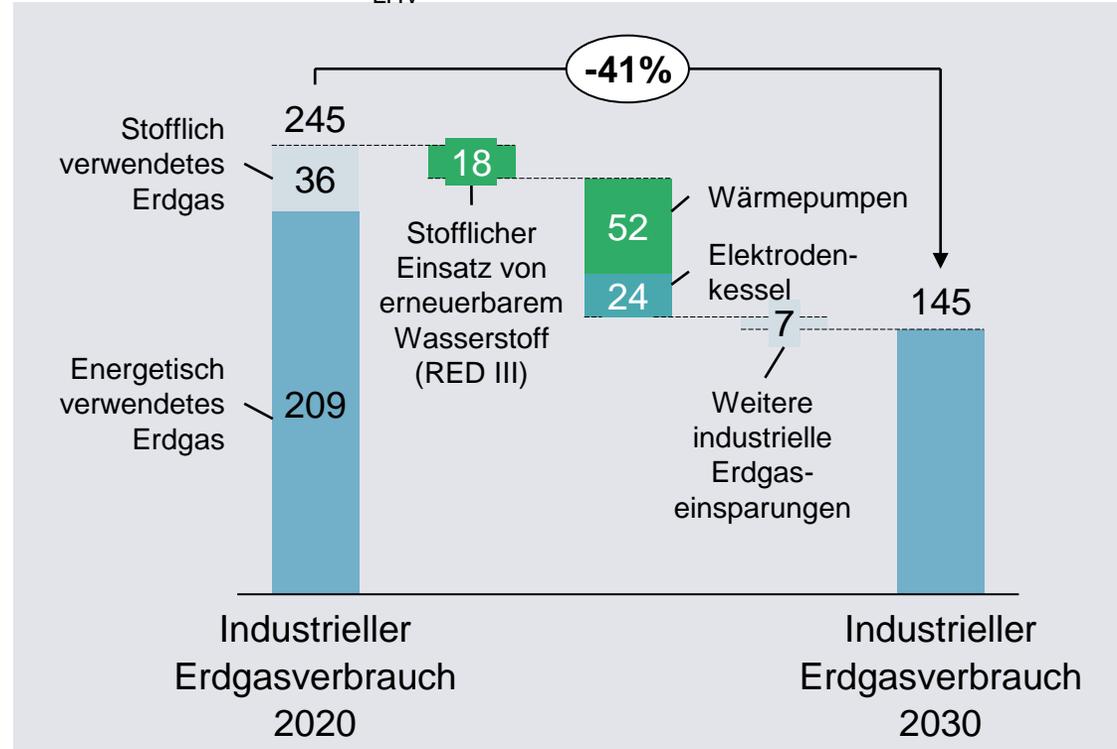


- Bis 2030 führt die Elektrifizierung zu Mehremissionen im Stromsektor, die allerdings durch die Minderung der direkten Industrieemissionen überkompensiert werden.
- Nach 2030 sinken durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien auch die Emissionen im Stromsektor.

Agora Industrie, FutureCamp (2022)

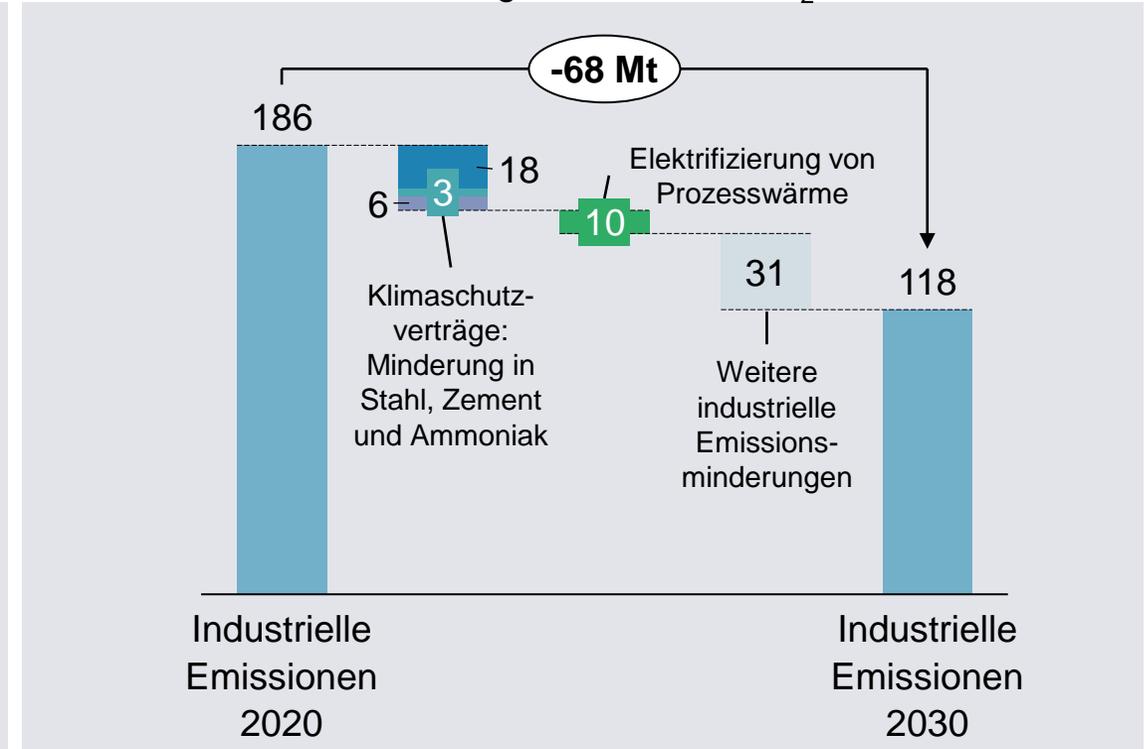
# Ein ambitionierter Markthochlauf ist ein zentrales Element zur Erreichung der Erdgasminderungsziele in REPowerEU und der Klimaziele im Bundes-Klimaschutzgesetz

Erdgasverbrauch und Einsparoptionen im Kontext von REPowerEU in TWh<sub>LHV</sub>



Agora Industrie (2022)

Industrielle Emissionen und CO<sub>2</sub>-Minderungsoptionen im Kontext des deutschen Klimaschutzgesetzes in Mt CO<sub>2</sub>



Agora Industrie (2022)

## Vier zentrale Maßnahmen für den Markthochlauf von Wärmepumpen und Elektrodenkessel

### → Sonderförderprogramm

Zeitlich befristete, anteilige Förderung von Kapitalkosten für Wärmepumpen und Elektrodenkessel, inkl. Netzanschluss und Integration (im EEW oder Dekarb. Industrie)

### → Zero-Carbon-Standard

Gesetzliche Verankerung, dass alle Neuinvestitionen in Anlagen zur Erzeugung industrieller Niedertemperatur-Prozesswärme einem Zero-Carbon-Standard entsprechen, der hier den Ausstieg aus fossilen Energieträgern bis zum Jahr 2035 regelt (BlmschG)

### → EU-ETS Reform

Abbau von Fehlanreizen durch selektive kostenfreie Zuteilungen wie von der EU-Kommission vorgeschlagen

### → Netzentgeltreform

Anreiz zur Bereitstellung systemdienlicher Verbrauchsflexibilität und Entschärfung der Privilegien für einen besonders gleichmäßigen Stromverbrauch (§ 17(2), § 19(2) StromNEV)

## Weitere Maßnahmen für einen zügigen Markthochlauf

Ziel	Politikmaßnahme
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Effiziente Abwärmenutzung</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung einer Abwärme-Nutzungs-Verordnung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Wettbewerbsverzerrungen reduzieren durch Abbau von Subventionen für fossile Technologien</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reform des EU-ETS (Wärmebenchmarks, kostenlose Zuteilung)</li> <li>• Abschaffung der Eigenverbrauchsprivilegien und Erdgassteuerbefreiung für KWK-Anlagen und Kondensationskraftwerke</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Systemdienliche Flexibilisierung</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reform der Netzentgelte (insbesondere Reform § 17(2), § 19(2) StromNEV)</li> <li>• Prüfen der Einführung von zeitlich und räumlich aufgelösten Strompreissignalen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kosten für EE-Strom senken</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Staatliche Übernahme der Ausfallrisiken für Unternehmen bei Grünstrom-PPA</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Genehmigungen beschleunigen</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standard-Genehmigungsverfahren für Zero-Carbon-Technologien entwickeln</li> <li>• Änderungsanzeige statt immissionsschutzrechtl. Änderungsgenehmigung für Zero Carbon Technologien prüfen</li> <li>• Netzanschlüsse: digitale Plattform zur Abwicklung von Inbetriebnahme- und Genehmigungsverfahren; klare Vorgaben und Fristen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>KMU beim Technologiewechsel unterstützen</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation und Beratung durch Handelskammern und Industrieverbände</li> <li>• Branchenspezifische Standardisierung und Umsetzungskampagnen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aufbau von Anlagenkapazitäten und Fachkräften sichern</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemeinsame Strategie von Politik, Industrie, Anlagenherstellern, Handelskammern und Handwerk</li> </ul>

**Agora Energiewende**  
Anna-Louisa-Karsch-Str.2  
10178 Berlin

T +49 (0)30 700 1435 - 000  
F +49 (0)30 700 1435 - 129  
www.agora-industrie.de

✉ Abonnieren sie unseren Newsletter unter  
[www.agora-energiewende.de](http://www.agora-energiewende.de)  
🐦 @paulmuennich, @AgoraEW



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie noch Fragen oder Kommentare?  
Kontaktieren Sie mich gerne:

[paul.muennich@agora-energiewende.de](mailto:paul.muennich@agora-energiewende.de)

