

Klimaneutrale Prozesswärme – So gelingt die Industrietransformation!

Jill Zaluskiewicz



**NRW.ENERGY
4CLIMATE**

Landesgesellschaft
für Energie und Klimaschutz



11. September 2024
Oberhausen

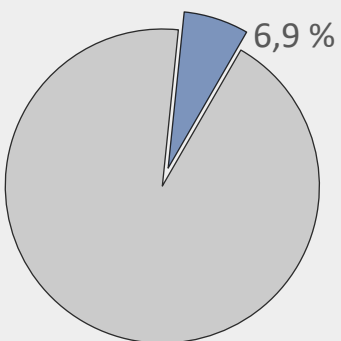
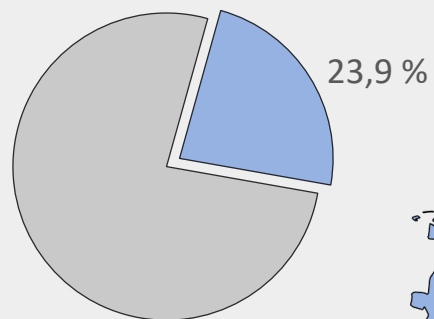
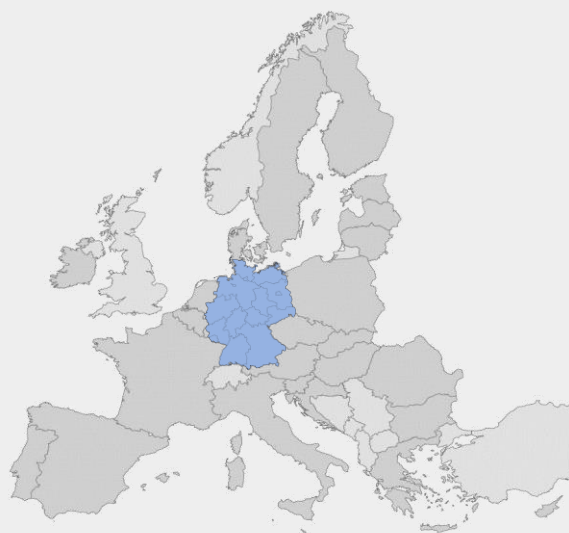
Agenda

- Handlungsbedarfe NRW
- Vorstellung NRW.Energy4Climate
- Klimarelevanz von Prozesswärme
- Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie
- Praxisbeispiele
- Herausforderungen & Ansätze
- Starterpaket Klimaneutraler Mittelstand

Treibhausgasemissionen im Vergleich (2022)

EU-27

3.138 Mio. t CO₂-eq

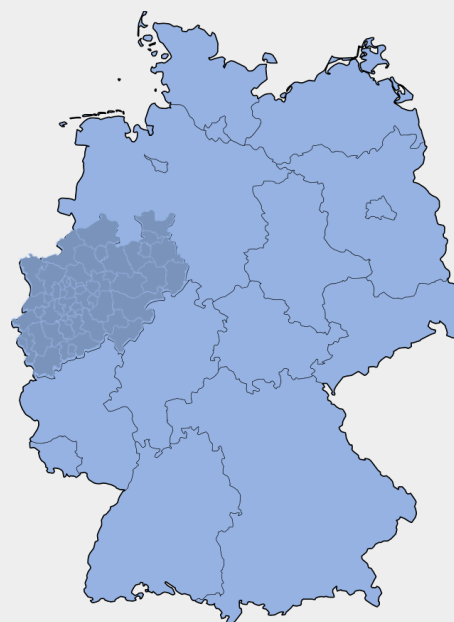


Quelle:
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

©Statistisches Bundesamt - https://www.destatis.de/Europa/DE/Staat/_inhalt.html

Deutschland

750 Mio. t CO₂-eq



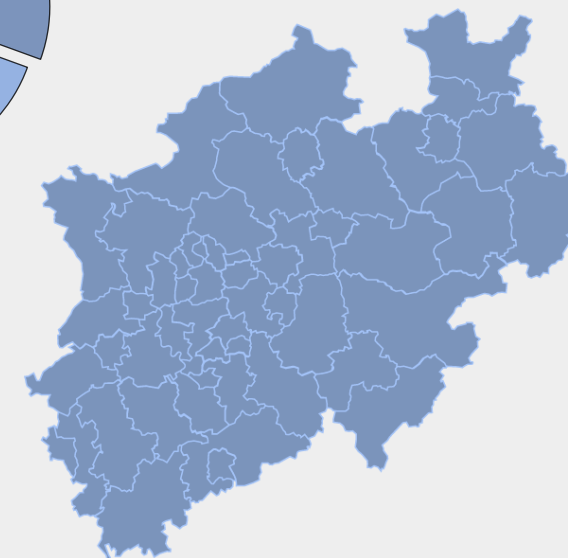
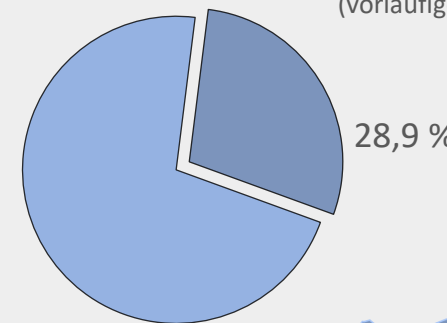
Quelle:
<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/detaillierte-treibhausgas-emissionsbilanz-2022>

© https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte_Deutschland.svg

Nordrhein-Westfalen

217 Mio. t CO₂-eq

(vorläufige Daten)



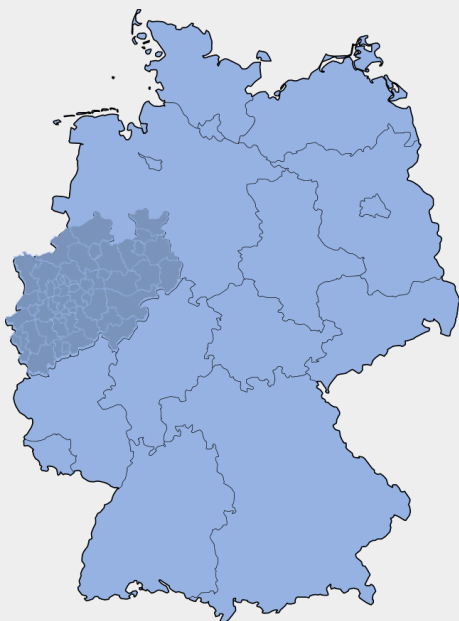
Quelle:
<https://www.lanuv.nrw.de/klima/klimaschutz/treibhausgas-emissionsinventar>

© Von TUBS - based upon template:, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3546513>

Treibhausgasemissionen NRW im Vergleich (2022)

Deutschland

750 Mio. t CO₂-eq



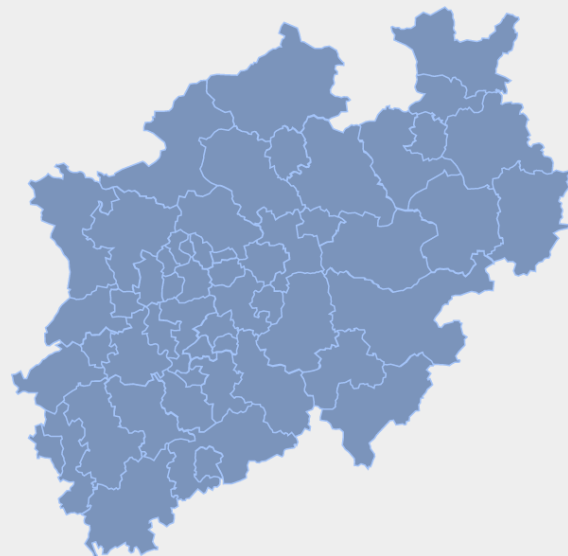
Quelle:
<https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/detaillierte-treibhausgas-emissionsbilanz-2022>

© https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte_Deutschland.svg

Nordrhein-Westfalen

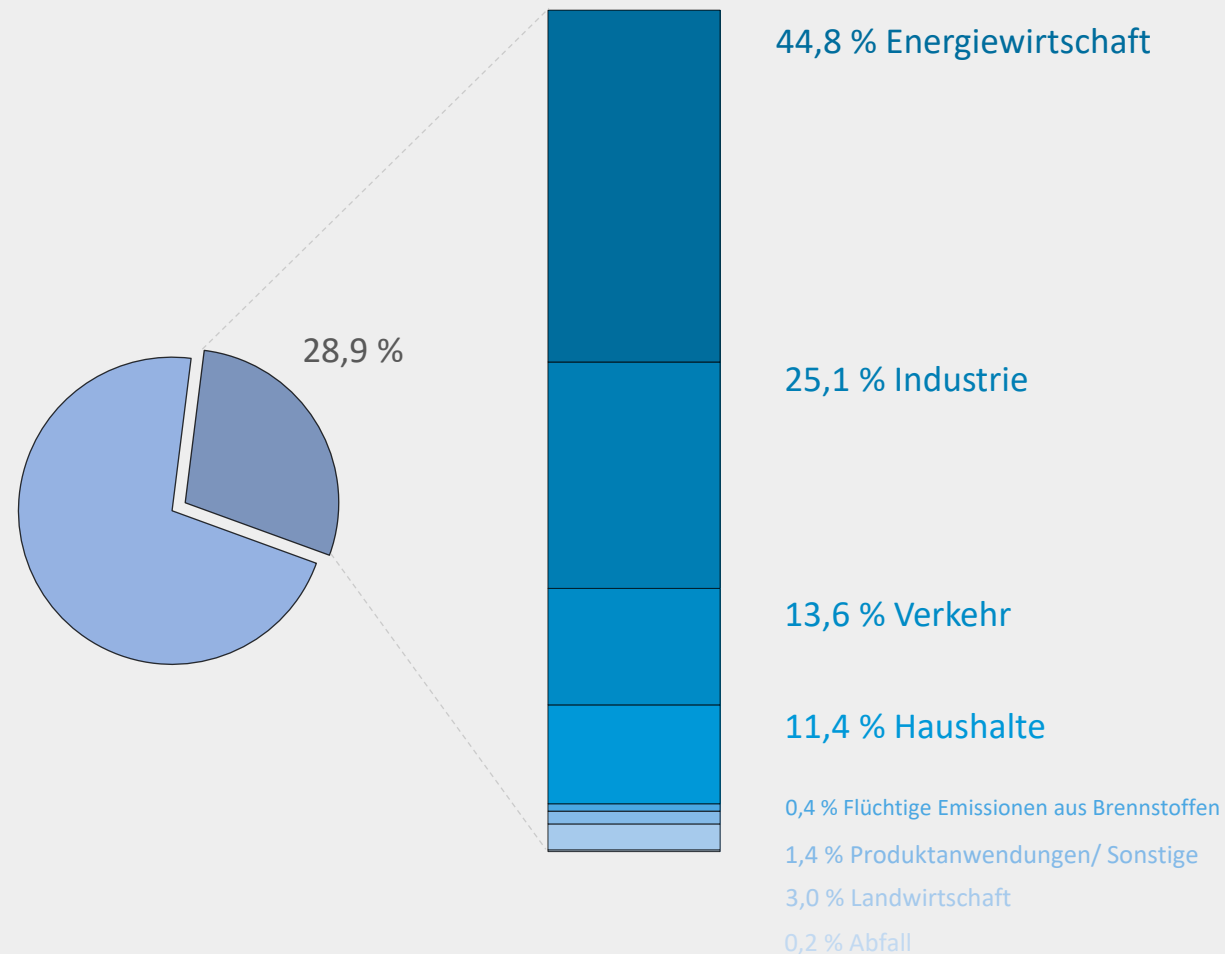
217 Mio. t CO₂-eq

(vorläufige Daten)



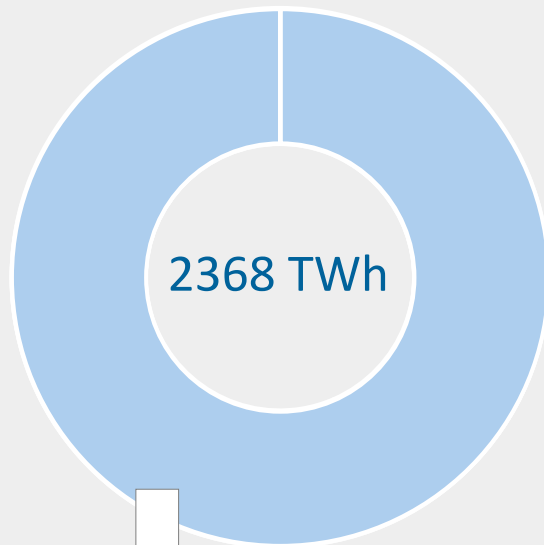
Quelle:
<https://www.lanuv.nrw.de/klima/klimaschutz/treibhausgas-emissionsinventar>

© Von TUBS - based upon template:, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3546513>



NRW – Deutschlands Industrieland

Endenergieverbrauch in Deutschland 2022



**rund 50 % des deutschen industriellen
Endenergieverbrauchs 2022 aus NRW**

- ca. **1,2 Millionen Erwerbstätige** im Industriesektor
- **10.399 industrielle Unternehmen**
- Etwa **840 Milliarden Euro Bruttoinlandsprodukt** (ca. 20 % des deutschen BIP)
- **1.600 Start-ups** registriert bei startups.nrw
- **55 Mio. t CO₂-eq / a** durch Industrie in NRW (ca. 7 % von Deutschland)

Stand der Dinge

Deutschlands Industrieland Nr. 1 will bis 2045 klimaneutral werden.

- aktuell: CO₂-Emissionen minus 45 % gegenüber 1990
- Meilensteine: bis 2030 minus 65 %, bis 2040 minus 88 %
- noch ein weiter Weg bis zur Netto-Null
- Erreichen der Klimaneutralität 2045 ist eine Mammutaufgabe
- Klimakrise noch entschlossener angehen
- Bündelung aller Kräfte über alle Sektoren hinweg

Mit der Gründung von NRW.Energy4Climate hat sich NRW im Jahr 2022 neu aufgestellt.



Unsere Mission



NRW bleibt Deutschlands
Industrieland Nr. 1.



NRW wird schnellstmöglich
vollständig klimaneutral.



NRW wird Vorreiter der
Energiewende.

#NRWwirdklimaneutral

Unsere Eckdaten

NRW.Energy4Climate...

- ... ist die **Landesgesellschaft für Energie- und Klimaschutz** des Landes Nordrhein-Westfalen
- ... ist Arbeitgeberin für mehr als 100 **Fachkräfte**.
- ... **vereint** Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft in einem **gemeinsamen Diskurs**
- ... treibt die Klimaschutzaktivitäten des Landes NRW in den Bereichen **Energiewirtschaft, Industrie, Wärme & Gebäude** und **Mobilität** an



Unsere Themen

NRW.Energy4Climate

Energie-
wirtschaft

Industrie &
Produktion

Wärme &
Gebäude

Mobilität

Querschnittsthemen

Kommunaler Klimaschutz

Internationale Kooperation

Förderung

Energieforschungsoffensive

Rohstoffe für die Energiewende

Klimabildung

Digitalisierung

Portfolio Bereich Industrie & Produktion

INformation

Webseite, Social Media, Broschüren, Fact Sheets, Veranstaltungen, Vorträge, Diskussionen, Interviews, Kontaktvermittlung

INitialberatung

Standardprojekte und Multiplikatoren unterstützen durch Erstgespräche, initiale Fördergespräche, Vernetzung, fachliches Feedback

INteraktion (IN4climate.NRW)

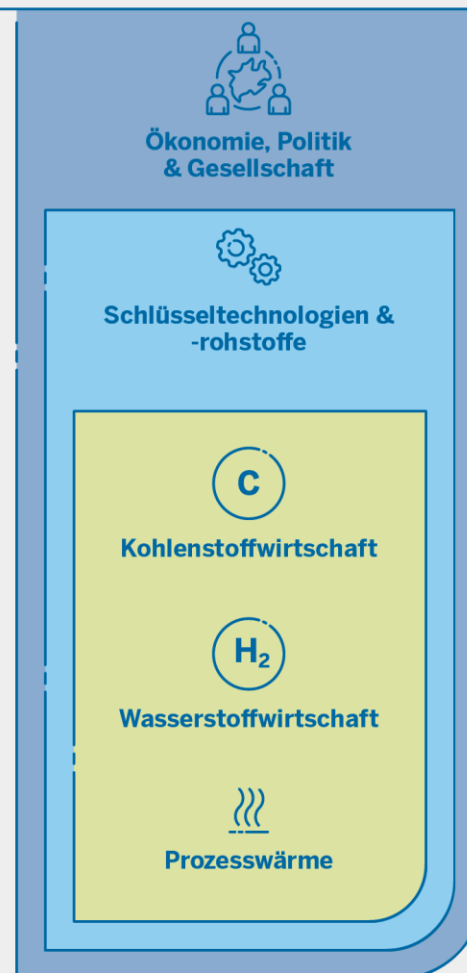
Gemeinsame (Gremien-)Arbeit mit Industrie, Wissenschaft und Politik; Gemeinsame Diskussionspapiere, Handlungsvorschläge und Projektkonzepte

INkubation

Leuchtturmprojekte „von außen“ unterstützen bei Fördermittelakquise (z.B. LOIs), Konsortialbildung, detailliertes fachliches Feedback

INtegration

Leuchtturmprojekte „von innen“ unterstützen als assoziierter Partner oder als Mitglied des Lenkungs- / Begleitkreises



Projektunterstützung – Klimaneutrale Prozesswärme

- **Projektidee:** Initialberatung bzgl. Innovationsgrad, Umsetzungswahrscheinlichkeit, Fördermöglichkeiten
- **Konsortialbildung:** Zugang zu unserem Netzwerk und Zusammenbringen von Partnern
- **Projektskizze:** Skizzenbewertung vor Einreichung
- **Finanzierung:** Aufzeigen von Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten, Unterstützung in Kommunikation
- **Antragsstellung:** Hilfe bei Gestaltung des Projektantrags und Letter of Intent
- **Projektdurchführung:** Teilnahmen an Projektsitzungen und Unterstützung durch Fachexpertise
- **Ergebnistransfer:** Kommunikation in unserem Netzwerk

Schritt für Schritt zur Klimaneutralität

Gemeinsam für eine klimaneutrale Prozesswärme in der Industrie

Unterstützung bei der Projektentwicklung und Umsetzung

Als Landesgesellschaft für Energie und Klimaschutz möchten wir Ihr wegweisendes Leuchtturmprojekt zur klimaneutralen Umstellung der Prozesswärmebereitstellung gemeinsam mit Ihnen vorantreiben und umsetzen.

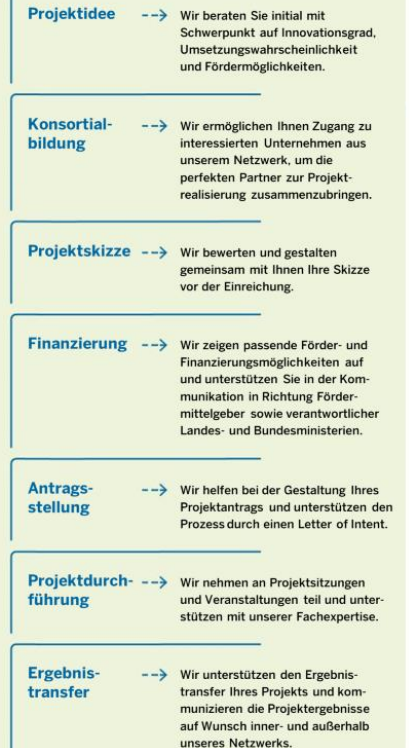
Unser Team von NRW.Energy4Climate steht Ihnen während aller Phasen des Projekts zur Seite. Wir begleiten Sie strategisch anhand der von NRW und vom Bund vorkizzierten Transformationspfade. Gemeinsam erreichen wir bis 2045 Klimaneutralität!

Sie sind ein Unternehmen mit Sitz in NRW und haben eine innovative Projektidee zu:

- der Nutzung von Abwärme,
- der Einbindung Erneuerbarer Energieträger,
- der Elektrifizierung von Prozessen,
- dem Einsatz von Wasserstoff oder
- weiteren Lösungen zur Erreichung der Klimaneutralität?

Wir unterstützen Sie bei der Realisierung!

So unterstützen wir Sie in
jeder Projektphase:



Kontakt

industriewaerme@energy4climate.nrw

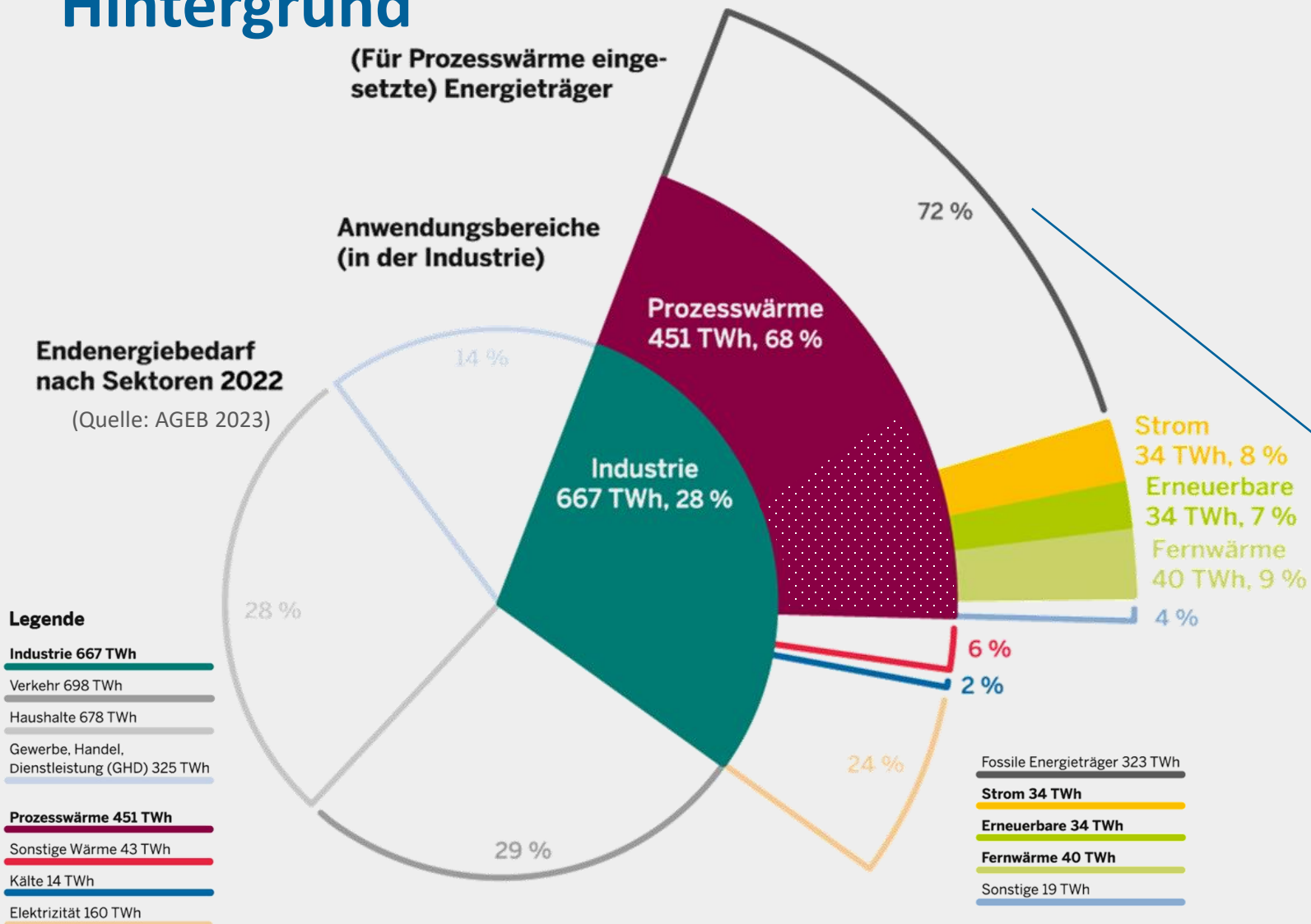
NRW.Energy4Climate GmbH
Munscheidstr. 14
45886 Gelsenkirchen
0211 822 086-555
www.energy4climate.nrw

© NRW.Energy4Climate
Stand: 8/2024

Was ist „Prozesswärme“?

→ Wärme, die für technische Prozesse zur Herstellung, Weiterverarbeitung oder Veredelung von Produkten benötigt wird; zum Beispiel das Trocknen, Schmelzen oder die Wärmebehandlung bspw. von Papier, Glas oder Metallen und auch thermochemische Prozesse.

Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie - Hintergrund



18,9 %

des deutschen Endenergiebedarfes wird für industrielle Prozesswärme benötigt

36,8 %

der deutschen Prozesswärme wird in NRW benötigt

72,0 %

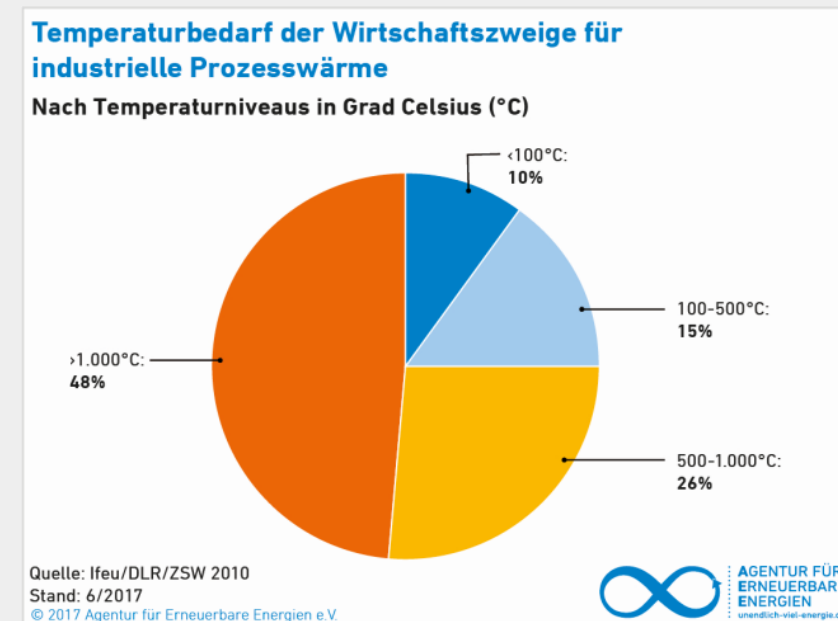
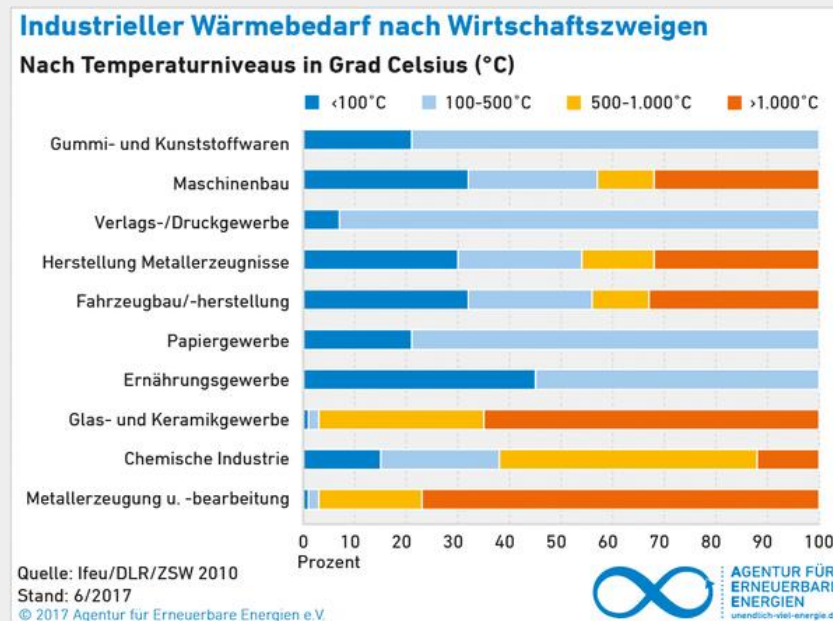
der industriellen Prozesswärme werden durch fossile Energieträger bereitgestellt



Defossilisierung der Prozesswärmeerzeugung zur Reduzierung von CO₂-Emissionen

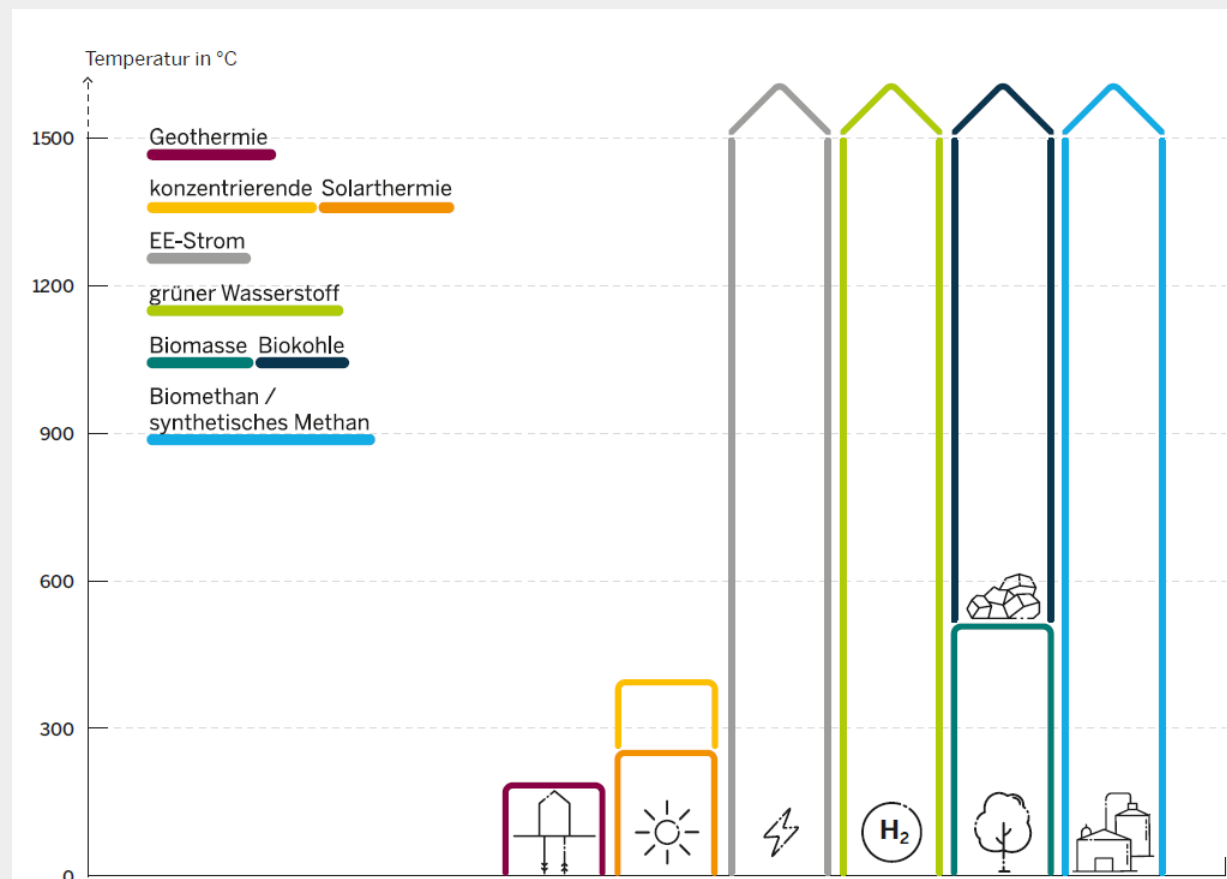
Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie - Hintergrund

Die **Anforderungen an Prozesswärme** bzw. deren Bereitstellung ist teils sehr **unterschiedlich**, **prozessspezifisch** und erfordert **diverse Temperaturniveaus**:



Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie - Hintergrund

Demgegenüber stehen unterschiedlichste neue Technologien mit **diversen Temperaturniveaus**:



→ **Hybride, individuelle Lösungen** werden notwendig sein

→ Prozesswärmebedarf und Anforderungen an Prozesswärme bei gleichzeitiger **Defossilisierung** der Prozesswärmeerzeugung erfordern eine strategische Herangehensweise

→ **Strategiezyklus Wärmewende**

→ **Vier-Stufen-Modell**

Strategiezyklus Wärmewende

Sechs Schritte auf dem Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung



Das Vier-Stufen-Modell

Erarbeitet von 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

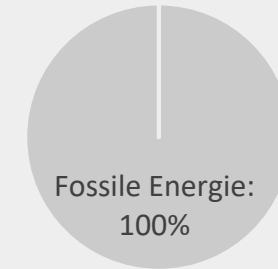
+ 4. Alternative Energieträger (Grüner H₂, Biomasse, Biomethan, synthetisches Methan, u. a.)
z. B. neuartige Brennertechnologien, Brennstoffzellen

**100 %
CO₂-Vermeidung**
(der direkten Emissionen)



[Link zur PDF](#)

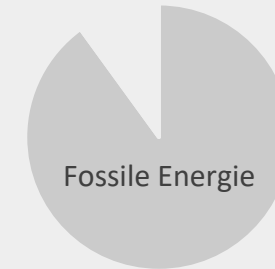
Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie – **Vier-Stufen-Modell**



X %
CO₂-Vermeidung
(der direkten Emissionen)

Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie – **Vier-Stufen-Modell**

- 1. Steigerung der Effizienz (Energie und Exergie)**
z. B. Prozessoptimierungen, interne
und externe Abwärmenutzung



X %
CO₂-Vermeidung
(der direkten Emissionen)

Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie – **Vier-Stufen-Modell**

Effizienz erhöhen durch:



Vorweg: **Verringerung des Primärwärmebedarfs** durch Prozessoptimierung bzw. -umstellung

Vermeidung bzw. **Verminderung von Wärmeverlusten** (z.B. Wärmedämmung)

Rückführung der Abwärme in den Prozess

Betriebsinterne Verwendung der Abwärme im Gebäudebereich (z.B. Erwärmung der Hallenluft)

Umwandlung der Abwärme in andere Energieformen (z.B. Verstromung)

Externe Verwendung der Abwärme

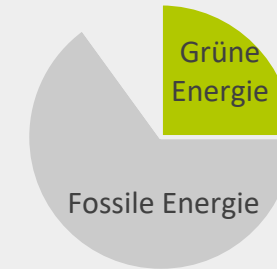
Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie – **Vier-Stufen-Modell**

1. Steigerung der Effizienz (Energie und Exergie)

z. B. Prozessoptimierungen, interne
und externe Abwärmenutzung

+ 2. Erschließung erneuerbarer Wärmequellen

d. h. Solarthermie, Tiefengeothermie

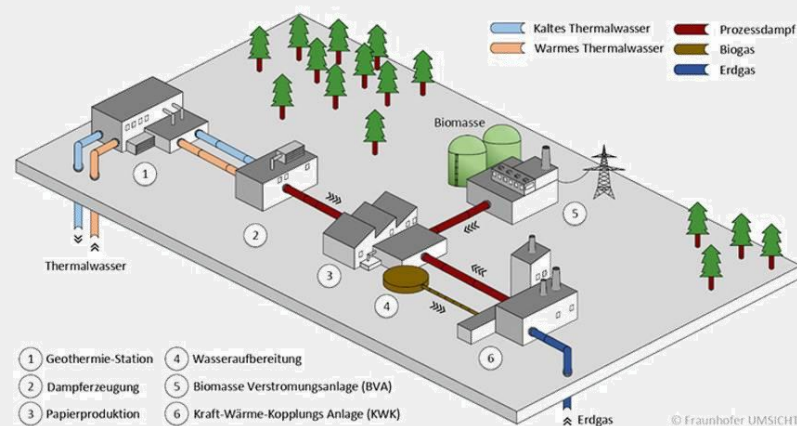


X %
CO₂-Vermeidung
(der direkten Emissionen)

Solarthermie & Geothermie

+ Im Betrieb unabhängig von Energiepreisen und -importen

- **Solarthermie** (in Kombination mit einem Wärmespeicher) kann auch in unseren Breitengraden die **Prozesswärmebereitstellung bis ca. 250°C** unterstützen (z.B. Nahrungsmittelindustrie)
- **Tiefengeothermie** in NRW kann **bis ca. 180°C kontinuierlich (!)** Prozesswärme bereitstellen



Hydrothermale Geothermie (23,5 MW_{th}) zur Papiertrocknung

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

Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie – Vier-Stufen-Modell

1. Steigerung der Effizienz (Energie und Exergie)

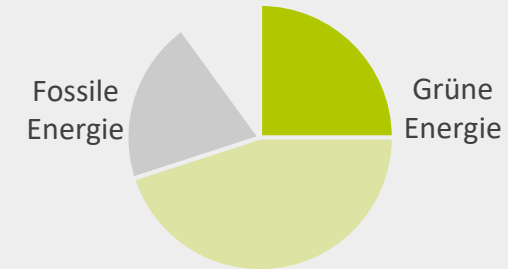
z. B. Prozessoptimierungen, interne und externe Abwärmenutzung

+ 2. Erschließung erneuerbarer Wärmequellen

d. h. Solarthermie, Tiefengeothermie

+ 3. Elektrische Wärmeerzeugung (mit EE-Strom)

z. B. Elektrodenkessel, Induktion



X %
CO₂-Vermeidung
(der direkten Emissionen)

Dekarbonisierung & Effizienz durch Power-to-Heat

Direktelektrische Wärmeerzeugung (PtH)



Wärme aus Wasserstoff (PtGtH)



Wärme aus synthetischem Methan (PtGtH)



**Elektrodenkessel zur
Prozessdampf-Erzeugung**
Quelle: Currenta

Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie – Vier-Stufen-Modell

1. Steigerung der Effizienz (Energie und Exergie)

z. B. Prozessoptimierungen, interne und externe Abwärmenutzung

+ 2. Erschließung erneuerbarer Wärmequellen

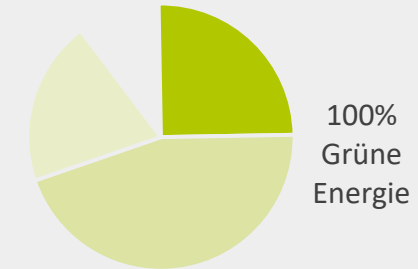
d. h. Solarthermie, Tiefengeothermie

+ 3. Elektrische Wärmeerzeugung (mit EE-Strom)

z. B. Elektrodenkessel, Induktion

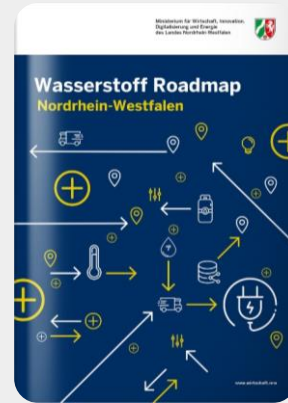
+ 4. Alternative Energieträger (Grüner H₂, Biomasse, Biomethan, synthetisches Methan, u. a.)

z. B. neuartige Brennertechnologien, Brennstoffzellen



**100 %
CO₂-Vermeidung**
(der direkten Emissionen)

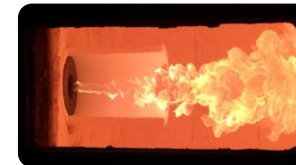
Wasserstoff für Prozesswärme



Zielmarken 2030, u.a.

- H_2 für Wärmeerzeugung in der **Glasindustrie**
- H_2 -befeuerter Ofen in der **Gießerei-Industrie**
- H_2 -Einsatz in der **Zementindustrie**
- Wasserstoffbasierte **Stahlherstellung**

Wasserstoff in der **Glasindustrie**
(z.B. Projekte HyGlass & COSiMa)



Quelle: GWI

Wasserstoff in **Gießereien**
(Projekt InnoGuss)



Wasserstoff in der **Stahlherstellung**
(z.B. tkH₂Stahl)



CO₂ vermeiden:
Wasserstoff statt Kohle

Quelle: thyssenkrupp steel

Beispiele

Klimaneutraler Dampf in der Papierindustrie

Kabel Zero

- Kooperationspartner: Kabel Premium Pulp & Paper GmbH (KPPP), Fraunhofer IEG & Fraunhofer UMSICHT
- Ziel: Verfahrensrouten zum Einsatz von Tiefengeothermie für nachhaltige Dampferzeugung in der Papierindustrie, spez. am KPPP-Standort (Hagen, NRW)
- Erdgasbedarf 550.000 MWh/a am Standort könnte mit Geothermie halbiert und **30.000 t CO₂/a** eingespart werden

Ergebnisse Forschungsprojekt „Geothermale Papiertrocknung“

- Forschungsprojekt war Teil des Gesamtvorhabens „Kabel Zero“
 - KPPP: Definition **Rahmenbedingungen und Anforderungen** aus Industriesicht
 - Fraunhofer IEG: Mittels **Seismischen Messungen** wurde gezeigt, dass die gesuchte Kalksteinschicht in 2,6 bis 3,6 km Tiefe liegt und ein geologisches Vorprofil sowie ein Konzept für eine tiefe Erkundungsbohrung wurden entwickelt
 - Fraunhofer UMSICHT: Prinzipielle **technische Realisierbarkeit** für Prozessdampftemperaturen der Papierindustrie wurde nachgewiesen und entsprechende Hochtemperatur-Wärmepumpenkonzepte entwickelt
- **Geothermie ist prinzipiell als grundlastfähige und nachhaltige Energiequelle für industrielle Prozesswärme- und Dampferzeugung geeignet**



Transformation in der Gießerei-Industrie

InnoGuss

- Projekt des Bundesverbands der Deutschen Gießerei-Industrie e. V. (BDG)
- Bestandsaufnahme und Erfassung von Rahmenbedingungen innerhalb der Gießerei-Industrie
- Entwicklung von sechs Modellgießereien und darauf aufbauender Kompass für eine nachhaltige Transformation
- Untersuchung der Technologiepfade:
Biomasse, Wasserstoff, Elektrifizierung, CCU/CCS

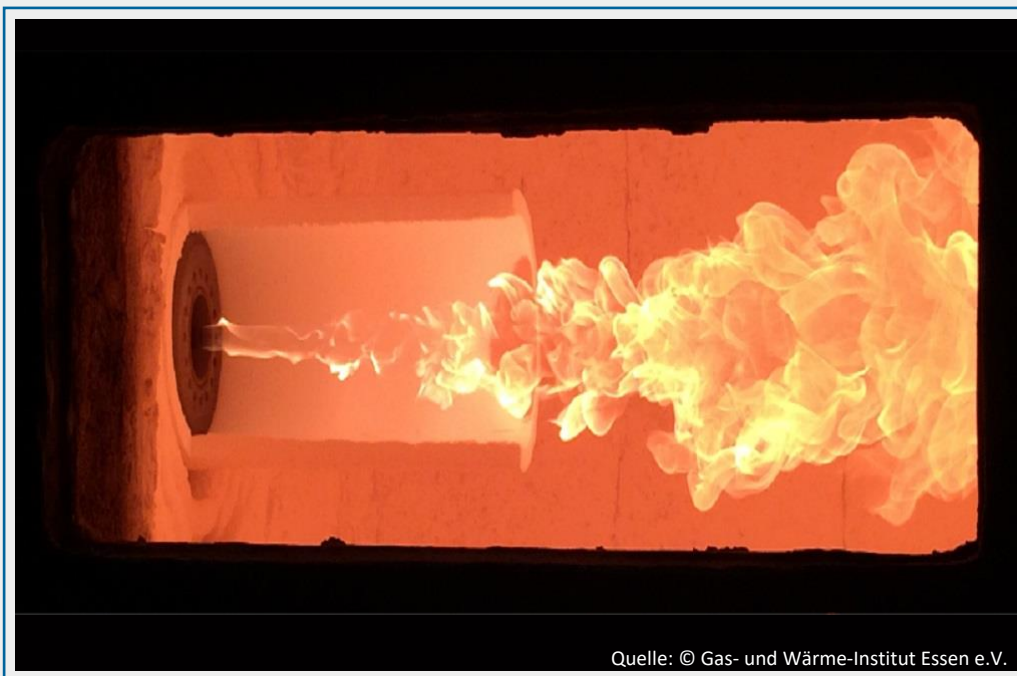
Fazit

- **Elektrifizierung** in den meisten Fällen die beste Lösung, Hauptproblematik sind Grünstrom Verfügbarkeit und Strominfrastruktur
- **Biomasse** als Übergangstechnologie denkbar
- **CCU/CCS** abhängig von CO₂- Infrastruktur; in absehbarer Zeit vsl. nur für Gießereien in großen Industriezentren relevant
- **H₂-Einsatz** technisch umsetzbar, aber Verfügbarkeit bleibt zu prüfen
- Standortabhängig ggf. Kombination von Technologien
- **Schrottverfügbarkeit** perspektivisch limitiert durch Transformation der Stahlindustrie
- Hohe **finanzielle Kosten** für alle Technologiepfade; entsprechende politische Rahmenbedingungen notwendig



Wasserstoff für Prozesswärme

HyGlass



Quelle: © Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.

Einsparungspotenzial an CO₂-Emissionen
von etwa **3,3 Millionen Tonnen** pro Jahr

Schmelzprozess mit Wasserstoff an Stelle von Erdgas

- BV Glas & GWI
- Die Glasherstellung ist aufgrund des hohen Wärmebedarfs eine der energieintensivsten Industrien
- Die Glasschmelzöfen können nicht elektrifiziert werden
- Die Umstellung auf Wasserstoff erfordert eine sichere Versorgung durch eine geeignete Infrastruktur

Technische Aspekte

- Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Anteile von Wasserstoff und sogar reiner Wasserstoff untersucht
- Wesentlicher Faktor ist eine Regelungstechnik, um die Brennerleistung und das Luftverhältnis konstant zu halten, damit der gleiche Wärmestrom in der Schmelze erhalten bleibt

Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie - **Herausforderungen**

- **Finanziell**

- Höhere **Produktionskosten** klimaneutraler Produkte (bisher)
- Sichere **Preisprognosen** und **OPEX-Förderungen** notwendig
- Großer **Reinvestitionsbedarf** bis 2030; Anwender benötigen Technologiesicherheit

- **Standortsicherheit**

- **Carbon Leakage**: Verlagerung der Produktion in Länder mit geringeren Umweltstandards vermeiden
- **Green Leakage**: Standortvorteile für Regionen mit viel Potenzial für Erneuerbare = Standortnachteile für NRW (dicht besiedelt, keine Küste, wenig Sonne)

- **Energiewirtschaftlich**

- **EE-Knappheiten**: Schwankende und mangelnde Verfügbarkeit erneuerbarer Energien
- **Infrastruktur**: Wasserstoff & elektrische Netzleistung

→ **Finanzielle, politische und rechtliche Planbarkeit notwendig**

Prozesswärme für eine klimaneutrale Industrie – **Ansätze**

- **Politische Instrumente**
 - **CBAM** (Carbon Border Adjustment Mechanism): Grenzzoll für CO₂-intensive Produkte, um Carbon Leakage zu vermeiden
 - **Emissionshandel und Klimaschutzverträge**: Preisdifferenzen ausgleichen, Investitionen anreizen
 - **Grüne Leitmärkte**: Nachfrage für emissionsarme Produkte stabilisieren und anreizen (z. B. Stahl, Zement, Chemie)
 - **Förderprogramme**: Initiation & Anpassung
 - **Beschleunigung**
 - des **Infrastrukturausbaus**
 - der **Genehmigungsverfahren**
 - der **Marktdiffusion** neuer Technologien
 - **Commitment** von Unternehmen
- **Zusammenwirken von Industrie, Politik und Energiewirtschaft**

Starterpaket klimaneutraler Mittelstand



Förderpaket des Landes NRW für produzierende Unternehmen und Handwerksbetriebe (Link)

→ Abteilungen 1 bis 2 (Land- und Forstwirtschaft) und 10 bis 33 (Verarbeitendes Gewerbe) der Klassifikation der Wirtschaftszweige

Fördermodul	Was wird gefördert?				Förderhöhe		
	Beratung	Detailliertes Konzept	Investition	Fortbildung	<50 MA	50 bis 249 MA	250 bis 2.500 MA
Erstberatung zur klimaneutralen Transformation	✓				65 % bis 10.000 €		
Transformationskonzepte für die treibhausgasneutrale Produktion 2045	✓	✓			65 % bis 60.000 €	50 % bis 60.000 €	
Wärmekonzepte					50 % bis 25.000 €		
inkl. Abwärme nach extern / von extern	✓	✓			60 % bis 45.000 €	50 % bis 45.000 €	
Kredit „Weg vom Gas“			✓		30% Tilgungszuschuss bis 200.000 € *		
Bildungsprämie Wärmepumpe				✓	500 €/Tag, max. 1.500 € pro Person		

* Keine Begrenzung bei der Zahl der Mitarbeitenden; In- und ausländische mittelständische Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, die sich mehrheitlich in Privatbesitz befinden und deren Jahresumsatz (einschließlich verbundener Unternehmen) 500 Mio. Euro nicht überschreitet

NRW-Förderung von Wärmekonzepten basiert auf 4-Stufen-Modell

→ WAS WIRD GEFÖRDERT?

Technisch-betriebswirtschaftliche Konzepte zur Umsetzung effizienter, CO₂-armer und CO₂-neutraler Prozesswärme in Unternehmen und Handwerksbetrieben des produzierenden Gewerbes. Die Konzepte sollen auf das zentrale Klimaschutzziel der Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 hinführen.

Zuwendungsfähig sind die Ausgaben für Beratungsleistungen und gegebenenfalls notwendiger Vorprüfungen und Untersuchungen zur Konzepterstellung.

In den Konzepten sind die Möglichkeiten

1. zur Steigerung der Energieeffizienz in der Wärme- und/oder Kältebereitstellung und -nutzung,
2. zum Einsatz lokaler erneuerbarer Wärmequellen für die betriebliche Produktion,
3. zur effizienten elektrischen Wärmeerzeugung auch unter Berücksichtigung von Speichertechnologien und
4. zum effizienten Einsatz alternativer Energieträger inklusive nachhaltiger Biomasse

sowie optional

5. zur effizienten und CO₂-mindernden externen Bereitstellung von Abwärme und/oder zur effizienten und CO₂-mindernden Einbindung externer Wärme in die Produktion

jeweils in dieser Reihenfolge zu prüfen. Als sinnvoll erkannte Maßnahmen sollen technisch und betriebswirtschaftlich konzipiert werden. Investitionskosten, Nutzungsdauern, wirtschaftliche Einsparungen sowie Einsparmengen von Brennstoffen sowie CO₂-Einsparungen sind maßnahmenbezogen darzustellen.

Förderung von Wärmekonzepten | Bezirksregierung Arnsberg (nrw.de)



**NRW.ENERGY
4CLIMATE**

Landesgesellschaft
für Energie und Klimaschutz



Jill Zaluszkiewicz
jill.zaluszkiewicz@energy4climate.nrw

Bildnachweis: © iStock, © NRW.Energy4Climate

Vielen Dank!

NRW.Energy4Climate GmbH
EUREF-Campus 1c, 40472 Düsseldorf