

prognos

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

Wuppertal
Institut

Agora
Energiewende

Agora
Verkehrswende

Stiftung
Klimaneutralität

Klimaneutrales Deutschland

Deep Dive Industrie

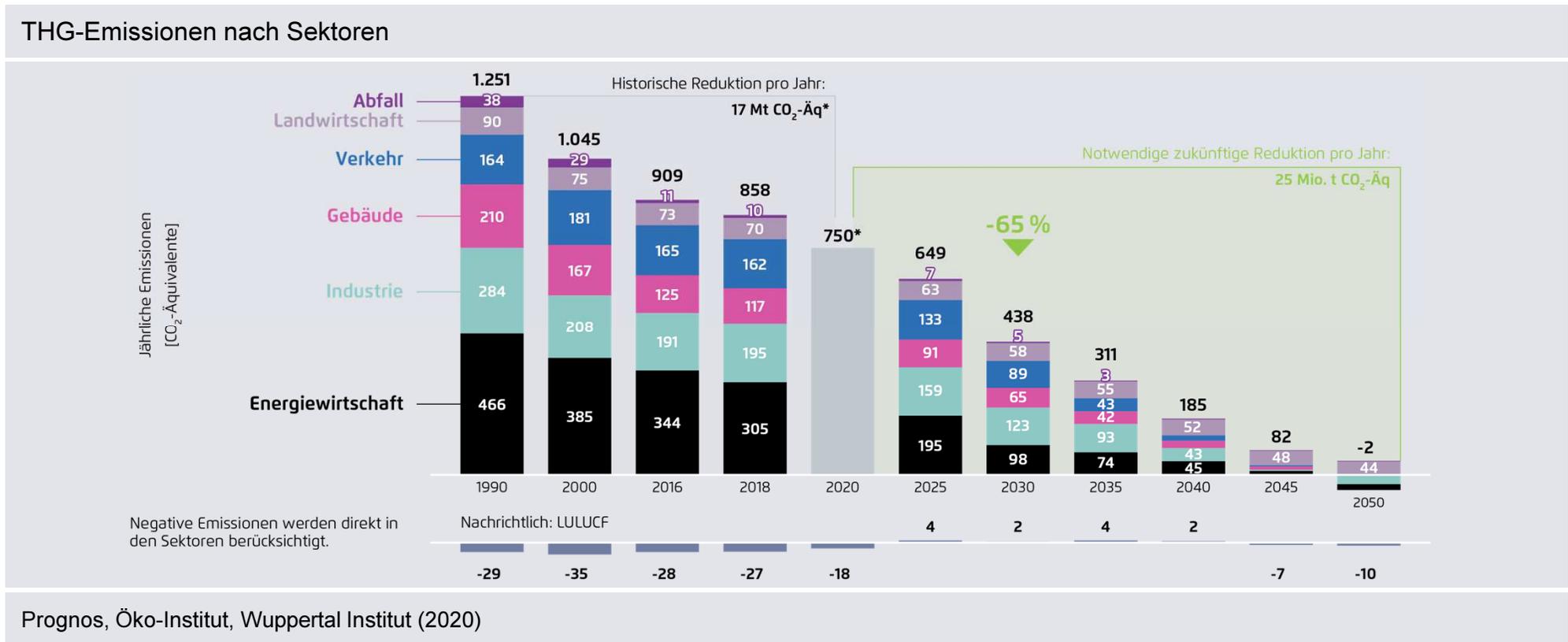
*In drei Schritten zu null Treibhausgasen
bis 2050 über ein Zwischenziel von -65%
im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals*

Philipp D. Hauser
Stefan Lechtenböhmer
Clemens Schneider

BERLIN, 15. DEZEMBER 2020



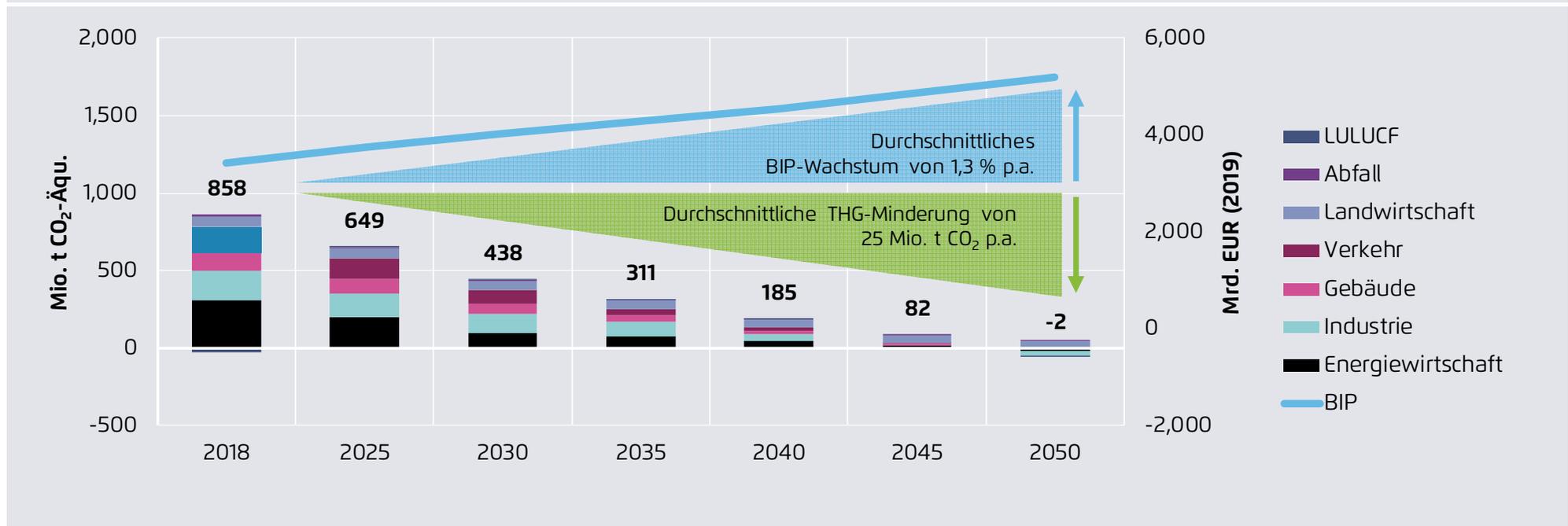
In drei Schritten zur Klimaneutralität: Eine Minderung um 65% bis 2030 und -95% bis 2050 mit Kompensation der restlichen Emissionen



Klimaneutralität erfordert ein großangelegtes Investitionsprogramm und sichert Industrie & Arbeitsplätze mit einem Wirtschaftswachstum +1,3% BIP p.a.



Kernindikatoren des Szenarios Klimaneutral 2050



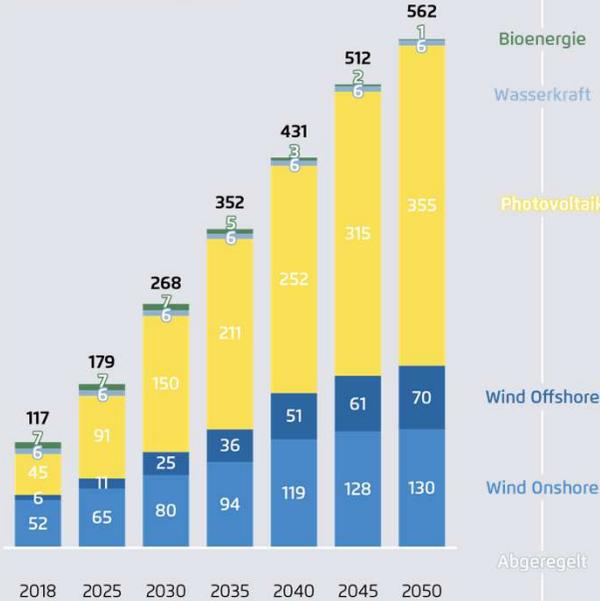
Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Die fünf Strategien zur Klimaneutralität:

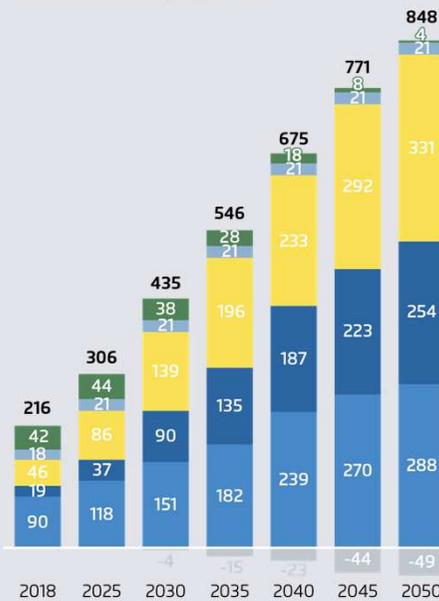
1) Erneuerbare Energien: – bis 2030 auf 70% Anteil am Stromverbrauch, bis spätestens 2050 auf 100%

Stromerzeugung

Installierte Leistung in GW



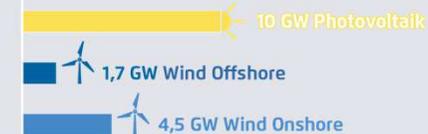
Nettostromerzeugung in TWh



Notwendiger mittlerer jährlicher Ausbau

Bruttouzubau, bei 25 Jahren Lebensdauer

2021–2030



Ausbautärkste Jahrgänge der Vergangenheit:

Photovoltaik: 8 GW (2010, 2012)
Wind Offshore: 2 GW (2015)
Wind Onshore: 5 GW (2014, 2017)

Kumulierter Bruttouzubau zwischen 2021 und 2030:

Photovoltaik: 98 GW
Wind Offshore: 17 GW
Wind Onshore: 44 GW

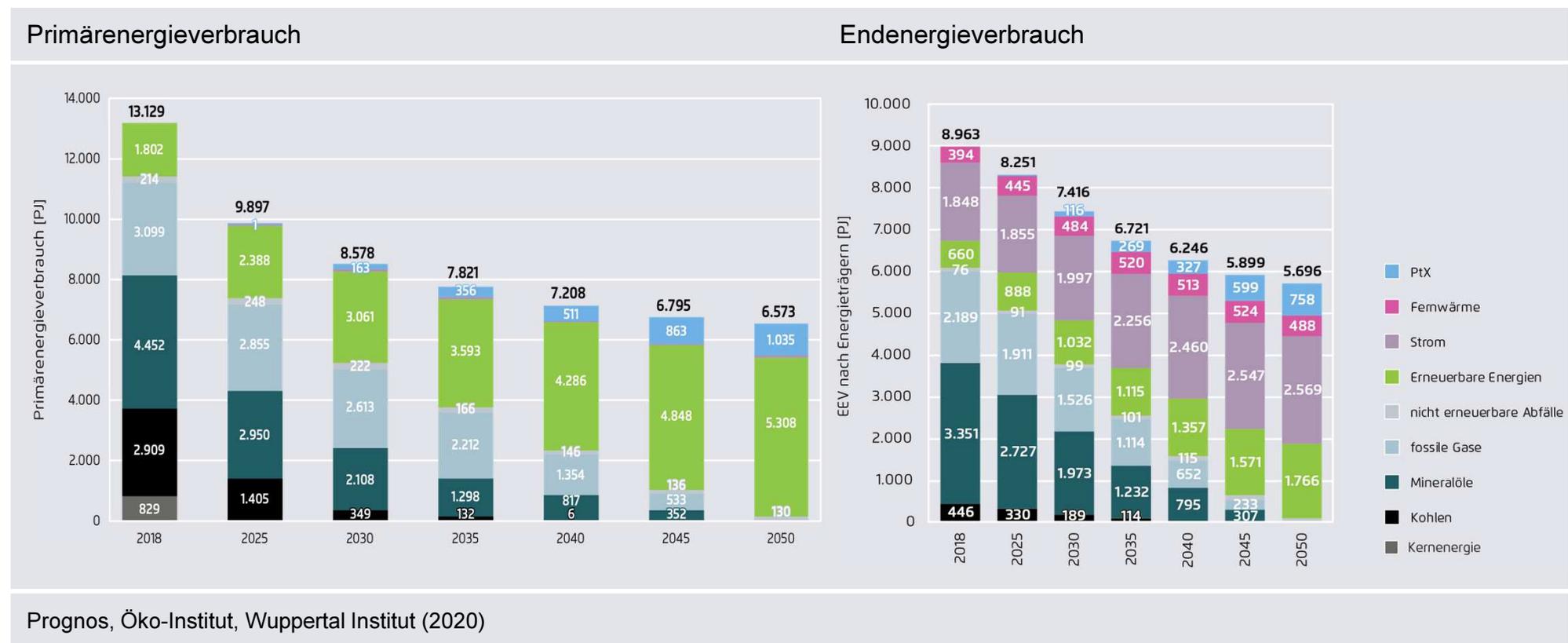
Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Die fünf Strategien zur Klimaneutralität

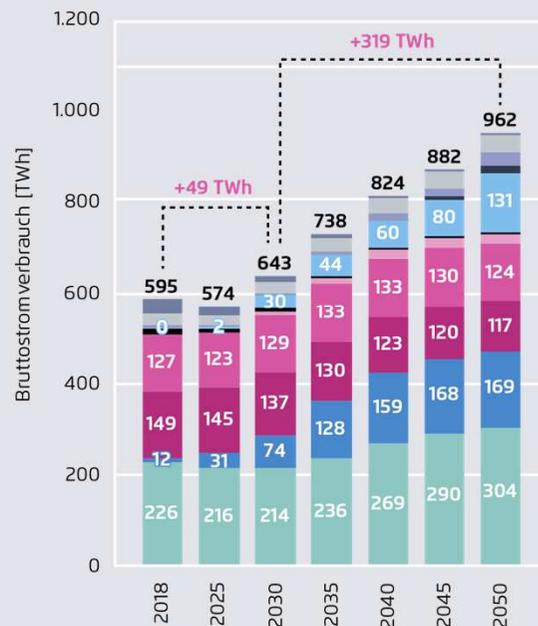
2) Energieeffizienz: Primärenergieverbrauch wird halbiert, Biomasse & synthetische Energieträger spielen strategische Rolle



Die fünf Strategien zur Klimaneutralität

3) Elektrifizierung: – Verkehr, Wärme und Industrie ersetzen Öl und Gas bis 2050 weitestgehend durch Strom

Bruttostromverbrauch



H₂/CO₂

2030

Produktion 19 TWh H₂



6 Mio. Wärmepumpen, Effizienz Elektrogeräte, effiziente Beleuchtung, Rückgang Direktstromheizungen



Wärmepumpen, effiziente Beleuchtung



27 % der Fahrleistung im Straßengüterverkehr mit Batterien und Oberleitungen, 14 Mio. E-Pkw



Elektrifizierung Prozesswärme, strombasierte Dampfproduktion, effiziente Querschnittstechnologien

2050

84 TWh H₂,
19 Mio. t CO₂ DAC

14 Mio. Wärmepumpen, Zunahme bei Kühlen und Lüften, Effizienz Wärmepumpen, Rückgang Direktstromheizungen, Effizienz Elektrogeräte

Wärmepumpen, effiziente Beleuchtung

78 % der Fahrleistung im Straßengüterverkehr mit Batterien und Oberleitungen, 30 Mio. E-Pkw

Elektrifizierung Prozesswärme, CO₂-Abscheidung, strombasierte Dampfproduktion in Elektrokesseln und Hochtemperaturwärmepumpen

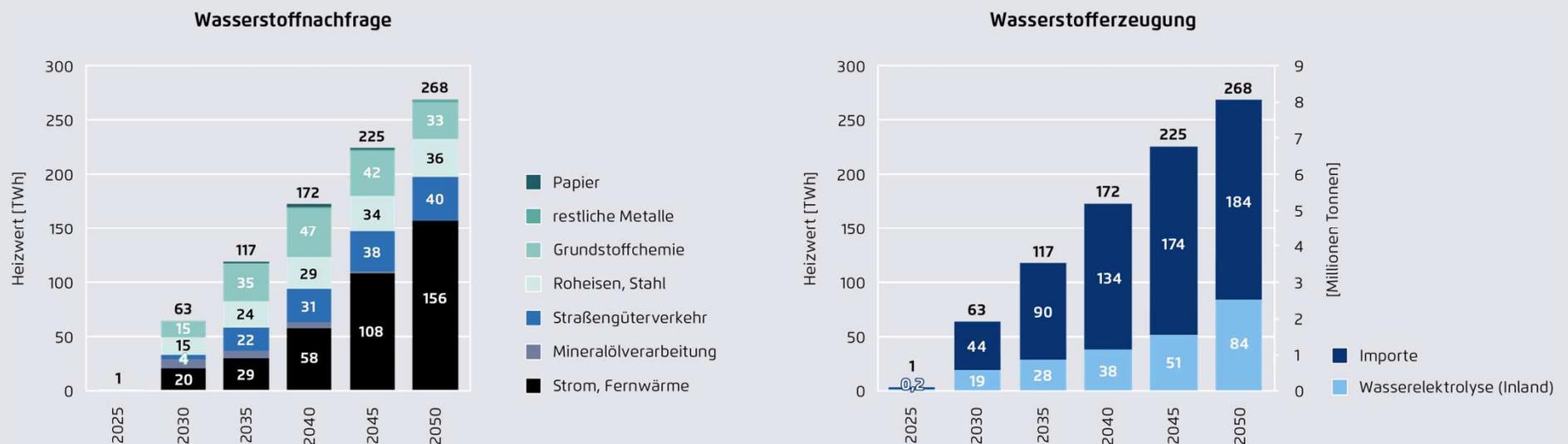
- KW-Eigenverbrauch
- Netzverluste
- Ladung Speicher
- DAC
- Elektrolyse (H₂)
- sonstige Umwandlung
- Fernwärmeerzeugung
- PHH
- GHD
- Verkehr
- Industrie

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Die fünf Strategien zur Klimaneutralität

4) Wasserstoff: für die Transformation der Industrie und als Absicherung der Dunkelflaute & der der Fernwärme

CO₂-freie Wasserstofferzeugung und -nutzung in Deutschland

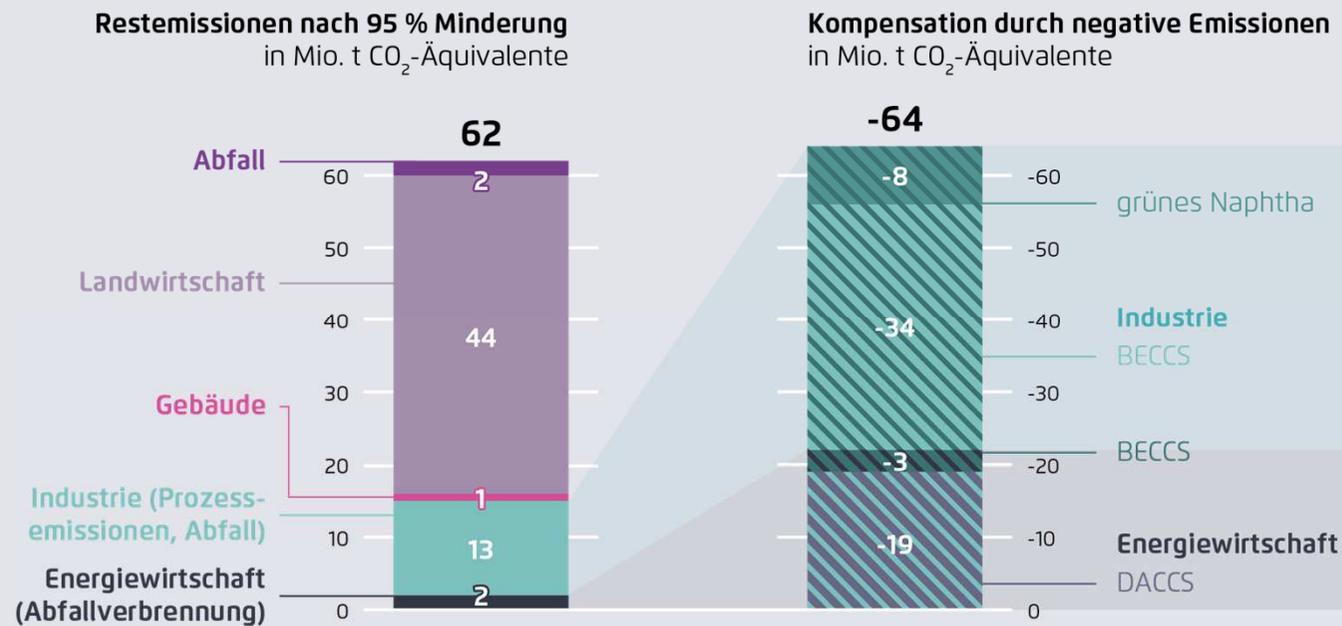


Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Die fünf Strategien zur Klimaneutralität

5: Nicht-vermeidbare Restemissionen aus Landwirtschaft und Zementindustrie u. a. werden durch CCS ausgleichen

Schritt 3 im Detail – residuale THG-Emissionen und deren Kompensation in 2050



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

prognos

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

**Wuppertal
Institut**

Agora
Energiewende

Agora
Verkehrswende

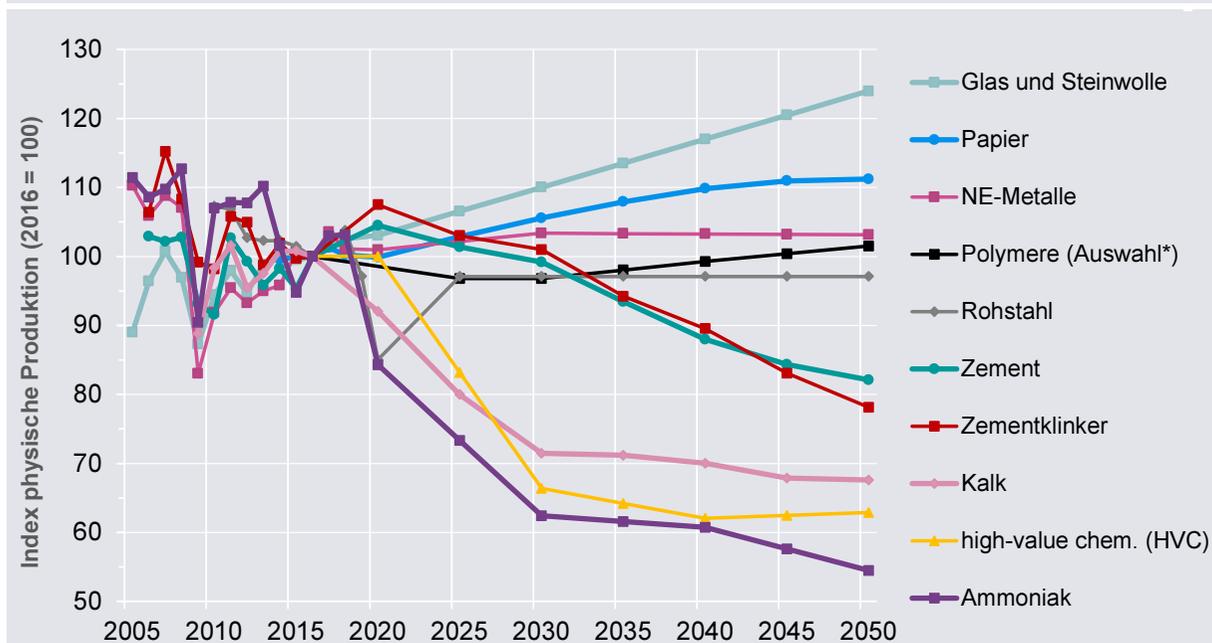
**Stiftung
Klimaneutralität**

Deep Dive Industrie



Deutschland ist auch zukünftig ein bedeutender Standort für die Produktion von Grundstoffen

Produktionsmengenentwicklung ausgewählter Produkte



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

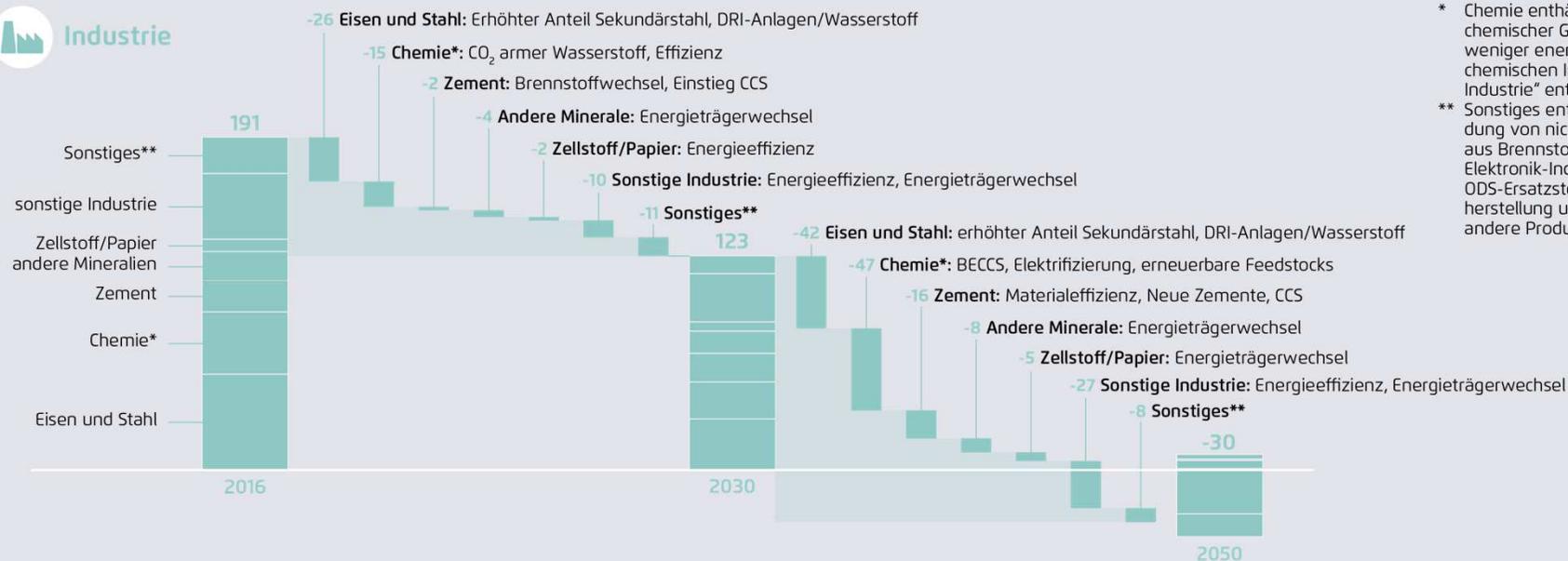
- **Glas und Steinwolle:** Verstärkte Dämmaktivität
- **Zement / Zementklinker:** Anziehende Baunachfrage durch effizienteren Materialeinsatz kompensiert
- **Kalk:** Sinkende Nachfrage aus Kraftwerkssektor und Primärstahlproduktion
- **Plattformchemikalien:** Wettbewerbsbedingte Verlagerungen von Teilen der Produktion an europäische Küstenstandorte
- **Ammoniak:** Verringerter Düngemittelseinsatz
- **Stahl:** Stahlerzeugung bleibt stabil, Flachstahlanteil sinkt, Baustahl steigt

Eisen und Stahl, die Grundstoffchemie und die Zementherstellung dominieren die Emissionen der Industrie, Klimaneutrale Techniken werden bereits vor 2030 eingesetzt

Treibhausgasemissionsreduktion in den einzelnen Wirtschaftsbereichen bis 2050 in Mio. Tonnen



Industrie

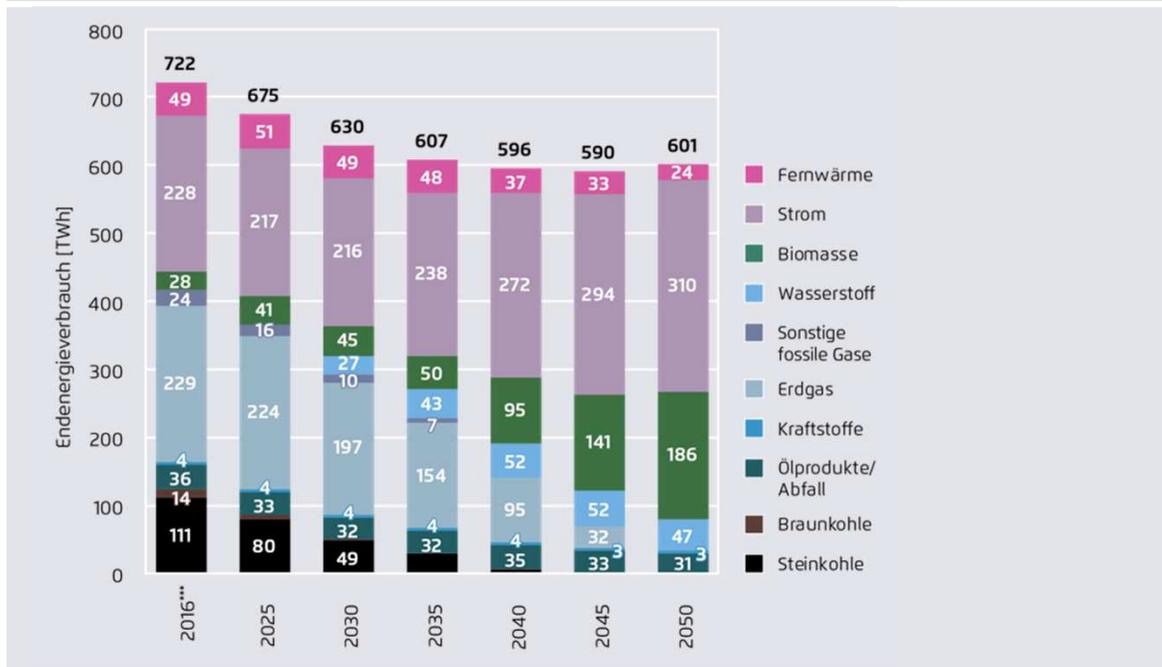


- * Chemie enthält hier die Herstellung chemischer Grundstoffe. Weitere, weniger energieintensive Zweige der chemischen Industrie sind in „Sonstige Industrie“ enthalten.
- ** Sonstiges enthält die Bereiche Verwendung von nichtenergetischen Produkten aus Brennstoffen und von Lösemitteln, Elektronik-Industrie, Anwendungen als ODS-Ersatzstoff, Sonstige Produkt-herstellung und -verwendung sowie andere Produktionen

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Früher Energieträgerwechsel hin zum Wasserstoff – Strom und Biomasse kommen nach 2030

Endenergiebedarf Verarbeitendes Gewerbes (und bauwirtschaftlicher Verkehr)



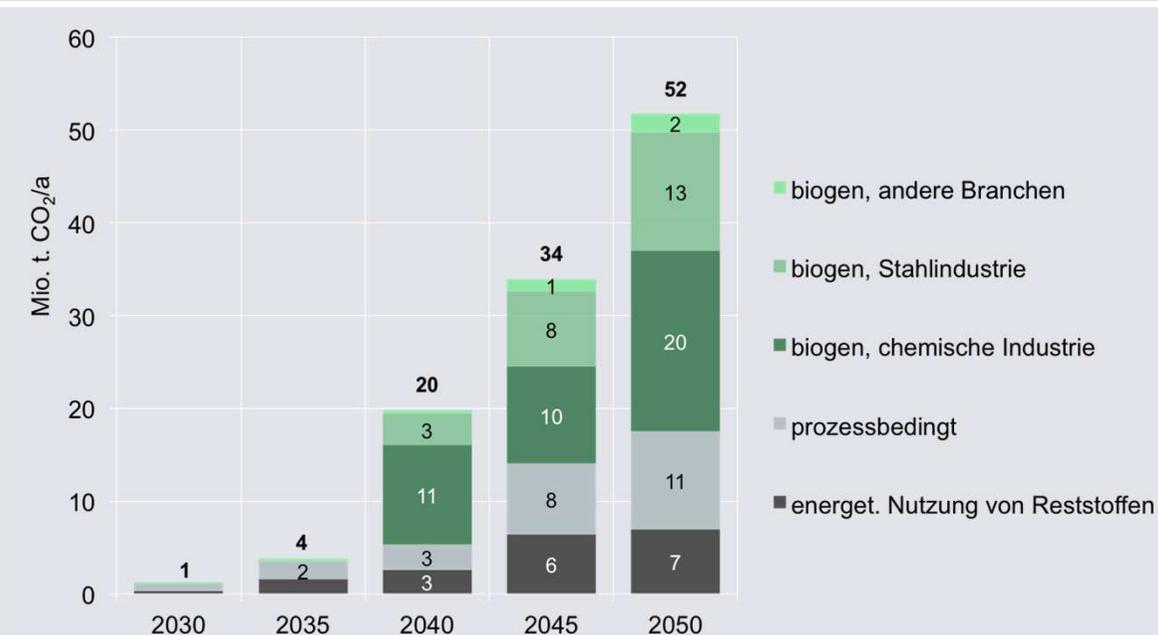
Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

- **Kohle:** Ausstieg (KWK bis 2030, Stahl und Zement bis 2040)
- **Erdgas:** phase-out nach 2030
- **Wasserstoff:** Reduktionsmittel und Brennstoff zur Dampferzeugung
- **Biomasse:** Einsatz für BECCS in Großanlagen (Stahl / Chemie)
- **Strom:** effizienter Einsatz in Elektrokesseln, Hochtemperaturwärmepumpen sowie kleinen und mittelgroßen industriellen Öfen
- **Fernwärme:** langfristig Einsatz nur noch für Temperaturen < 100°C

Der Anschluss nur weniger CO₂-Quellen an eine CCS-Infrastruktur ermöglicht eine jährliche Einspeicherung von 50 Millionen Tonnen CO₂ – und negative Emissionen.



Eingespeicherte CO₂-Mengen durch CCS in der Industrie



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Stahl: BECCS

- Gasifizierung von Holzhackschnitzeln on-site für Hochtemperaturwärme sowie als Kohlenstofflieferant (metallurgischer C-Bedarf)

Chemie: BECCS

- Gasifizierung von Holzhackschnitzeln on-site zur Dampfbereitstellung

Prozessbedingt

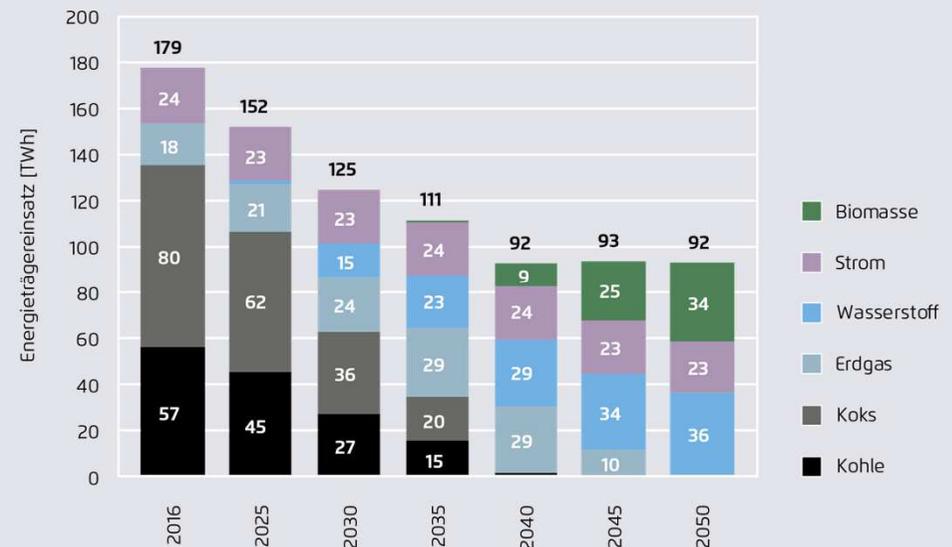
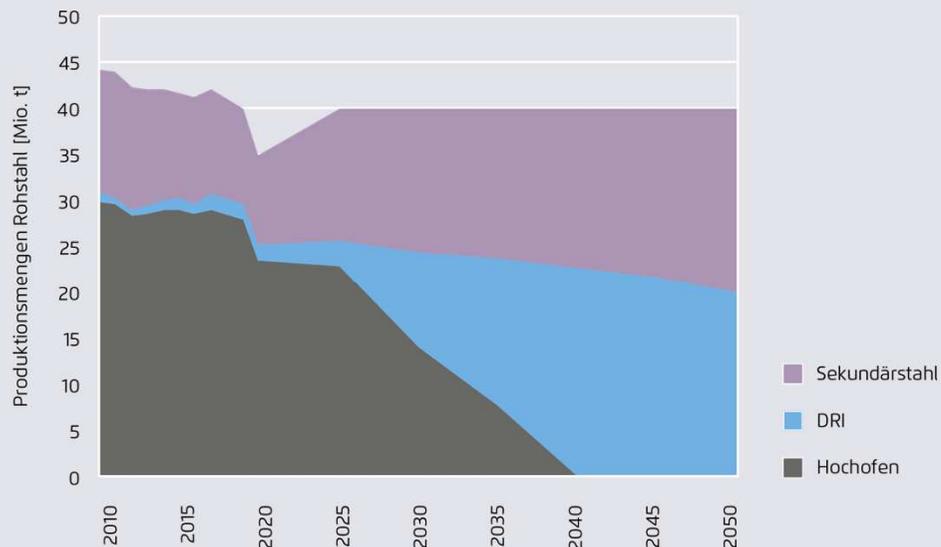
- CO₂ aus Entsäuerung von Kalkstein
- prozessbedingte Teiloxidation von kohlenstoffhaltigen Roh- oder Hilfsstoffen

Energetische Nutzung von Reststoffen

- Einsatz Alternativbrennstoffe (Zement, Kalk)
- Verbrennung von "Rest"-Chemikalien

Die Transformation der Stahlindustrie hin zur Wasserstoffroute wird bereits 2025 eingeleitet, der Kohleausstieg kommt 2040, die Bedeutung der Sekundärstahlroute nimmt leicht zu

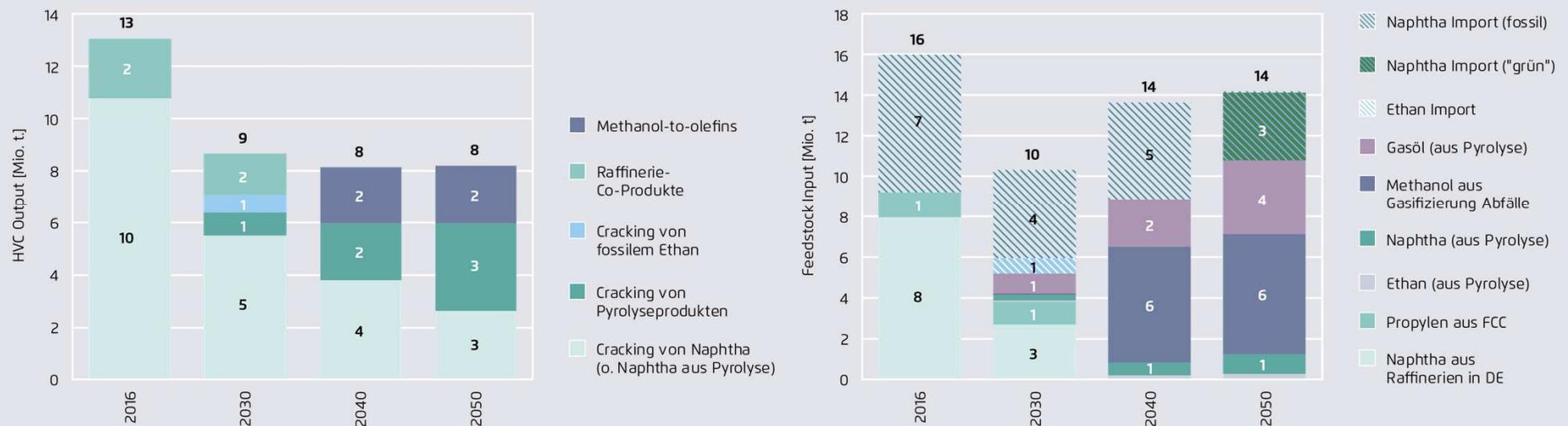
Rohstahlproduktion und Energieträgereinsatz in der Stahlindustrie Deutschlands bis 2050



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Der Rückgang der Raffinerieproduktion stellt die petrochemische Industrie vor die Herausforderung alternative Rohstoffe zu nutzen, Chemisches Recycling kann helfen

HVC-Produktion nach Routen und Feedstock-Einsatz



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

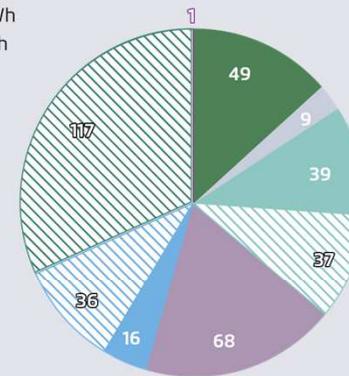
Knapp 400 TWh entspricht der Primärenergieeinsatz in der chemischen Industrie in unserer Studie, das entspricht knapp der Hälfte der VCI Roadmap, die Unterschiede sind erklärbar

Grundstoffchemie: Endenergieverbrauch und Primärenergieverbrauch im Jahr 2050



- Fernwärme
- Strom
- Feste Biomasse
- Wasserstoff**
- Restchemikalien
- Erdgas
- Heizöl
- Braunkohle
- Steinkohle

PEV 2050 gesamt***: 372 TWh
davon inländisch: 181 TWh
[TWh]



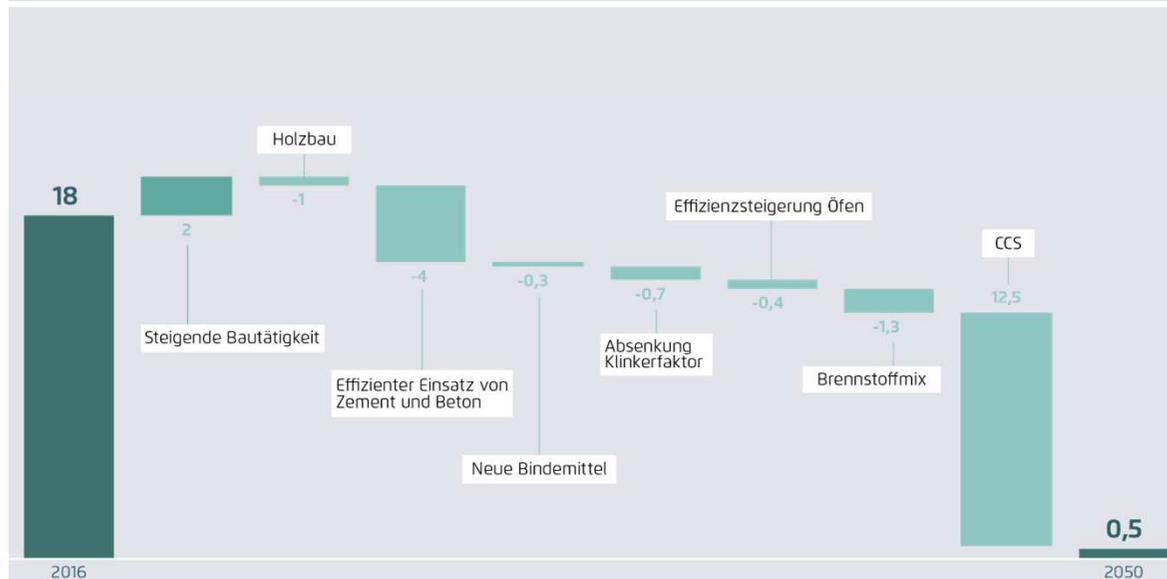
- feste Biomasse (energetische Nutzung)
- Restchemikalien (energetische Nutzung)
- Kunststoffabfälle (inländisch, stoffliche Nutzung)
- Kunststoffabfälle (Import Ausland, stoffl. Nutzung)
- EE-Strom (sonstiger Bedarf)
- EE-Strom für H₂-Elektrolyse (inländisch)
- EE-Strom für H₂-Elektrolyse (importiertes H₂)
- EE-Strom für importiertes grünes Naphtha
- EE-Strom für Pyrolyse (im Ausland)

* 2016: statistische Werte (Quelle: AG Energiebilanzen), restliche Jahre: Modellergebnisse
 ** ohne stoffliche Verwendung von Wasserstoff
 *** Nicht berücksichtigt sind Leitungs- und Speicherverluste im Stromsystem sowie Energieaufwände für den Transport der importierten Energieträger und Stoffe. Kunststoffabfälle, feste Biomasse sowie Restchemikalien werden gemäß ihrem Heizwert eingerechnet.

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Der Bedarf von Zement sinkt durch einen effizienteren Einsatz, der große Hebel ist jedoch langfristig die Nutzung von CCS-Technologien zur Vermeidung von Restemissionen.

Minderungsbeiträge einzelner Strategien in der Zementindustrie (Mio. t. CO-Äq.)



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

- Steigende Bautätigkeit (15% bis 2050)
- Moderater Anstieg Holzbauquote
- Effizienter Einsatz von Beton und Zement als wichtiger Hebel
- Trotz Wegfall von Hüttensand geringfügige Absenkung des Klinkerfaktors durch neue Zemente
- CCS inkl. 1,8 Mio. t biogenes CO₂ (biogene Abfallstoffe, Biomasse)
- Standorte mit CCS und biogenem Brennstoffanteil werden klimaneutral (geringe negative Emissionen)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

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

Philipp.hauser@agora-energiewende.de
stefan.lechtenboehmer@wupperinst.org
clemens.schneider@wupperinst.org

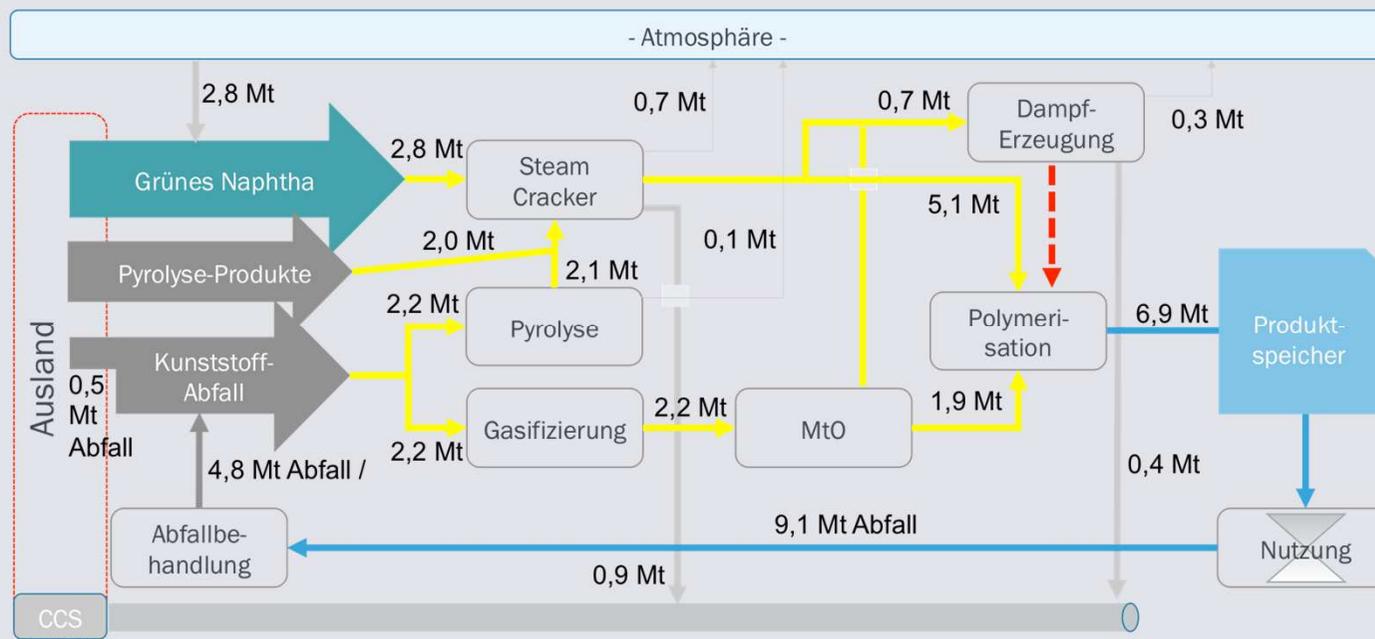
Agora Energiewende und Agora Verkehrswende sind
gemeinsame Initiativen der Stiftung Mercator und der
European Climate Foundation.

Eine Roadmap für die Stahlindustrie enthält stringente politische Rahmenbedingungen, eine initiale CAPEX- und OPEX-Förderung in Kombination mit privatwirtschaftlicher Initiative

- Hochöfen werden ab 2025 nicht mehr neu zugestellt, sondern durch DRI ersetzt und im ersten Schritt mit Erdgas betrieben. Die Sekundärstahlroute wird gestärkt.
- Bis 2030 werden 11 Mio. t DRI-EAF Kapazität mit Investitionen von 8,5 Mrd. € aufgebaut. Unterstützt werden die Projekte mit einer Investitionsförderung aus nationalen und europäischen Innovationsfonds und Konjunkturpaketen.
- Erdgas wird zügig mit bis zu 80% Wasserstoff ersetzt. Der Einstieg in den Wasserstoff beginnt bereits vor 2030 und wird mit einem Contract for Difference abgesichert (OPEX-Förderung).
- Die Refinanzierung der CFDs erfolgt über eine Konsumabgabe auf Stahlprodukte. Zusätzlich übernehmen Premiummarktsegmente grüne Produktfinanzierungen.
- Biomasse wird ab 2030 für die Produktion von Synthesegas (H₂, CO, CO₂) als Kohlenstofflieferanten und Energieträger verwendet. Mit Oxyfuel-Öfen wird Bio-CCS betrieben. Die Stahlindustrie wird somit negative Emissionen aufweisen.
- Alle Primärstahlstandorte werden an eine Wasserstoff- und CO₂-Infrastruktur angebunden.

Defossilisierte Chemie 2050: Chemisches Recycling und grüne Feedstocks machen die chemische Industrie zur CO₂-Senke.

Kohlenstoffkreislauf*) Petrochemie 2050



*) Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich die Mengenangaben auf den Kohlenstoffgehalt in den Produkten.