

prognos

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

Wuppertal
Institut

Agora
Energiewende

Agora
Verkehrswende

Stiftung
Klimaneutralität

Klimaneutrales Deutschland

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

**Marco Wunsch, Inka Ziegenhagen,
Dr. Wiebke Zimmer, Kirsten Wiegmann,
Clemens Schneider**

BERLIN, 10. NOVEMBER 2020



Gliederung

1.	Übergreifende Ergebnisse
2.	Energiewirtschaft und Gebäude
3.	Verkehr
4.	Landwirtschaft und LULUCF
5.	Industrie und CCS

prognos

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

Wuppertal
Institut

Agora
Energiewende

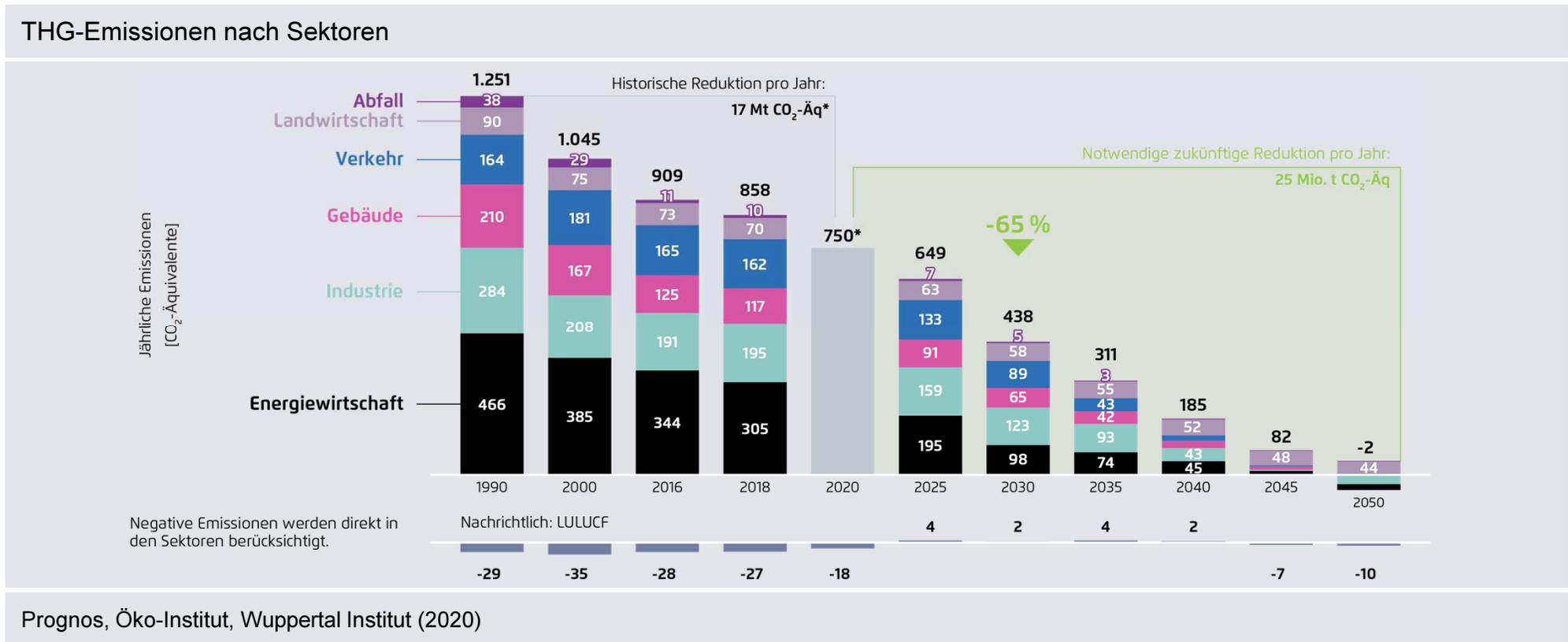
Agora
Verkehrswende

Stiftung
Klimaneutralität

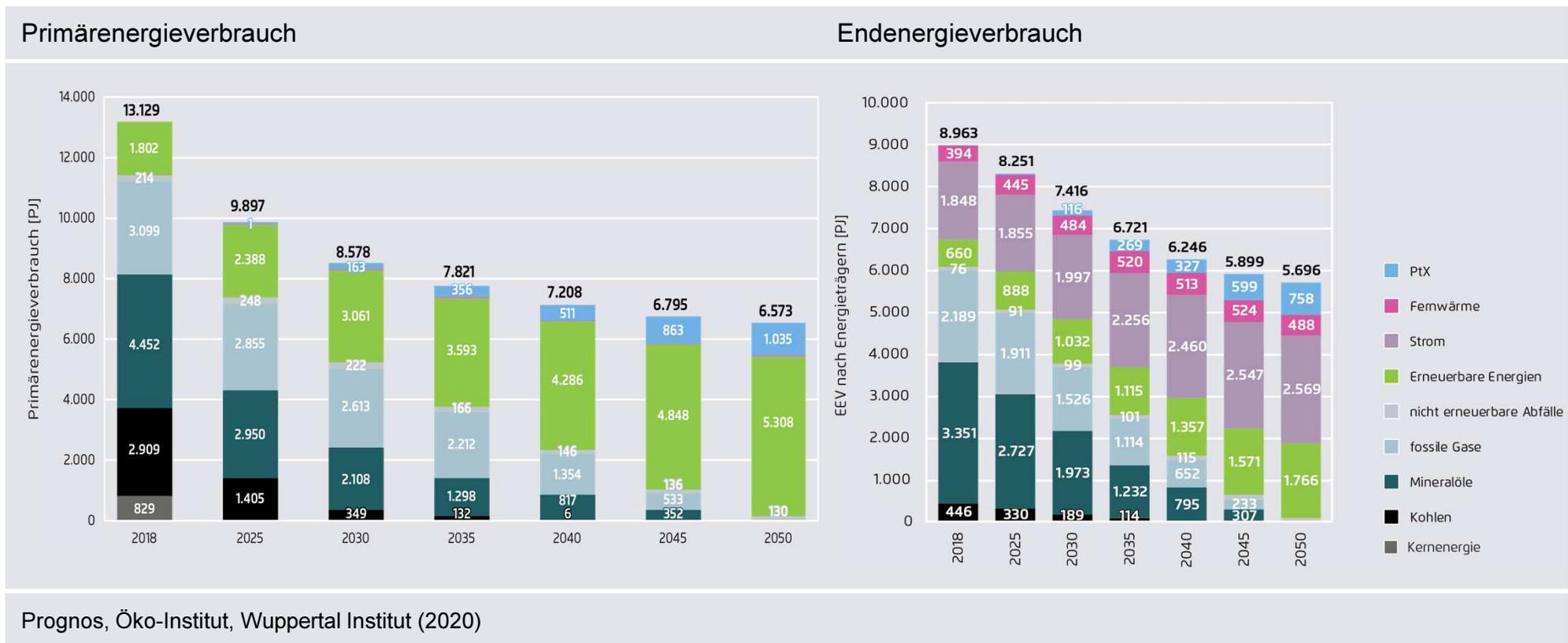
Übergreifende Ergebnisse



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

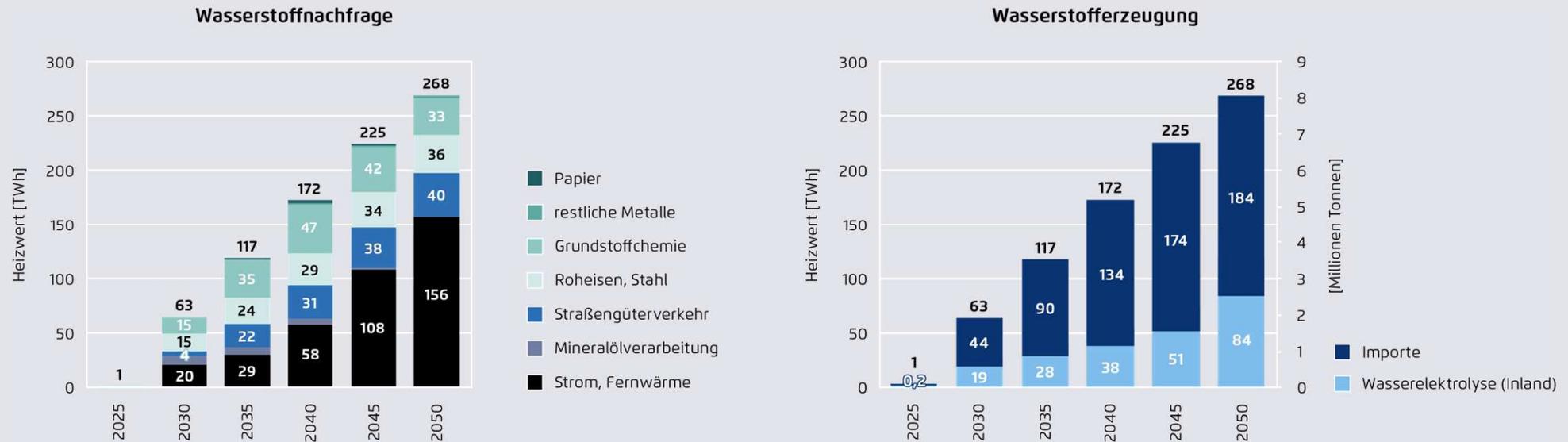


Energieeffizienz, Elektrifizierung und nutzen- und kostenoptimierter Einsatz von Biomasse und synthetischen Energieträgern



Wasserstoff hat ab 2030 bedeutende Rolle bei der Transformation der Industrie und langfristig zur Absicherung des Stromsystems

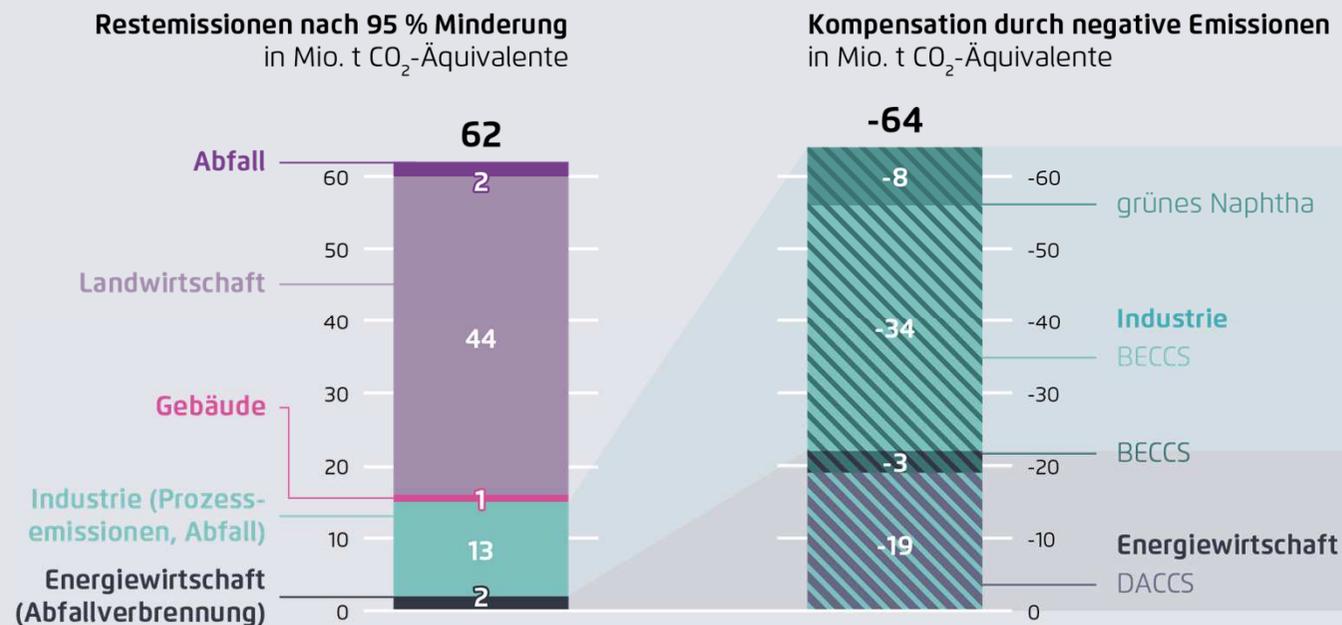
CO₂-freie Wasserstofferzeugung und -nutzung in Deutschland



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Nicht-vermeidbare Emissionen v.a. aus Landwirtschaft und Industrieprozessen werden durch negative Emissionen kompensiert

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

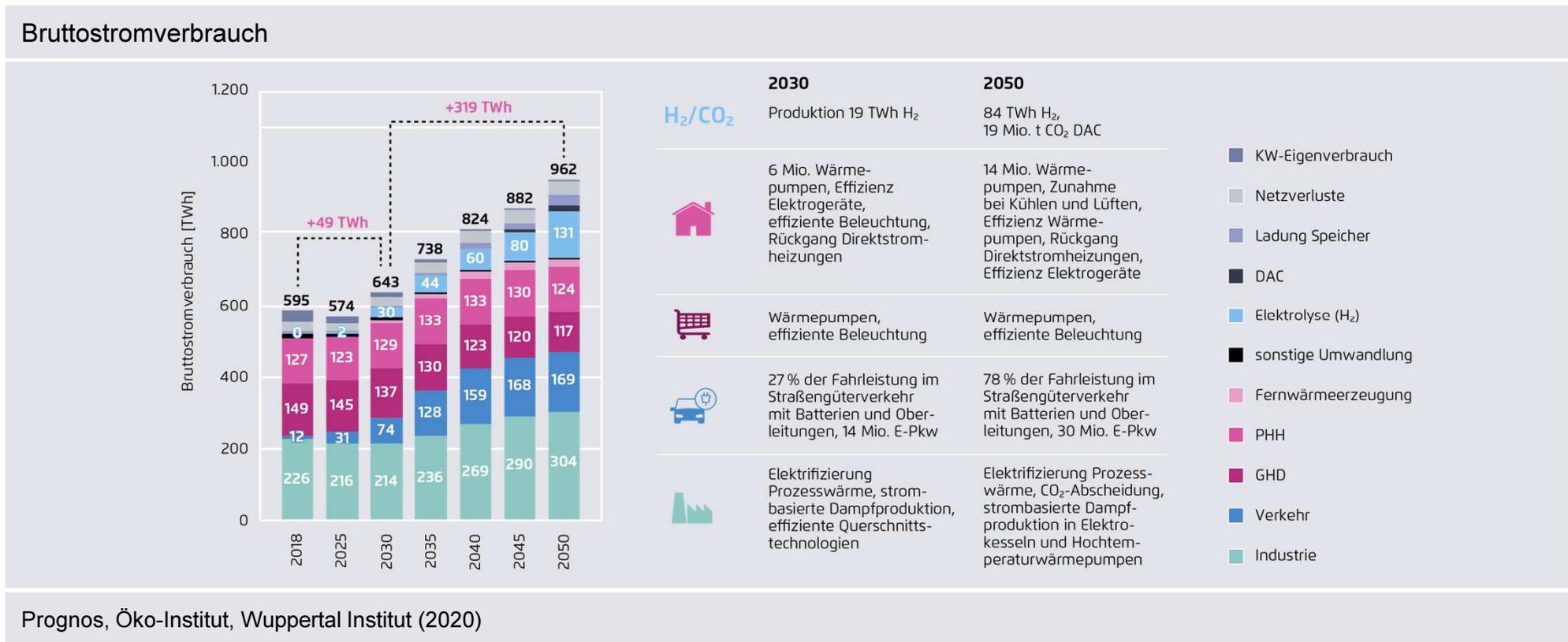
Agora
Verkehrswende

**Stiftung
Klimaneutralität**

Energiewirtschaft

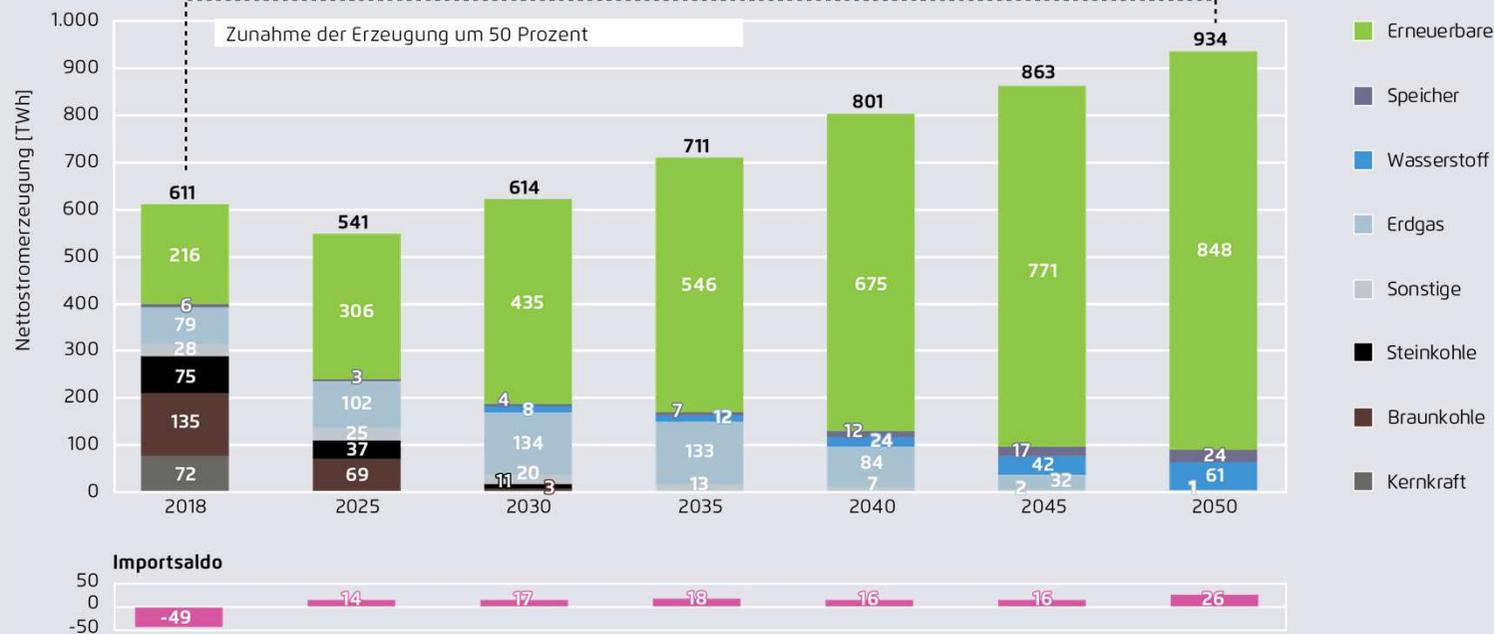


Stromverbrauch steigt bis 2050 um 50% v.a. durch Elektrifizierung von Verkehr, Wärme, Industrie sowie DAC und H₂-Herstellung



Bis 2030 steigt der EE-Anteil auf 70% und Kohleausstieg Langfristig klimaneutrale Stromerzeugung durch EE und H₂

Nettostromerzeugung und Importsaldo

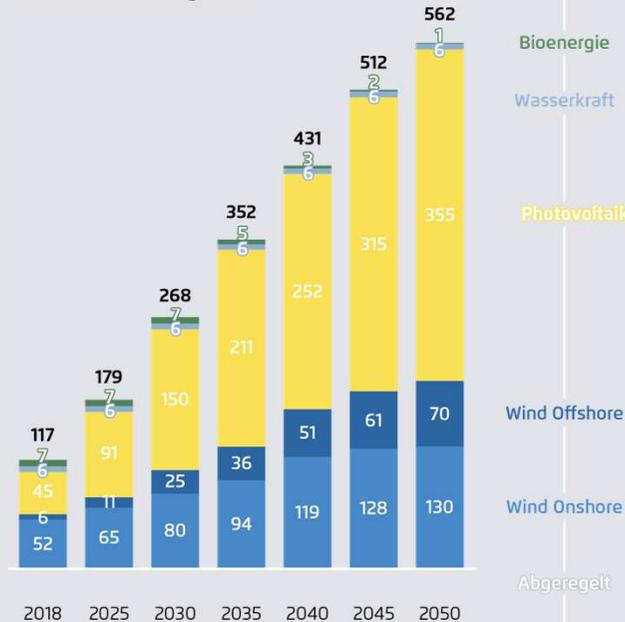


Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

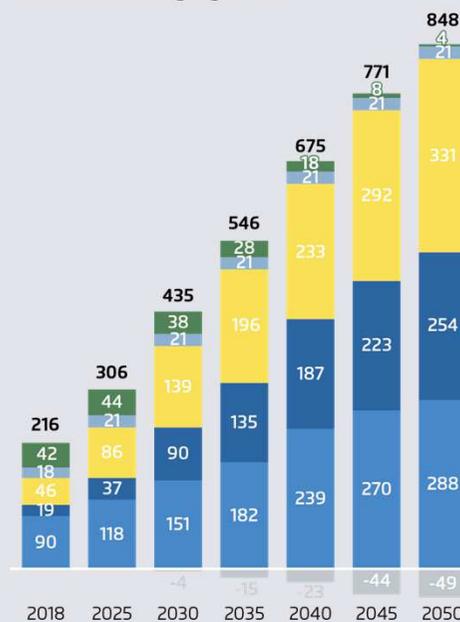
Bis 2030 müssen *jährlich* 10 GW Solar, 5 GW Wind Onshore und 2 GW Wind Offshore errichtet werden.

Erneuerbare Energien

Installierte Leistung in GW



Nettostromerzeugung in TWh



Notwendiger mittlerer jährlicher Ausbau Bruttouzubau, bei 25 Jahren Lebensdauer

2021–2030



Ausbaustärkste 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

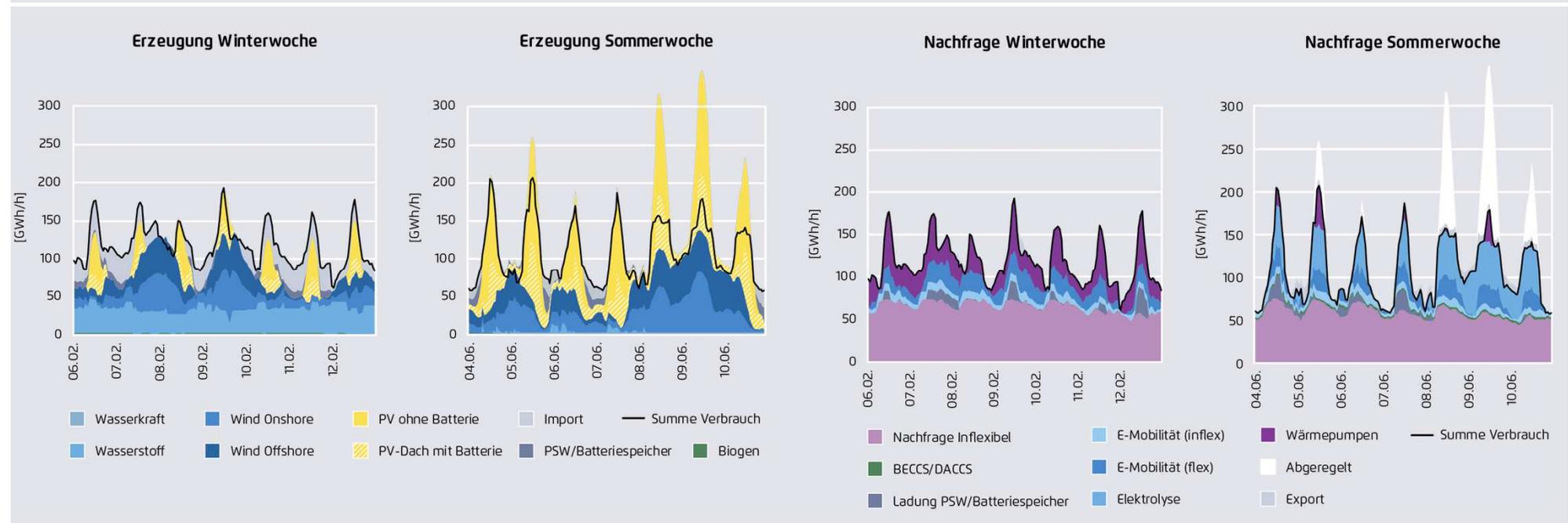
Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

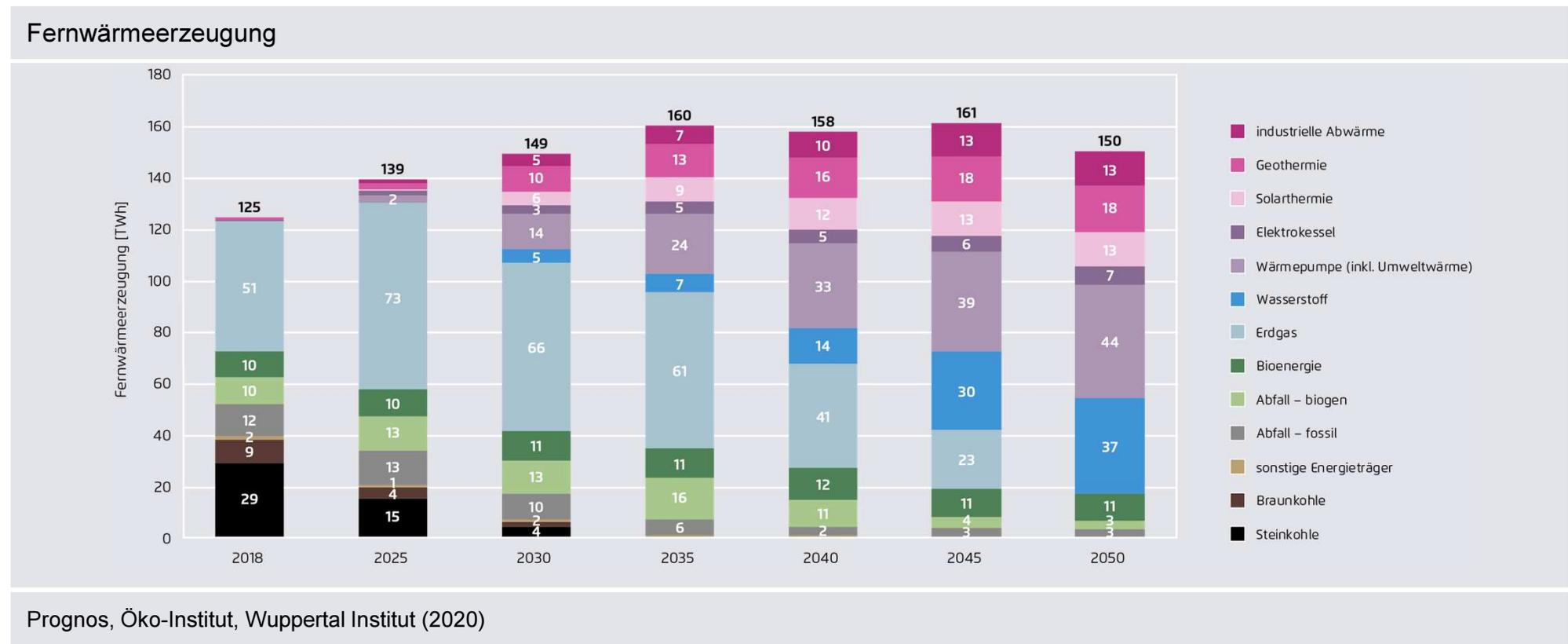
Nachfrageflexibilität, Stromhandel, Batteriespeicher und flexible H₂-Kraftwerke ergänzen hohe fluktuierender Erzeugung

Flexibilität des Stromsystems 2050



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Fernwärmeerzeugung steigt durch Ausbau der Wärmenetze Dekarbonisierung durch Nutzung von EE, Abwärme und H₂



prognos

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

Wuppertal
Institut

Agora
Energiewende

Agora
Verkehrswende

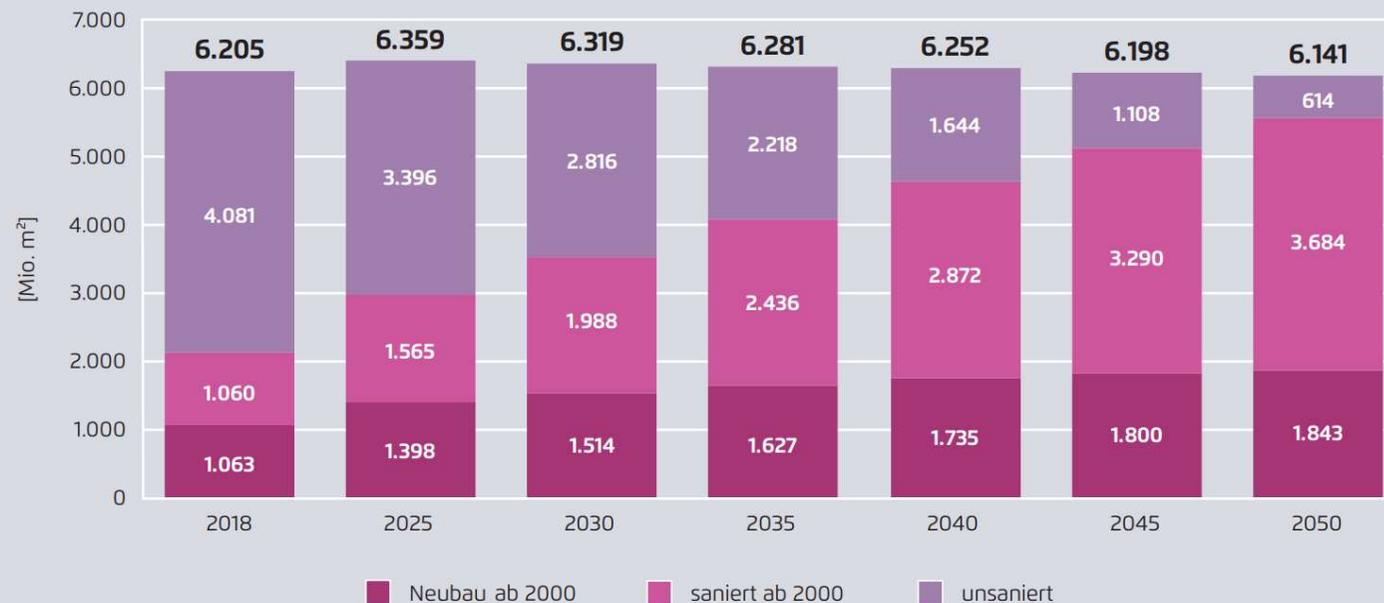
Stiftung
Klimaneutralität

Gebäude



Durch Erhöhung der Sanierungsrate auf 1,6% p.a. und Neubau sind 2050 90 % der Gebäudeflächen auf gutem energetischen Niveau

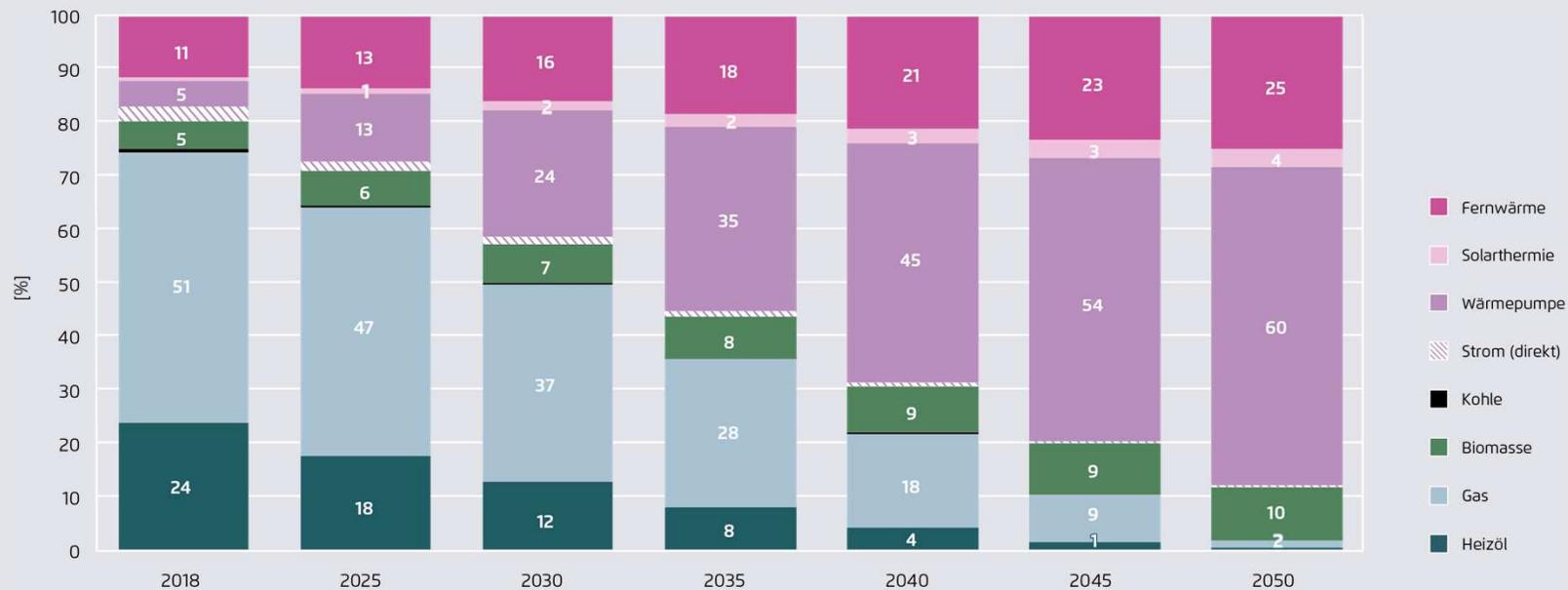
Qualität der Gebäudeflächen (Wohngebäude und Gewerbe)



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Wärmepumpen und Fernwärme lösen Öl- und Gasheizungen als dominierende Heizungen ab, ergänzt durch Holz und Solarthermie

Beheizungsstruktur Wohnfläche



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Endenergieverbrauch für Wärme sinkt um ein Drittel. Nahezu 100% der Wärme werden 2050 klimaneutral bereitgestellt

Gebäudesektor: Endenergieverbrauch für Wärme nach Energieträgern



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

prognos

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

Wuppertal
Institut

Agora
Energiewende

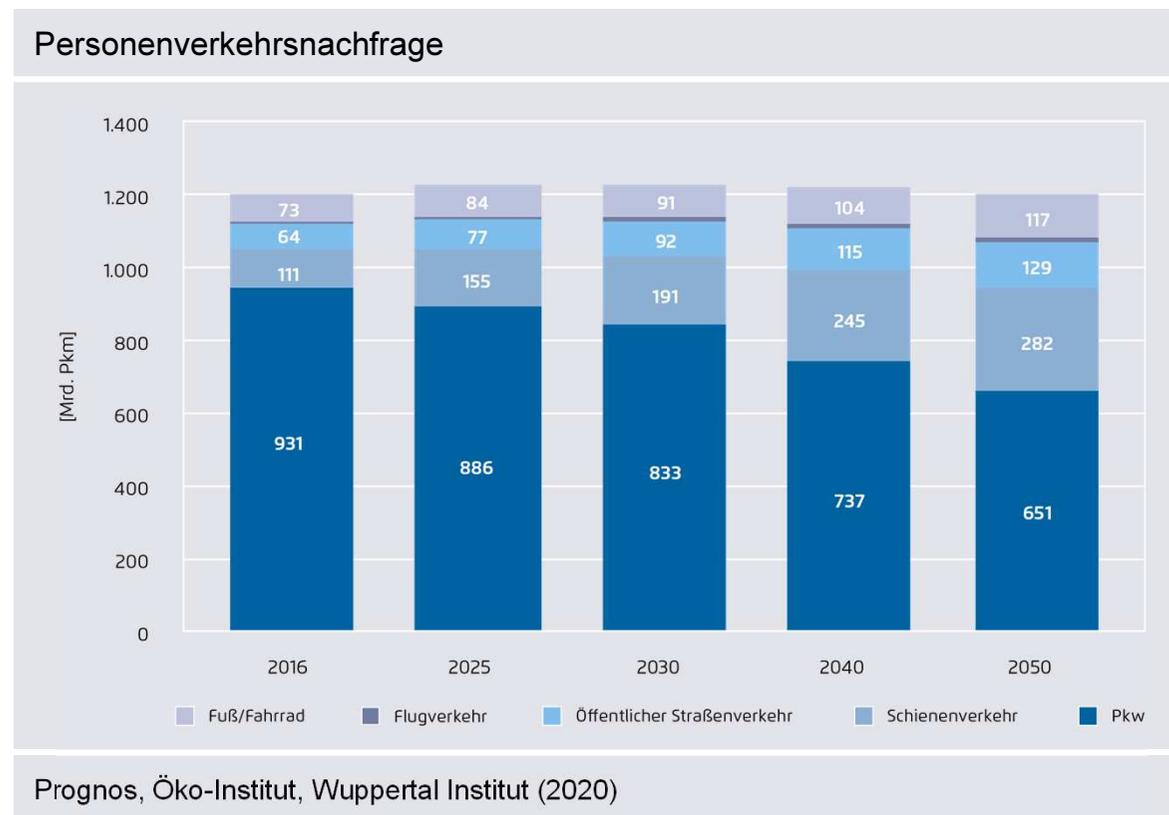
Agora
Verkehrswende

Stiftung
Klimaneutralität

Verkehr

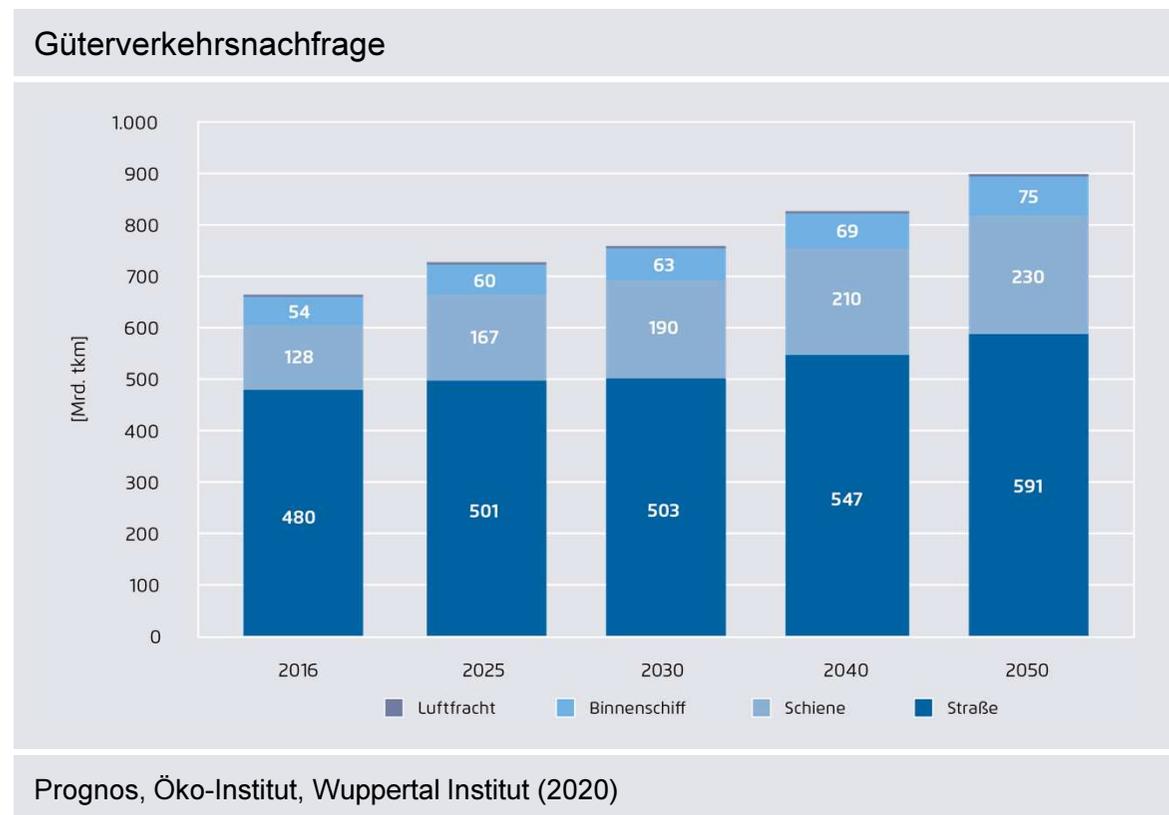


Personenverkehr: Grundlegende Mobilitätswende notwendig



- Personenverkehrsnachfrage verbleibt etwa auf dem heutigen Niveau
- Verdopplung ÖV bis 2035 und deutlicher Anstieg Rad und Fuß
- Durch geteilte Nutzung von Fahrzeugen (Pooling) steigt die Auslastung
- Pkw-Fahrleistung -13% bis 2030 und -40% bis 2050

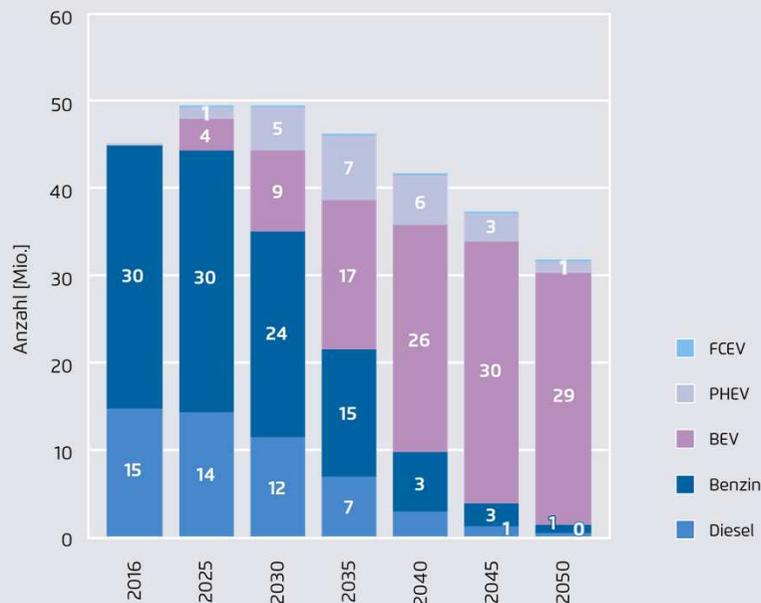
Güterverkehr: Weiter deutliches Wachstum



- Transport von Gütern steigt entsprechend BIP-Entwicklung weiter
- Transportleistungen für die Gütergruppen reduziert, welche in einer klimaneutralen Welt weniger transportiert werden (Bsp. Steinkohle, Braunkohle)
- Anstieg des Schienengüterverkehrs bis 2050 auf 230 Mrd. tkm

Pkw: Verdrängung der Verbrennertechnologie bei den Neuzulassungen bis spätestens 2035

Pkw-Bestand

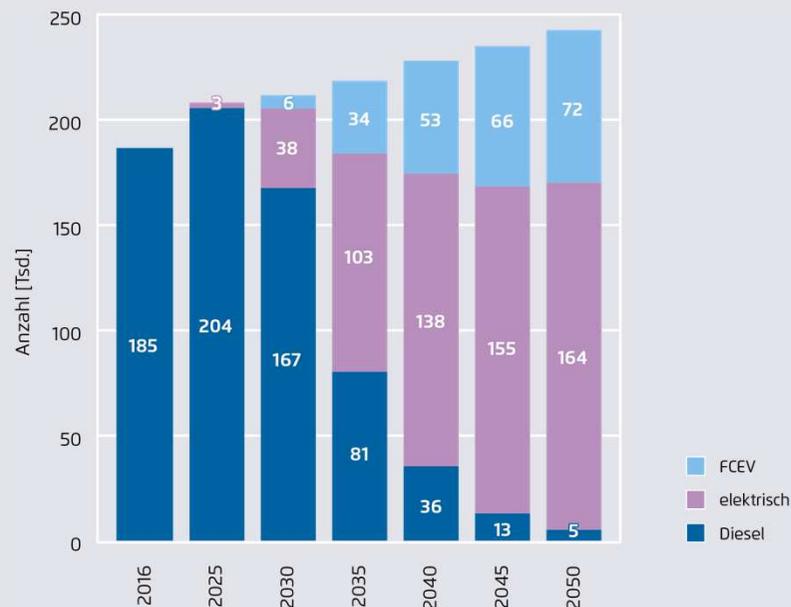


Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

- E-Pkw 2030: Anzahl im Bestand 14 Mio., 4/5 der Neuzulassungen
- Effizienzsteigerung konventionelle Pkw bis 2030 um 28%
- CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw sinken bis 2030 um 75%
- Anzahl Pkw sinkt bis 2050 wg. sinkender Fahrleistung (Verlagerung auf Umweltverbund und Pooling)

Lkw: Technologie-Mix aus E-Lkw, Oberleitungs-Lkw und Brennstoffzellen-Lkw

Bestand Last- und Sattelzüge

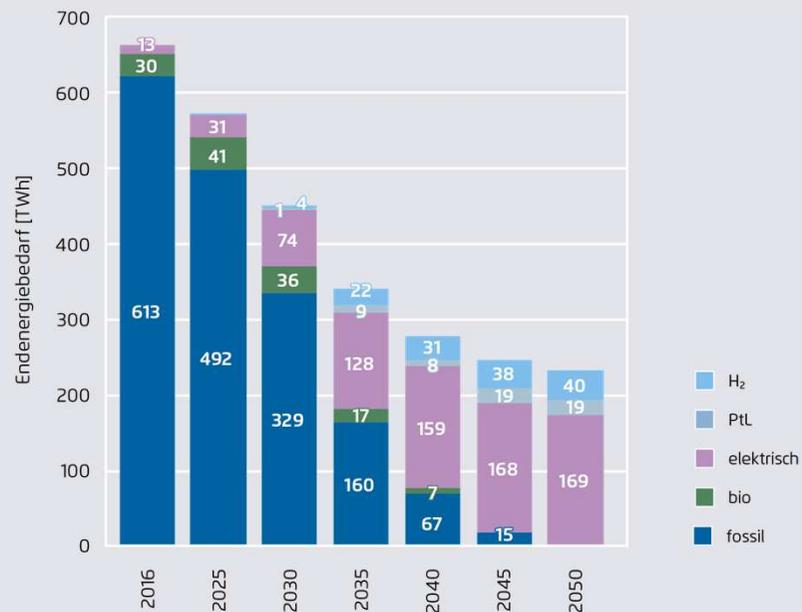


Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

- Im Straßengüterverkehr ist technologische Entwicklung derzeit weniger absehbar als bei den Pkw
- 2030 sind 30% der Fahrleistung elektrisch
- Langfristig Technologie-Mix mit 2/3 der Fahrleistung elektrische Lkw (Oberleitungen und batterieelektrisch) und 1/3 Brennstoffzellen-Lkw

Rückgang der THG-Emissionen auf 89 Mio. t CO₂-Äq. in 2030

Endenergiebedarf national



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Endenergiebedarf

- Rückgang Endenergiebedarf bis 2030 um 32%, bis 2050 um 65%
- CO₂-arme Kraftstoffe: Phase-Out Biokraftstoffe, strombasierte Flüssigkraftstoffe im Luft- und Seeverkehr, Wasserstoff für Brennstoffzellen-Lkw

Treibhausgasemissionen

- Rückgang der THG-Emissionen auf 89 Mio. t CO₂-Äq. in 2030
- Ziel KSG in Höhe von 95 Mio. t CO₂-Äq. in 2030 wird übertroffen
- 2050: Treibhausgas-freier Verkehr

prognos

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

**Wuppertal
Institut**

Agora
Energiewende

Agora
Verkehrswende

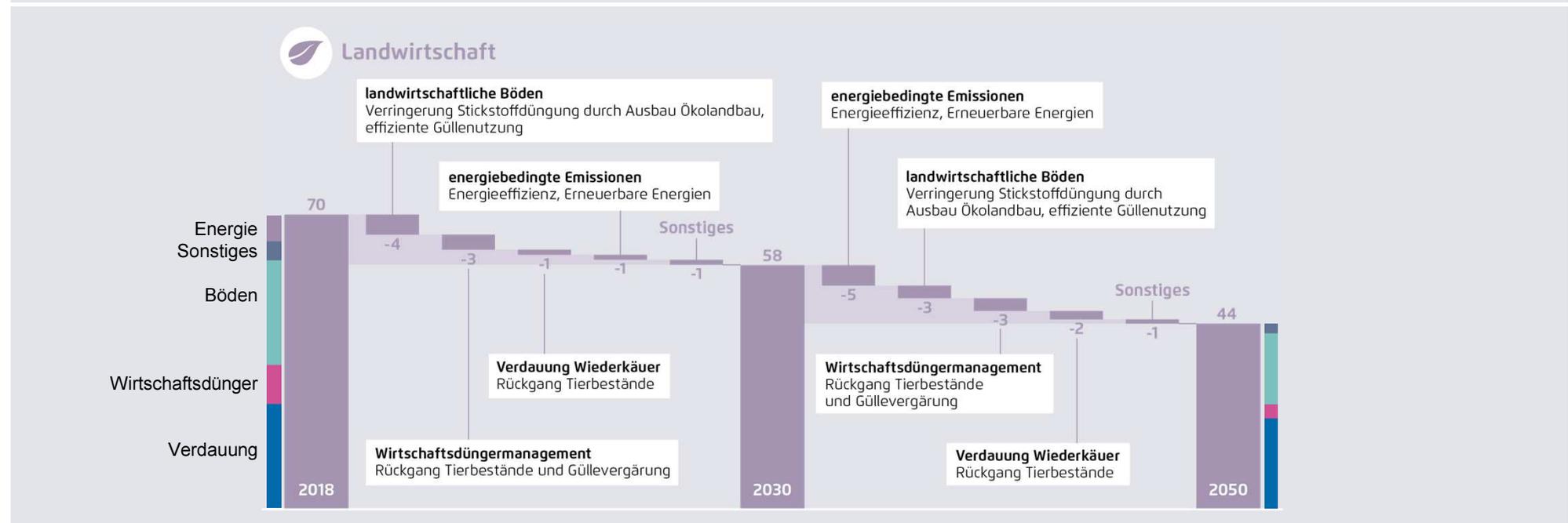
**Stiftung
Klimaneutralität**

Landwirtschaft und LULUCF



Landwirtschaft: begrenzte technische Möglichkeiten darum verbleiben höhere Restemissionen

Emissionen aus der Landwirtschaft (Treibhausgas-Emissionen in Mio. t CO₂-Äq.)



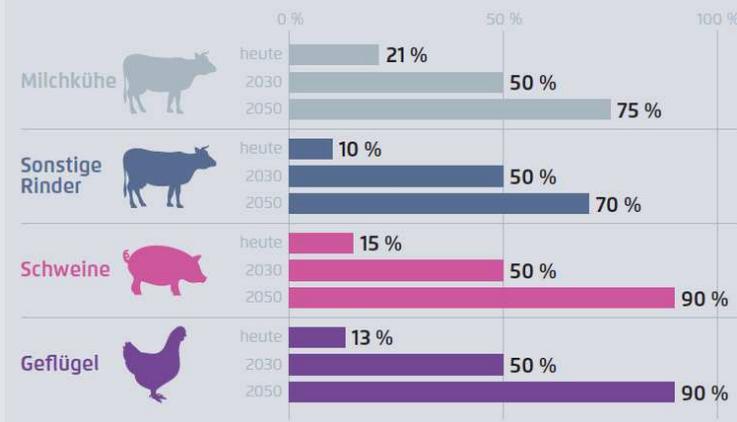
Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Klimaschutz in der Landwirtschaft braucht Fläche: Verringerung der Tierbestände schafft dafür Freiräume

Wesentliche Annahmen des KNDE Szenarios im Landwirtschaftssektor

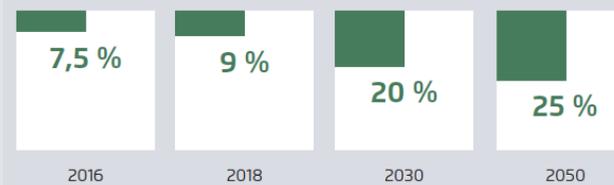
Wirtschaftsdüngervergärung

Anteil des vergorenen Wirtschaftsdüngers am gesamten Wirtschaftsdüngeraufkommen.



Ökolandbau

Anteil des Ökolandbaus an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche.



Entwicklung der Weizenerträge

Dezitonnen pro Hektar



Entwicklung der Milchleistung

Liter pro Kuh und Jahr



Sowie geringerer Konsum von Milch und Fleisch (Trend folgend)

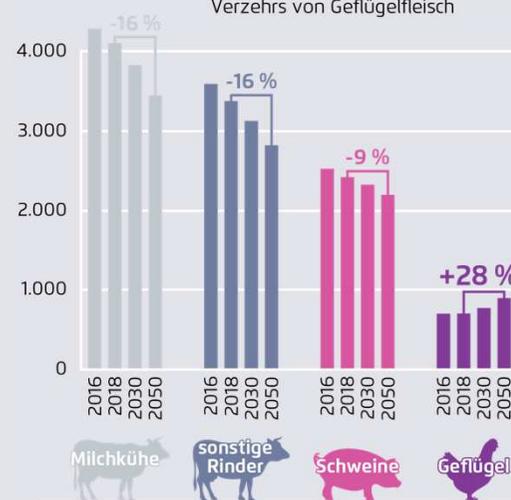
Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Klimaschutz in der Landwirtschaft braucht Fläche: Verringerung der Tierbestände schafft dafür Freiräume

Wesentliche Effekte des Szenarios auf den Landwirtschaftssektor

1 | Tierbestände

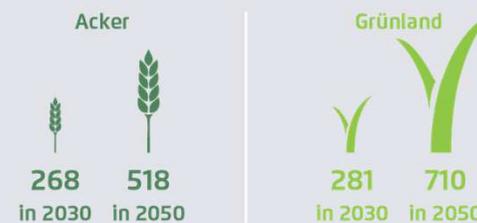
in Großvieheinheiten (GVE*). Fortführung des aktuellen Ernährungstrends: Zunahme des Verzehrs von Geflügelfleisch



THG-Reduktion durch sinkende Methanemissionen aus der Verdauung der Wiederkäuer und geringeren Gülleanfall

2 | Flächenspielräume

aus dem Rückgang der Tierbestände und aus dem sinkenden Flächenbedarf für Futteranbau, in 1.000 Hektar



THG-Reduktion durch Einsatz der Flächen für Wiedervernässung von Mooren und Extensivierung

3 | Reduktion der Stickstoffüberschüsse

Durch einen effizienteren Düngemiteleinsatz sinkt der Stickstoffüberschuss und damit sinken die Lachgasemissionen aus den Böden.

Kilogramm Stickstoff pro Hektar



THG-Reduktion durch Ausweitung des Ökolandbaus, Anbau von Kulturarten mit geringem Stickstoffbedarf, effizientere Wirtschaftsdüngernutzung

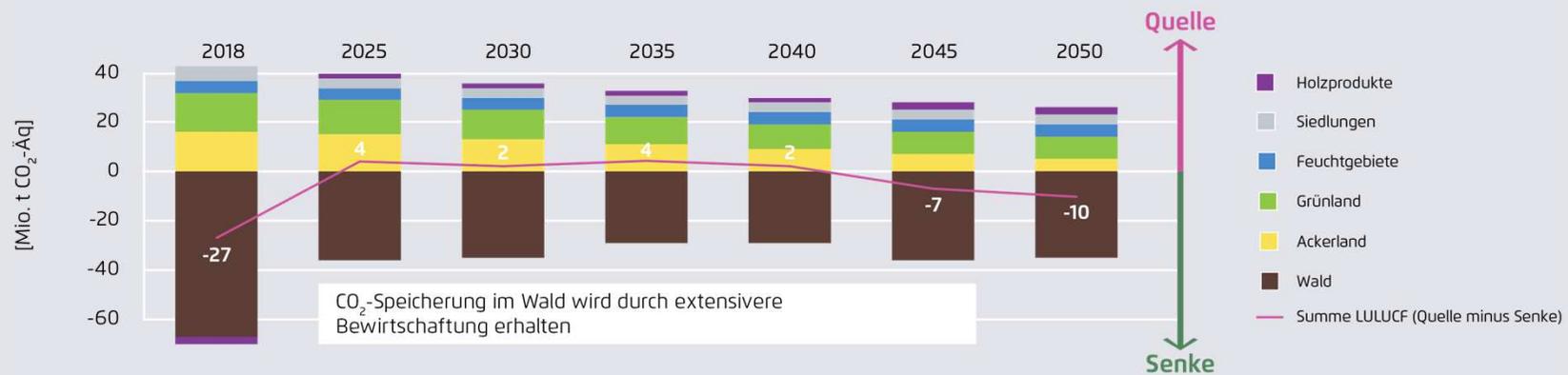
Landnutzung: Nettosenke bleibt erhalten. Waldsenke wird bis 2050 kleiner, auf Moorstandorten wird der Wasserstand erhöht

Emissionen im LULUCF-Sektor

Darstellung des Saldos der Emissionen auf Flächen, die Treibhausgase emittieren (Quellen) oder CO₂ speichern (Senken)

Hohe Emissionen durch Acker- und Grünland auf Moorböden und durch Torfabbau

Wiedervernässung von Moorböden



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Bioenergie: Inländisches Angebot kann Nachfrage decken. Verschiebung von Biogas zu Festbrennstoffen

Inländisches Biomasseangebot für die Energienutzung



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

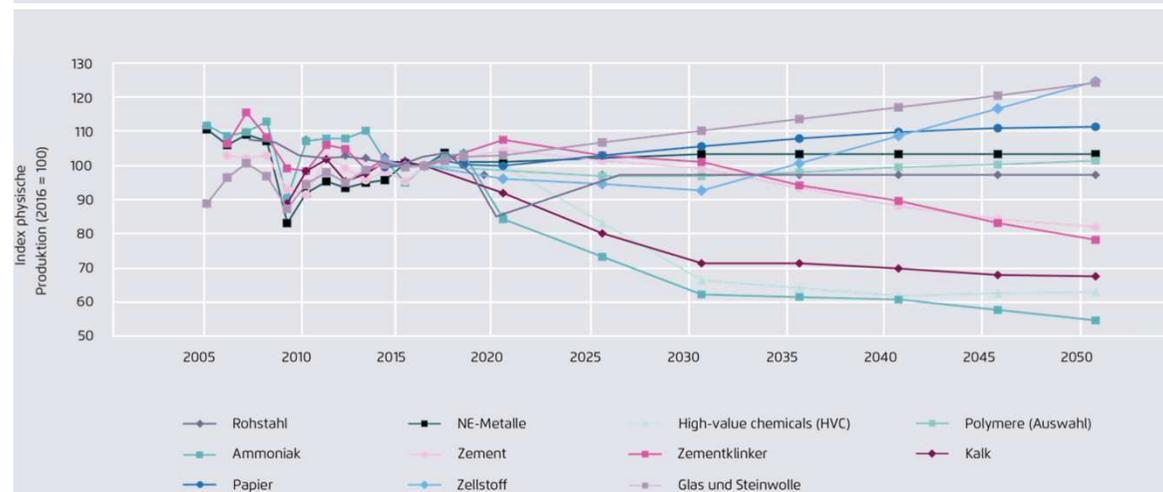
**Stiftung
Klimaneutralität**

Industrie & CCS



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

Produktionsmengenentwicklung ausgewählter Produkte



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

Ausgewählte Mengentreiber

Glas und Steinwolle: Verstärkte Dämmaktivität

Zement und Zementklinker: Baunachfrage, effizienter Materialeinsatz

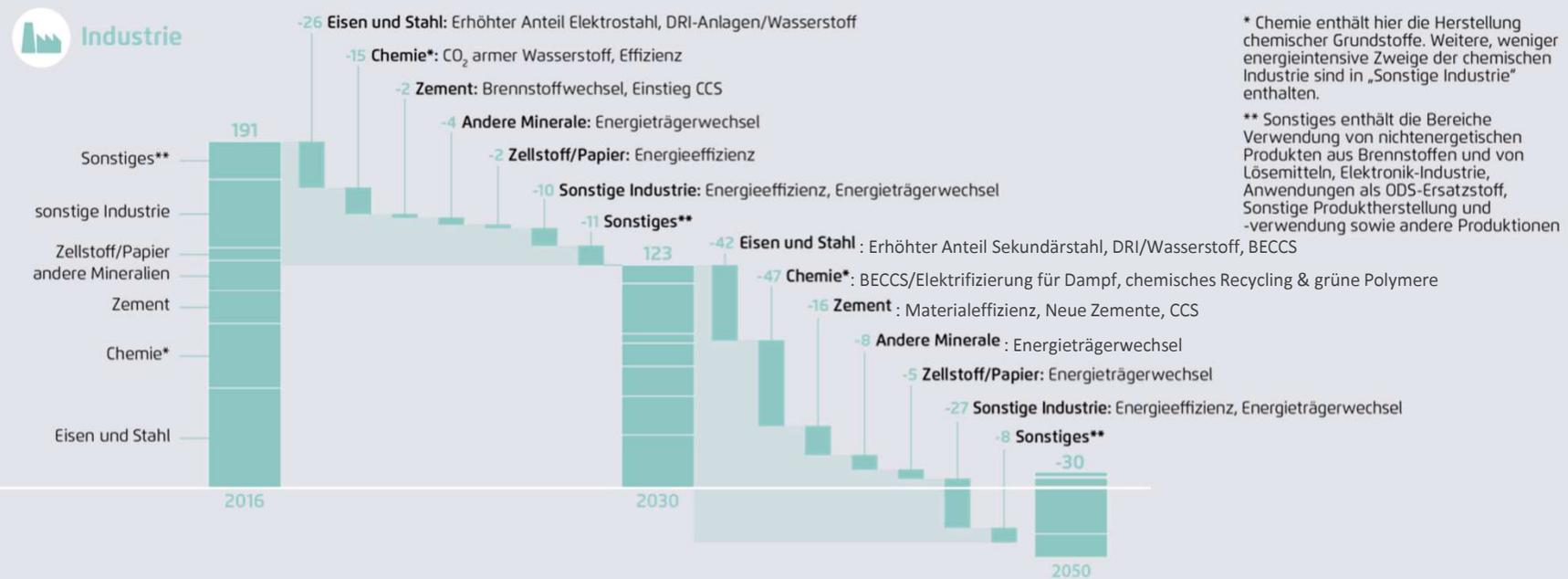
Kalk: sinkende Nachfrage aus Kraftwerkssektor und Primärstahlproduktion

Plattformchemikalien: Wettbewerbsbedingte Verlagerung der Produktion an europäische Küstenstandorte

Ammoniak: Verringerter Düngemiteleinsatz

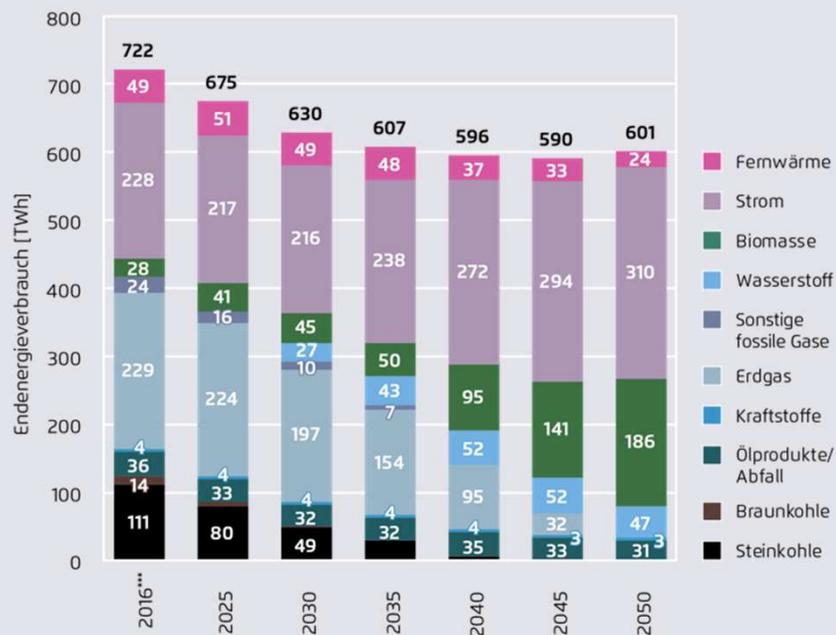
Mit einem schnellen Einstieg in neue Technologien werden 2030-Ziele und langfristige Zukunftssicherheit erreicht.

THG-Minderungen der Branchen und Untersektoren des Emissionsbereichs Verarbeitendes Gewerbe



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

Endenergiebedarf Verarbeitendes Gewerbes (und bauwirtschaftlicher Verkehr)



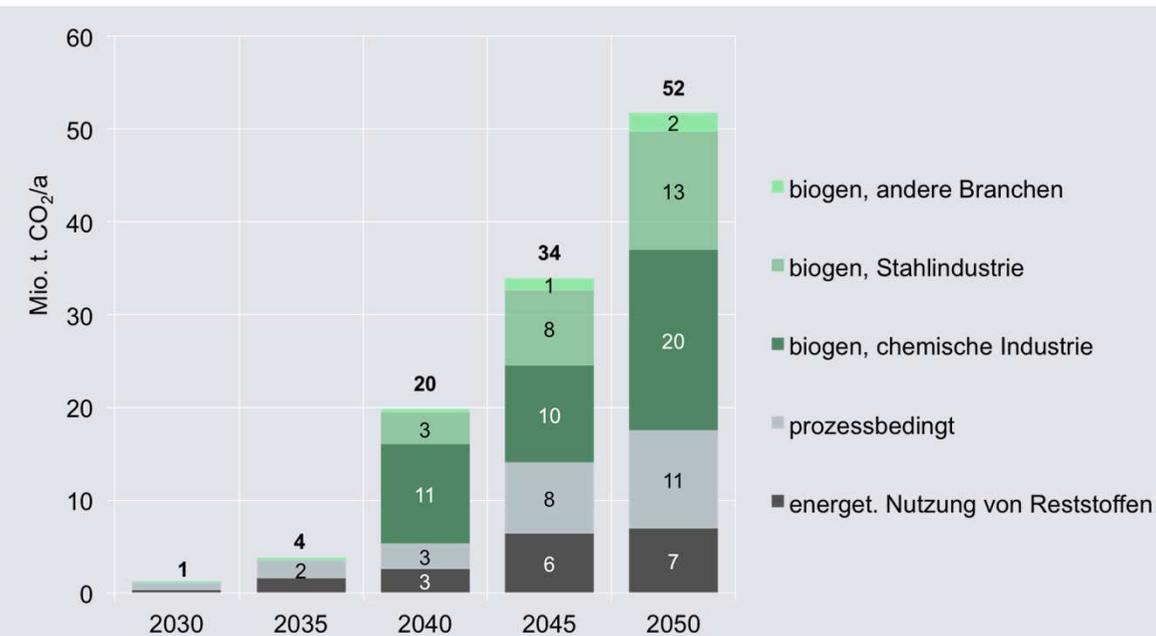
Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2020)

- **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

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

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

marco.wuensch@prognos.com

inka.ziegenhagen@prognos.com

alexandra.langenheld@agora-energiewende.de

matthias.deutsch@agora-energiewende.de

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