



Stiftung
Klimaneutralität

Agora
Energiewende



Agora
Verkehrswende



Klimaneutrales Deutschland 2045

Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann

Übersicht der Ergebnisse

prognos

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

Wuppertal
Institut

Über die Studie

- Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende; durchgeführt von Prognos / Öko-Institut / Wuppertal-Institut
- Baut auf Vorgängerstudie *Klimaneutrales Deutschland* auf, diese hatte Zieljahr 2050
- Auftrag: Klimaneutralitätsziel vor 2050 vollumfänglich für alle Sektoren modellieren
- Studie ist als Wachstums- und nicht als Verzichts-Szenario angelegt: Wahrung von Investitionszyklen und ohne politisch verordnete Verhaltensänderungen, durchschnittliches Wachstum von +1,3% BIP p.a.
- Ziel: Vorlegen eines beschleunigten Pfads in Richtung Klimaneutralität unter Berücksichtigung von Kosteneffizienz und Akzeptanz

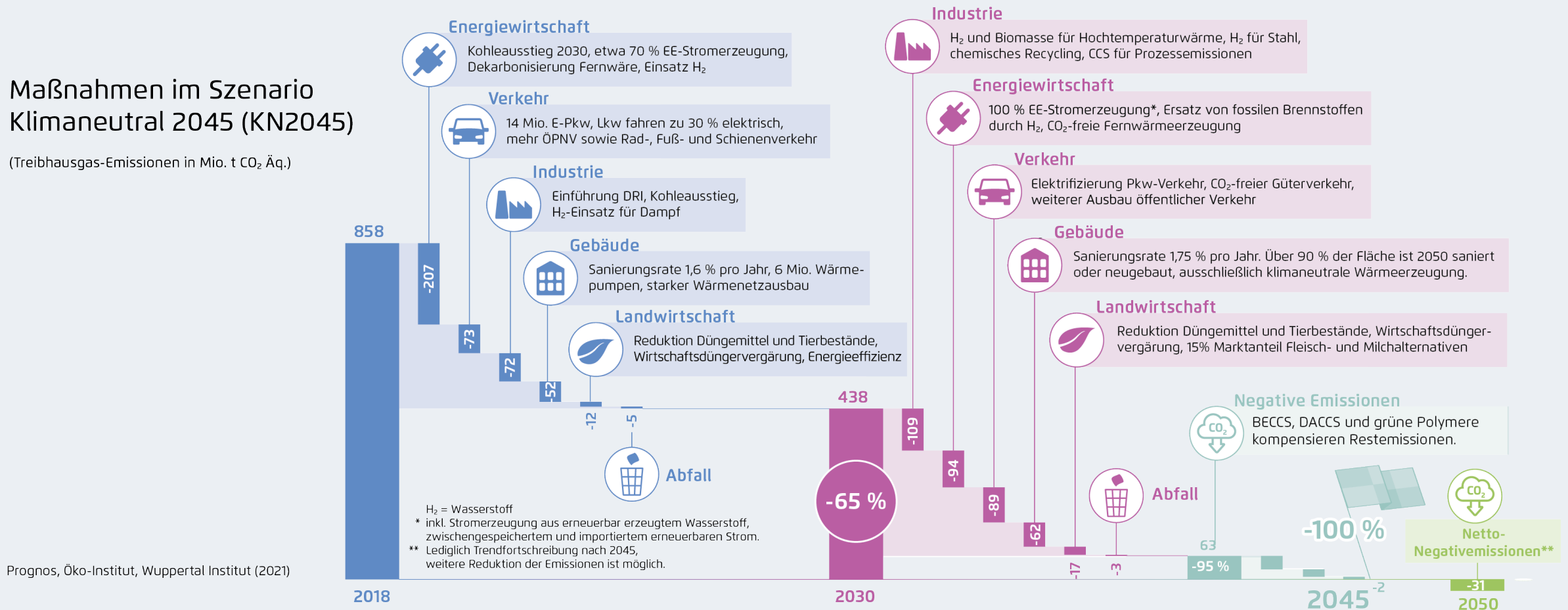
Ergebnisse auf einen Blick

- **Ein klimaneutrales Deutschland ist bereits bis 2045 möglich. Im Vergleich zum Zieljahr 2050 spart das der Atmosphäre knapp eine Milliarde Tonnen CO₂.** Mit einem solchen Ziel würde Deutschland wieder zu einem internationalen Vorreiter beim Klimaschutz und zu einem Leitmarkt und Leitanbieter für Klimaschutztechnologien.
- **Ein Minderungsziel von 65 Prozent bis 2030** ist als Meilenstein auf dem Weg zur **Klimaneutralität 2045** geeignet und schafft die Voraussetzungen für eine beschleunigte Transformation nach 2030.
- **Klimaneutralität 2045 bedeutet mehr Tempo im Strukturwandel.** Beim Ausbau der Erneuerbaren Energien, bei der klimaneutralen Industrie und beim Umstieg auf Wärmepumpen und Elektromobilität wird nach 2030 die Transformation beschleunigt. Agrarwende und Einsatz von CO₂-Abscheidung und -Speicherung werden vorgezogen.

In drei Schritten zur Klimaneutralität

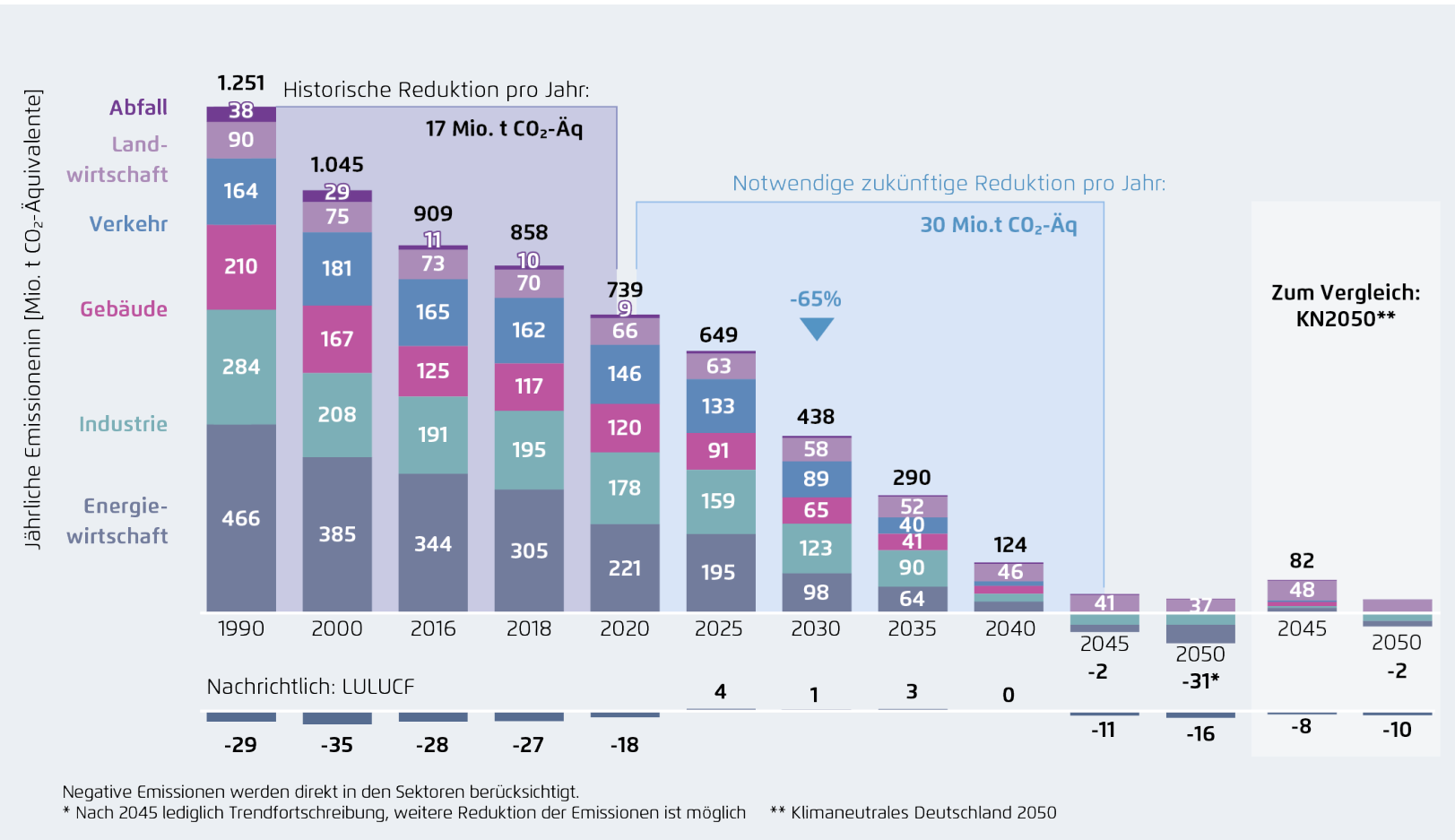
Maßnahmen im Szenario Klimaneutral 2045 (KN2045)

(Treibhausgas-Emissionen in Mio. t CO₂ Äq.)



Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021)

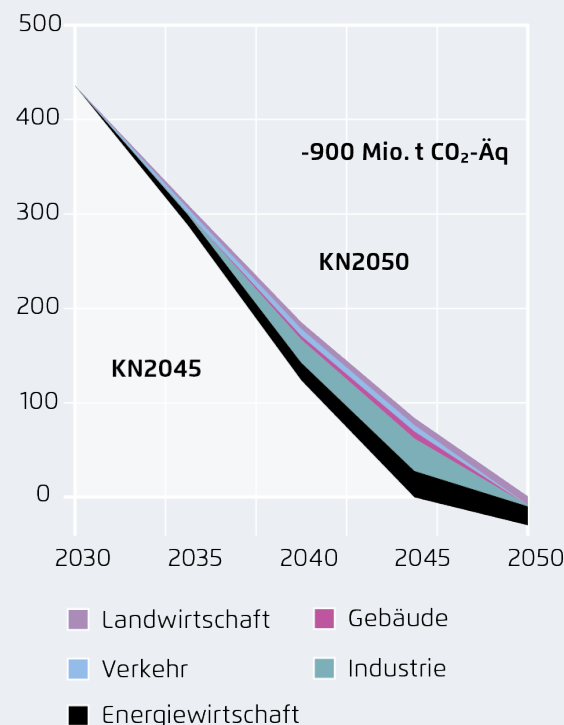
Ab 2045 netto negative Emissionen



- Minderungsziel für 2030 wie in Vorgängerstudie: -65% bis 2030
- Beschleunigung der Reduktion ab 2030; -95% bis 2045 statt 2050
- Früherer Einstieg in Kompensation von Restemissionen
- 2050 insgesamt -30 Mio. t CO₂ Äq negative Emissionen

Klimaneutralität bis 2045 spart fast eine Milliarde Tonnen CO₂-Emissionen

Kumulierte Einsparung THG-Emissionen zwischen den Szenarien KN2050 und KN2045 in Mio. t CO₂-Äq



Maßnahmen: Klimaneutralität fünf Jahre früher schaffen



- Reduktion Tierbestände durch mehr Milch- u. Fleischersatzprodukte
- schnellere Erhöhung des Ökolandbau auf 25 %
- Ausweitung Moorwiedervernässung und Erhöhung der Biodiversitätsflächen



- keine neuzugelassenen Verbrenner-Pkw und Plug-In-Hybride ab 2032
- Bestand Pkw und Lkw in 2045 nahezu ohne Verbrenner
- PtX für Binnenschifffahrt bereits ab 2031



- schnellerer Ausbau von Wärmepumpen und Wärmenetzen
- Austausch aller fossilen Heiztechnologien bis 2045
- Erhöhung der Sanierungsrate auf 1,75 %



- Beschleunigung Ausbau CCS-Infrastruktur
- Beschleunigung Bereitstellung Biomasse für BECCS
- schnellerer Energieträger-Shift hin zu Strom und Wasserstoff

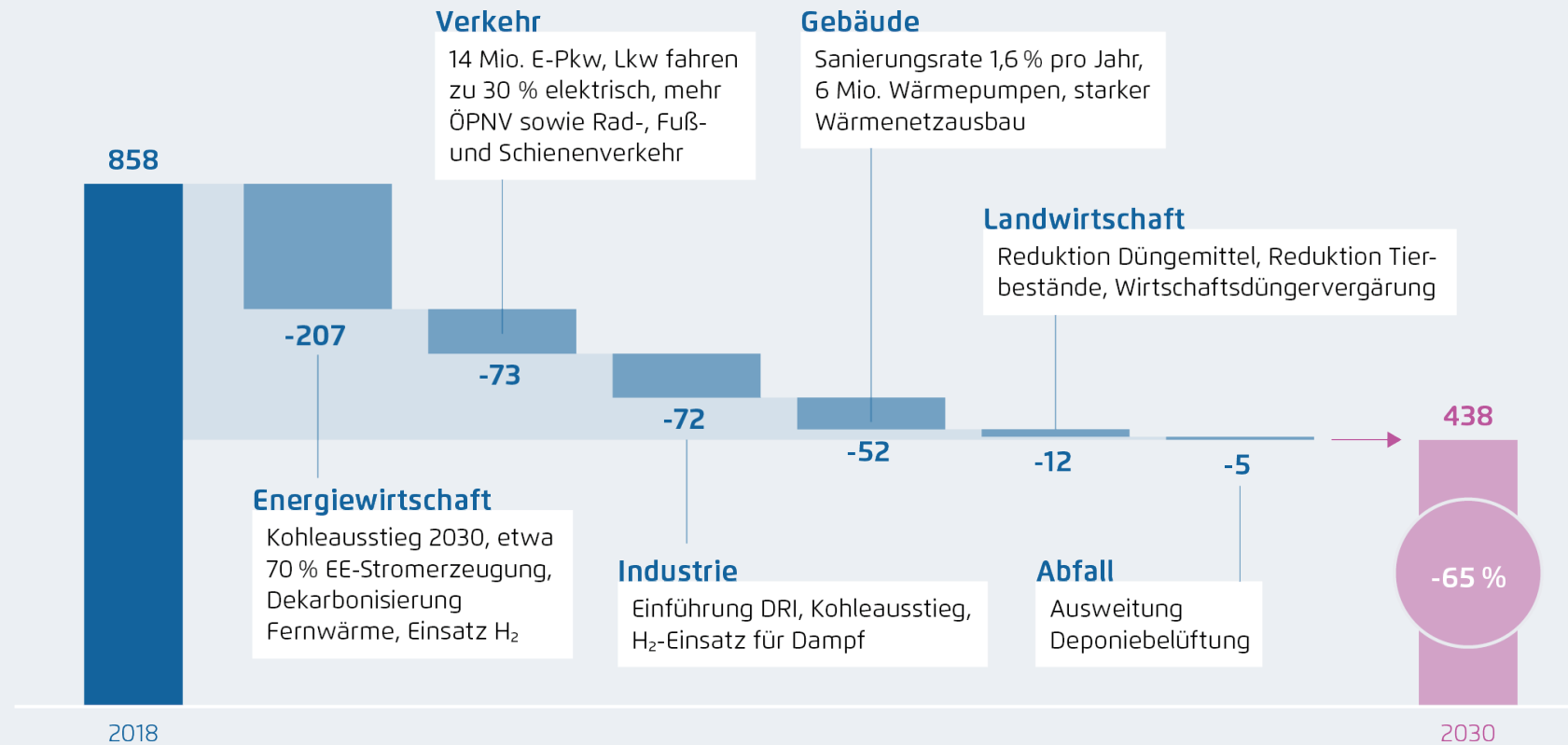


- beschleunigter und leicht höherer EE-Ausbau ab 2030
- höhere Negativemissionen durch DACCS
- beschleunigter Ersatz von Erdgas durch Wasserstoff
- höhere inländische Wasserstoffproduktion

In drei Schritten zur Klimaneutralität

Schritt 1: -65% THG bis 2030

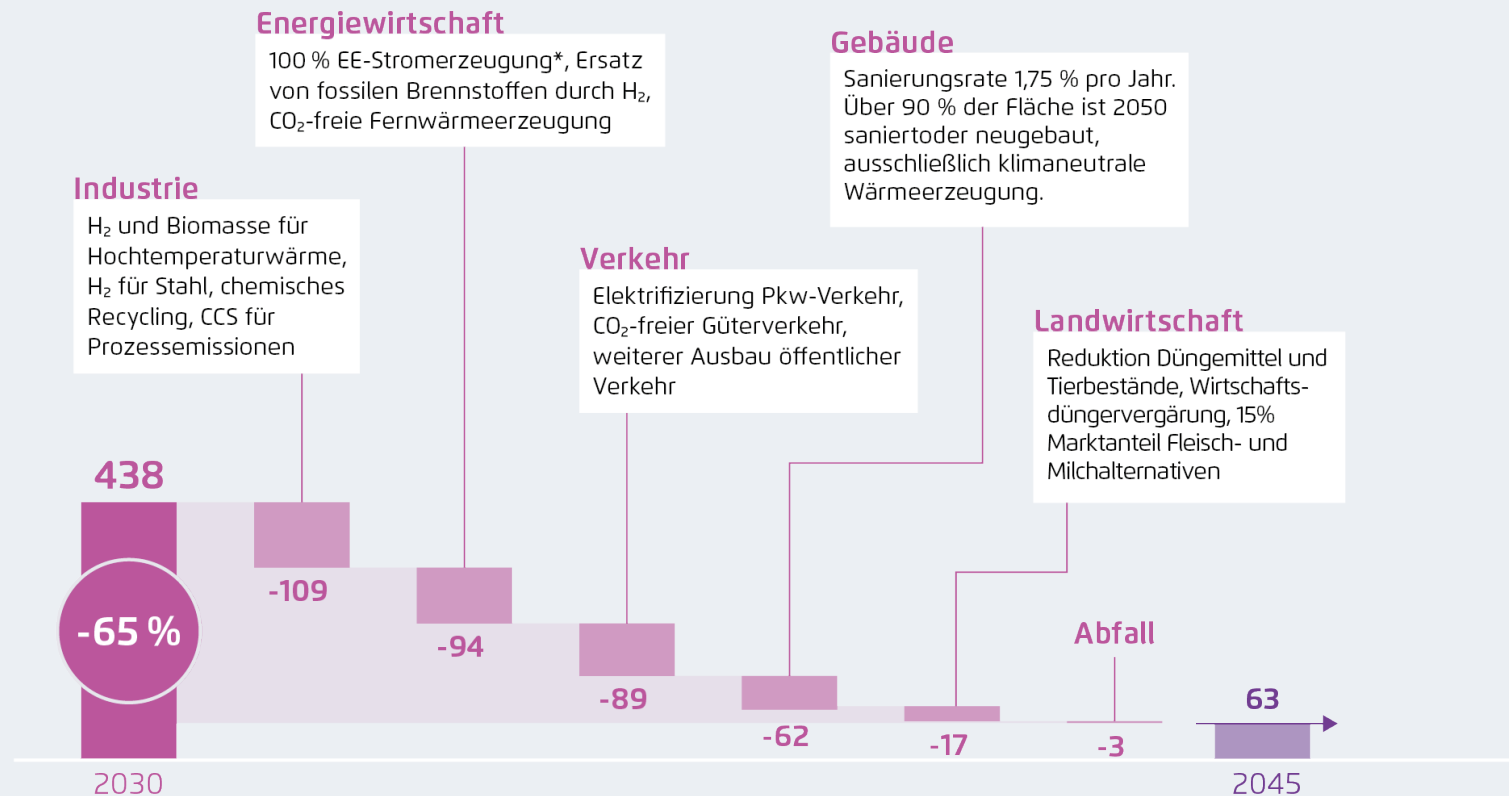
65 Prozent Minderung bis 2030 (Treibhausgas-Emissionen in Mio. t CO₂-Äq)



In drei Schritten zur Klimaneutralität

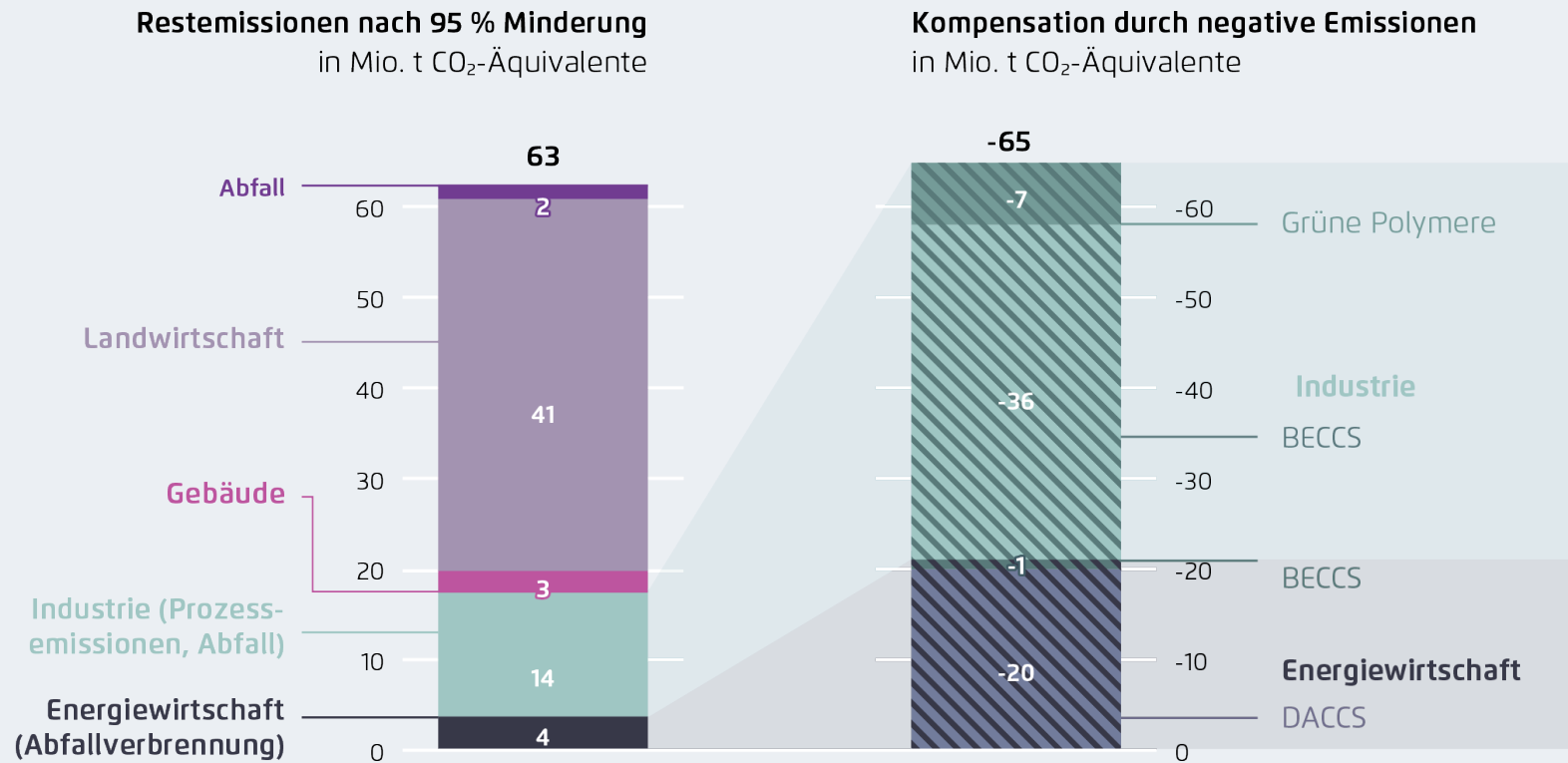
Schritt 2: -95% THG bis 2045

95 Prozent Minderung bis 2045 (Treibhausgas-Emissionen in Mio. t CO₂-Äq)



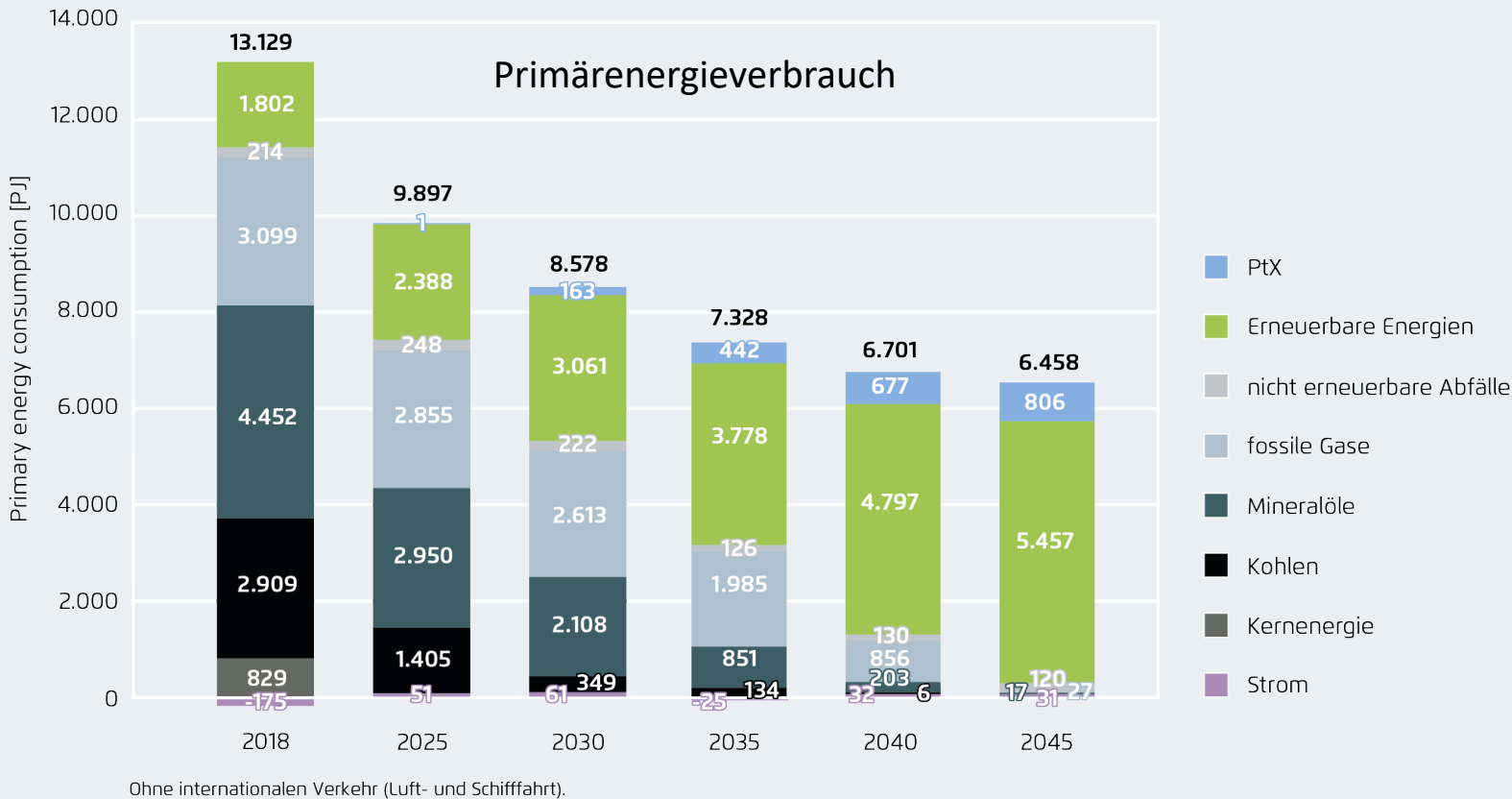
In drei Schritten zur Klimaneutralität

Schritt 3: Negativemission



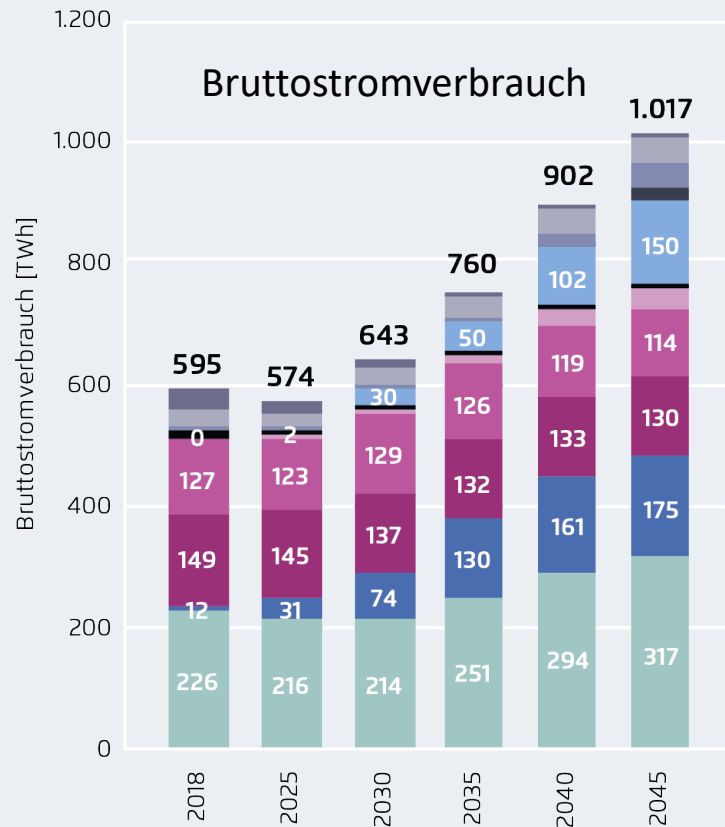
- *Bioenergy with Carbon Capture and Storage (BECCS):* Abscheidung und geologische Lagerung von CO₂ aus Biomasseverbrennung
- BECCS-Einsatz konzentriert in Hochtemperaturwärme für Industrie via fester Biomasse
- *Direct Air Carbon Capture and Storage (DACCS):* direkte CO₂-Abscheidung aus der Luft mit anschließender Einlagerung
- Grüne Polymere binden jährlich 7 Mio. t CO₂ Äq
- Netto-Emissionsniveau von minus 30 Millionen Tonnen CO₂-Äq 2050

Effizienz, Erneuerbare und Elektrifizierung halbieren den Primärenergieverbrauch



- Halbierung des Primärenergieverbrauchs gegenüber 2018
- Sinkende Umwandlungsverluste dank Windenergie und PV
- Höhere Effizienz durch Elektrifizierung mit Wärmepumpen und E-Mobilität
- Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch: 36 Prozent 2030, 85 Prozent bis 2045
- Importe von Wasserstoff und weiteren synthetisch erzeugten Energieträgern stellen 2045 in etwa 12 Prozent

Umfassende Elektrifizierung erhöht trotz Effizienzsteigerungen den Stromverbrauch



H₂/CO₂



2030

Produktion 19 TWh H₂

5,6 Mio. Wärmepumpen, effiziente Elektrogeräte, effiziente Beleuchtung, Rückgang Direktstromheizungen

Wärmepumpen, effiziente Beleuchtung

25% der Fahrleistung im Straßengüterverkehr mit Batterien und Oberleitungen, 14 Mio. E-Pkw

Elektrifizierung Prozesswärme, strombasierte Dampfproduktion, effiziente Querschnittstechnologien

2045

96 TWh H₂,
20 Mio. t CO₂ DAC

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

Wärmepumpen, effiziente Beleuchtung

80% der Fahrleistung im Straßengüterverkehr mit Batterien und Oberleitungen, 36 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

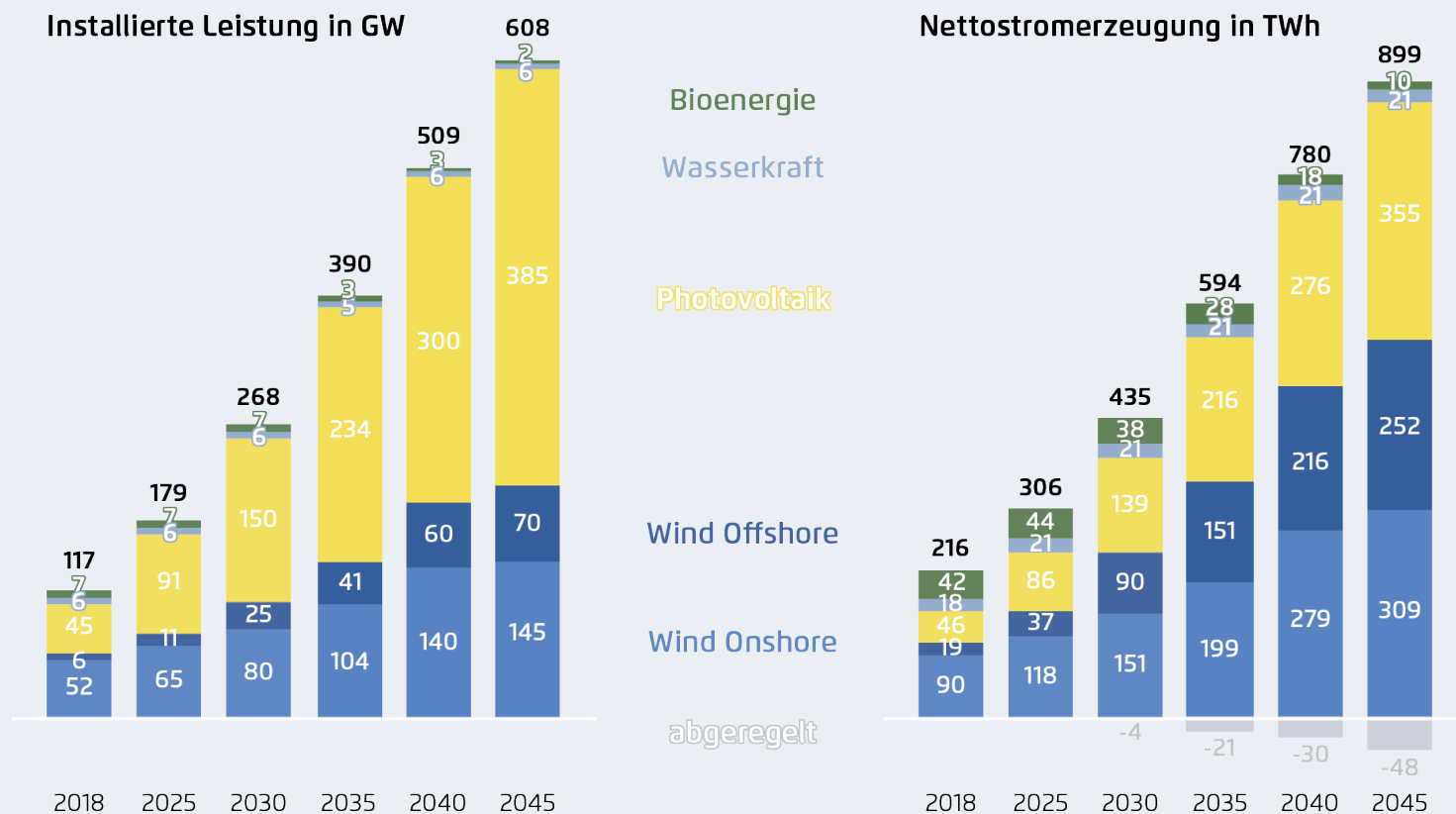
GHD

Verkehr

Industrie

KW = Kraftwerk. DAC = Direct Air Capture.
PHH = Private Haushalte. GHD = Gewerbe, Handel, Dienstleistungen.
Verbrauch von Speichern (brutto) beinhaltet Pumpspeicher und stationäre Batteriespeicher in der öffentlichen Versorgung.
Der Stromverbrauch von Heimbatterien in Kombination mit PV-Systemen wird hier nicht berücksichtigt.

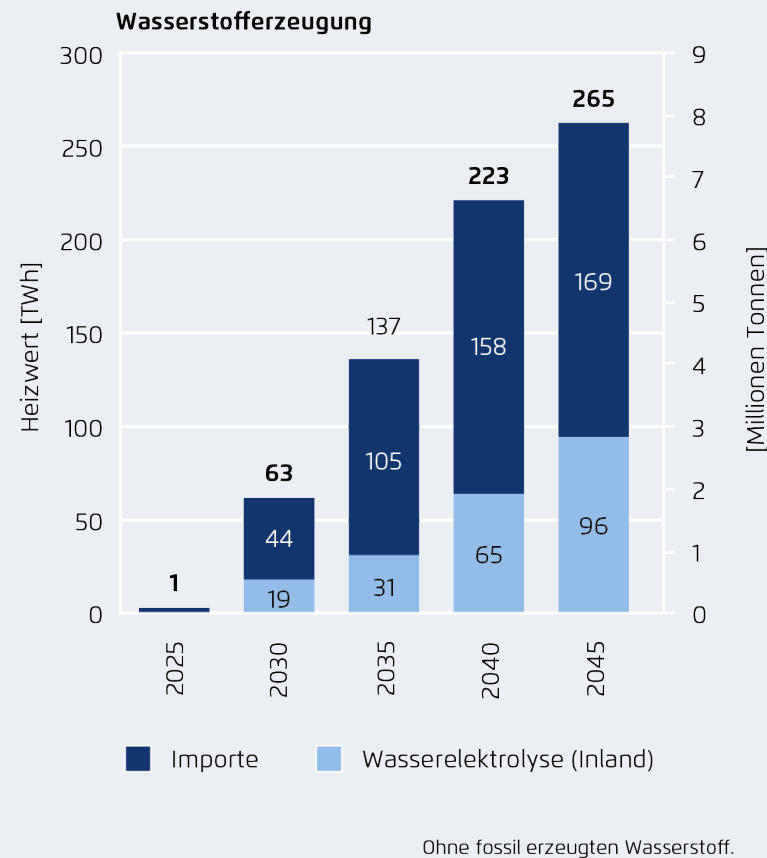
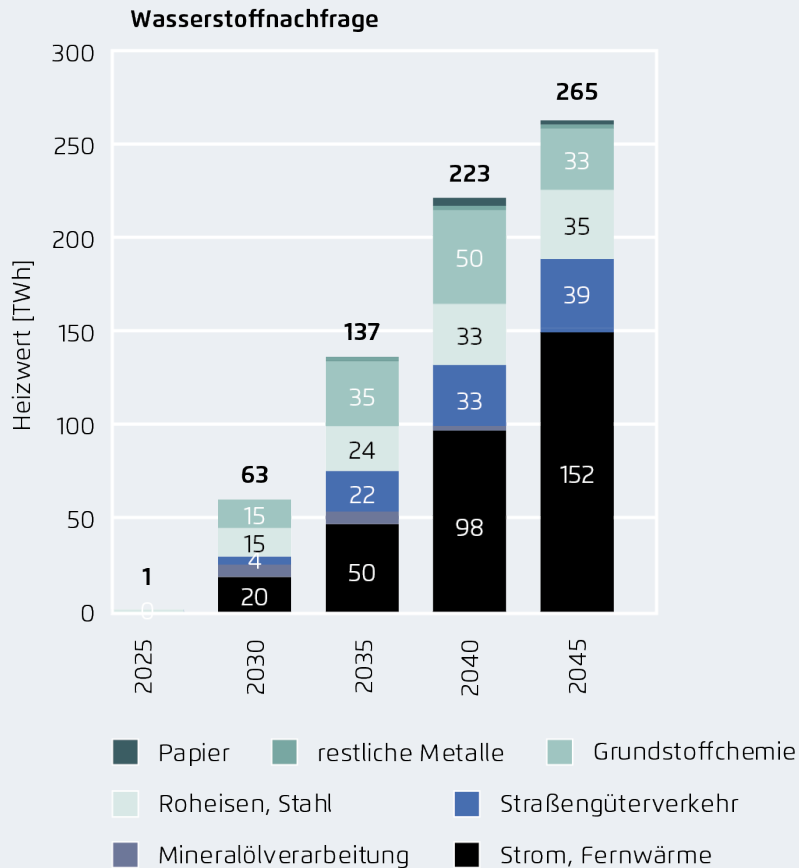
Deutschland erreicht 2045 über 600 GW Erneuerbare – davon fast zwei Drittel PV



* Inkl. Stromerzeugung aus erneuerbar erzeugtem Wasserstoff, zwischengespeichertem und importiertem erneuerbaren Strom

- Beschleunigte Klimaneutralität erfordert schnelleren EE-Ausbau
- Höhere Erzeugung und installierte Leistung, da Effizienzmaßnahmen z.T. nicht weiter beschleunigbar
- Im Jahr 2045 sind in der Vorgängerstudie folgende Kapazitäten installiert: 128 GW Onshore Wind, 61 GW Offshore Wind, 315 GW PV
- Im Zieljahr 2050 sind in der Vorgängerstudie folgende Kapazitäten installiert: 130 GW Onshore Wind, 70 GW Offshore Wind, 355 GW PV

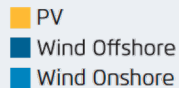
Wasserstoff und Derivate konzentriert in Strom, Industrie und Verkehr



- Wasserstoffnachfrage 265 TWh in 2045, 40 TWh mehr als im selben Jahr der Vorgängerstudie
- Zwei Drittel des Wasserstoffbedarfs werden importiert
- Kein Wasserstoff in der dezentralen Gebäudewärme
- Alle Bedarfe an PtL-Kraftstoffen werden importiert, insgesamt 158 TWh
- PtL Nutzung im int. Flugverkehr (103 TWh) und Industrie (35 TWh)
- Gesamtmenge an Wasserstoff und PtL ist 422 TWh in 2045

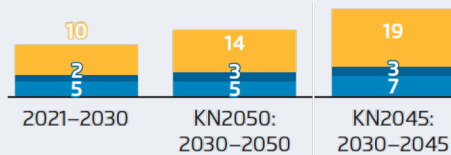
Wesentliche Hebel für mehr Tempo

Energiewirtschaft



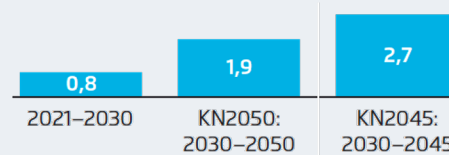
Erneuerbare Energien

Mittlerer Bruttozubau pro Jahr in GW

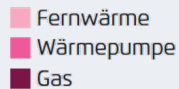


Wasserelektrolyseure

Mittlerer Bruttozubau pro Jahr in GW

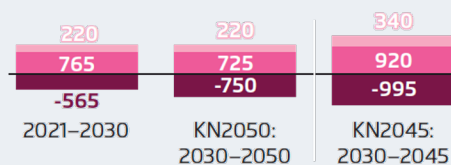


Gebäude



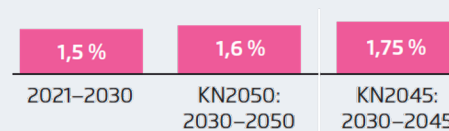
Wärmeversorgung Gebäude

angeschlossene Wohnungen pro Jahr in 1.000 Stück



Gebäudesanierung

Mittlere Sanierungsrate pro Jahr

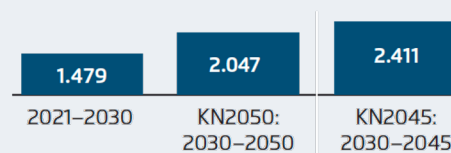


Verkehr



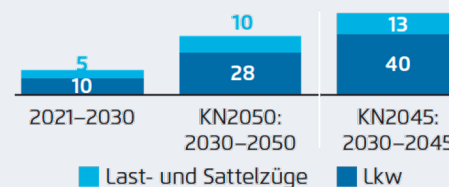
Neuzulassungen E-Pkw

Mittlere Anzahl pro Jahr in 1.000 Fahrzeugen



Bestand E- und H₂-Nutzfahrzeuge

Mittlerer Zuwachs pro Jahr in 1.000 Fahrzeugen



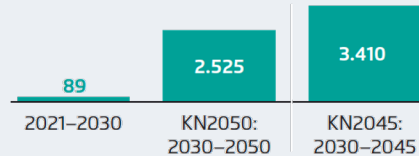
- Jährlicher Wind- & PV-Ausbau erreicht knapp 30 GW zwischen 2030 und 2045
- Fast 50% schnellerer Elektrolyseur-Zubau ab 2030
- Erhöhung der Sanierungsrate von 1,6% auf 1,75% jährlich
- Ein Drittel mehr Wohnungen ersetzen Gasheizung durch Fernwärme und Wärmepumpen
- Mehr Neuzulassungen und E-LKW durch beschleunigte Antriebswende

Wesentliche Hebel für mehr Tempo

Industrie

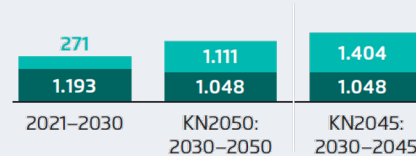


CO₂-Abscheideleistung Mittlerer Zuwachs pro Jahr in 1.000 Jahrestonnen



Zement und Stahl

Mittlere Umstellung pro Jahr in
1.000 Jahrestonnen Kapazität



■ Zementöfen mit Carbon Capture
■ DRI-Anlagen Stahl

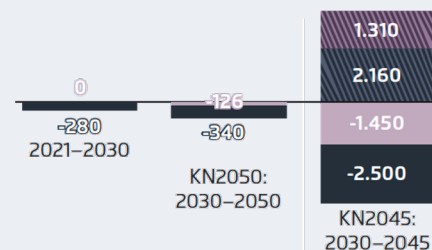
Landwirtschaft und LULUCF



Fleisch- und Milchkonsum

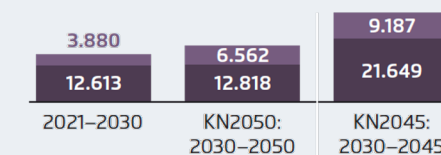
Mittlere Veränderung in kcal/Person/Jahr*

■ Fleisch
■ Milch
■ Fleischersatz
■ Milchersatz



Wiederherstellung Moore

Mittlere Vernässungsrate pro Jahr in ha



■ Ackerland ■ Grünland

- Aufbau der CCS-Kapazitäten gut ein Drittel schneller durch schnellere Umstellung im Bereich Zement
- Reduktion des Milch- und Fleischkonsums durch 15% Marktanteil von Milch- und Fleischalternativen sowie synthetischem Fleisch in 2045
- Erlaubt Reduktion der Tierbestände um 25% in 2045 gegenüber *Klimaneutrales Deutschland 2050*
- Um 60% beschleunigte Wiedervernässung von Mooren ab 2030

* Heute werden etwa 900 kcal pro Person und Tag über Fleisch- und Milchprodukte aufgenommen. Im Jahr 2045 liegt der Anteil der Ersatzprodukte bei 15 % des Fleisch- und Milchkonsums.
Der Zeitraum 2030 – 2050 bezieht sich auf das Vergleichsszenario KN2050, Klimaneutrales Deutschland 2050