



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.

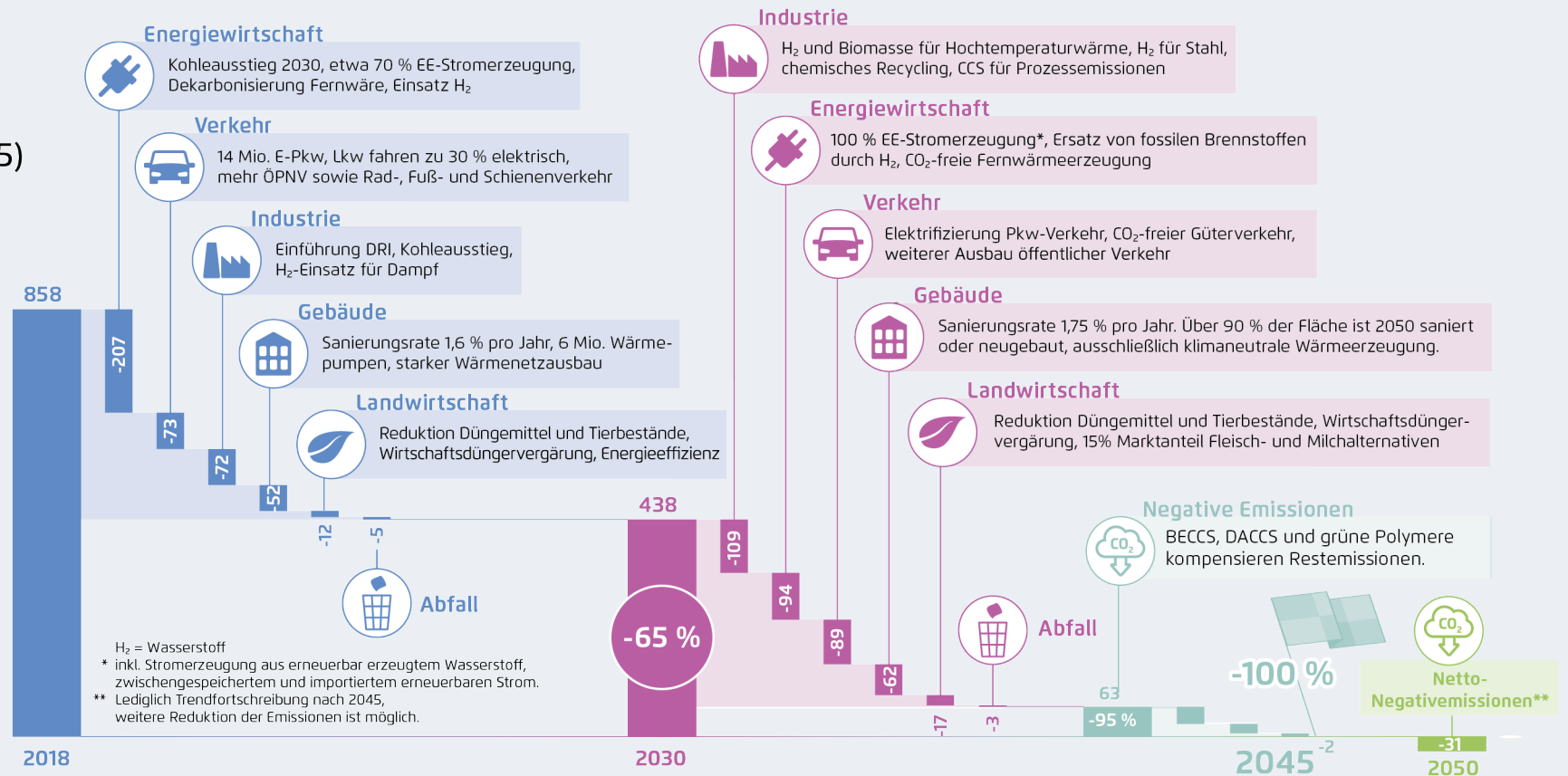
In drei Schritten zur Klimaneutralität

Übersicht

Maßnahmen im Szenario Klimaneutral 2045 (KN2045)

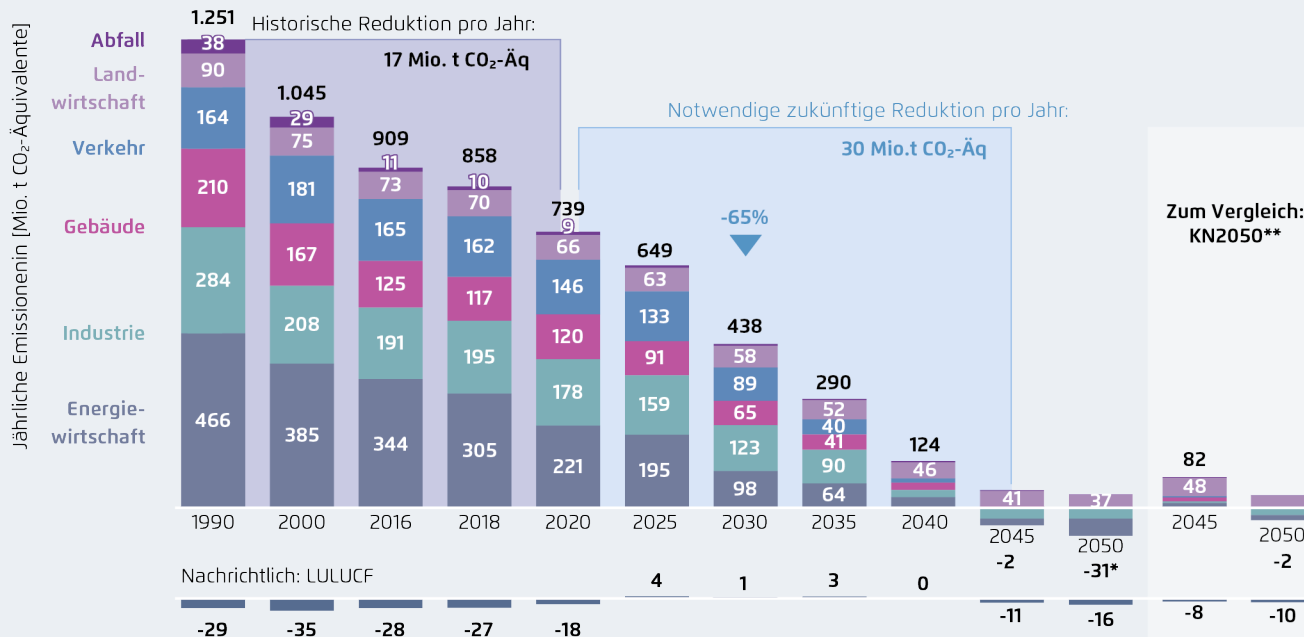
(Treibhausgas-Emissionen in Mio. t CO₂ Äq.)

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2021)



Ab 2045 netto negative Emissionen

Überblick Entwicklung THG-Emissionen nach Sektoren



Negative Emissionen werden direkt in den Sektoren berücksichtigt.

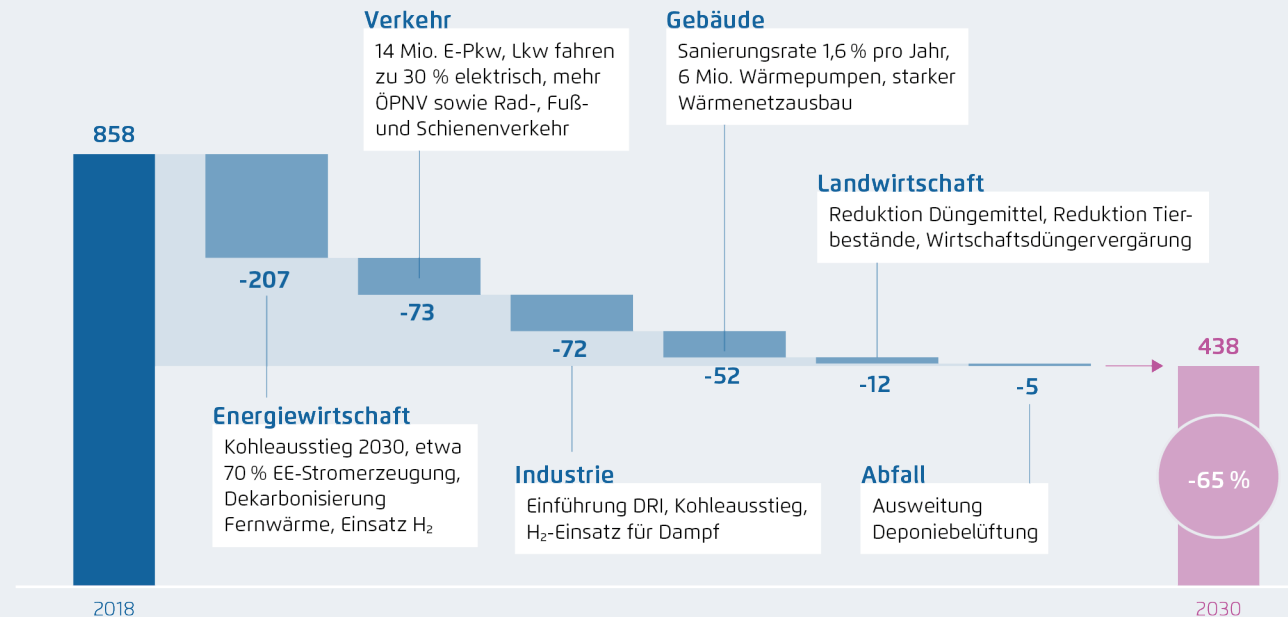
* Nach 2045 lediglich Trendfortschreibung, weitere Reduktion der Emissionen ist möglich ** Klimaneutrales Deutschland 2050

- 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

In drei Schritten zur Klimaneutralität

Schritt 1: -65% THG bis 2030

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

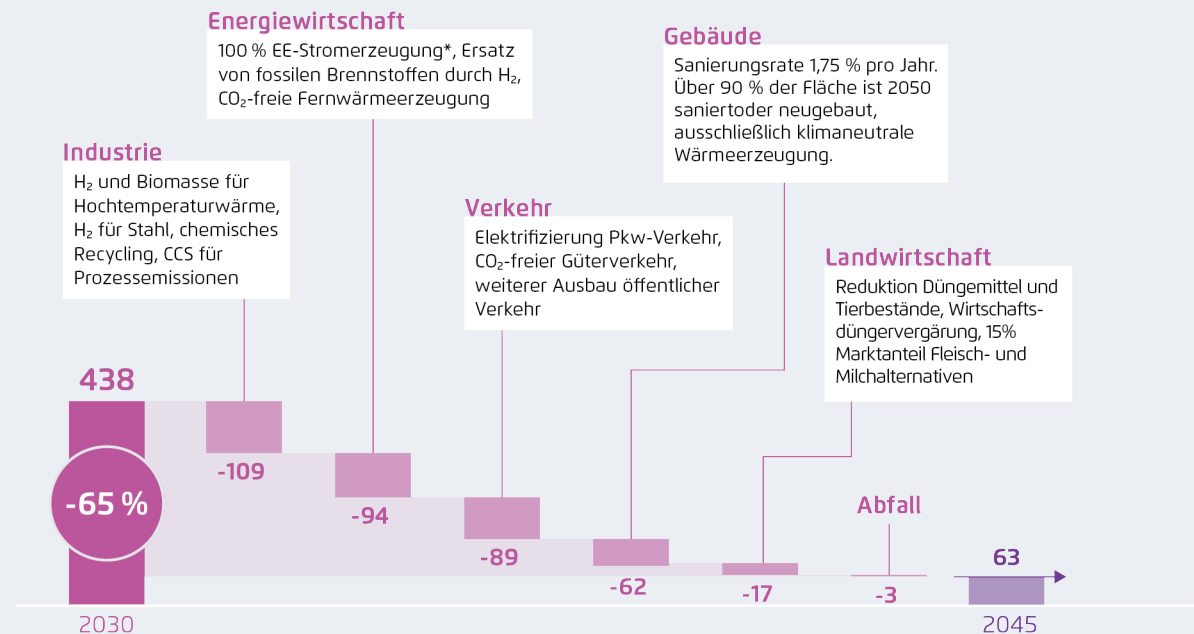


Hinweis: H₂ = Wasserstoff

In 3 Schritten zur Klimaneutralität

Schritt 2: -95% THG bis 2045

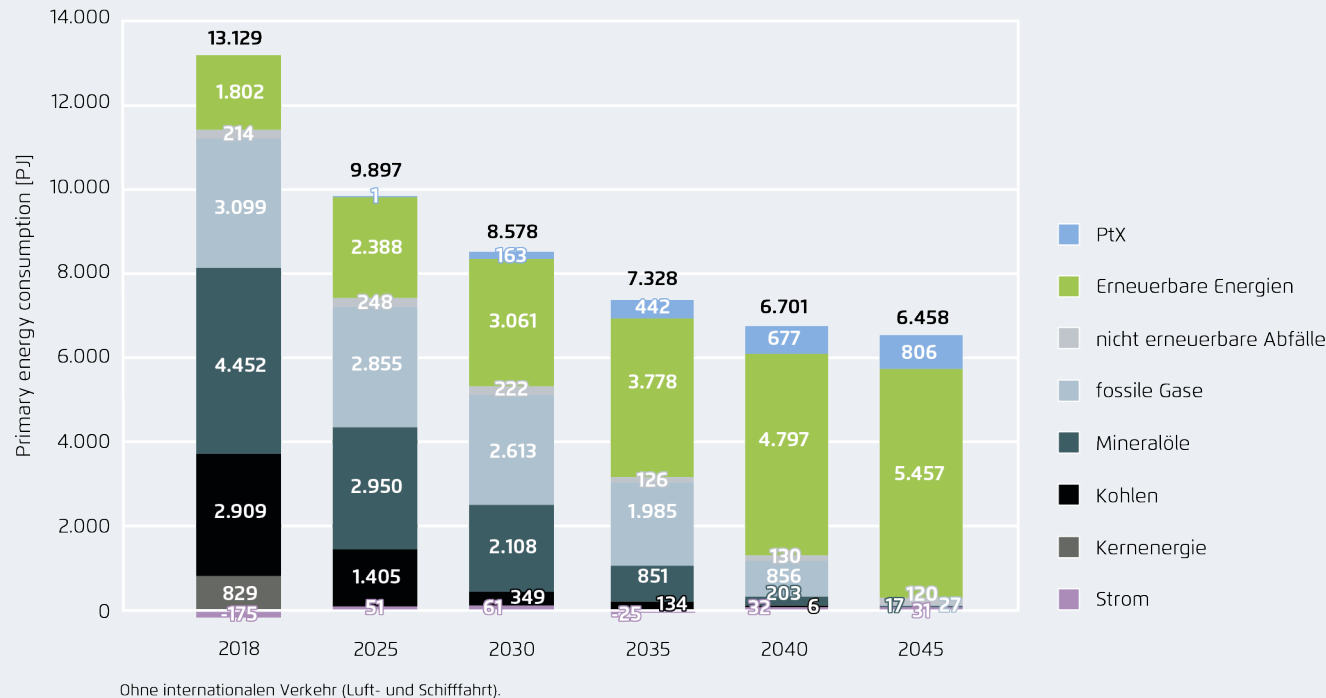
95 Prozent Minderung bis 2045 (Treibhausgas-Emissionen in Mio. t CO₂-Äq)



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

Effizienz, Erneuerbare und Elektrifizierung halbieren den Primärenergieverbrauch

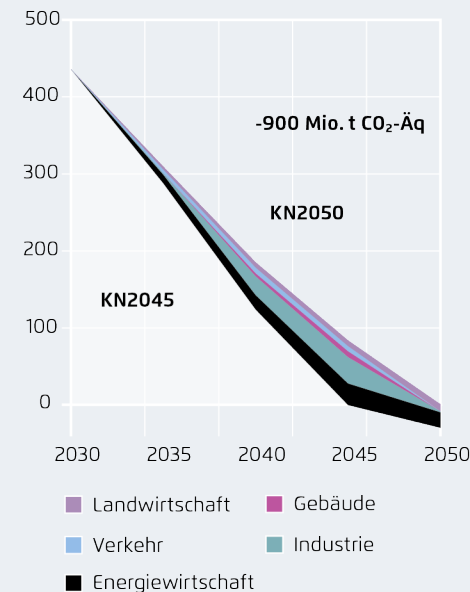
Primärenergieverbrauch



- 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

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



-104 Mio. t

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



-73 Mio. t

- 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



-68 Mio. t

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



-308 Mio. t

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



-345 Mio. t

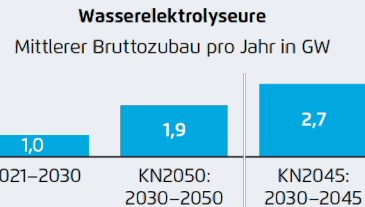
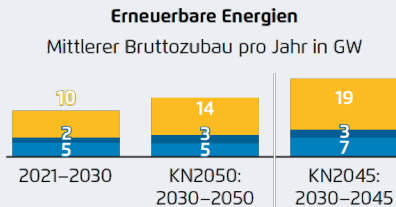
- beschleunigter und leicht höherer EE-Ausbau ab 2030
- höhere Negativemissionen durch DACCS
- beschleunigter Ersatz von Erdgas durch Wasserstoff
- höhere inländische Wasserstoffproduktion

Wesentliche Hebel für mehr Tempo

Energiewirtschaft



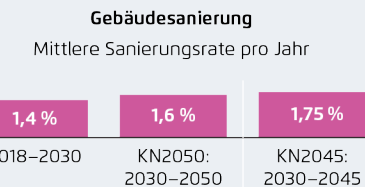
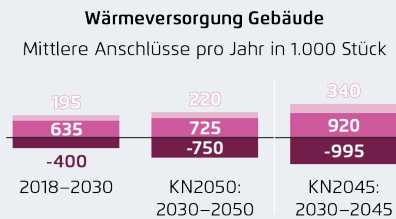
PV
Wind Offshore
Wind Onshore



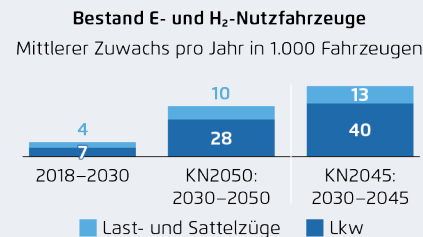
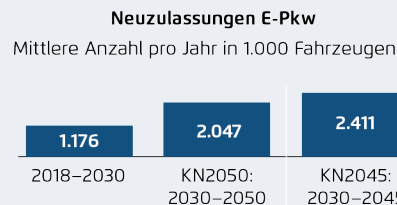
Gebäude



Fernwärme
Wärmepumpe
Gas



Verkehr



- 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

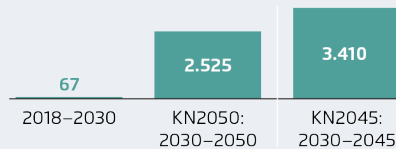
Wesentliche Hebel für mehr Tempo

Industrie



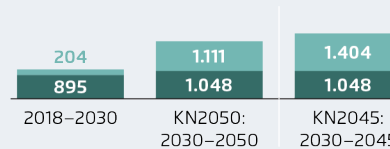
CO₂-Abscheideleistung

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

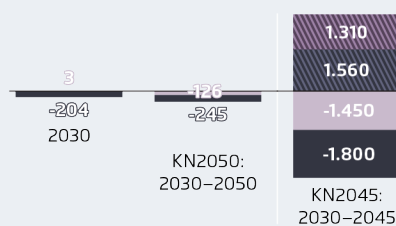
Landwirtschaft und LULUCF



Fleisch- und Milchkonsum

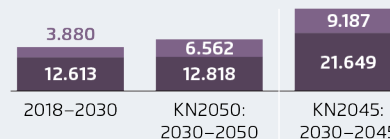
Mittlere Veränderung in kcal/Person/Jahr*

■ Fleisch
■ Milch
■ Fleischersatz
■ Milchersatz



Wiederherstellung Moore

Mittlere Vernässungsrate pro Jahr in ha



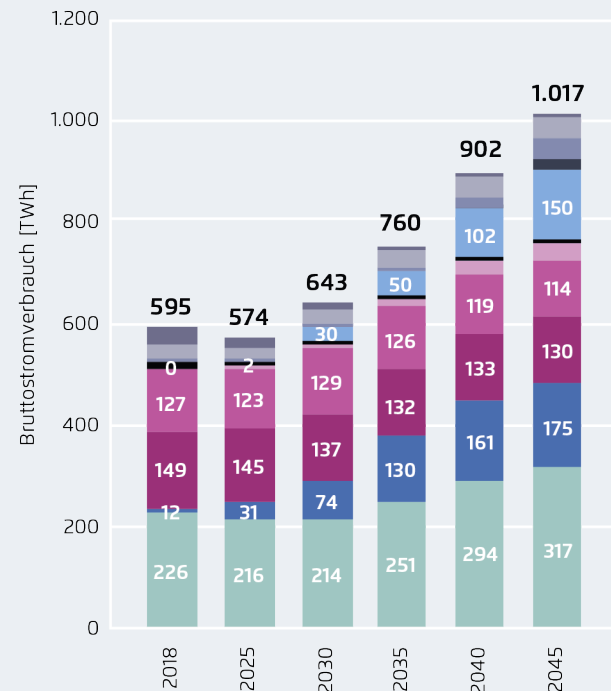
■ Ackerland ■ Grünland

* Heute werden ca. 800 kcal/Jahr 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

- 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

Umfassende Elektrifizierung erhöht trotz Effizienzsteigerungen den Stromverbrauch

Bruttostromverbrauch



H₂/CO₂

2030

Produktion 19 TWh H₂

2045

96 TWh H₂,
20 Mio. t CO₂ DAC



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

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

Wärmepumpen, effiziente Beleuchtung

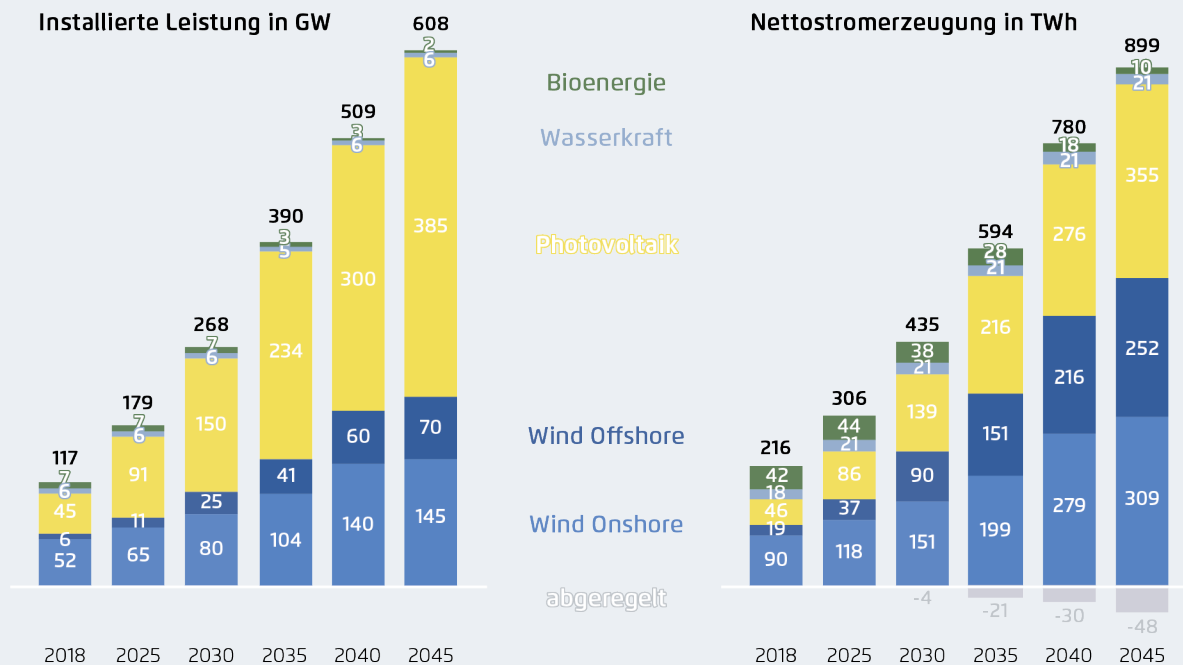
80% der Fahrleistung im Straßengüterverkehr mit Batterien und Oberleitungen, 36 Mio. E-Pkw

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.

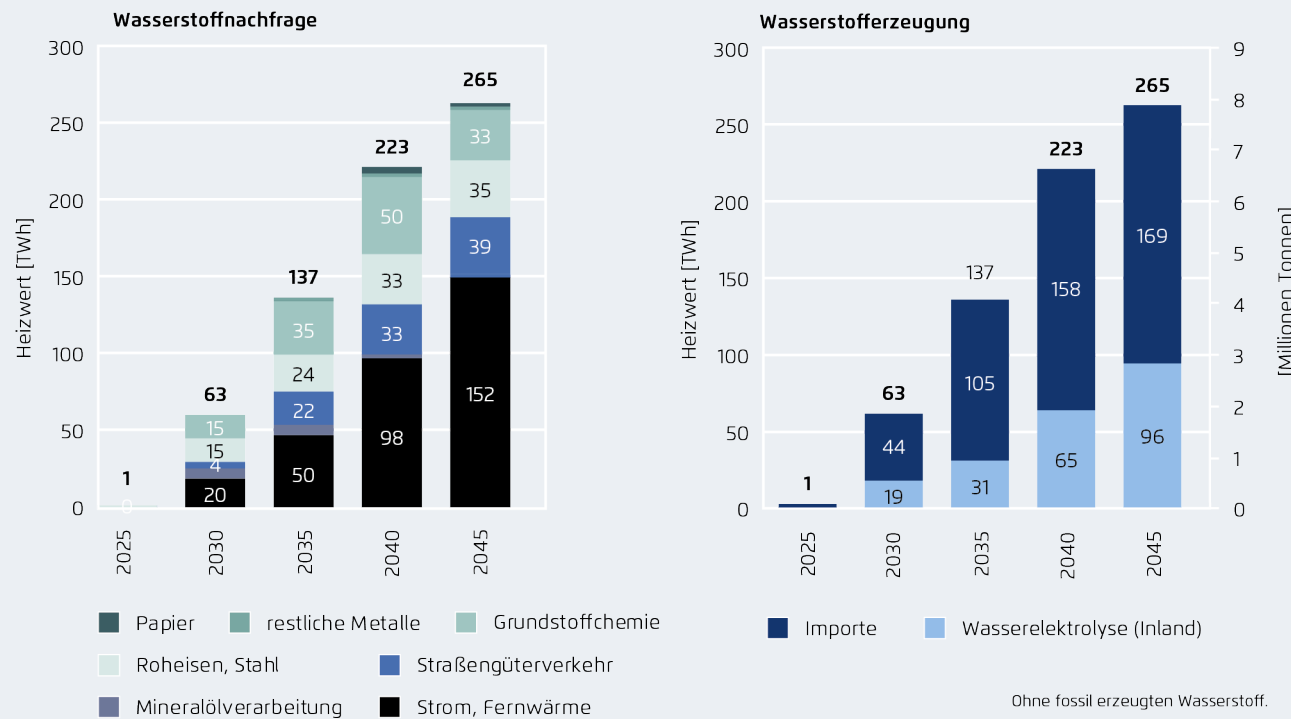
Deutschland erreicht 2045 über 600 GW Erneuerbare – davon fast zwei Drittel PV



* 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
- 36% 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

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

