

EARTH FOR ALL

**Eine gerechte Welt
für alle!**

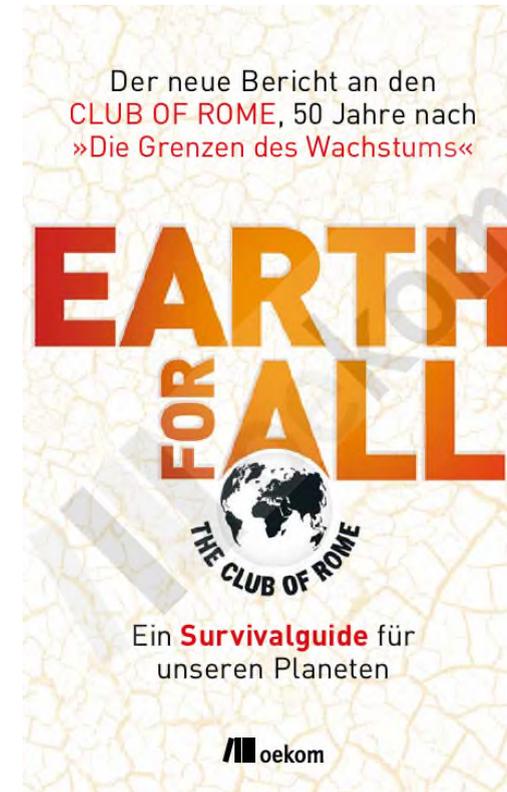
**Der neue Bericht an
den Club of Rome.**

April bis Juli 2024 an der
Technischen Hochschule Augsburg.
7 mal. Mittwochs 18 bis 20 Uhr.

EARTH FOR ALL - ENERGIEKEHRTWENDE

Prof. Dr.-Ing. Christine Schwaegerl

Fakultät Elektrotechnik



EARTH 4 ALL - > ERGEBNISSE



Menschheit ist schlecht auf die bevorstehenden bekannten Gefahren vorbereitet:
Dysfunktionale Polarisierung, Nahrungsmittel- und Energiesicherheit,
Klimawandel und ökologischer Kollaps, 2 Szenarien untersucht:

Too Little Too Late (Zu wenig zu spät)

Ein Szenario, das untersucht, was passiert, wenn die wirtschaftliche Entwicklung und der nicht nachhaltige Konsum der letzten 40 Jahre unverändert weitergeführt werden. Werden sich politische Dysfunktion und ewige Krisen verstärken oder gibt es ein Licht am Ende des Tunnels?

Giant Leap (Riesensprung)

ein Szenario, das untersucht, was passiert, wenn Gesellschaften jetzt außerordentliche Entscheidungen treffen und Investitionen tätigen, die den sozialen Zusammenhalt stärken, Vertrauen aufbauen und im Wesentlichen einen neuen Gesellschaftsvertrag zwischen den Menschen und ihrem Staat schließen. Was passiert, würden Gesellschaften anfangen zu investieren, um unsere kollektive Zukunft auf der Erde und darüber hinaus wirklich wertzuschätzen?

-> fünf außergewöhnliche Kehrtwenden erforderlich

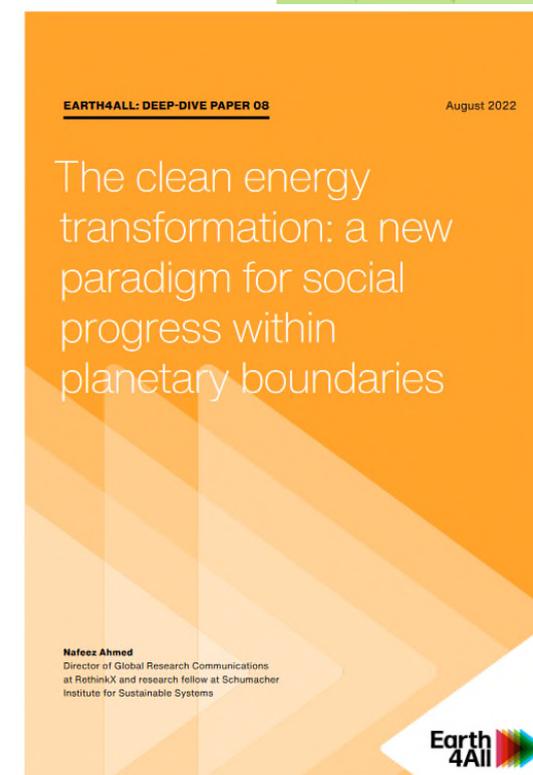
EARTH 4 ALL – PARADIGMENWECHSEL ERFORDERLICH



https://earth4all.life/wp-content/uploads/2023/03/Earth4All_Exec_Summary_DE.pdf

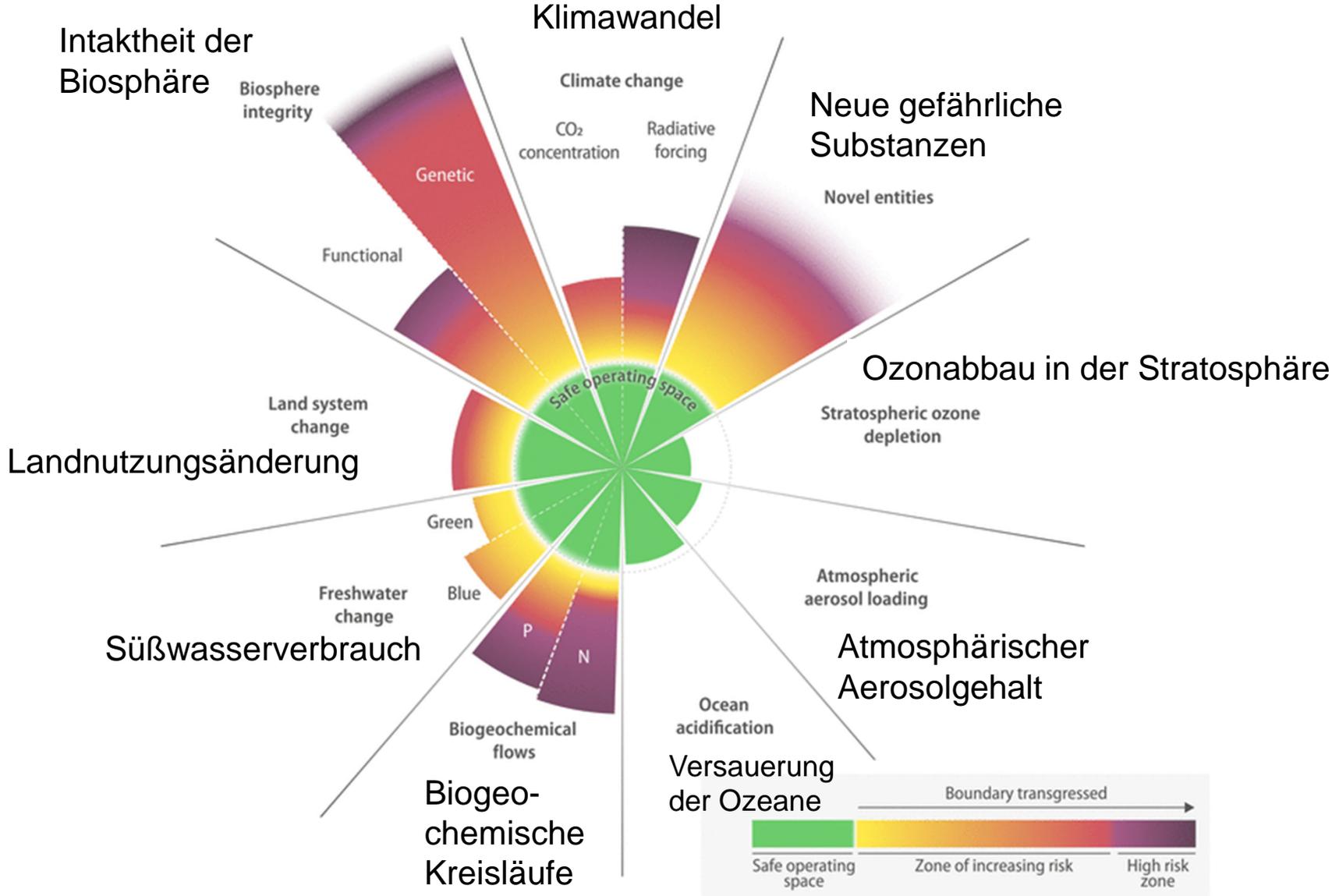
EARTH 4 ALL – VERTIEFENDE STUDIEN

- ↗ **Climate change mitigation strategies: impacts and obstacles in low- and middle- income countries**
(https://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2022/07/Earth4All_Deep_Dive_Ghosh2.pdf)
- ↗ **The system within: Addressing the inner dimensions of sustainability and systems transformation**
(<https://www.clubofrome.org/publication/earth4all-bristow-bell/>)
- ↗ **The clean energy transformation: a new paradigm for social progress within planetary boundaries**
(<https://www.clubofrome.org/publication/earth4all-ahmed/>)

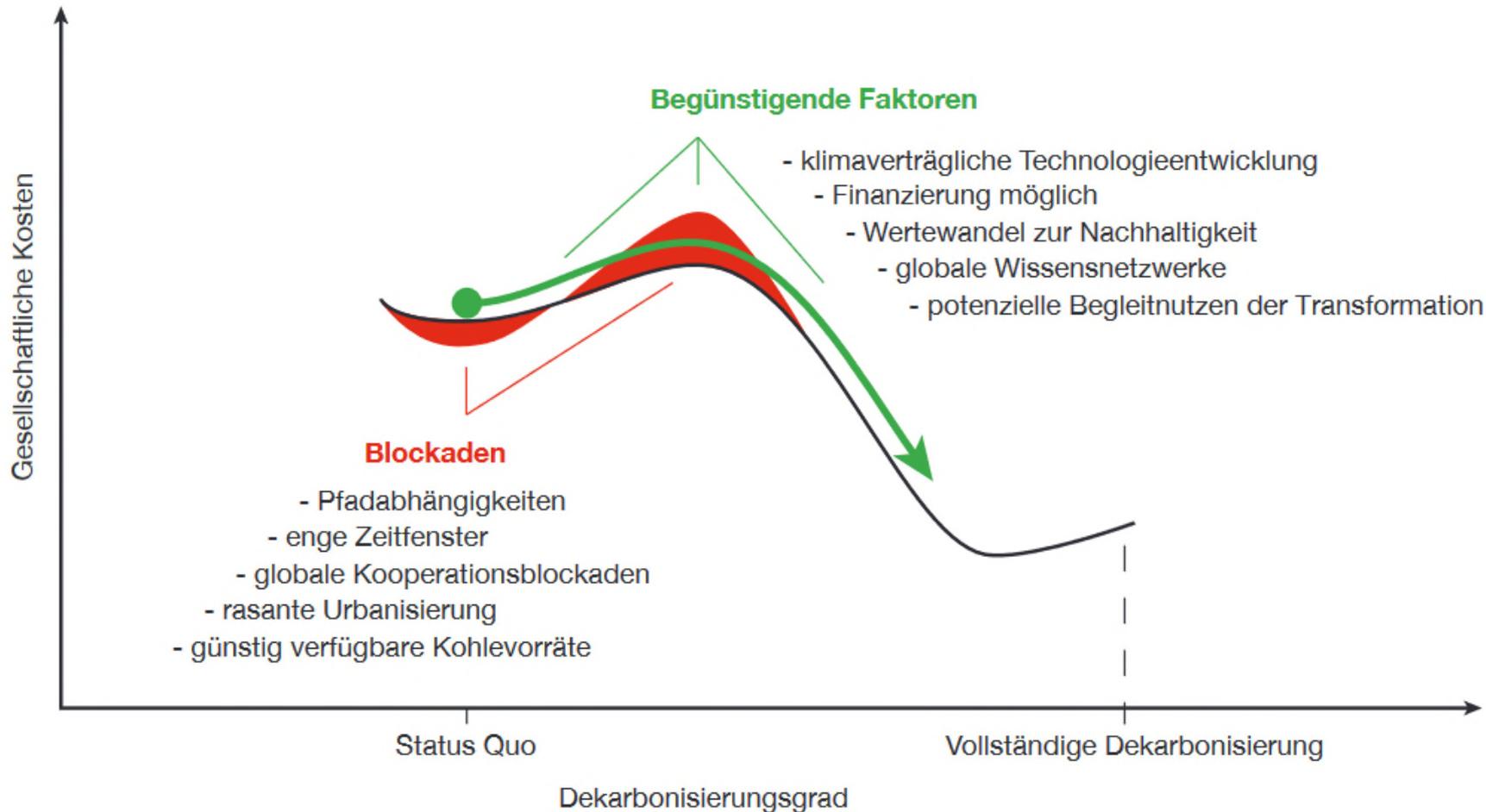


EARTH 4 ALL - PLANETARE GRENZEN

Earth beyond six of nine planetary boundaries, Sept. 2023
<https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.adh2458>



TOPOGRAPHIE DER TRANSFORMATION – SEIT LANGEM BEKANNT



Um vom Status quo zu einer klimaverträglichen Weltgesellschaft (vollständige Dekarbonisierung) zu gelangen, sind zunächst Hürden zu überwinden, die als ein Anstieg der gesellschaftlichen Kosten dargestellt sind. Dieser Anstieg wird derzeit durch Blockaden (rot) verstärkt: Die gesellschaftlichen Kosten des derzeitigen Zustands stellen sich geringer dar als angemessen, etwa durch Fehlanreize wie Subventionen fossiler Energieträger oder nicht einberechnete Umweltkosten. Gleichzeitig erscheinen die erforderlichen gesellschaftlichen Kosten des Umbaus höher zu sein als sie tatsächlich sind: Zwar erfordern verschiedene blockierende Faktoren hohe Anstrengungen, etwa die kostenintensive Überwindung von Pfadabhängigkeiten. Dem stehen jedoch begünstigende Faktoren gegenüber: Viele Technologien für die Transformation sind bereits vorhanden und ihr Einsatz ist finanzierbar. Mit Hilfe der begünstigenden Faktoren können die Hürden abgesenkt und so der Weg für die Transformation geebnet werden. Sind die entscheidenden Hürden einmal genommen, ist eine große Eigendynamik in Richtung Klimaverträglichkeit zu erwarten

Quelle, **Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation**, WBGU 2011, www.wbgu.de

GIANT LEAP ALS AUSWEG

➤ Vorstellungen zur Energiekehrtwende

Energiesicherheit und ausreichende Menge

- Welt folgt dem „Kohlenstoffgesetz (Carbon Law)“, indem sie in jedem Jahrzehnt fossile Brennstoffe und andere Treibhausgase um 50 Prozent reduziert, um bis 2050 Netto-Null-Emissionen zu erreichen
- > hat viele Vorteile und trägt zu verantwortungsbewusstem Wirtschaftswachstum bei
- > ist disruptiv, daher Strategien benötigt, um Bevölkerung zu unterstützen und fairen und gerechten Übergang zu ermöglichen

Klimawandel

- Erwärmung der globalen Durchschnittstemperatur stabilisiert sich bei unter 2°C
- > meiste ernste existenzielle Gefahren für Gesellschaften vermieden
- > für viele Regionen enorme wirtschaftliche Schwierigkeiten
- > Sicherheitsnetze (z. B. Investitionen in öffentliche Dienste und Bürger-Fonds) helfen den Gesellschaften bei der Anpassung

Wichtige Trends
Giant Leap Szenario

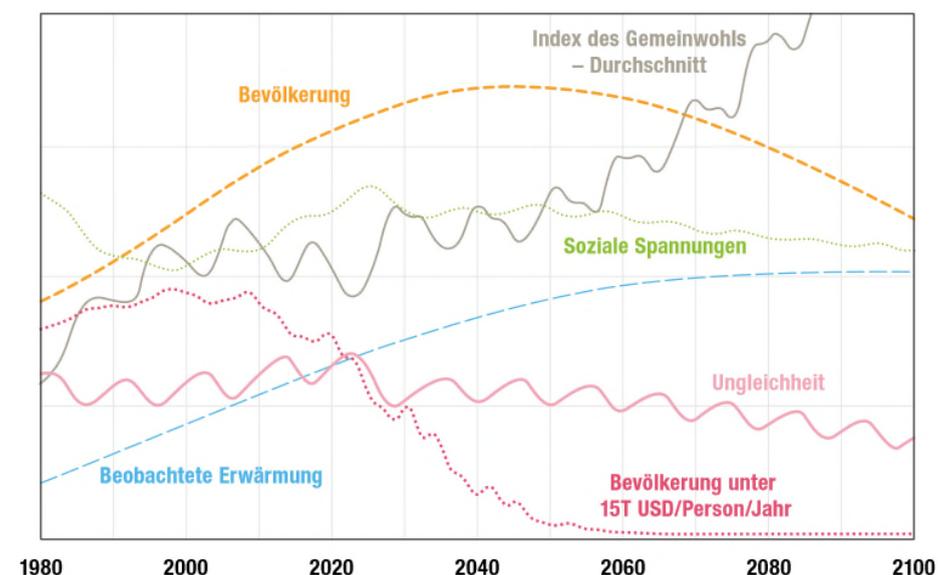


Abbildung 2. Die wichtigsten Trends im Giant Leap Szenario des Earth4All Modells – Die Welt 1980-2100.

EARTH 4 ALL - EMPFEHLUNGEN

Kehrtwende 5: Umstellung auf saubere Energie

Ziel: Netto-Null-Emissionen bis 2050

Empfehlung: Unser ineffizientes fossiles Brennstoffsystem in ein sauberes und optimiertes Energiesystem umwandeln, und dabei die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 50 Prozent zu reduzieren, bis 2050 Netto-Null-Kohlenstoff-Ausstoß erzielen und den Verlust der Artenvielfalt stoppen – *nachhaltige Energie für alle sicherstellen:*

- ▶ Die auf fossilen Brennstoffen beruhenden Energiesysteme und Subventionen dafür sofort abschaffen und in saubere und effiziente Energielösungen umwandeln.
- ▶ Eine intelligente Elektrifizierung bei gleichzeitiger Optimierung größerer Effizienz für Mehrfachgewinne fördern: Energie sparen, den Verbrauch von Ressourcen senken und die Luftverschmutzung reduzieren.
- ▶ Die Investitionen in erneuerbare Energien mit Speicherkapazität und damit verbundener Infrastruktur sofort auf über eine Billion USD pro Jahr verdreifachen. Alle Regierungen garantieren den Zugang zu sauberen Energien und schützen die Schwächsten vor Energiearmut.

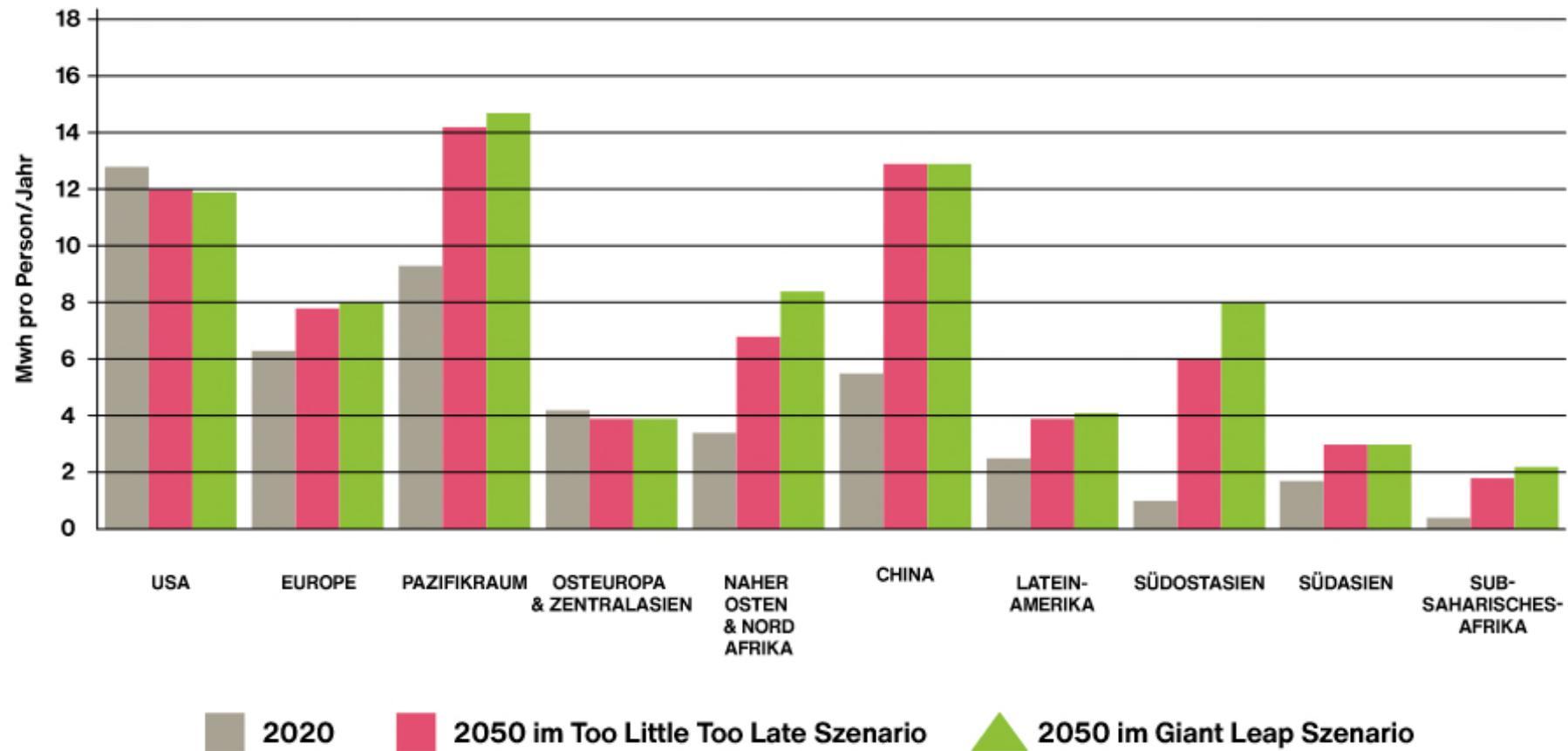
https://earth4all.life/wp-content/uploads/2023/03/Earth4All_Exec_Summary_DE.pdf

EARTH 4 ALL - KERNAUSSAGEN

- ↗ Kehrtwenden als politische Fahrpläne als Grundlage für resilientere Zivilisation
- ↗ Genügend Wissen, Geld und Technologie vorhanden, um Kehrtwenden zu realisieren; Inhalte der Kehrtwenden bereits oft publiziert
- ↗ Um den Klimanotstand zu bekämpfen muss das globale Energiesystem im Verlauf einer Generation umgestaltet werden
- ↗ Installation in Wind- und PV-Anlagen, Batterien, Elektroautos müssen für Mittelschicht akzeptabel, fair und erschwinglich sein; Umgestaltung der Märkte ist erforderlich; Regierungen müssen aktiv werden; Investitionen werden in den ersten Jahrzehnten am größten sein.
- ↗ Erforderliche Investition: jährlich 2 -4 % des globalen BIP für Energie- und Ernährungssicherheit durch schnelle Abkehr von fossilen Brennstoffen
- ↗ -> optimistischer Blick in die Zukunft: menschliches Wohlergehen innerhalb der planetaren Grenzen ist möglich
-> durch Vertrauen lassen sich existentielle Herausforderungen wie Klimakatastrophe bewältigen

EARTH 4 ALL - ERGEBNISSE

Energieverbrauch pro Person



https://earth4all.life/wp-content/uploads/2023/03/Earth4All_Exec_Summary_DE.pdf

EARTH 4 ALL - ERGEBNISSE

Emissionen pro Person

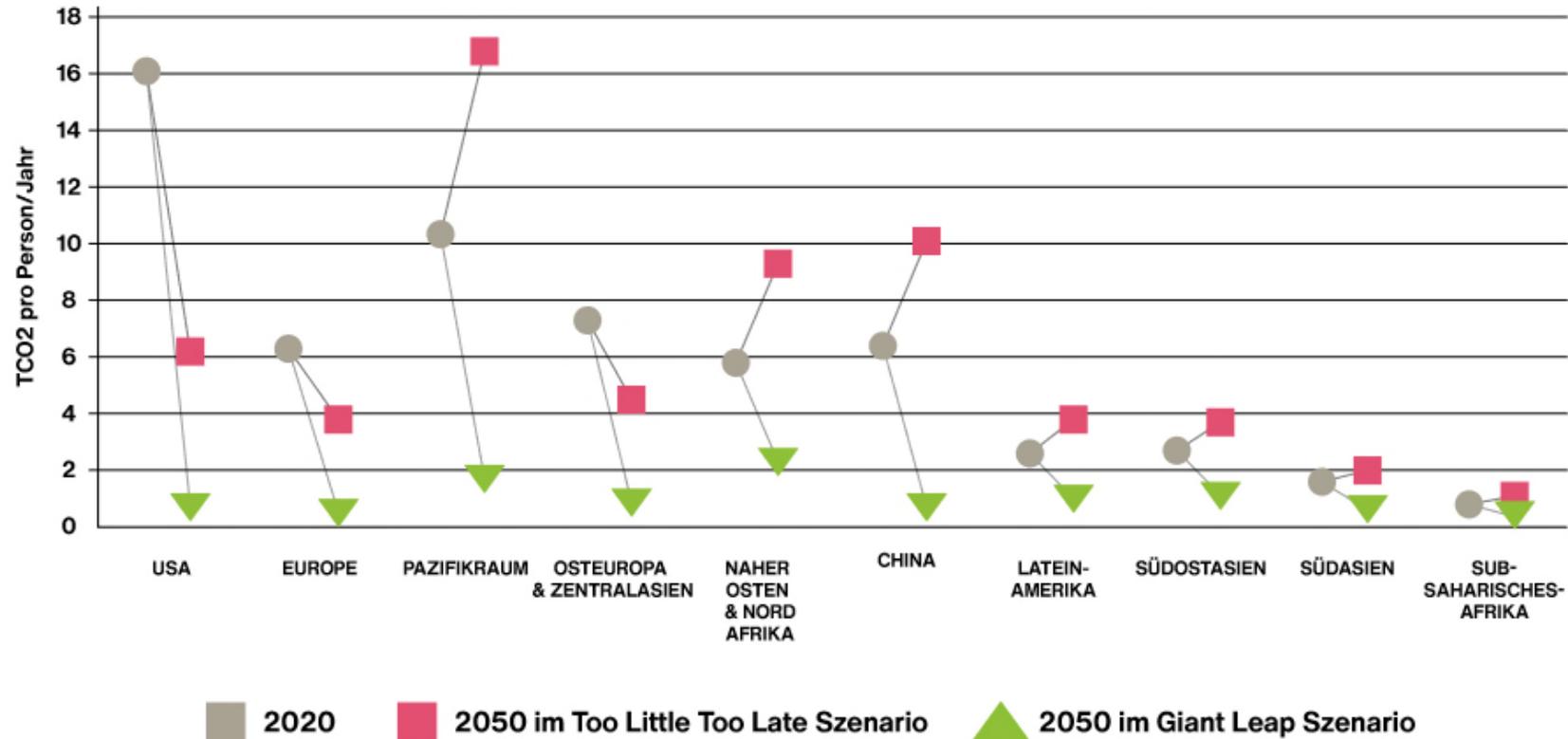
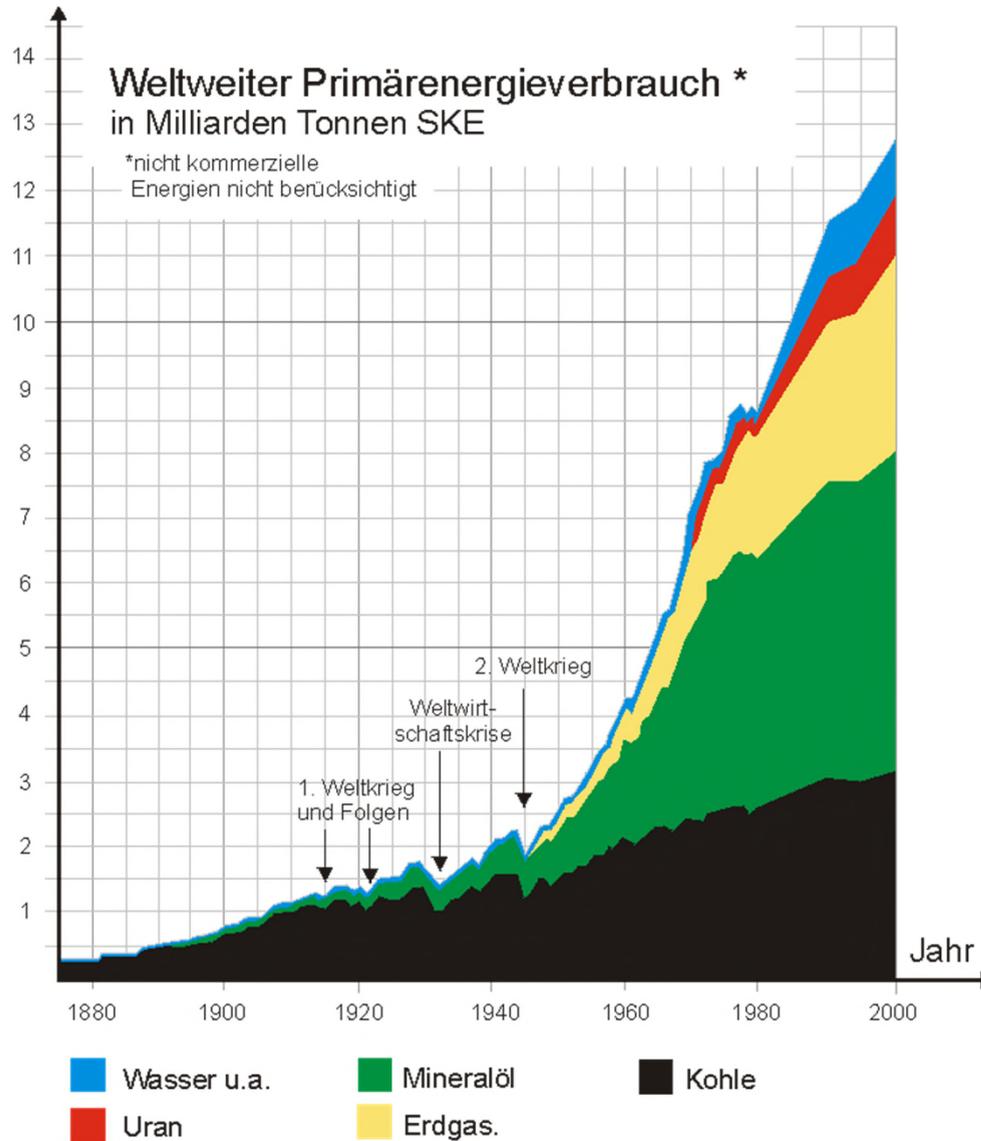


Abbildung 8. Große Unterschiede im regionalen Energieverbrauch: Darstellung der CO₂-Emissionen pro Person im Jahr 2020, im Jahr 2050 im Too Little Too Late Szenario und im Jahr 2050 im Giant Leap Szenario. Quelle: E4Aregional 220401

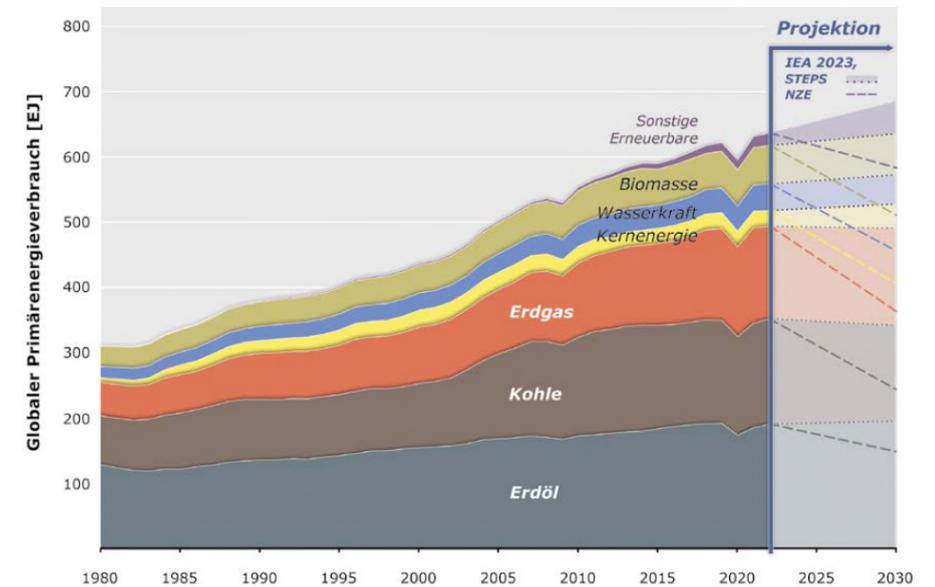
WO STEHEN WIR HEUTE?

WELTWEITER PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH



Quelle: www.leifiphysik.de

Entwicklung des weltweiten Primärenergieverbrauchs von 1980 bis 2022 (BP 2023) und Szenarien bis 2030 (IEA WEO-Bericht 2023).
 Stated-Policies-Szenario (STEPS): zukünftiger Energieverbrauch auf Grundlage bestehender und von Regierungen in der ganzen Welt bis Ende 2022 angekündigten, spezifischen politischen Maßnahmen.
 Netto-Null-Emissionen-Szenario (NZE): Pfad für den globalen Energiesektor, um bis 2050 Netto-Null CO₂-Emissionen zu erreichen.



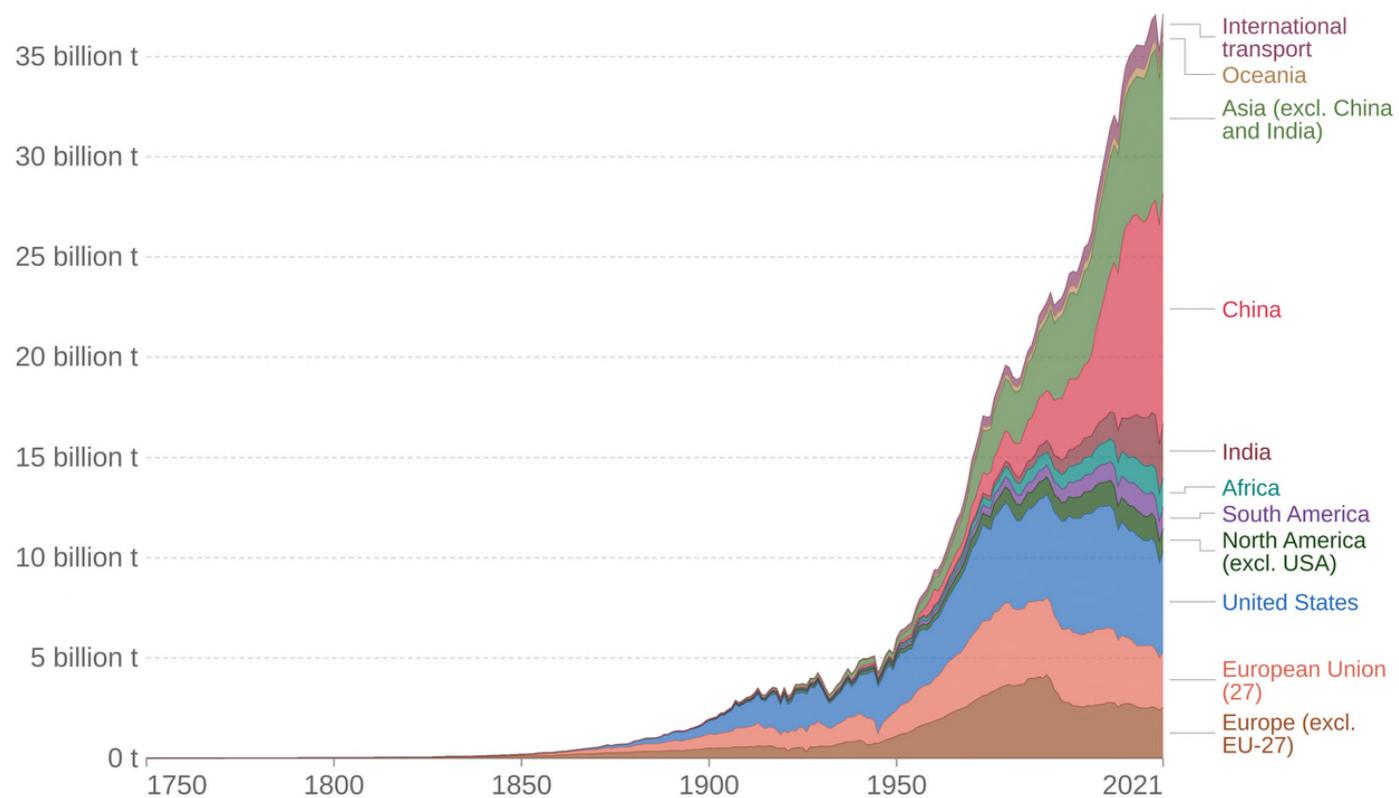
Quelle: www.bgr.de

ENERGIEBEDINGTE CO₂-EMISSIONEN WELTWEIT

Annual CO₂ emissions by world region

This measures fossil fuel and industry emissions¹. Land use change is not included.

Our World
in Data



Data source: Global Carbon Budget (2022)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY



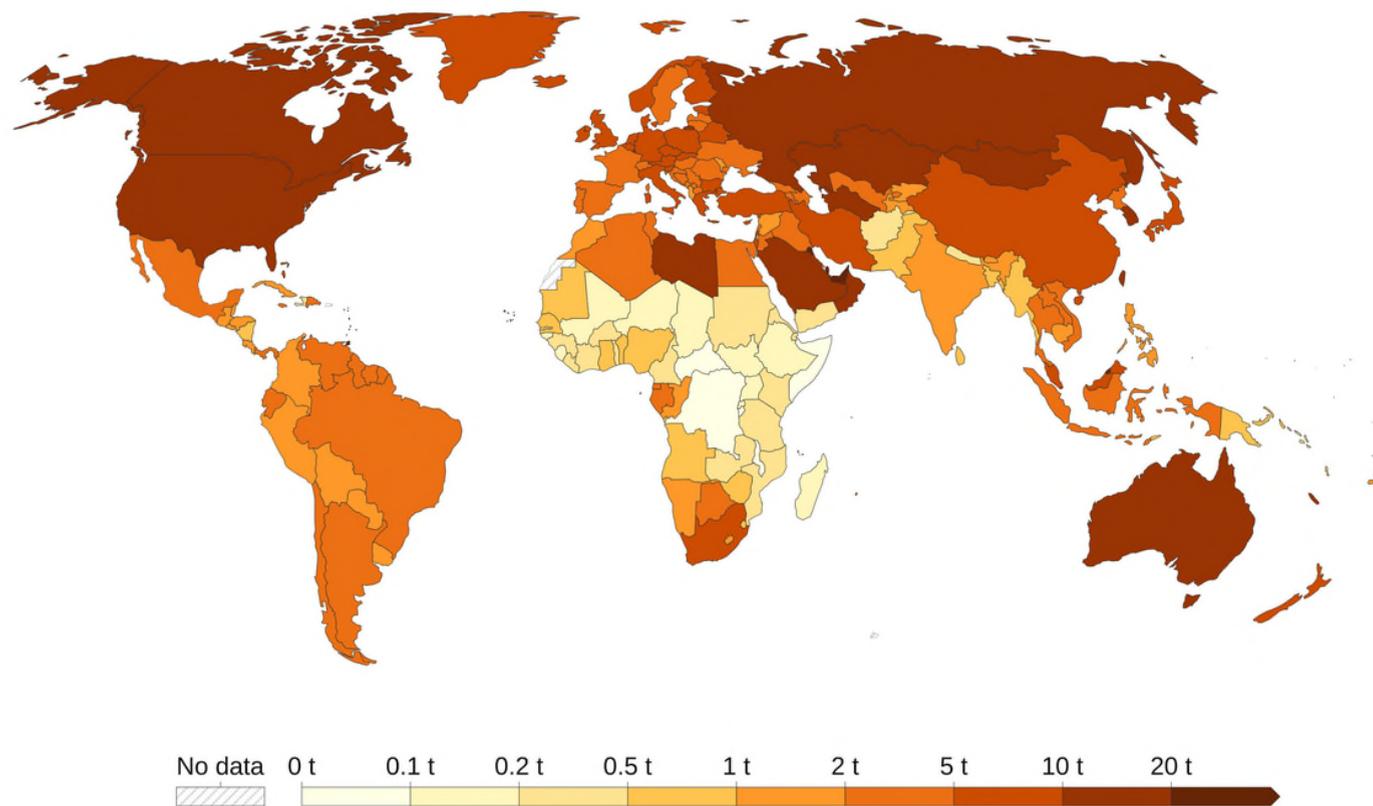
1. Fossil emissions: Fossil emissions measure the quantity of carbon dioxide (CO₂) emitted from the burning of fossil fuels, and directly from industrial processes such as cement and steel production. Fossil CO₂ includes emissions from coal, oil, gas, flaring, cement, steel, and other industrial processes. Fossil emissions do not include land use change, deforestation, soils, or vegetation.

CO₂-EMISSIONEN WELTWEIT PRO EINWOHNER

Per capita CO₂ emissions, 2021

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry¹. Land use change is not included.

Our World
in Data



Data source: Global Carbon Budget (2022); Population based on various sources (2023)

OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

WIE VIEL IST 1 TONNE CO₂?

Volumen eines 8 m l.



Ein Baum nimmt Menge
in 80 Jahren auf



Fahrstrecke eines
Mittelklasseautos



Bahnkilometer
einer Einzelperson

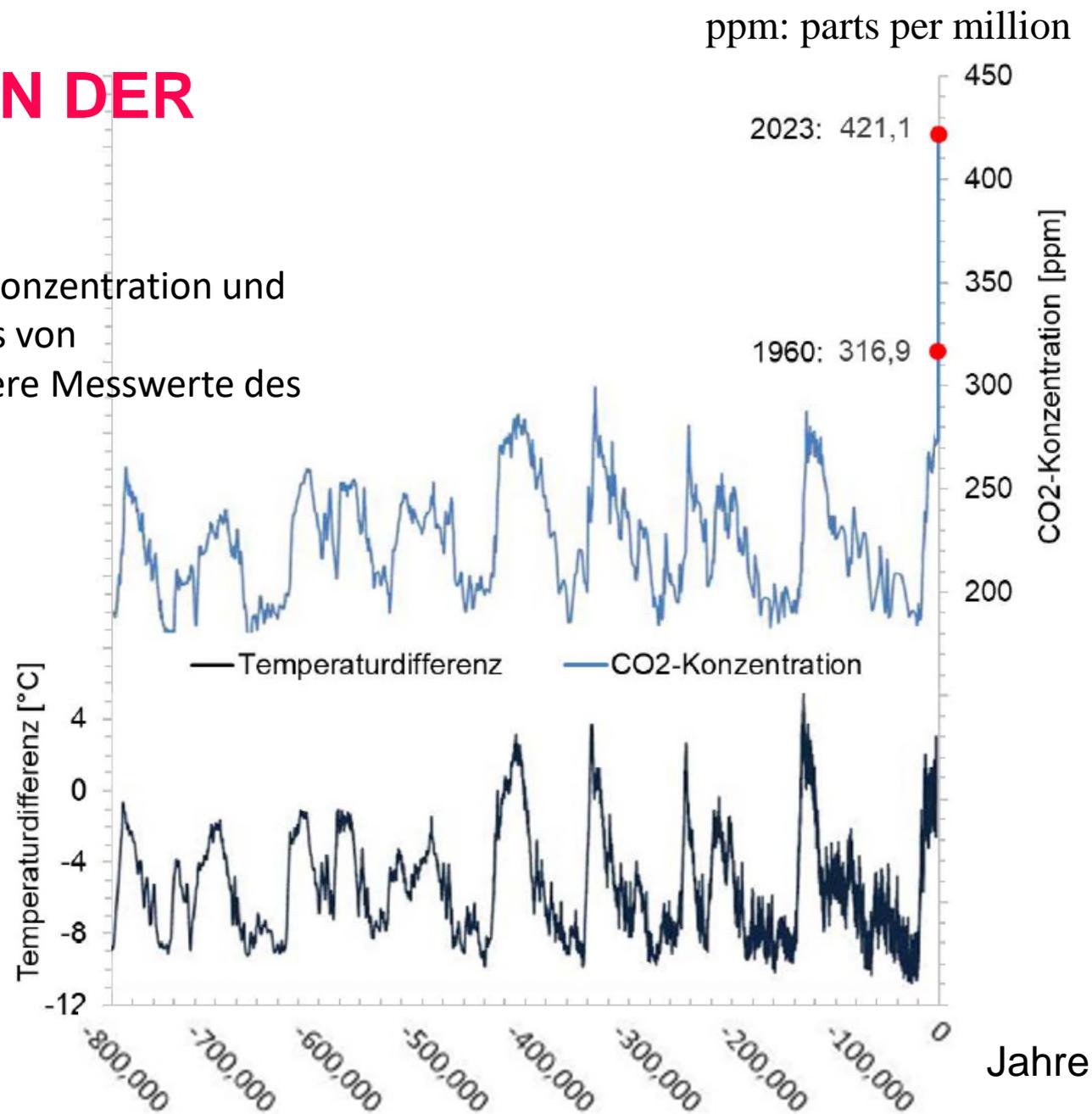


Flugkilometer
einer Einzelperson



CO₂-KONZENTRATION IN DER ATMOSPHÄRE

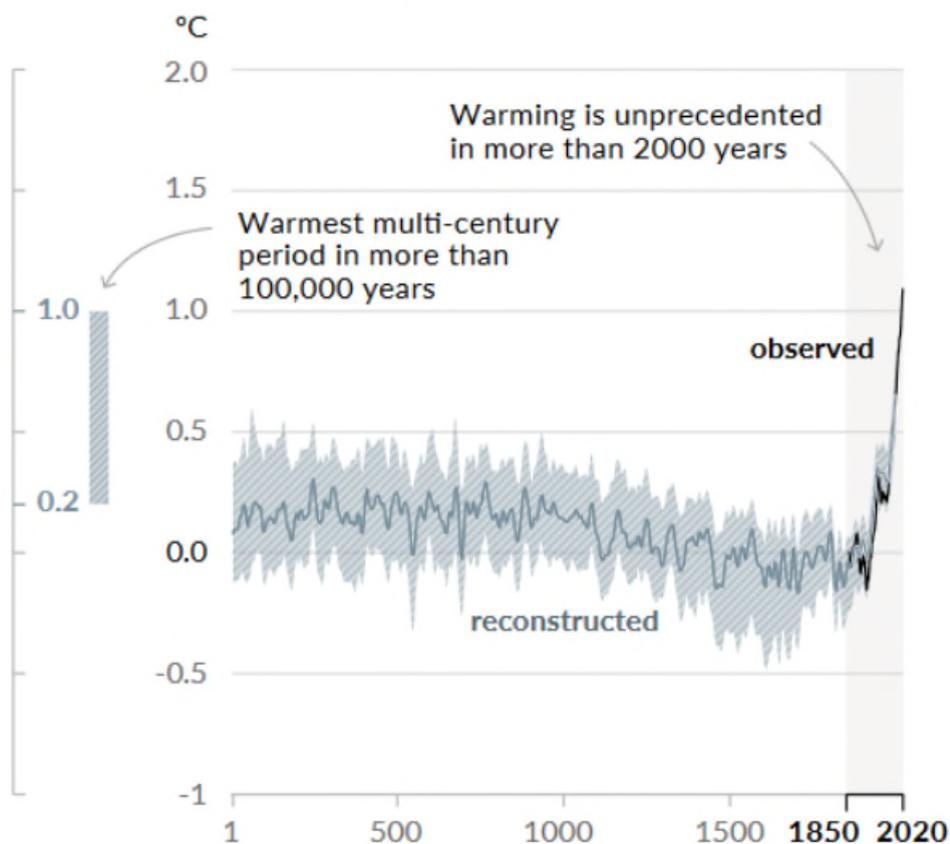
Schätzungen der atmosphärischen CO₂-Konzentration und der Temperatur in der Antarktis auf Basis von Eisbohrkernen, rot dazugefügt zwei neuere Messwerte des Mauna Loa Observatory
[<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html>]



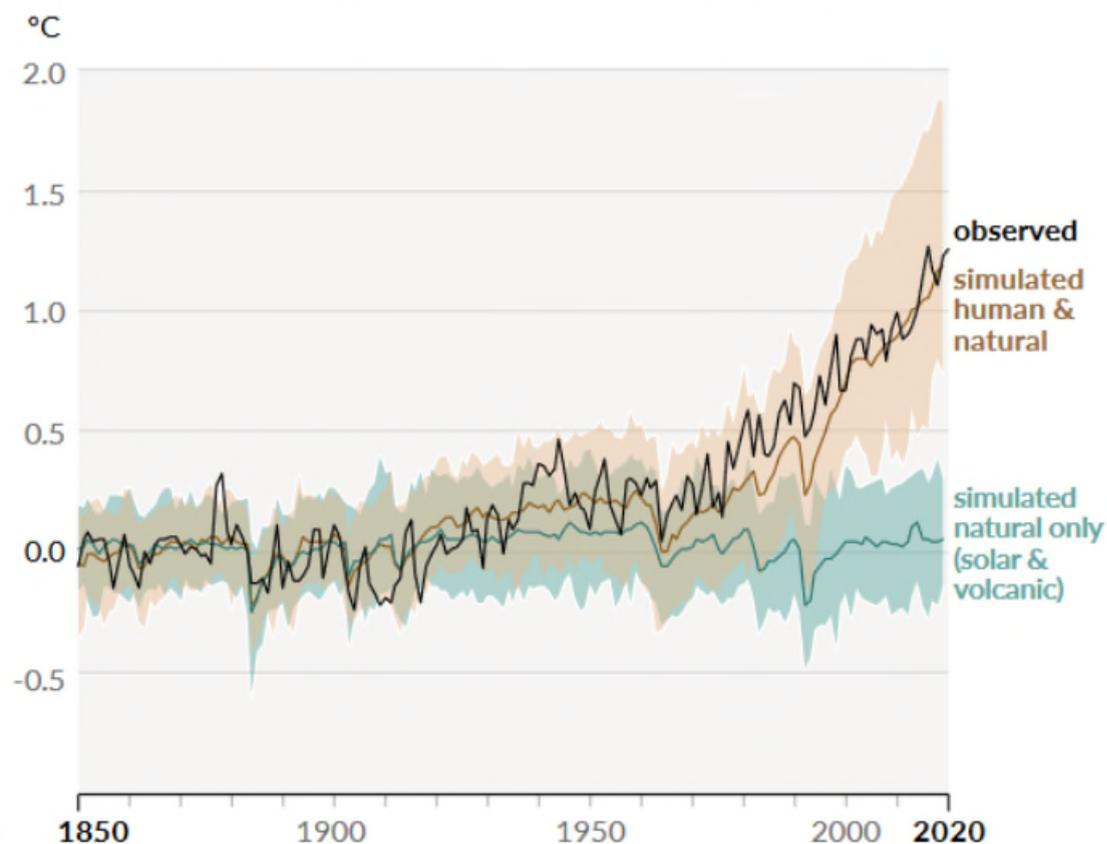
WELTWEITER TEMPERATURANSTIEG

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and observed (1850-2020)



b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850-2020)

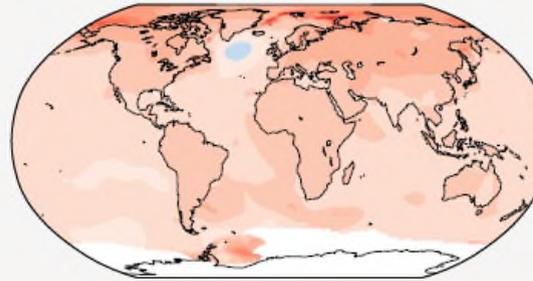


WELTWEITER TEMPERATURANSTIEG

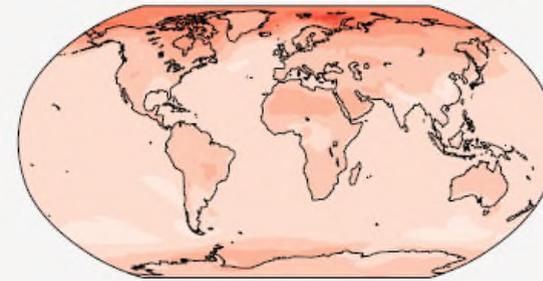
a) Annual mean temperature change (°C) at 1 °C global warming

Warming at 1 °C affects all continents and is generally larger over land than over the oceans in both observations and models. Across most regions, observed and simulated patterns are consistent.

Observed change per 1 °C global warming



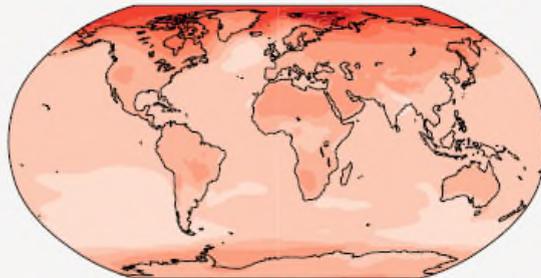
Simulated change at 1 °C global warming



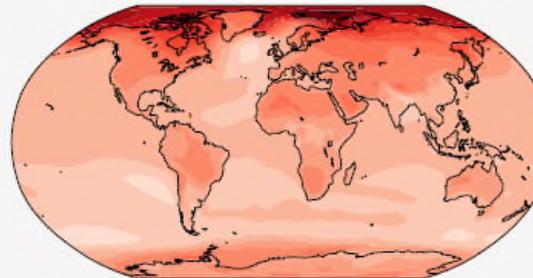
b) Annual mean temperature change (°C) relative to 1850-1900

Across warming levels, land areas warm more than oceans, and the Arctic and Antarctica warm more than the tropics.

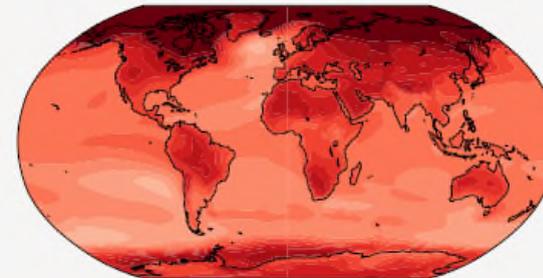
Simulated change at 1.5 °C global warming



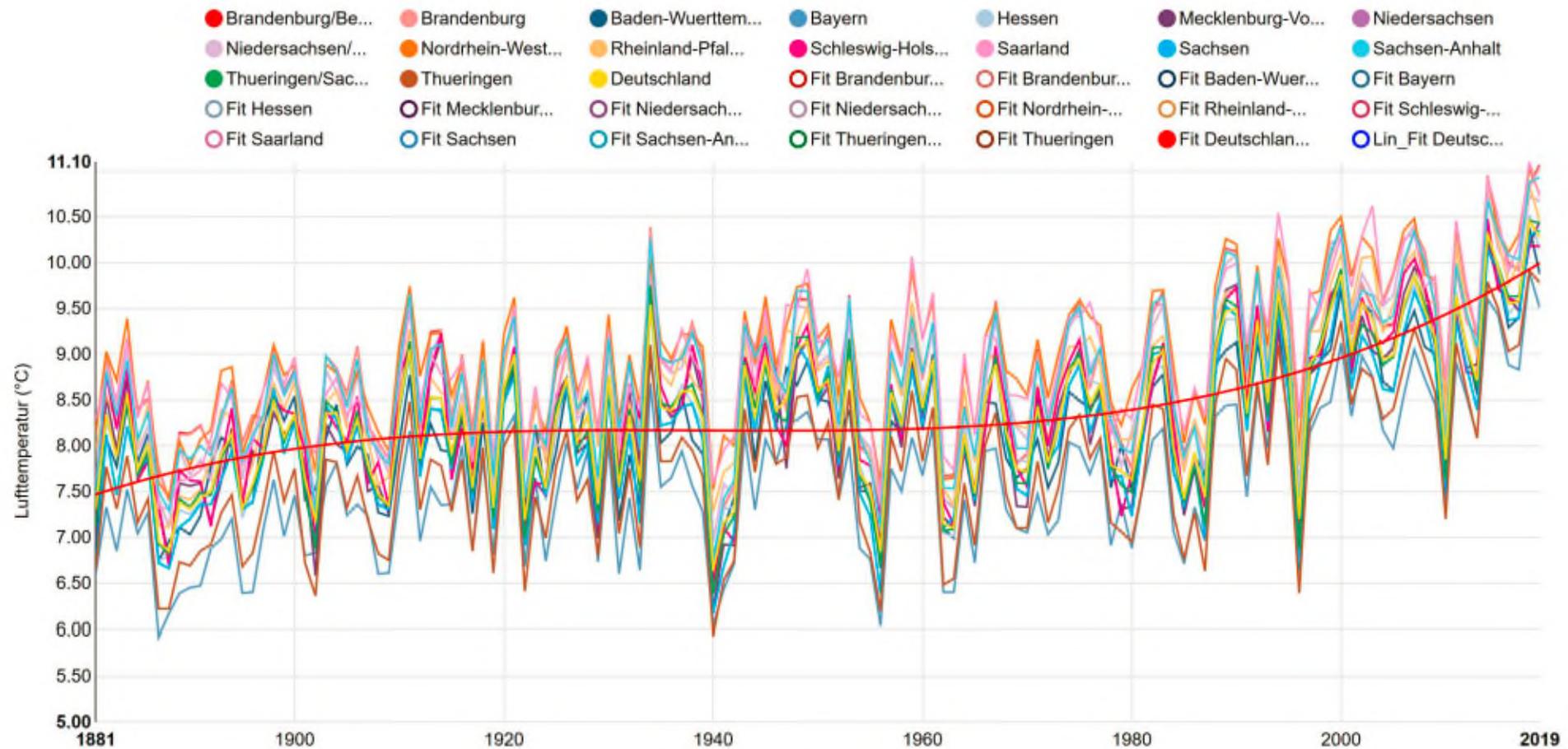
Simulated change at 2 °C global warming



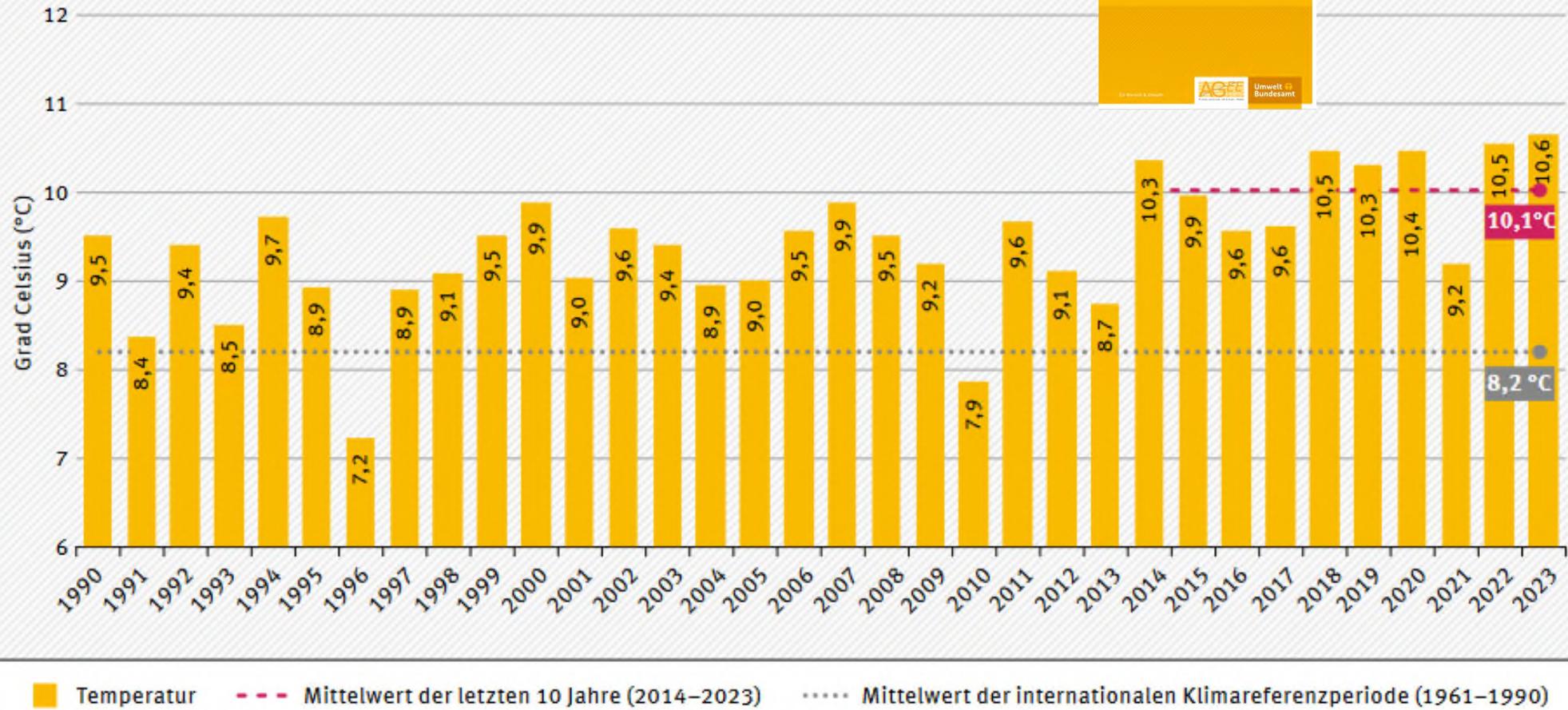
Simulated change at 4 °C global warming



MITTLERE LUFTTEMPERATUR IN DEUTSCHLAND 1881 BIS 2019



Gemittelte Jahrestemperatur in Deutschland (1990–2023)



Das Jahr 2023 war mit 10,6°C etwa 2,4°C wärmer als der Mittelwert der internationale Klimareferenzperiode (1961–1990) und damit das wärmste Jahr seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnung.

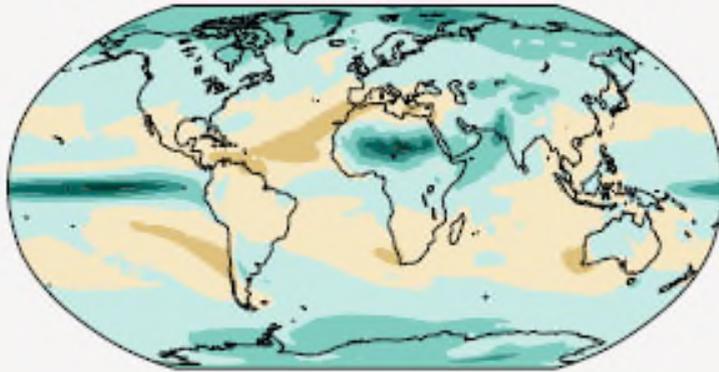
Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD)

Globale Änderung des Niederschlags

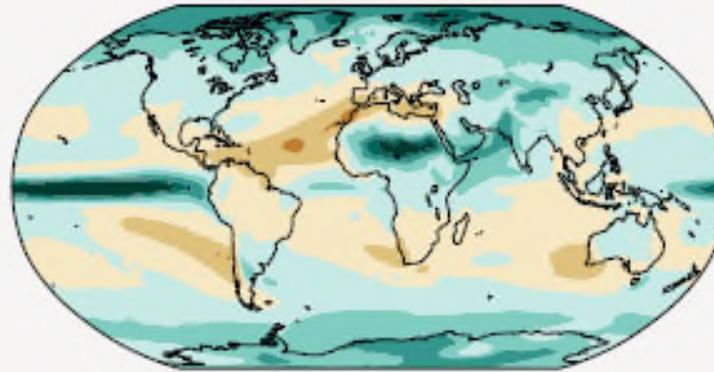
c) Annual mean precipitation change (%) relative to 1850-1900

Precipitation is projected to increase over high latitudes, the equatorial Pacific and parts of the monsoon regions, but decrease over parts of the subtropics and in limited areas of the tropics.

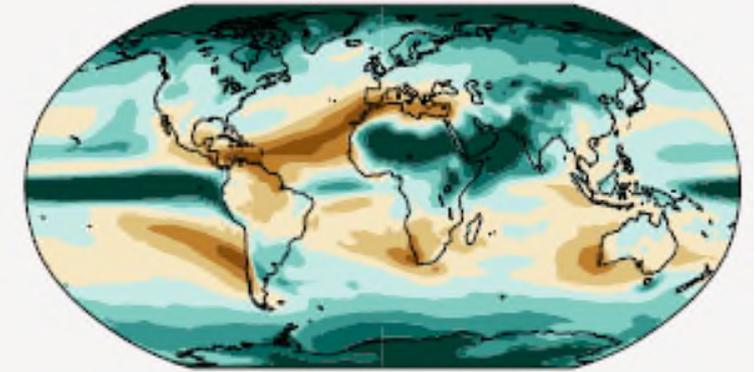
Simulated change at 1.5 °C global warming



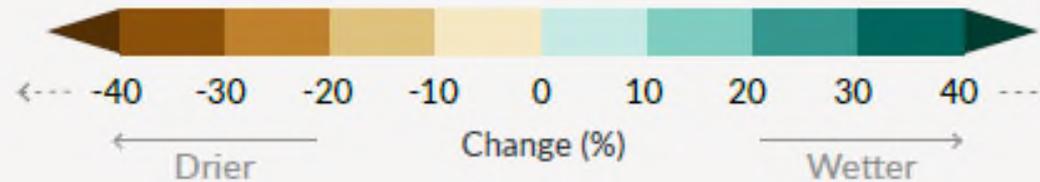
Simulated change at 2 °C global warming



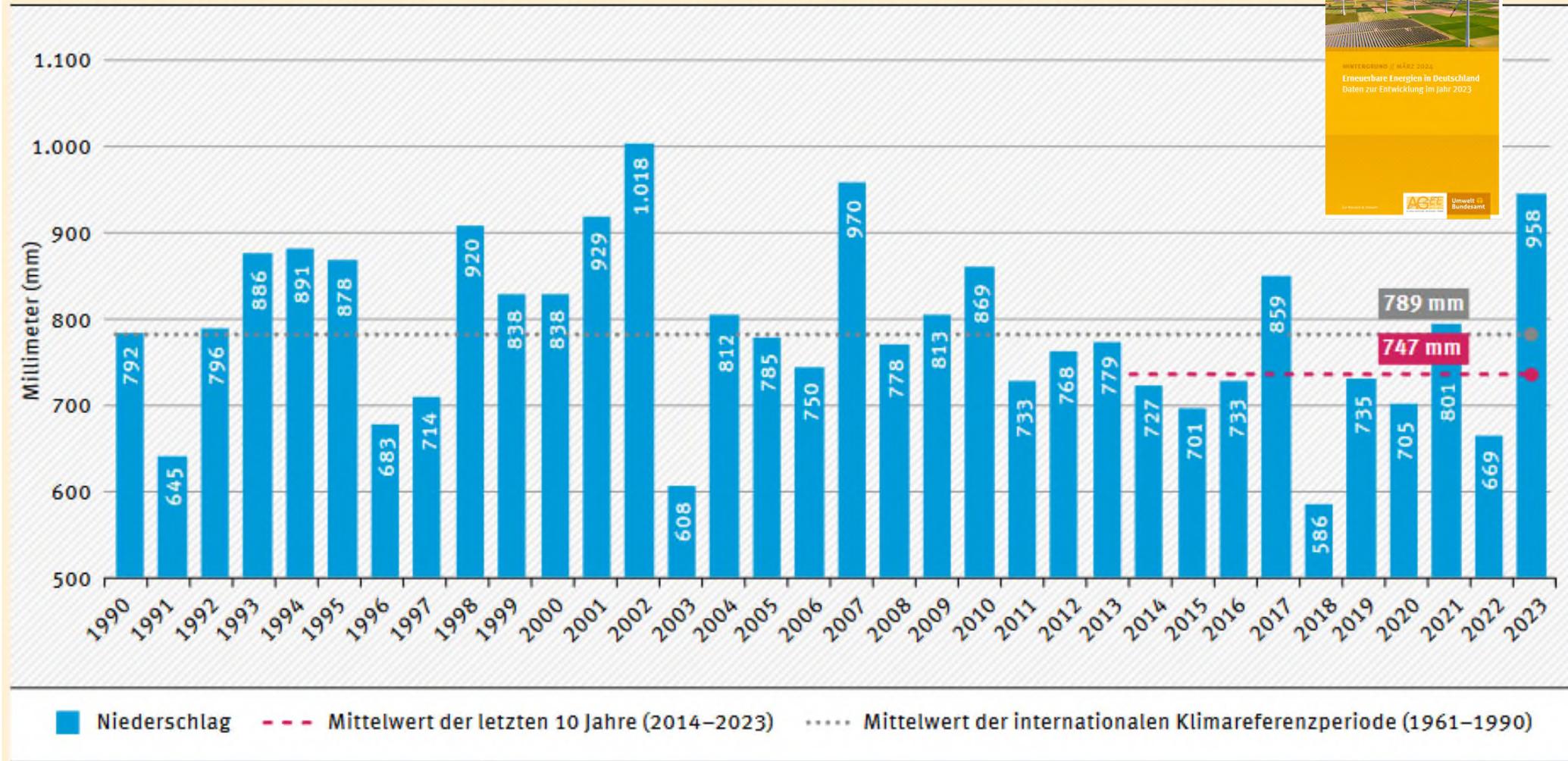
Simulated change at 4 °C global warming



Relatively small absolute changes may appear as large % changes in regions with dry baseline conditions



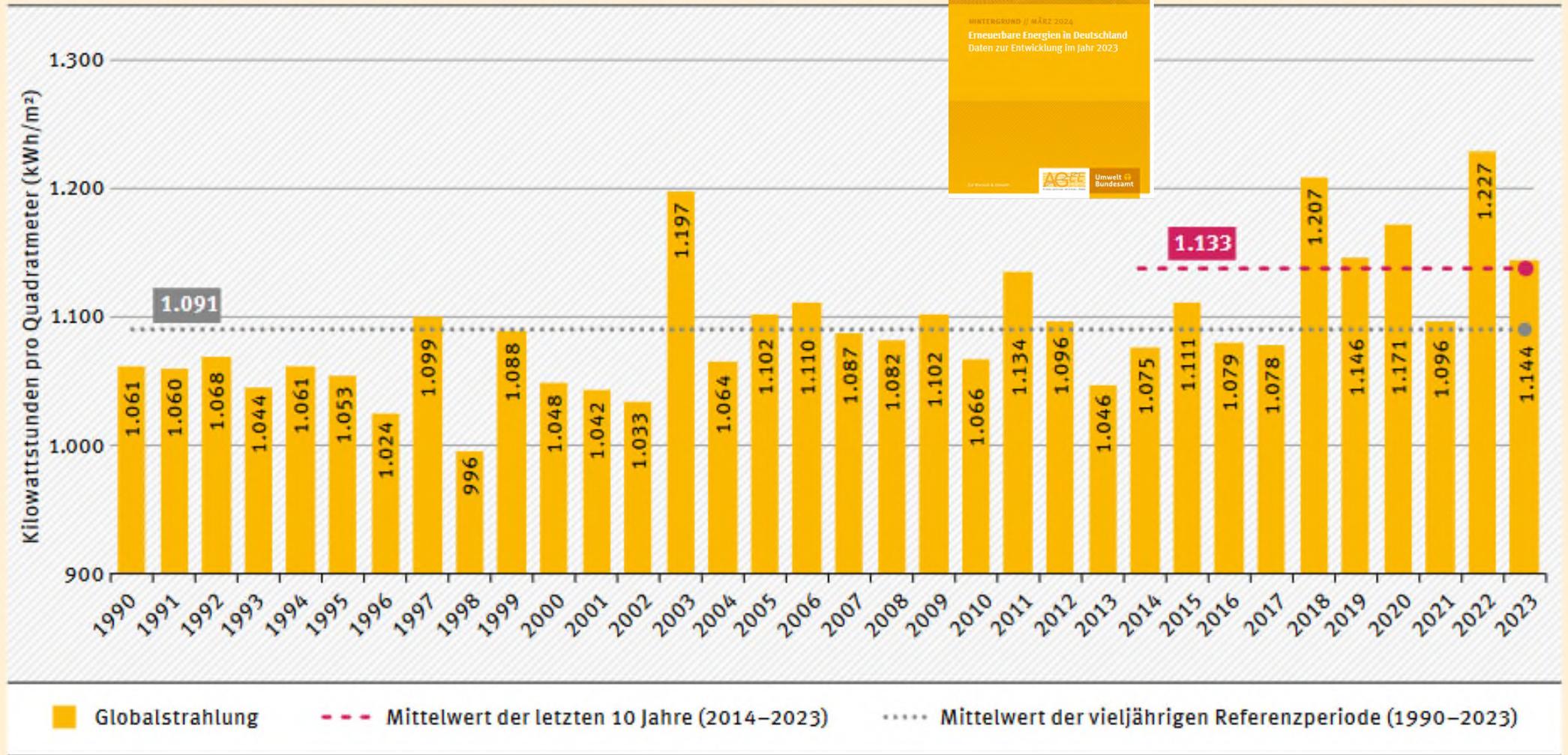
Gemittelte Niederschlagsmenge in Deutschland (1990–2023)



Das Jahr 2023 lag mit etwa 958 mm deutlich über dem Niveau des vieljährigen Niederschlagsmittels. Seit dem Jahr 2010 übertrafen allerdings nur 4 Jahre (2010, 2017, 2021, 2023) die Niederschlagsmenge des langjährigen Mittels von 789 mm.

Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD)

Gemittelte Globalstrahlung in Deutschland (1991–2023)



Die Globalstrahlung ist ein Mass für die Summe aus direkter und diffuser Sonnenstrahlung pro Fläche und damit eine direkter Indikator für die Leistung von PV und Solarthermieanlagen. Systematisch wird die Globalstrahlung vom DWD seit 1983 bereitgestellt. Im Jahr 2022 wurde mit 1.227 kWh/m² einen neuer Rekordwert erreicht. Im Jahr 2023 wurden 1.144 kWh/m² erreicht und damit der 6. höchste Wert seit 1990.

Quelle: Deutscher Wetterdienst (DWD)

Deutschland im Klimawandel – Risiken und Handlungserfordernisse

GRADUELLER TEMPERATUR- UND MEERES-SPIEGELANSTIEG

TROCKENHEIT UND NIEDRIGWASSER

STARKREGEN, STURZFLUTEN UND HOCHWASSER

HITZE

KomPass
Kompetenzzentrum
Klimafolgen und Anpassung

Vier zentrale Herausforderungen zur Anpassung an den Klimawandel in Deutschland
Quelle: Adelphi

Klimawirkungen mit sehr dringendem Handlungsbedarf

Handlungsfeld	Klimawirkung	Handlungsfeld	Klimawirkung	
Boden	Bodenerosion durch Wasser	Küsten- und Meeresschutz	Wasserqualität und Grundwasser- versalzung	
	Wassermangel im Boden		Naturräumliche Veränderungen an Küsten	
	Bodenerosion durch Wind		Beschädigung oder Zerstörung von Siedlung und Infrastruktur an der Küste	
	Produktionsfunktion		Überlastung der Entwässerungs- einrichtungen in überflutungs- gefährdeten Gebieten	
Biologische Vielfalt	Ausbreitung invasiver Arten		Fischerei	Verbreitung von Fischarten in Fließ- gewässern
	Schäden an wassergebundenen Habitaten und Feuchtgebieten			Verkehr, Verkehrsinfrastruktur
	Schäden an Wäldern	Wald- und Forstwirtschaft	Schäden an Gebäuden aufgrund von Flusshochwasser	
Landwirtschaft	Abiotischer Stress (Pflanzen)		Bauwesen	Vegetation in Siedlungen
	Ertragsausfälle			Stadtklima / Wärmeinseln
Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft	Hitze- und Trockenstress	Industrie und Gewerbe	Innenraumklima	
	Stress durch Schädlinge / Krank- heiten		Menschliche Gesundheit	Beeinträchtigung des Warenver- kehrs über Wasserstraßen (Inland)
		Waldbrandrisiko		Hitzebelastung
	Nutzfunktion: Holzertrag	Allergische Reaktionen durch luftübertragende Allergene pflanzli- cher Herkunft		
Wasserhaushalt, Wasserwirtschaft	Gewässertemperatur, Eisbede- ckung und biologische Gewässergüte	UV-bedingte Gesundheitsschädi- gungen (insb. Hautkrebs)		
	Belastung und Versagen von Hochwasserschutzsystemen			
	Sturzfluten und Entwässerung			
	Grundwasserquantität und -qualität			

Quelle: eigene Darstellung, adelphi

AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF DEN MENSCHEN



AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF DEN MENSCHEN

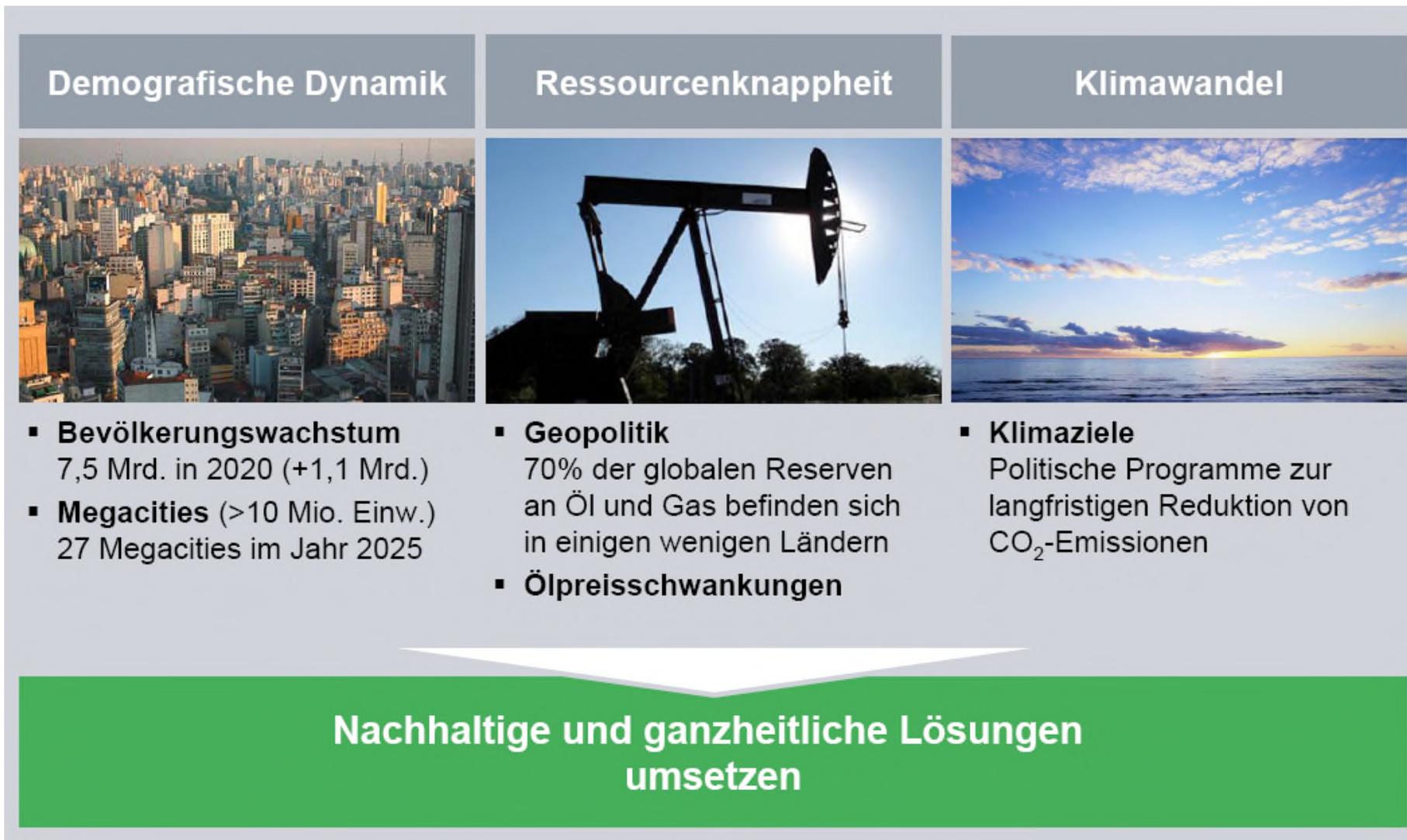


**Entwicklungsländer:
Kostet den
Lebensraum**



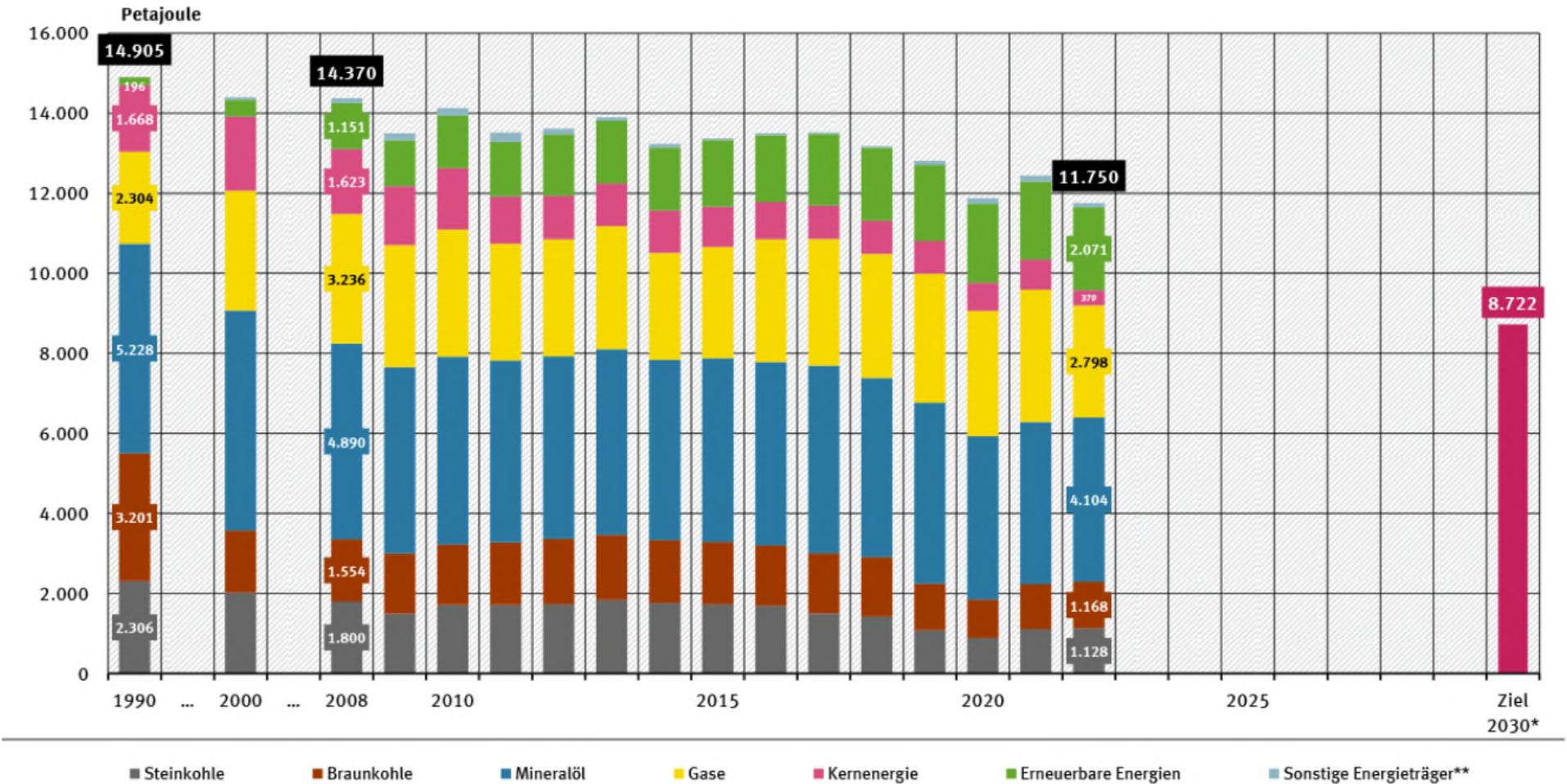
Quelle ISET

TREIBER EINER NACHHALTIGEN ENERGIEVERSORGUNG



PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IN DEUTSCHLAND

Primärenergieverbrauch



* Quelle: Energieeffizienzgesetz § 4 Abs. 1 Nr. 2 (- 39,3% gegenüber 2008)
 ** sonstige Energieträger: Grubengas, nicht-erneuerbare Abfälle und Abwärme sowie der Stromaustauschsaldo

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis Arbeitsgemeinschaft
 Energiebilanzen: Energiebilanzen (Stand 11/2023)

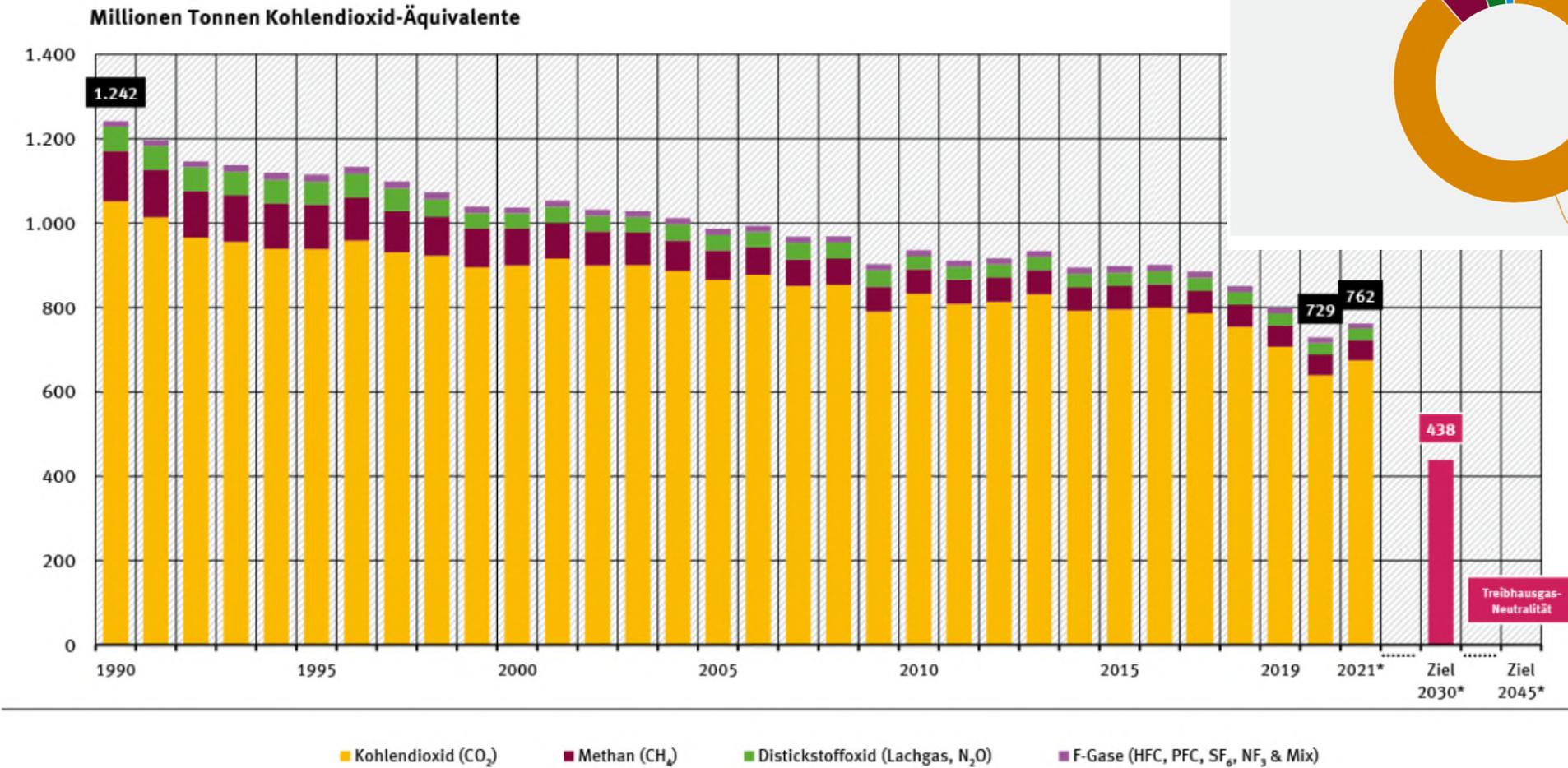


Bewertung der Energieträger ohne Heizwert mit der Wirkungsgradmethode

Quelle: Umweltbundesamt

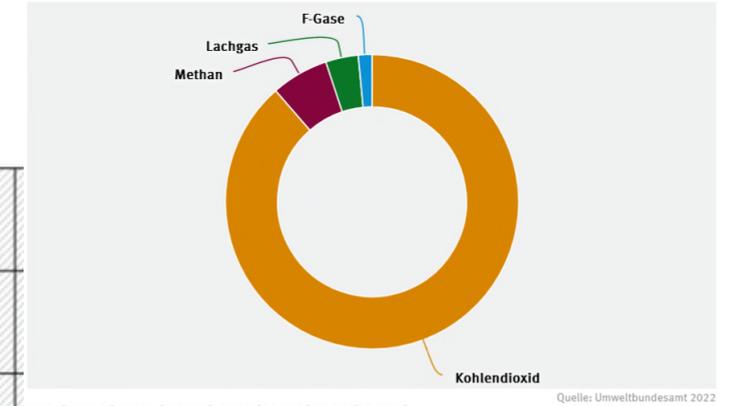
TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN IN DEUTSCHLAND

Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen



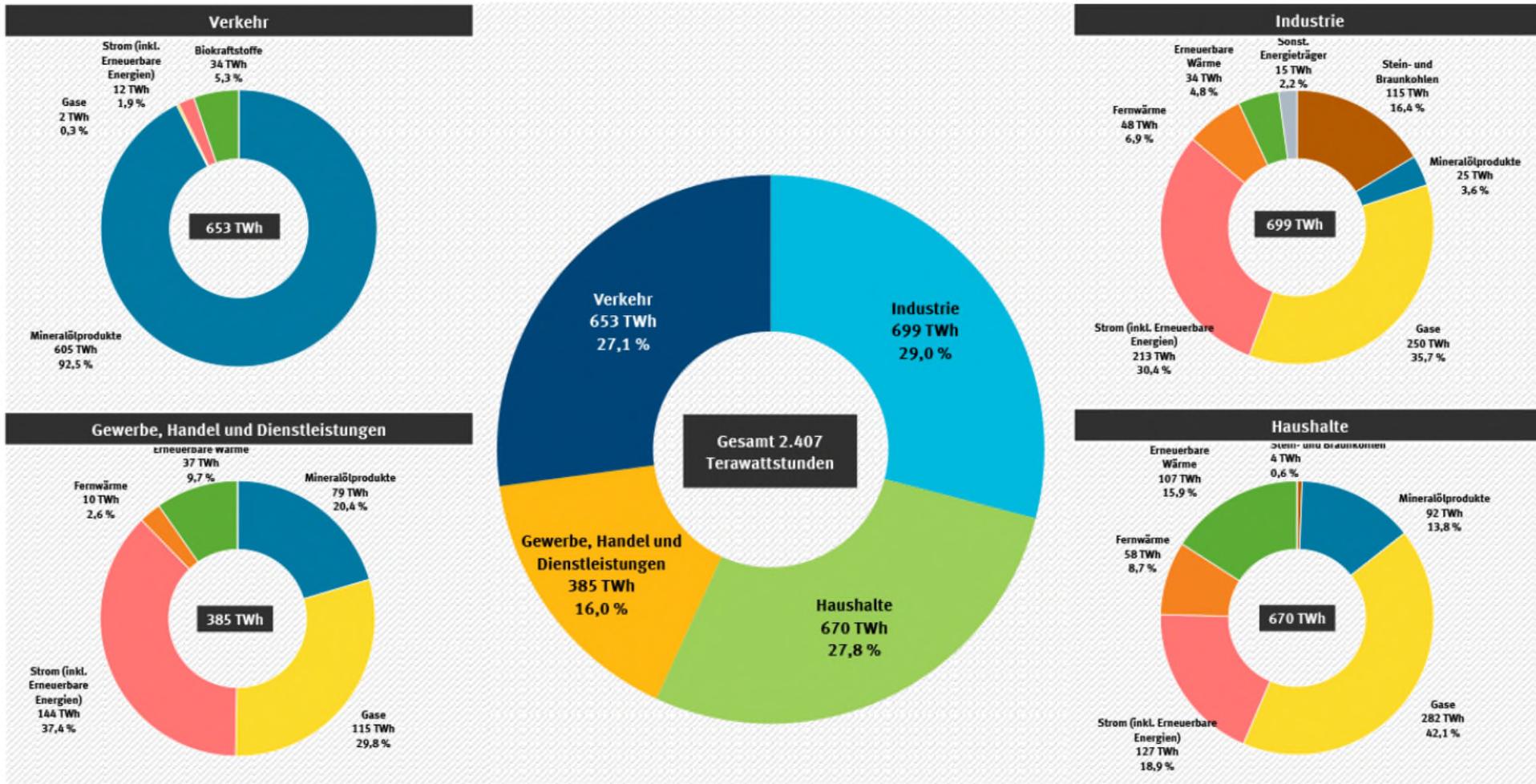
Anteile der Treibhausgase an den Emissionen (berechnet in Kohlendioxid-Äquivalenten) VJS 2021

Gesamtemissionen: 762 Millionen Tonnen



ENDENERGIEVERBRAUCH 2021 NACH SEKTOREN UND ENERGIETRÄGERN

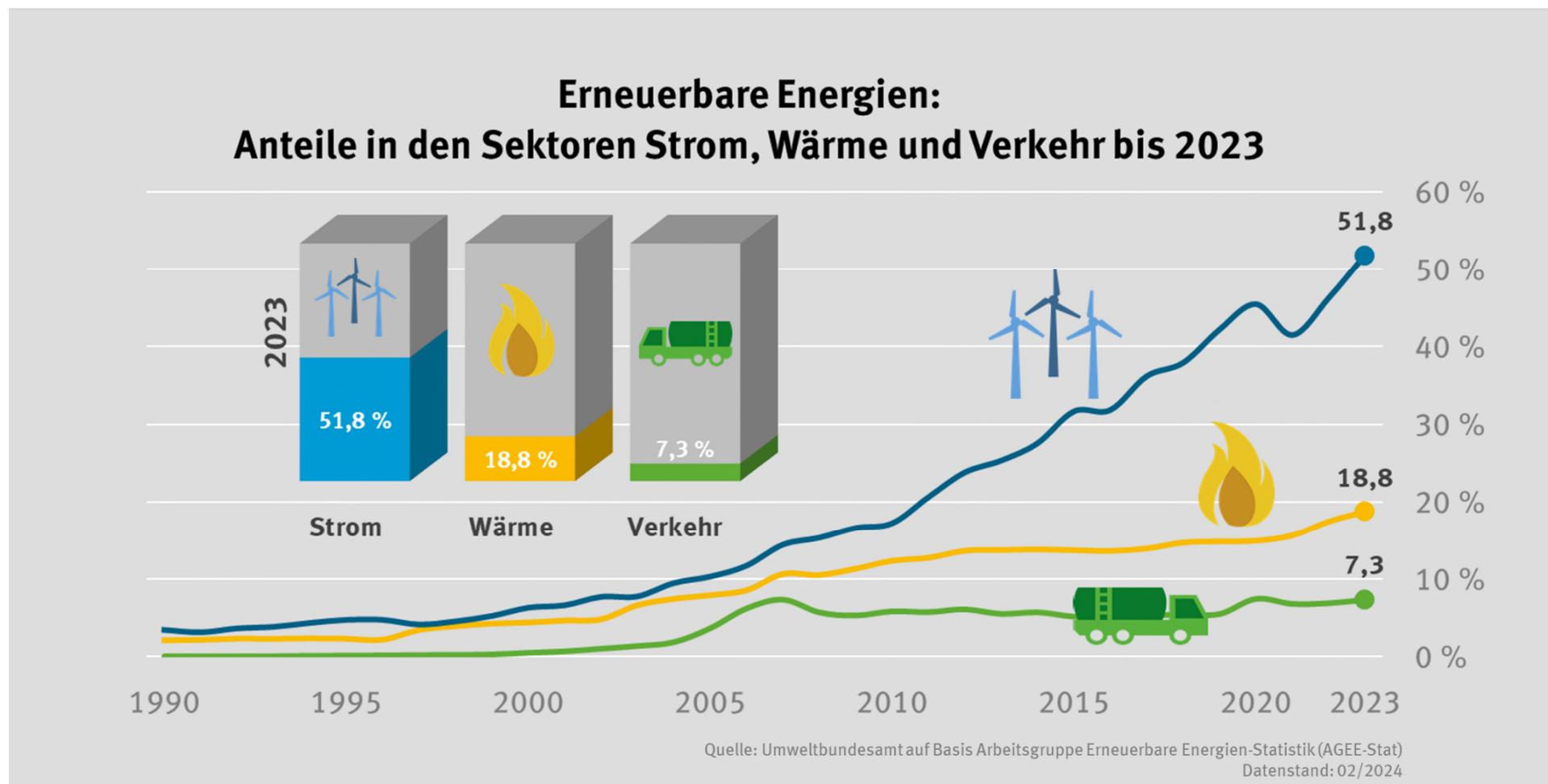
Endenergieverbrauch 2021 nach Sektoren und Energieträgern*



* vorläufige Angaben

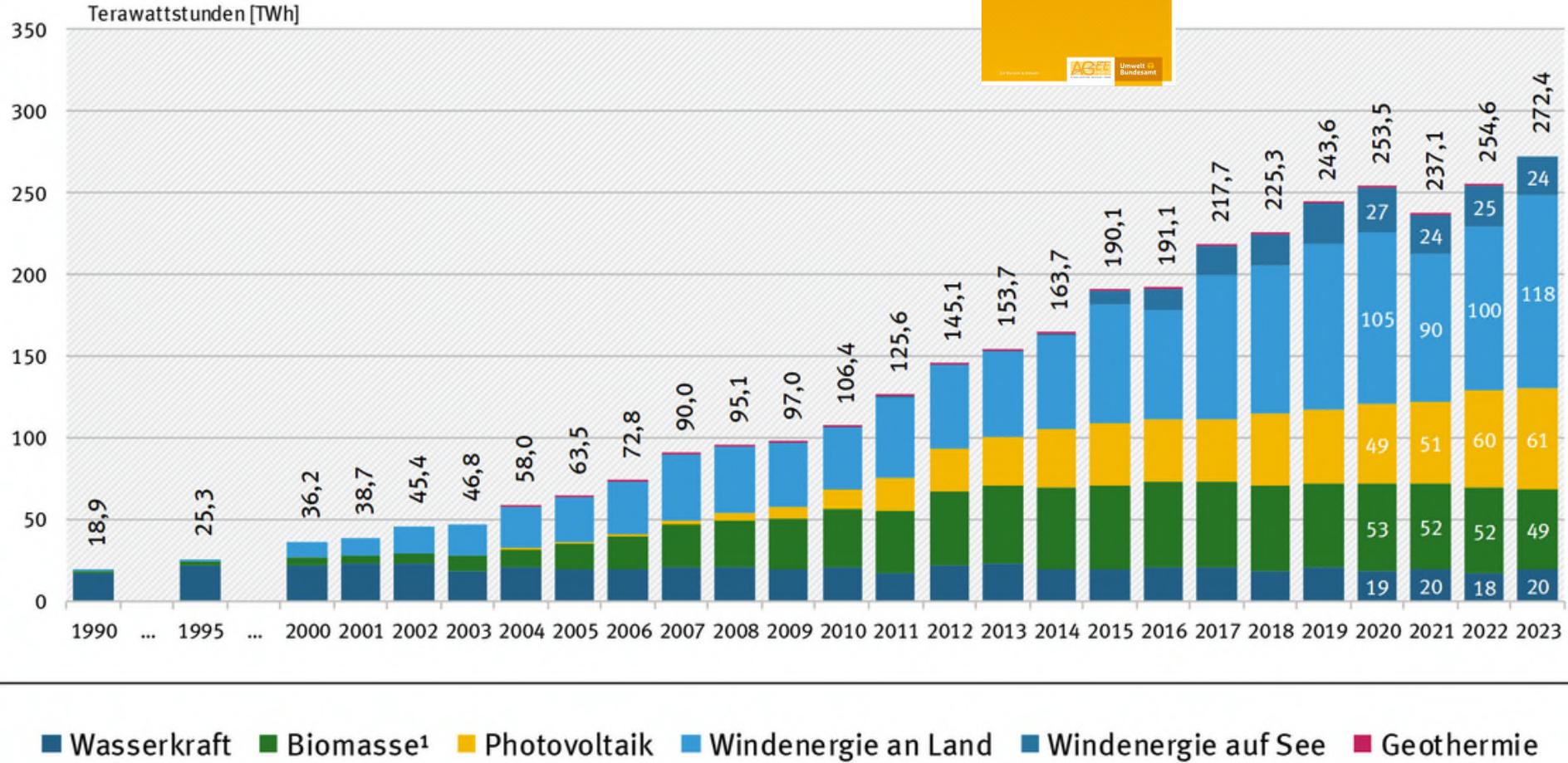
Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland, Stand 09/2022

ANTEIL ERNEUERBARER ENERGIEN AM ENDENERGIEVERBRAUCH



Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland

Entwicklung von 1990 bis 2023

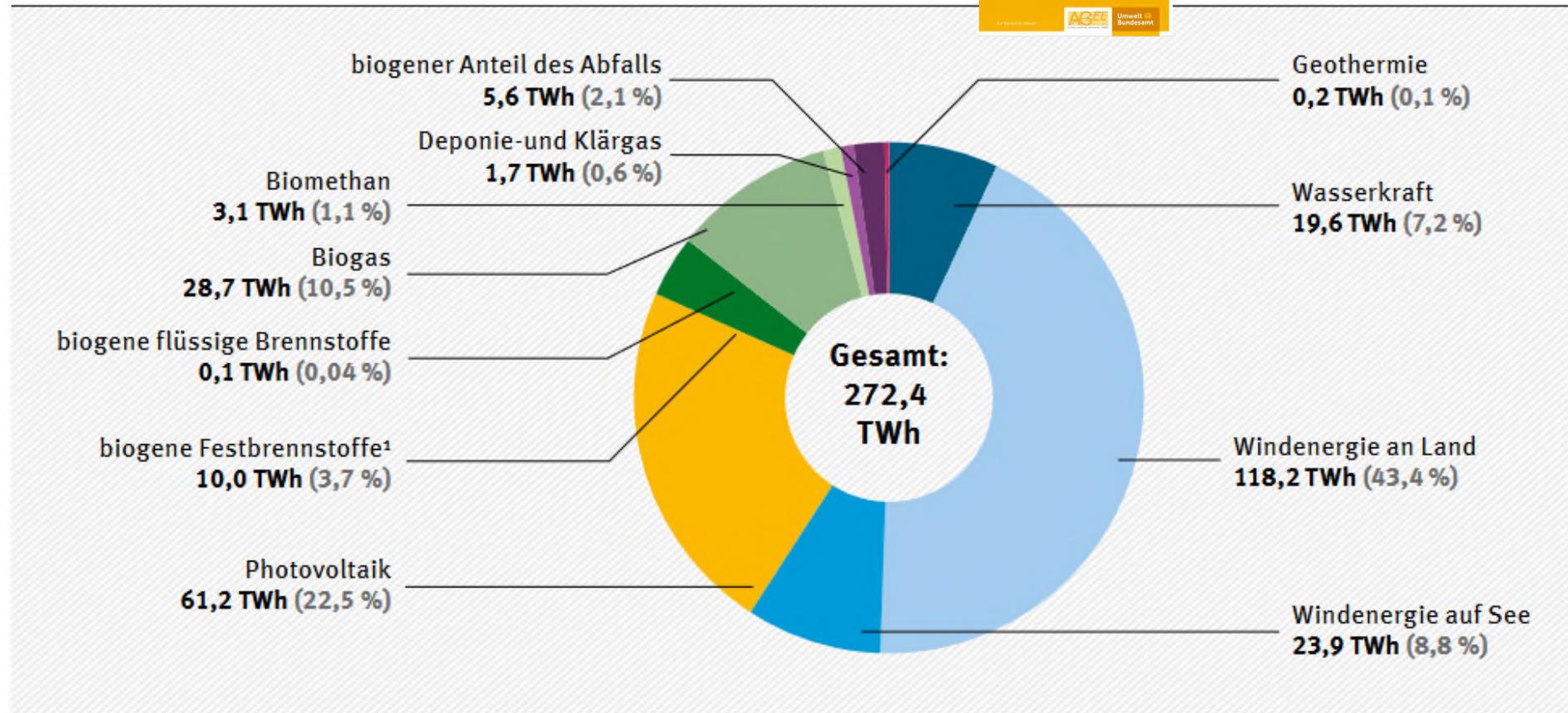


¹ inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas, Klärschlamm und dem biogenen Anteil des Abfalls

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) auf Basis AGEE-Stat
Stand 02/2024

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2023

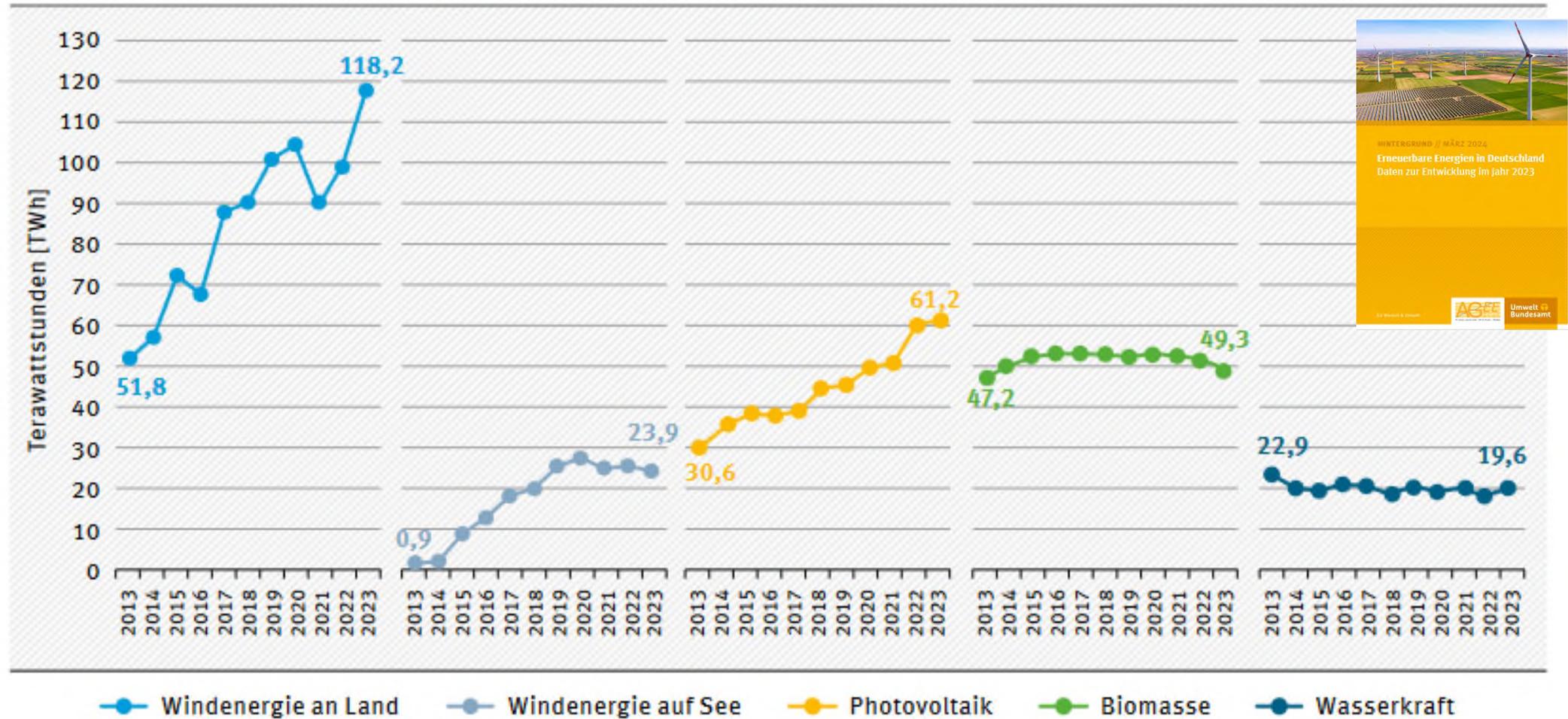
Werte in Terawattstunden (TWh), Anteile in Prozent in Klammern



¹ inkl. Klärschlamm

Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

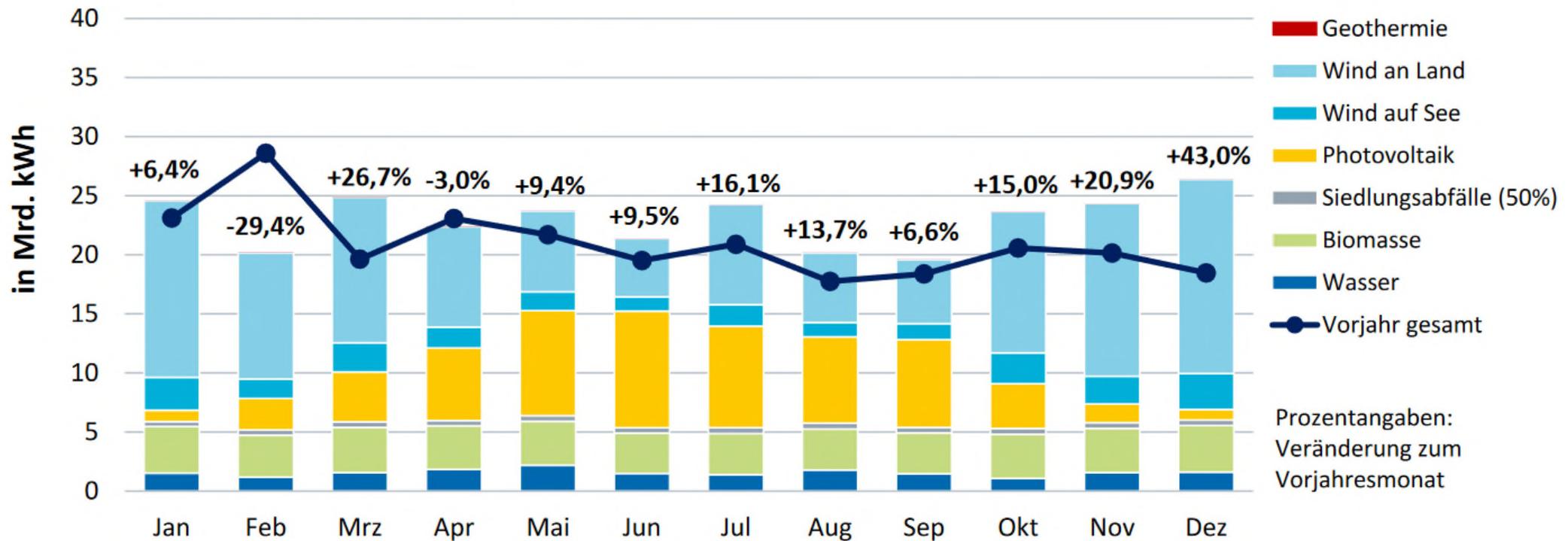
Entwicklung der Stromerzeugung erneuerbarer Energieträger im Vergleich seit dem Jahr 2013



Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

Monatliche Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Bruttostromerzeugung 2023: 276 Mrd. kWh*
(Veränderung zum Vorjahr gesamt: +9,4 %)

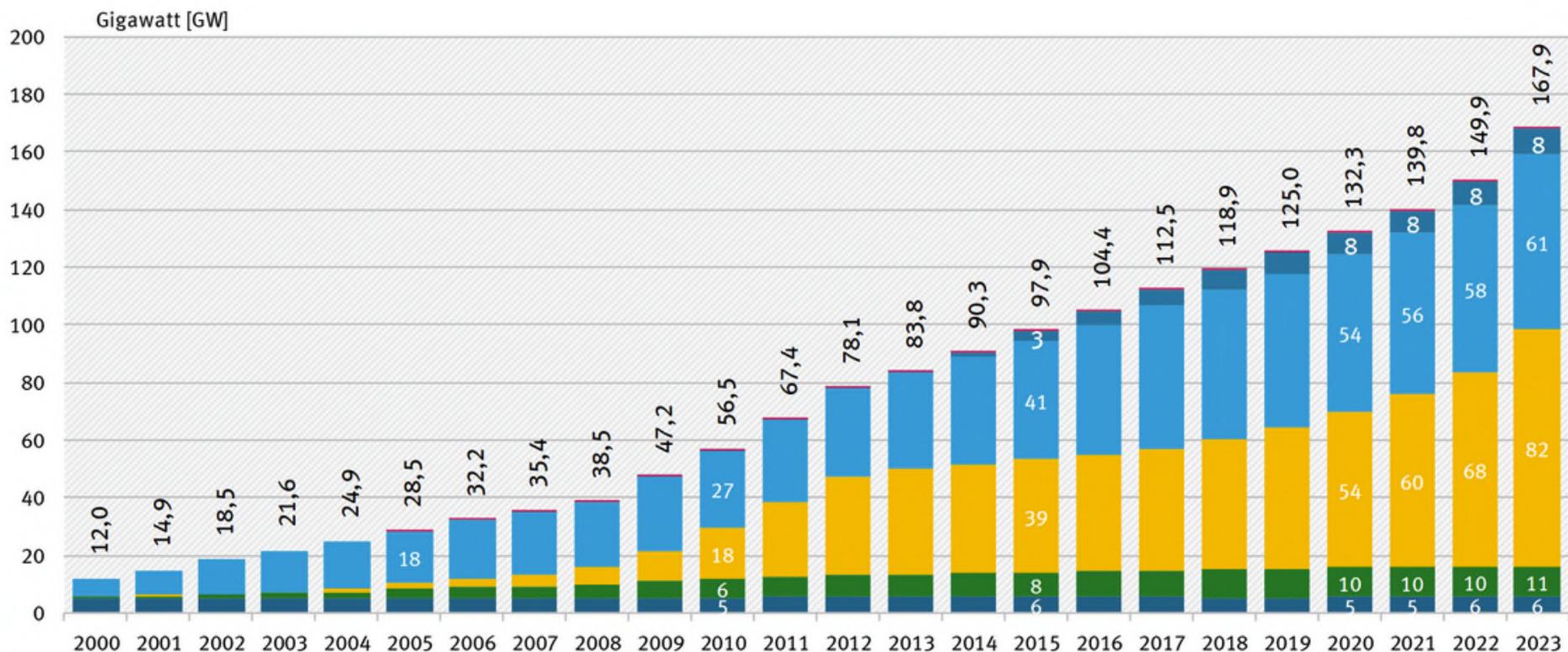


Quellen: Destatis, ZSW, BDEW; Stand 01/2024

* vorläufig

Installierte Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Entwicklung von 2000 bis 2023



■ Wasserkraft
 ■ Biomasse¹
 ■ Photovoltaik
 ■ Windenergie an Land
 ■ Windenergie auf See
 ■ Geothermie

¹ inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas, Klärschlamm und biogenem Anteil des Abfalls (50%)

Quelle: Umweltbundesamt (UBA) auf Basis AGEE-Stat
Stand 02/2024

UNTERSCHIED ZWISCHEN LEISTUNG UND ENERGIE !!

Installierte Leistung und Erzeugung 2023*

Gesamte Elektrizitätswirtschaft

Wind auf See

Wind an Land

Photovoltaik

Biomasse und
sonst. Erneuerbare Energien
sonstige konv. Energieträger

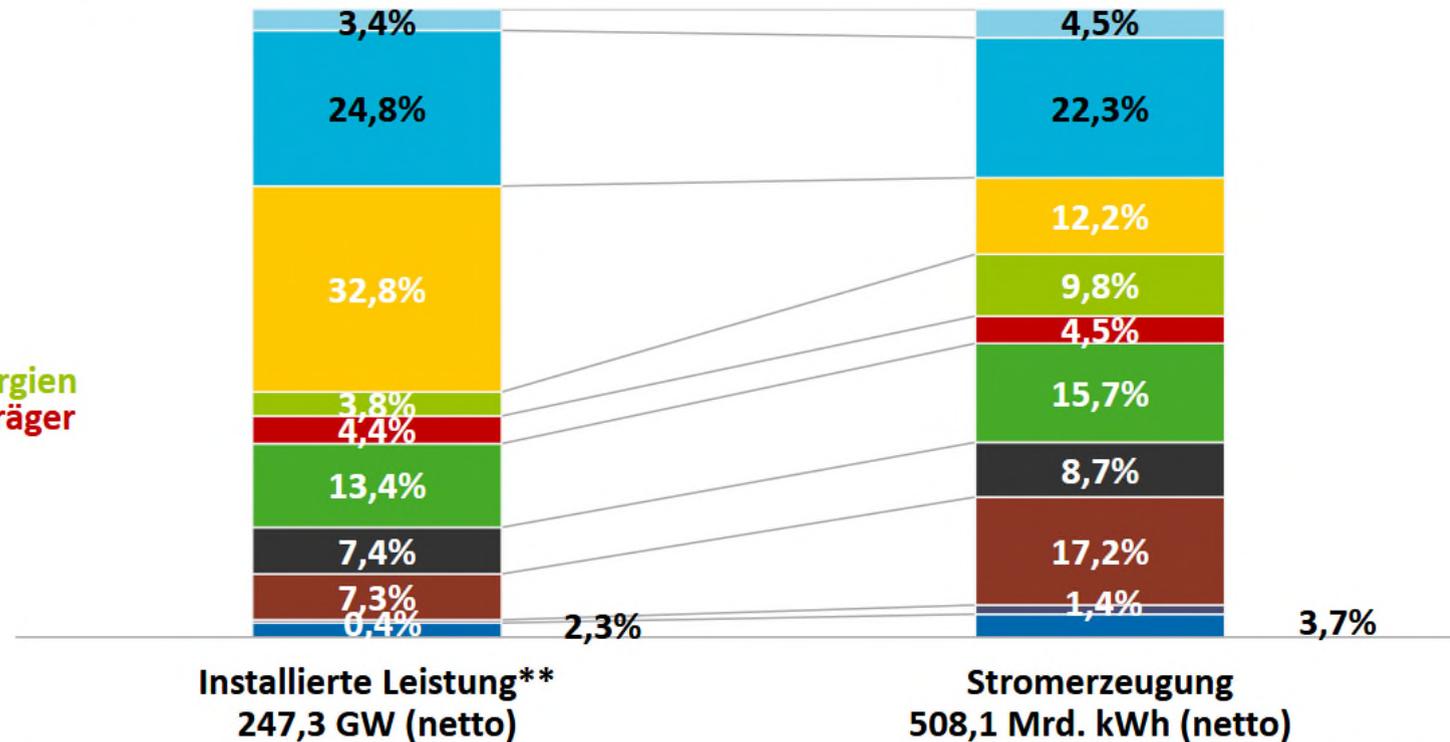
Erdgas

Steinkohle

Braunkohle

Kernenergie

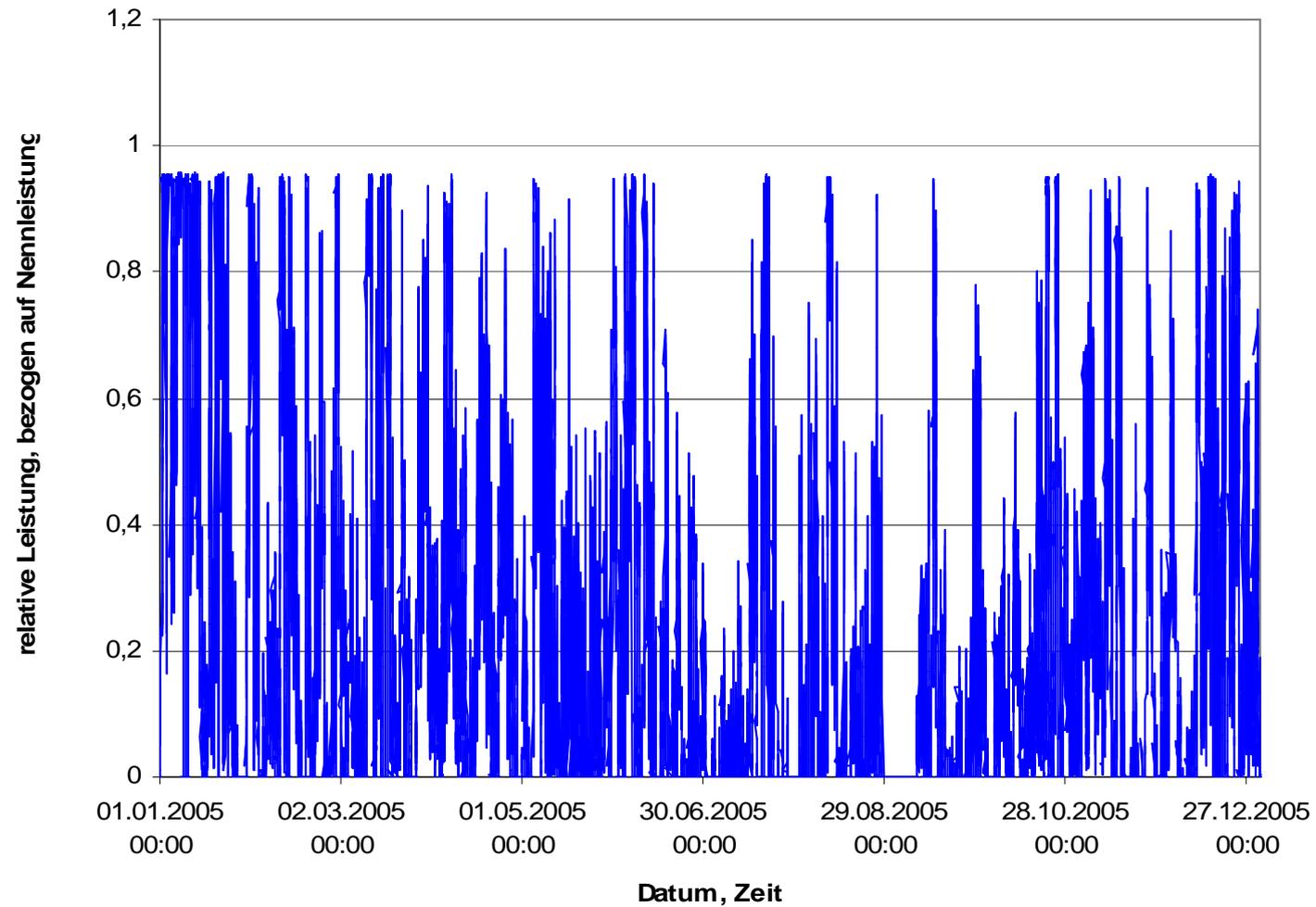
Wasserkraft



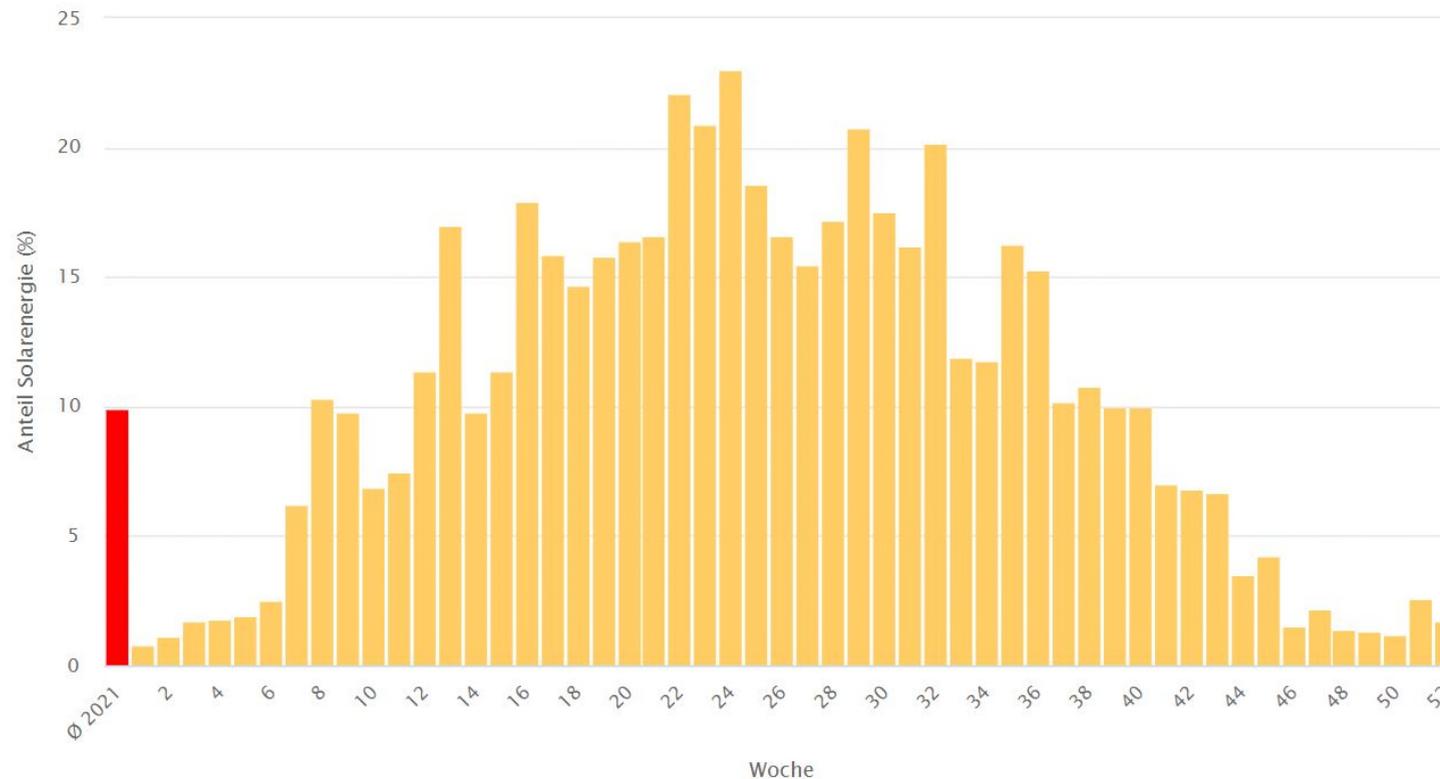
Quellen: Destatis, BDEW; Stand 12/2023

*vorläufig **ohne Einspeiseleistung von Stromspeichern ; Kernenergie bis 15.04.23 zeitanteilig berücksichtigt

BEISPIELHAFTER EINSPEISEGANG EINER WINDENERGIEANLAGE



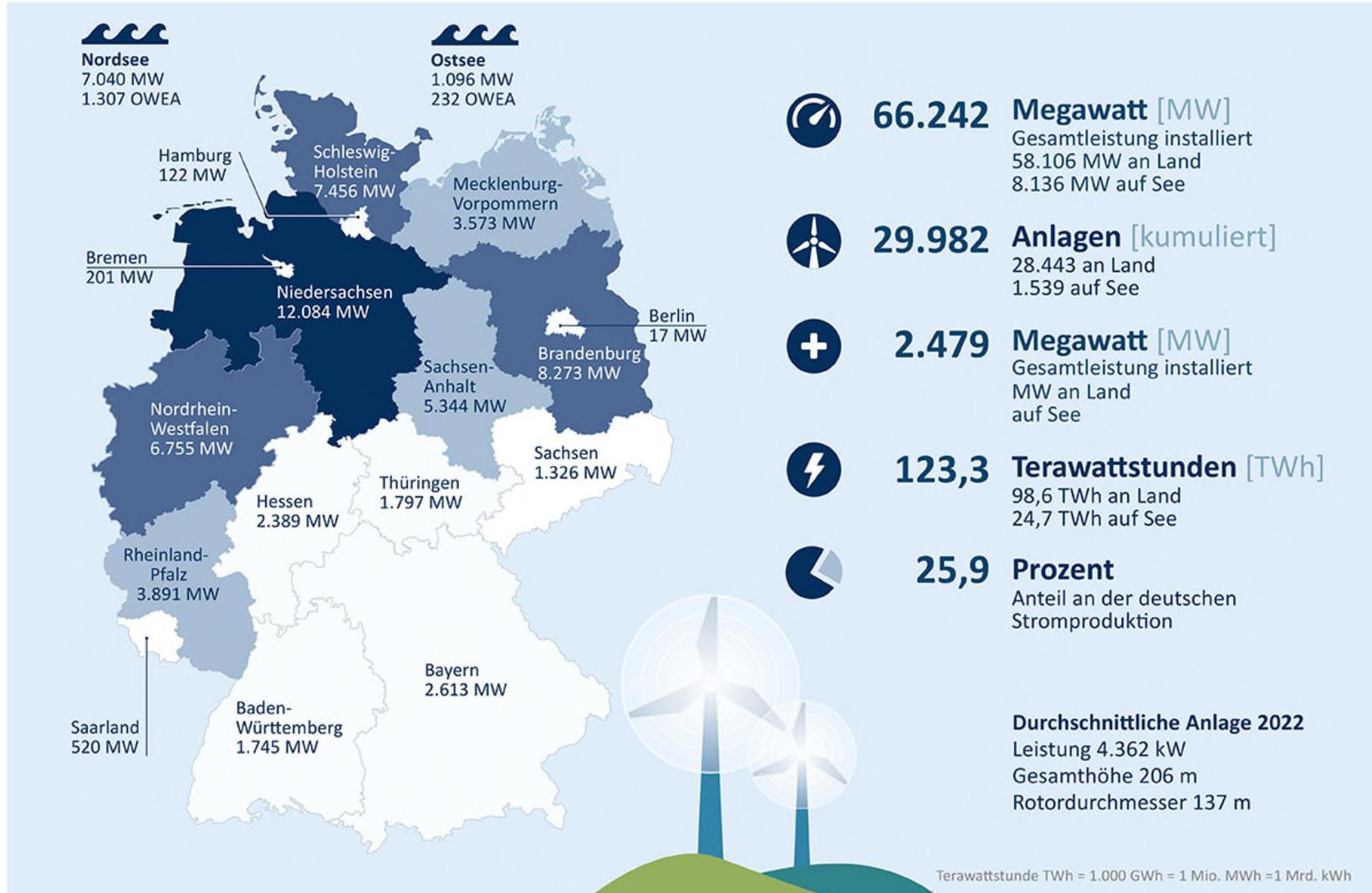
Wöchentlicher Anteil der Solarenergie an der Stromerzeugung in Deutschland 2021



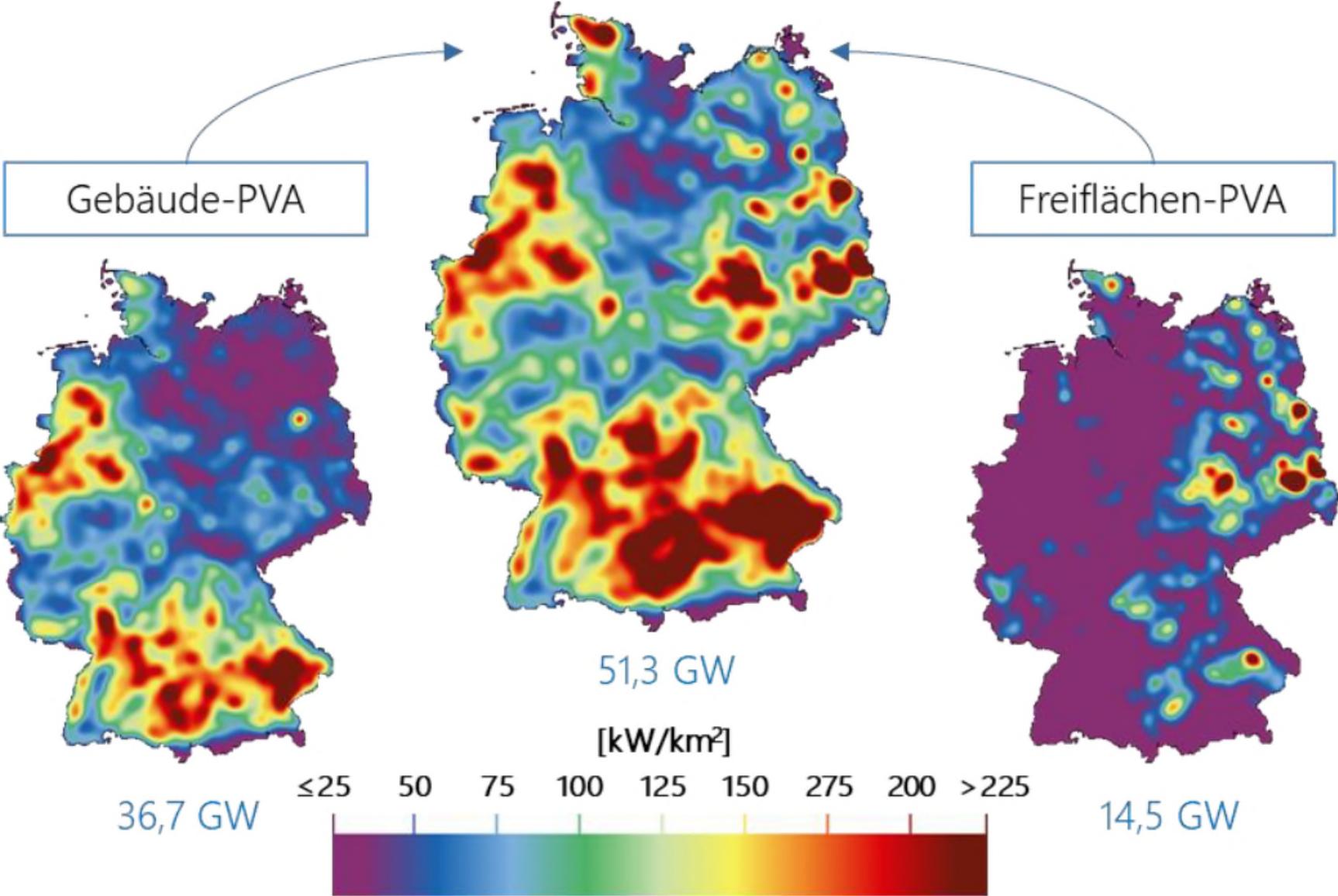
Energy-Charts.info - letztes Update: 03.01.2022, 09:20 MEZ

Energieversorgung nach Jahreszeiten denken

- Bayern ist Sonnenland im Sommer. Und Windland im Winter.
- Mit 1 MW installierter Windleistung kann man im Winter 10 mal so viel Strom erzeugen wie mit 1 MW PV erzeugen.



Regionale Verteilung der PV-Anlagen



Stand September 2020

Quelle: netzentwicklungsplan.de
FfE Begleitstudie

DECKUNG UND VERSORGUNG DER RESIDUALLAST BEI 100 % ERNEUERBARER VERSORGUNG

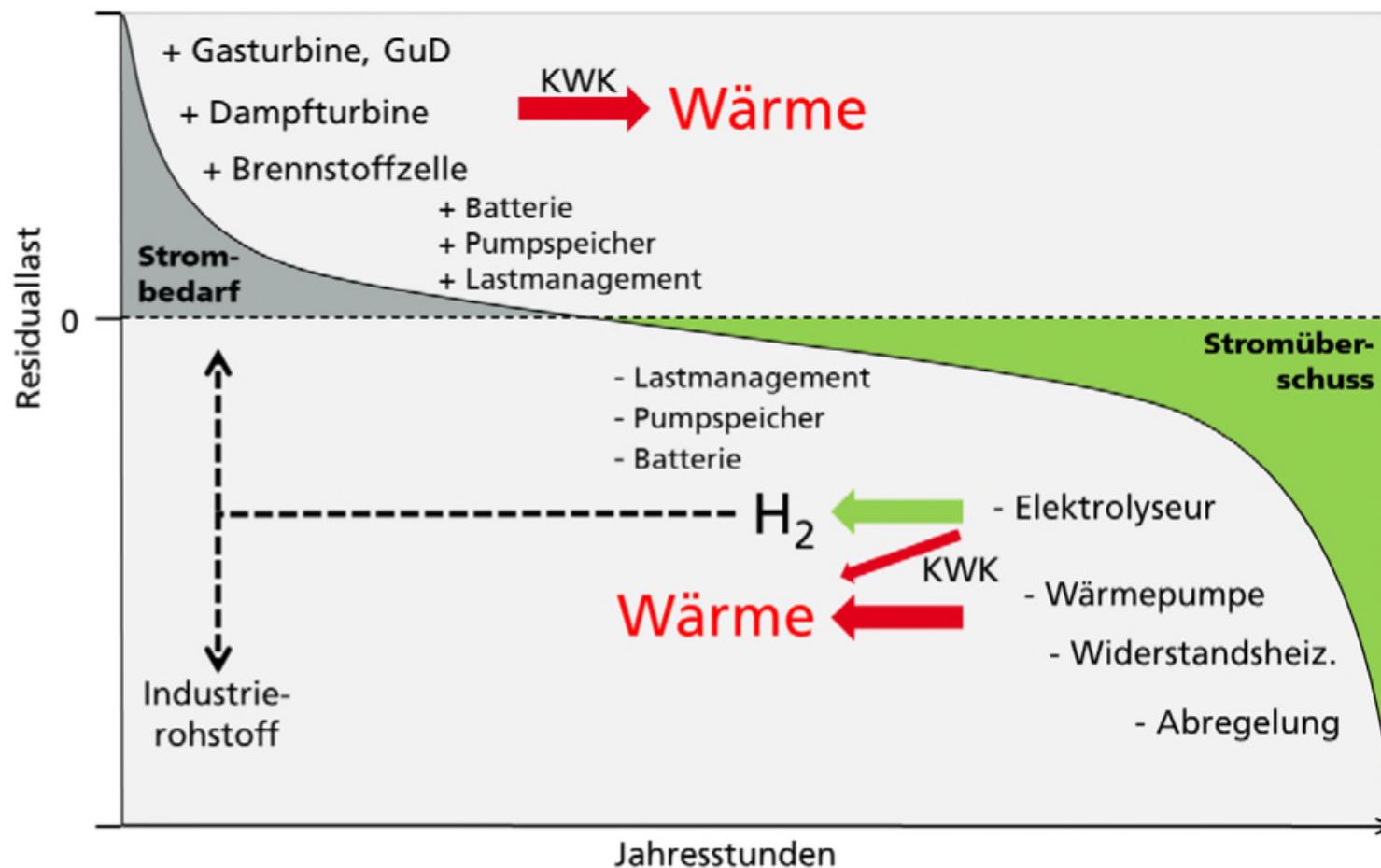
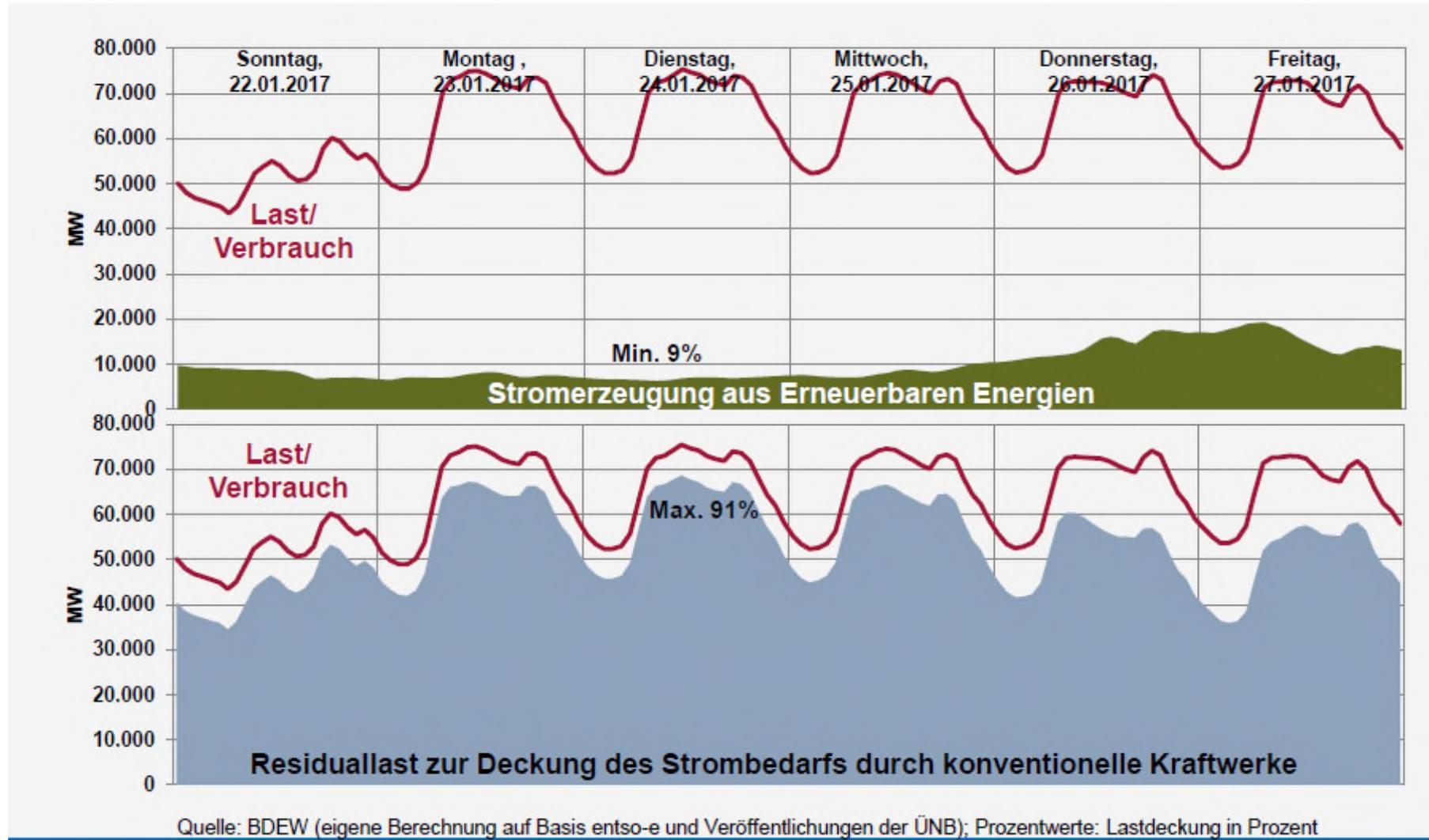
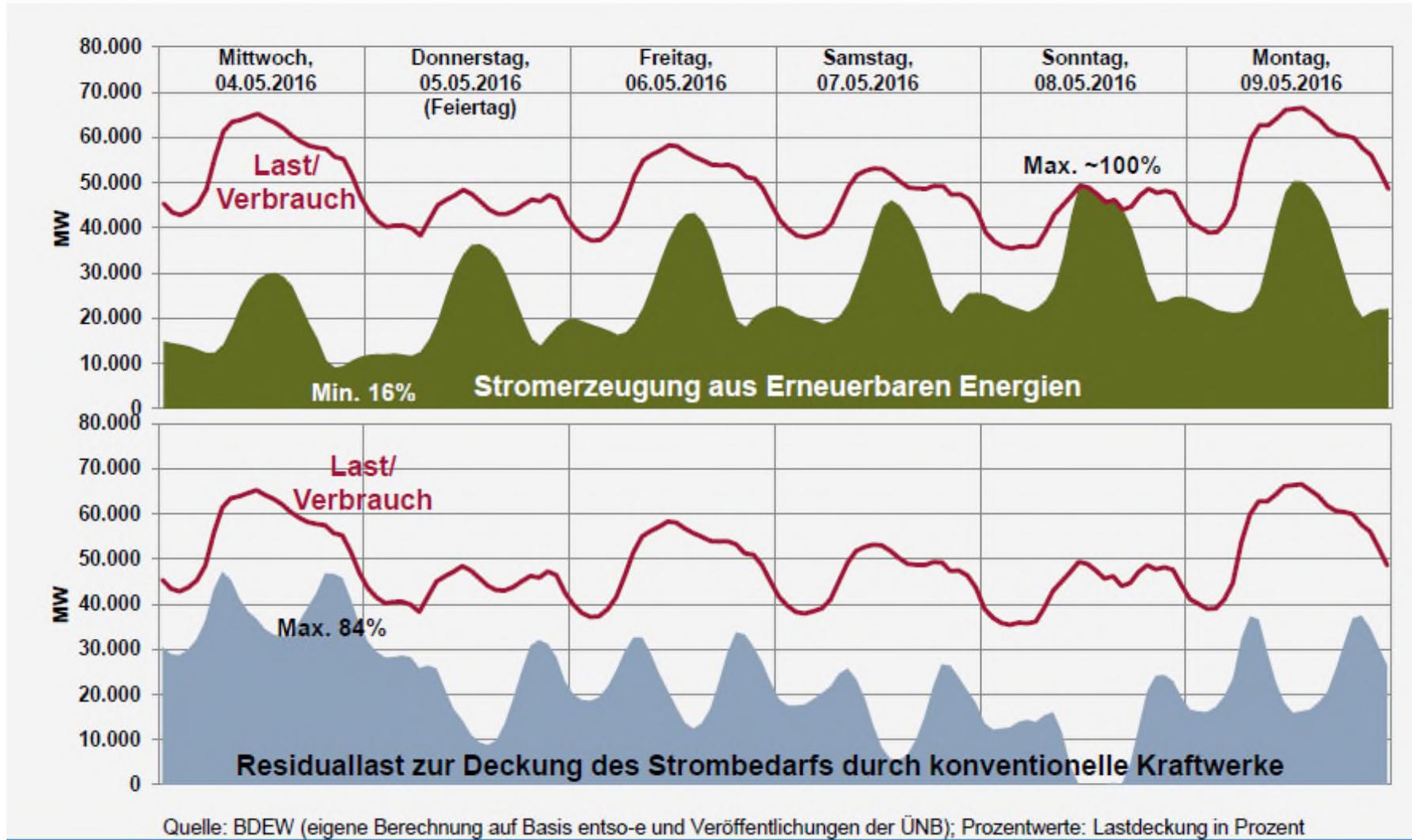


Abbildung 49: Schematische Darstellung einer Residuallastkurve für Deutschland bei Stromversorgung mit 100 % EE, mit Erzeugern (+) und Lasten (-)

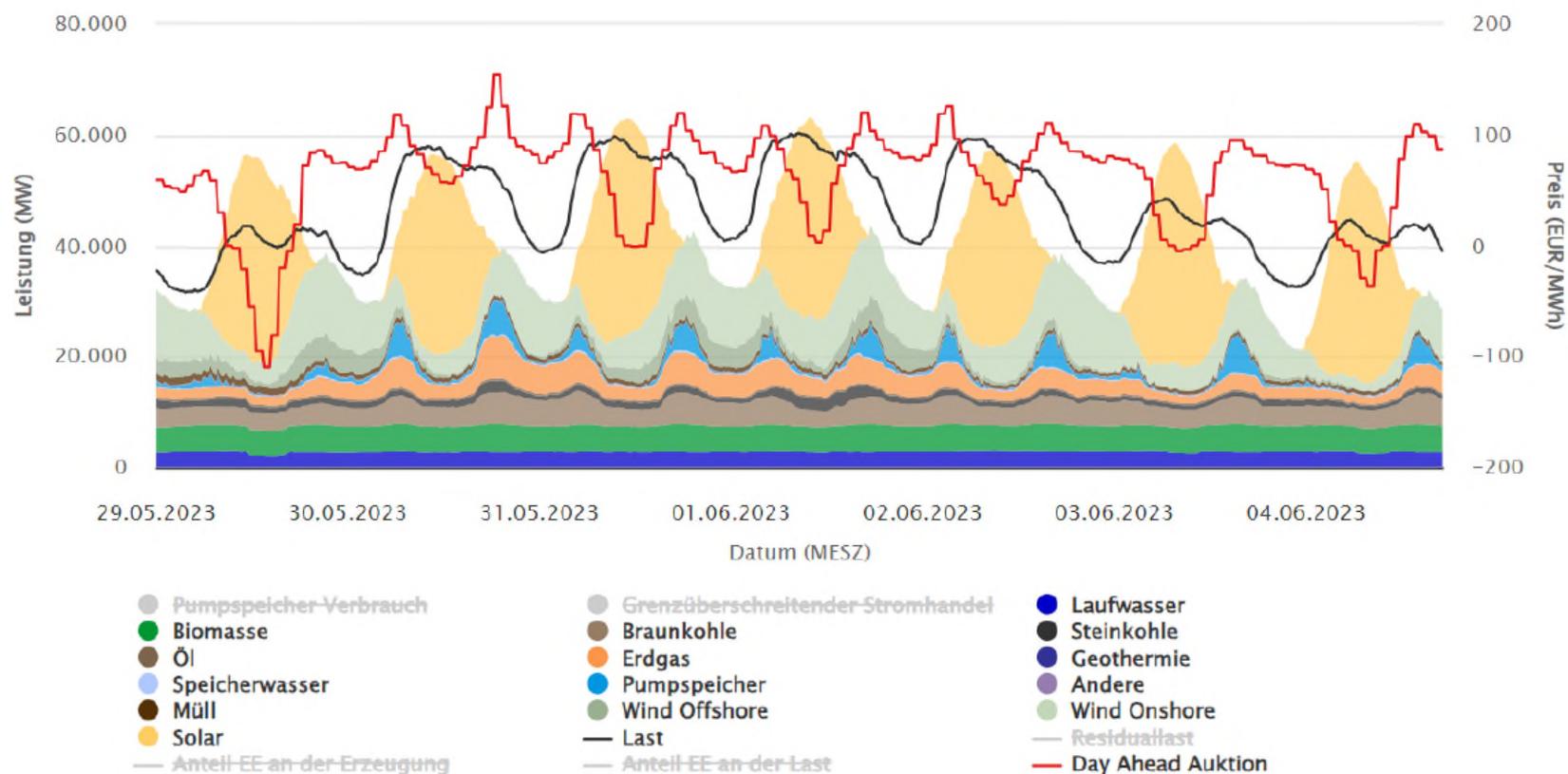
Volatilität der Einspeisung aus Erneuerbaren Energien: Situation niedrige Einspeisung



Volatilität der Einspeisung aus Erneuerbaren Energien: Situation hohe Einspeisung



NEGATIVE STROMPREISE



Negative Strompreise bei hohem regenerativen Dargebot:

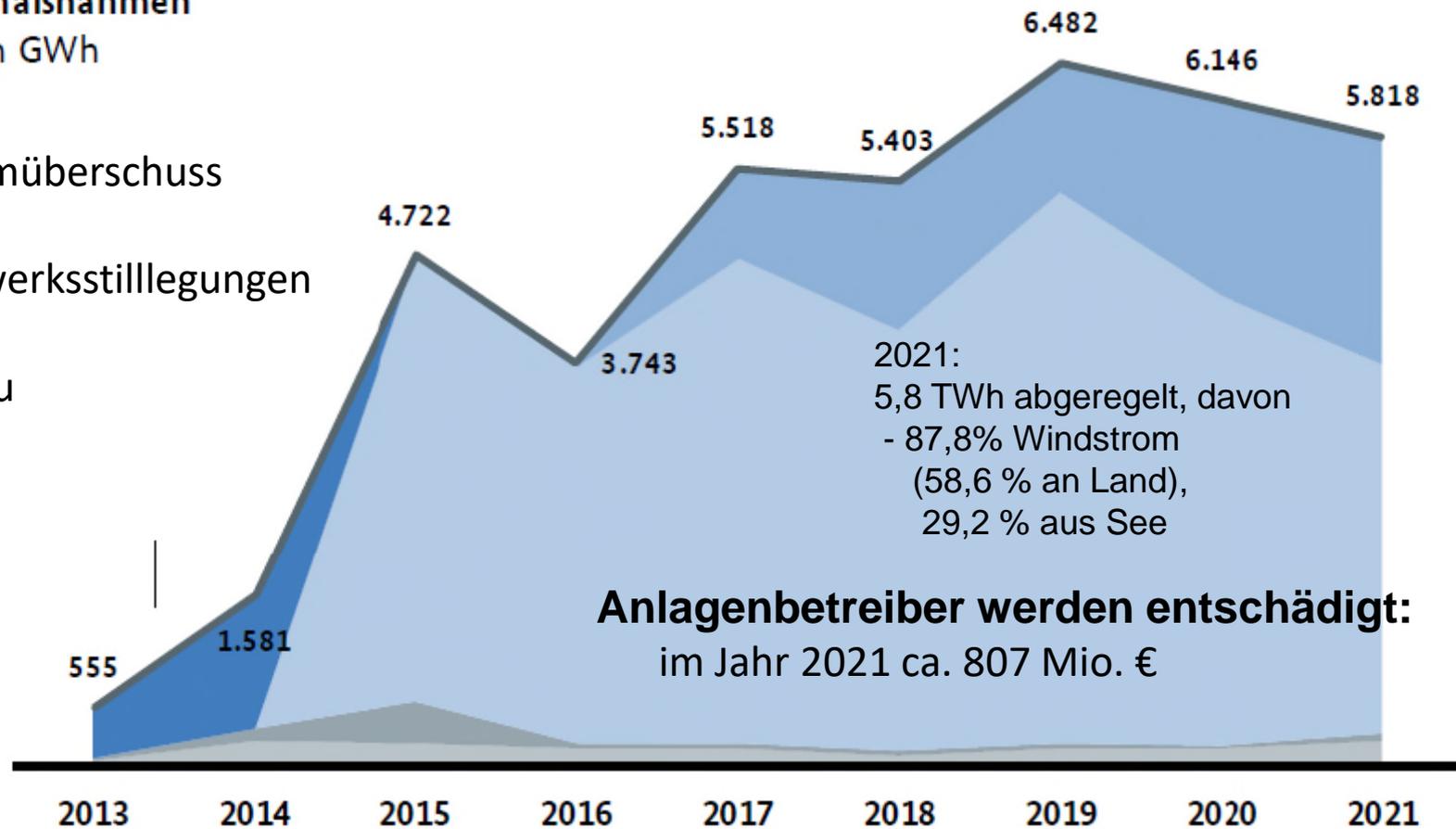
- Konventionelle Kraftwerke nicht flexibel/ Mindestleistung erforderlich (Anfahr- und Abfahrkosten höher)
- industrielle Kraftwerksbetreiber optimieren ihren Verbrauch
- konventioneller Mindesterzeugung -> Verpflichtung zu vereinbarten Systemdienstleistungen
- KWK-Anlage produzieren weiterhin Wärme -> hoher Export

Einspeisung von EEG- oder KWKG-vergüteten Anlagen hat normalerweise Vorrang.
 Zum Erhalt der Netz- und Systemsicherheit kann die Einspeisung **reduziert werden**.

Elektrizität: Ausfallarbeit verursacht durch Einspeisemaßnahmen
 in GWh

Netzengpässe durch

- windkraftbedingten Stromüberschuss im Norden
- Stromdefizit durch Kraftwerksstilllegungen (u. a. AKW) im Süden
- Schleppender Netzausbau



2021:
 5,8 TWh abgeregelt, davon
 - 87,8% Windstrom
 (58,6 % an Land),
 29,2 % aus See

Anlagenbetreiber werden entschädigt:
 im Jahr 2021 ca. 807 Mio. €



■ Solarenergie ■ Biomasse ■ Wind (Onshore) ■ Wind (Offshore) ■ Windenergie (Onshore/Offshore)

STROMGESTEHUNGSKOSTEN IM VERGLEICH

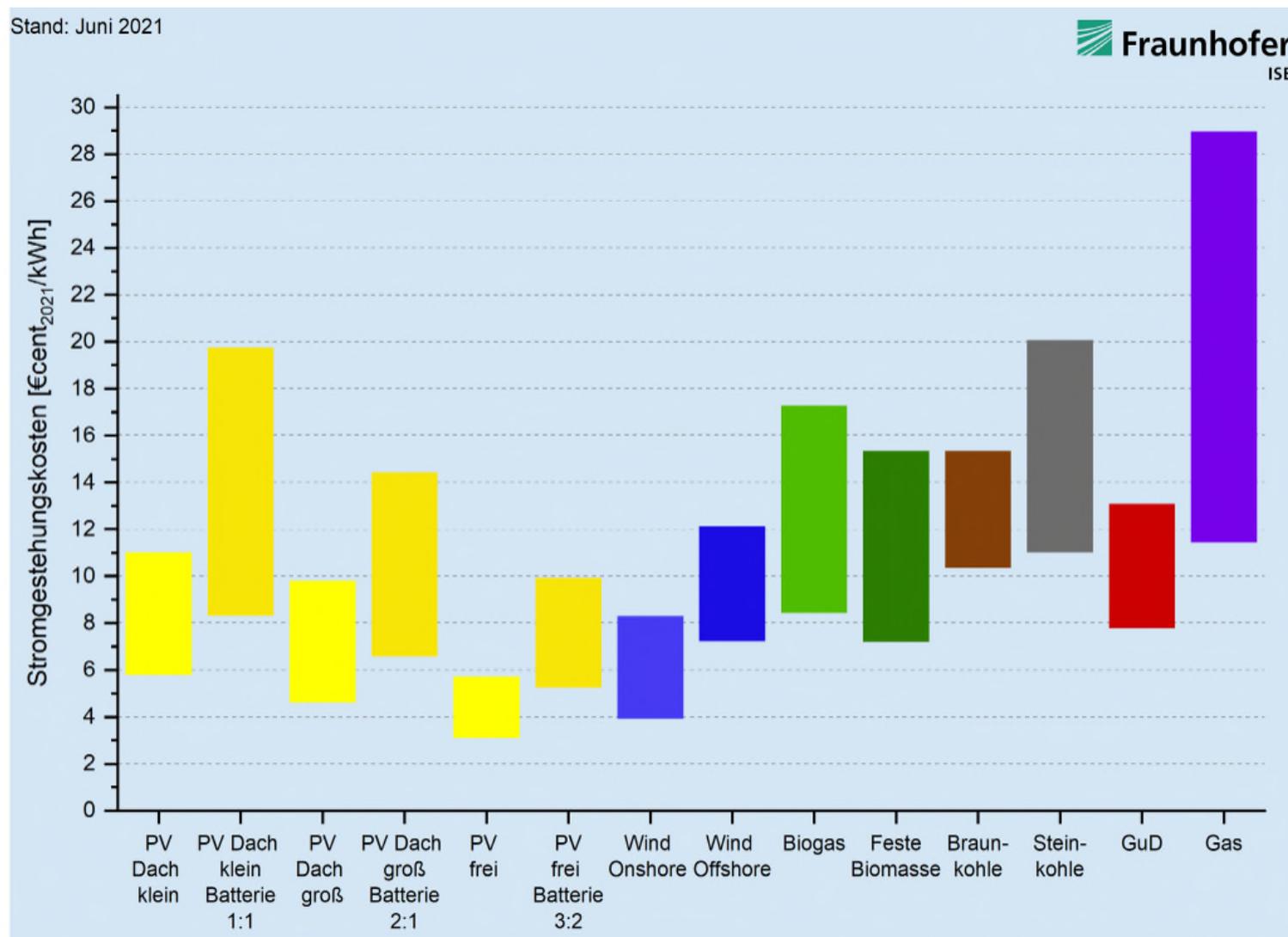
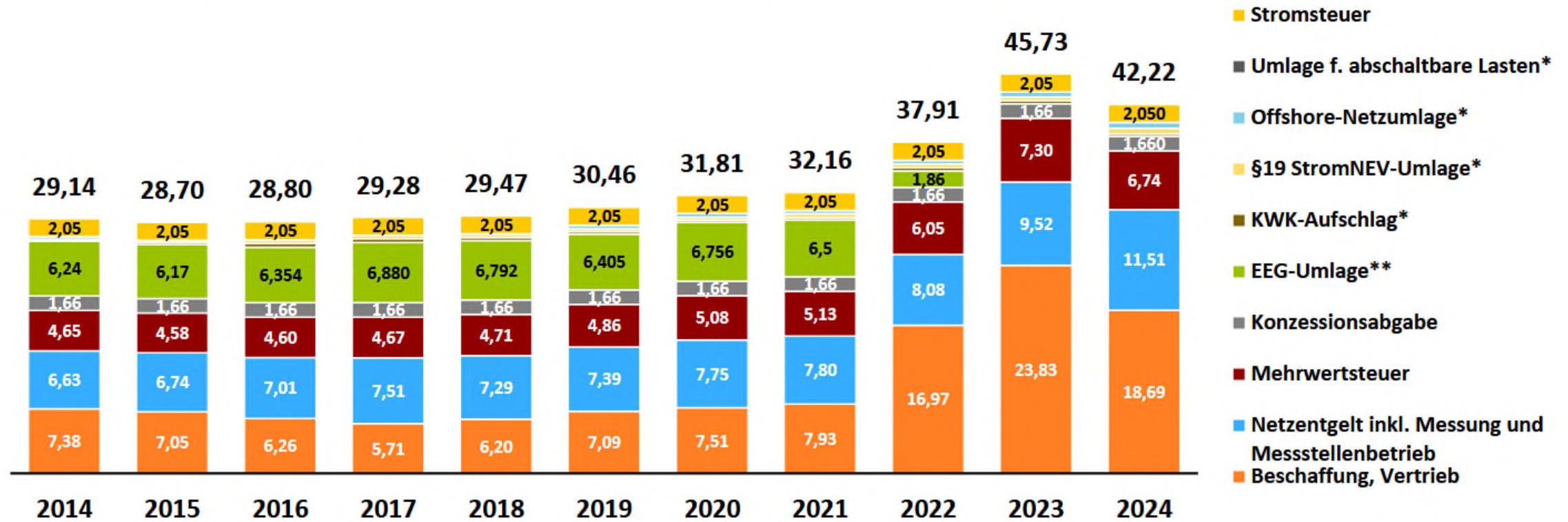


Abbildung 1: Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke an Standorten in Deutschland im Jahr 2021. Spezifische Anlagenkosten sind mit einem minimalen und einem maximalen Wert je Technologie berücksichtigt. Das Verhältnis bei PV-Batteriesystemen drückt PV-Leistung in kWp gegenüber Batterie-Nutzkapazität in kWh aus.

Strompreis für Haushalte

Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt in ct/kWh, Jahresverbrauch 3.500 kWh, Grundpreis anteilig enthalten, Tarifprodukte und Grundversorgungstarife inkl. Neukundentarife enthalten, nicht mengengewichtet***



19% Mwst.

*Einzelwerte s. Folie 6 **EEG-Umlage bis 30.06.2022: 3,723 ct/kWh, ab 01.07.2022 entfallen;

***ausführliche methodische Erläuterung zur Durchschnittsbildung s. Folie 2

Quelle: BDEW; Stand: 01/2024

Strompreis Haushalte 2024

Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt in ct/kWh, Jahresverbrauch 3.500 kWh, Grundpreis anteilig enthalten, Tarifprodukte und Grundversorgungstarife inkl. Neukundentarife enthalten, nicht mengengewichtet*

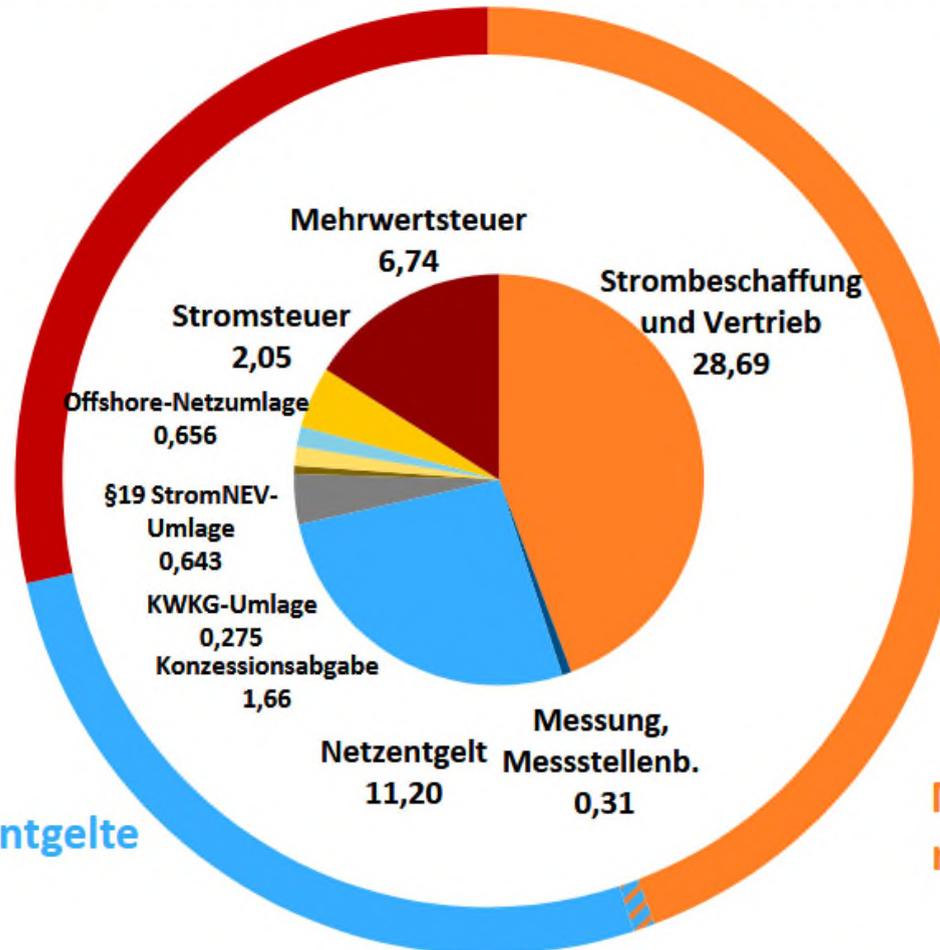
Durchschnittlicher Strompreis für Haushalte 2024: 42,22 ct/kWh

Steuern, Abgaben und Umlagen
28,6%

regulierte Netzentgelte
26,5%

Strombeschaffung/Vertrieb
marktlich
44,2%

Messung/
Messstellenbetrieb
marktlich/reguliert
0,7%



Quelle: BDEW; Stand: 01/2024

* ausführliche methodische Erläuterung zur Durchschnittsbildung s. Folie 2

Wie schaut es in Zukunft in Bayern aus?

BAYERNPLAN 2040

- ↗ Bayerisches Klimaschutzgesetzes (BayKlimaG), am 1. Januar 2023 in Kraft getreten:
- ↗ Bayern soll „spätestens bis zum Jahr 2040“ klimaneutral sein.
- ↗ VDEW-Studie, um Wege zur Erreichung dieses Ziels, deren Implikationen für das Energiesystem und die damit verbundenen Herausforderungen und Chancen für Bayern aufzuzeigen.
-> vier Zielszenarien: mit unterschiedliche Ansätzen zur Erreichung der Klimaneutralität



- ↗
- ↗ Erkenntnisse mit szenarioübergreifender Gültigkeit herauskristallisiert

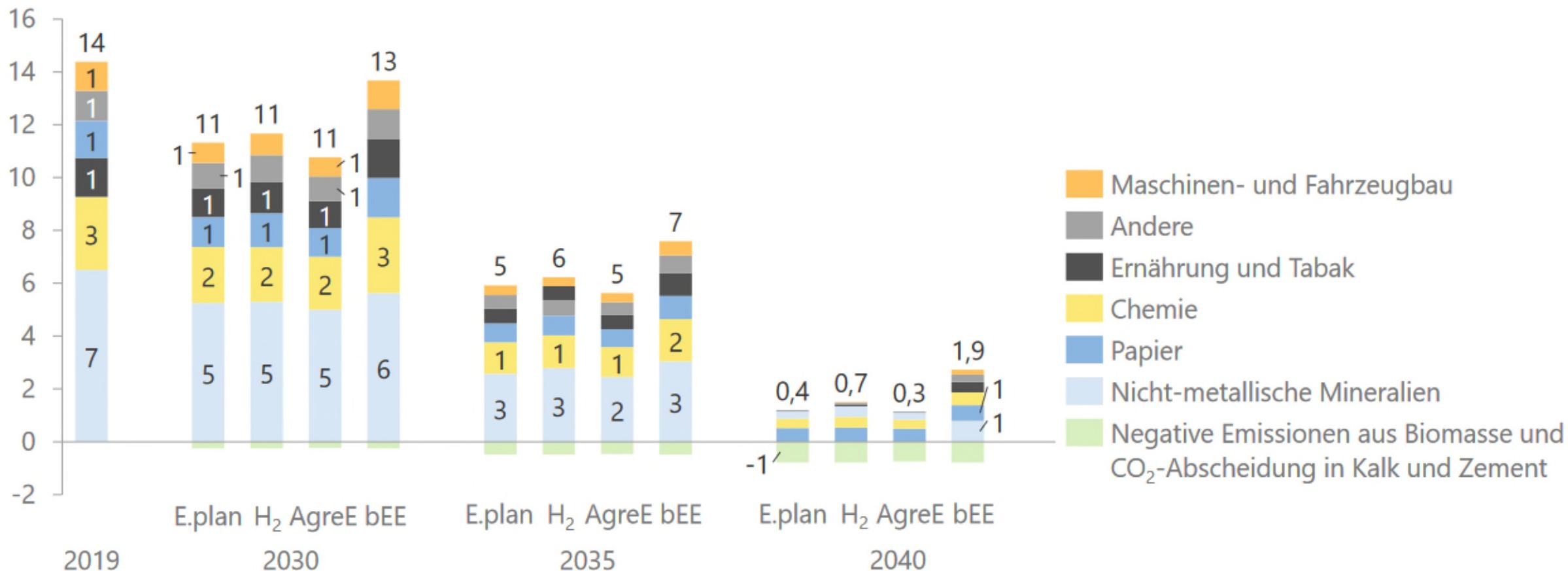


Download z.B. unter http://ffe.de/wp-content/uploads/2023/07/Bayernplan_Gutachterbericht_FfE_v1_1-1.pdf

BAYERNPLAN 2040 – EMISSIONEN INDUSTRIE

THG-Emissionen nach Wirtschaftszweigen

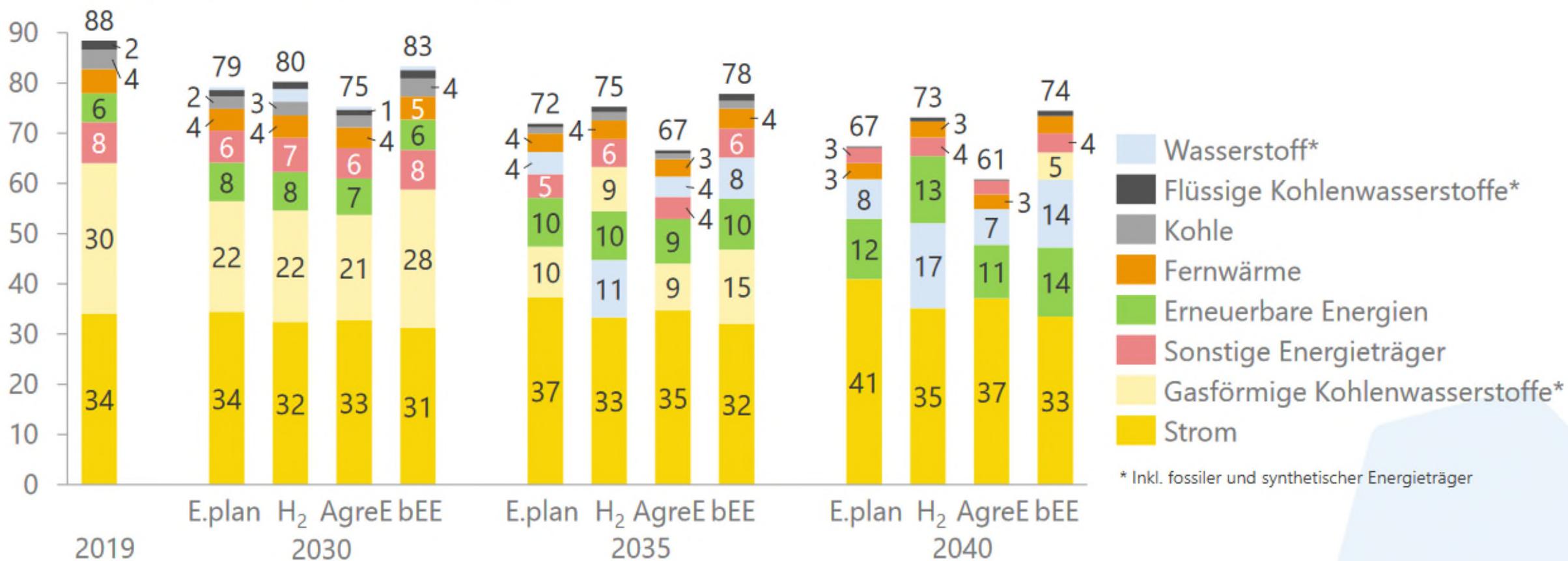
in Mio. t CO₂-Äq. | Bayern | Industrie | Szenariovergleich



Quelle: FfE, Bayernplan 2040

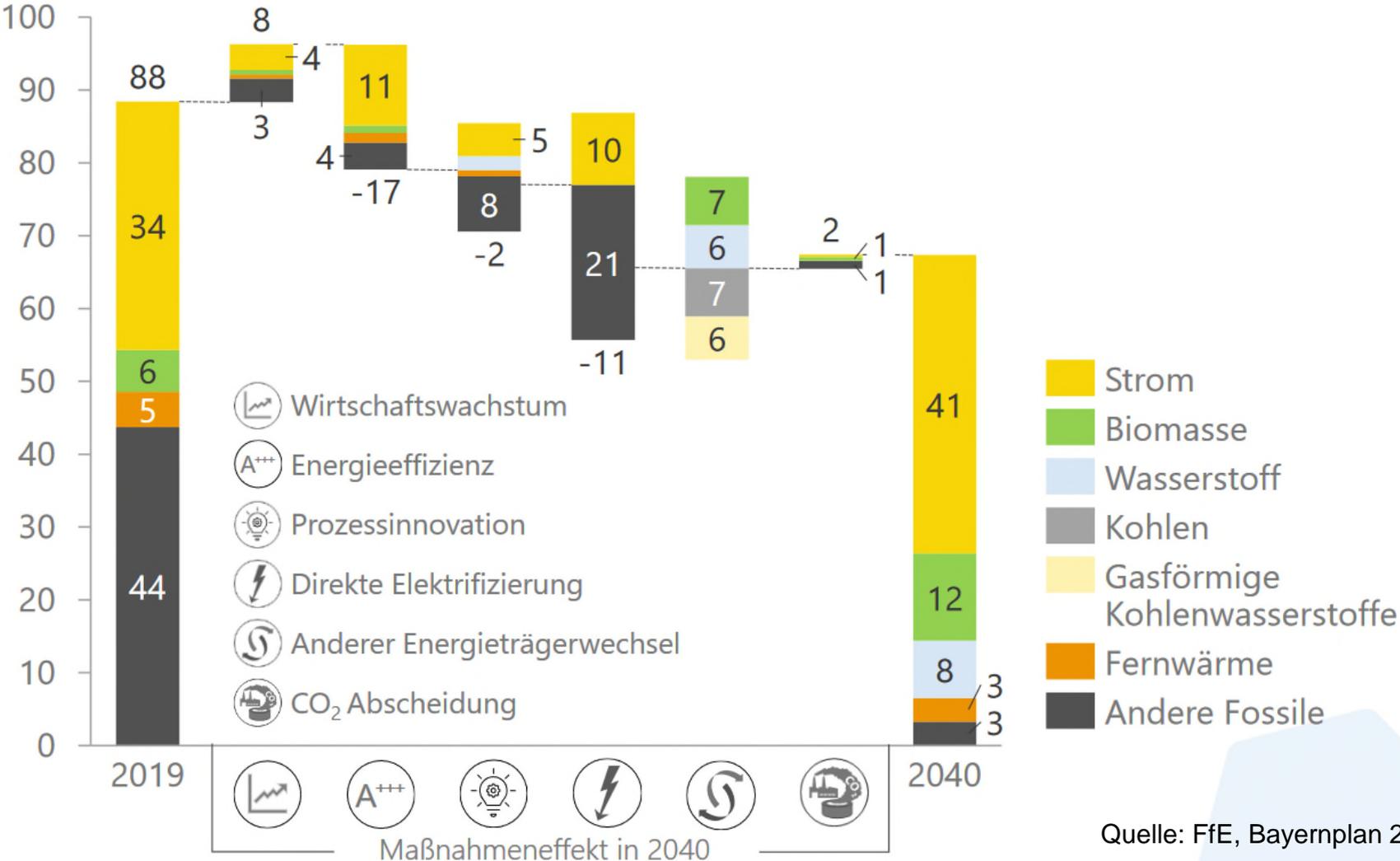
BAYERNPLAN – ENDENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIETRÄGERN

Endenergieverbrauch nach Energieträgern*
in TWh | Bayern | Industrie | Szenariovergleich



BAYERNPLAN 2040 – ENERGIEVERBRAUCH NACH MAßNAHMEN

Endenergieverbrauch nach Maßnahmenclustern
in TWh | Bayern | Industrie | E.plan



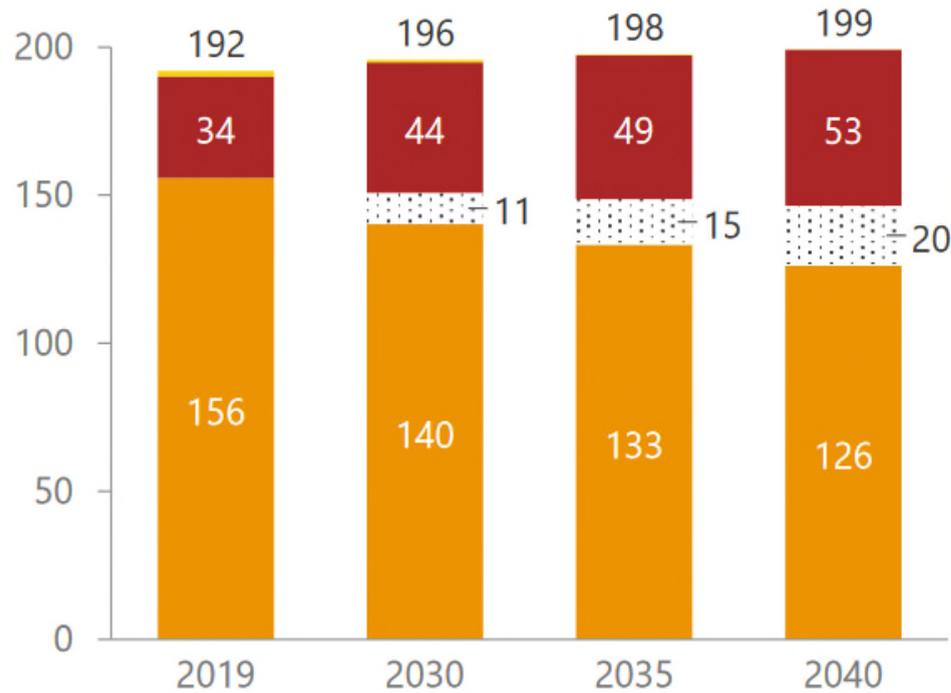
Quelle: FfE, Bayernplan 2040

12.06.2024



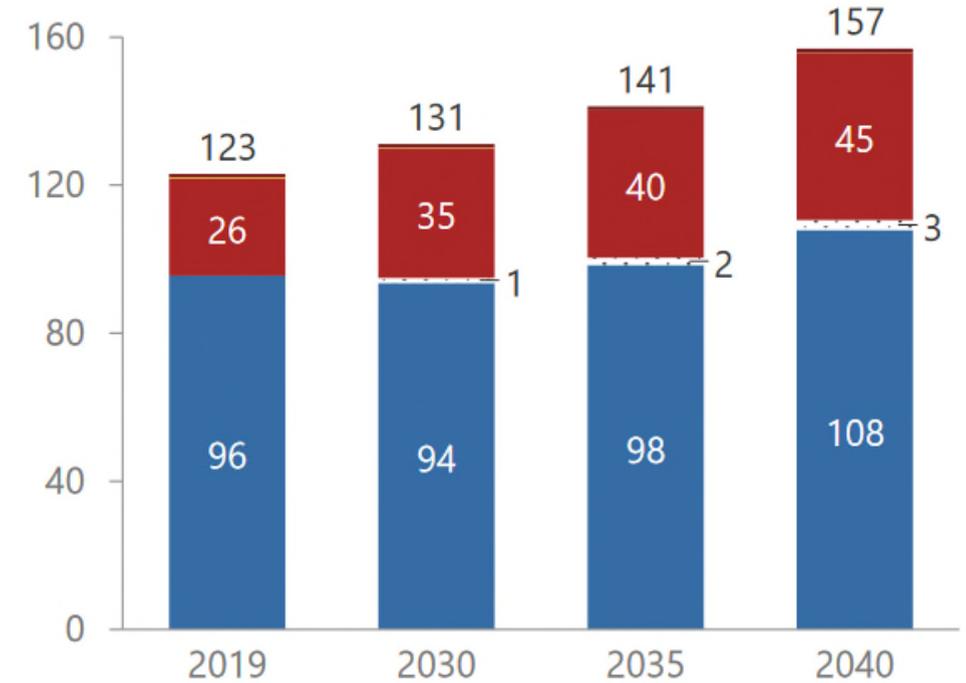
BAYERNPLAN 2040 – ENTWICKLUNG VERKEHRSLEISTUNG

(a) Verkehrsleistung im Personenverkehr
in Mrd. pkm | Bayern



■ Individualverkehr
■ ÖPNV
 ÖPNV in E. + H₂, Individualverkehr in bEE
■ Luftverkehr

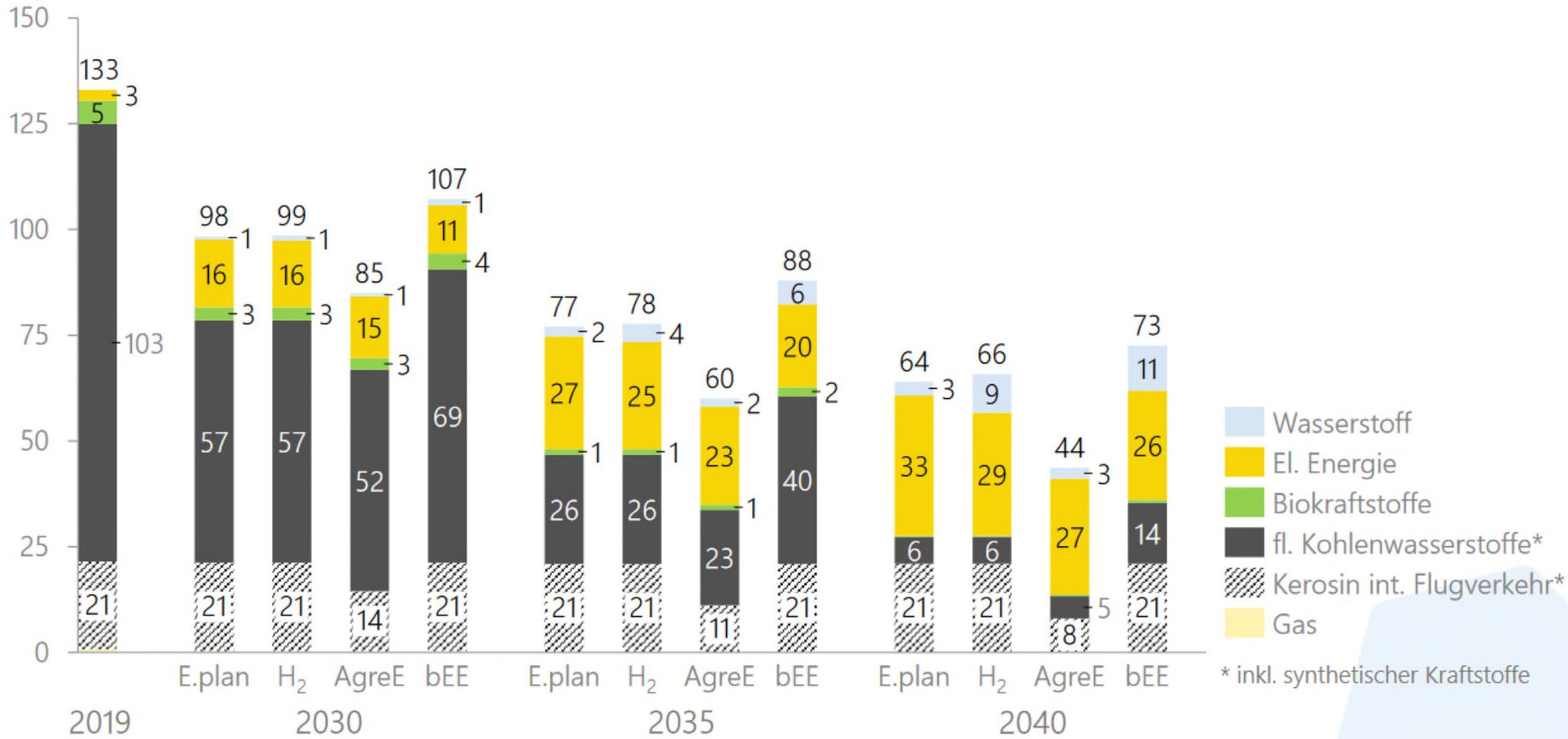
(b) Verkehrsleistung im Güterverkehr
in Mrd. tkm | Bayern



■ LKW
■ Güterzüge
 Güterzüge in E. + H₂, LKW in bEE
■ Flugzeuge
■ Binnenschiffe

BAYERNPLAN 2040 – ENTWICKLUNG VERKEHR

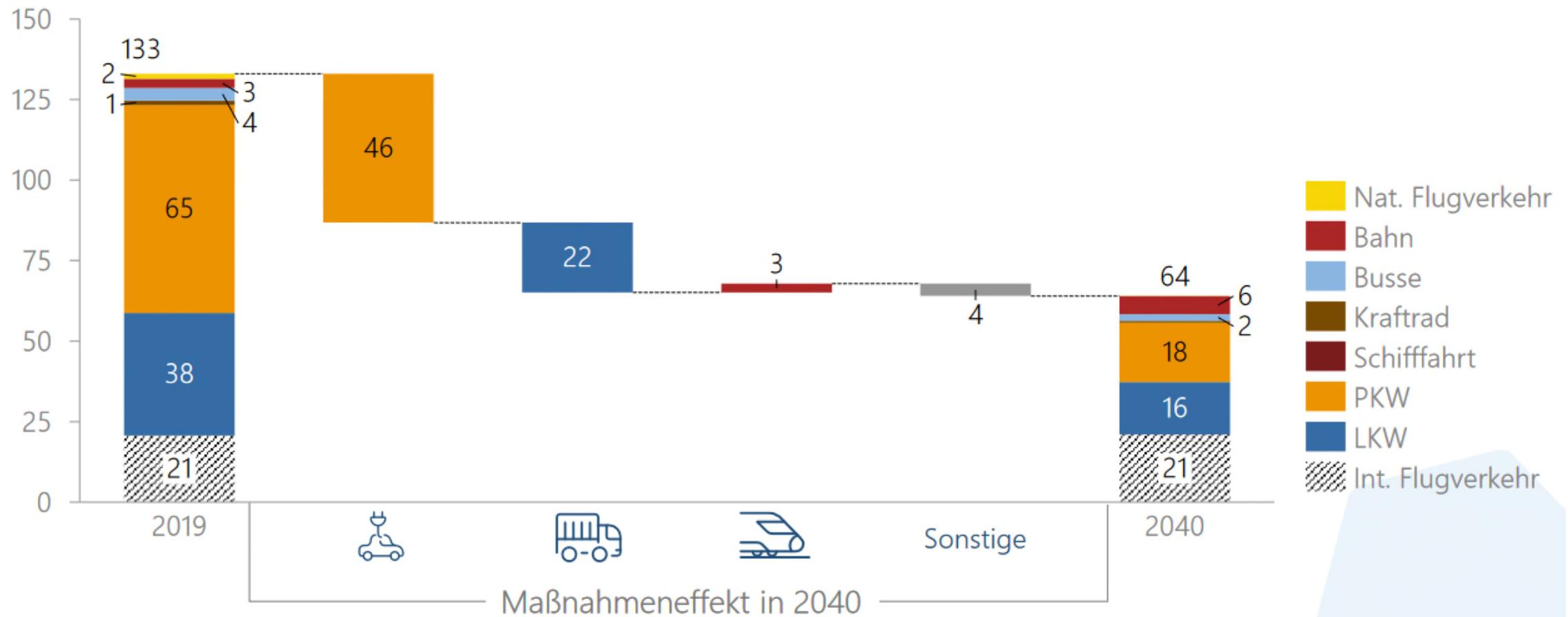
Endenergieverbrauch nach Energieträgern
in TWh | Bayern | Verkehr | Szenariovergleich



- Wasserstoff
 - El. Energie
 - Biokraftstoffe
 - fl. Kohlenwasserstoffe*
 - Kerosin int. Flugverkehr*
 - Gas
- * inkl. synthetischer Kraftstoffe

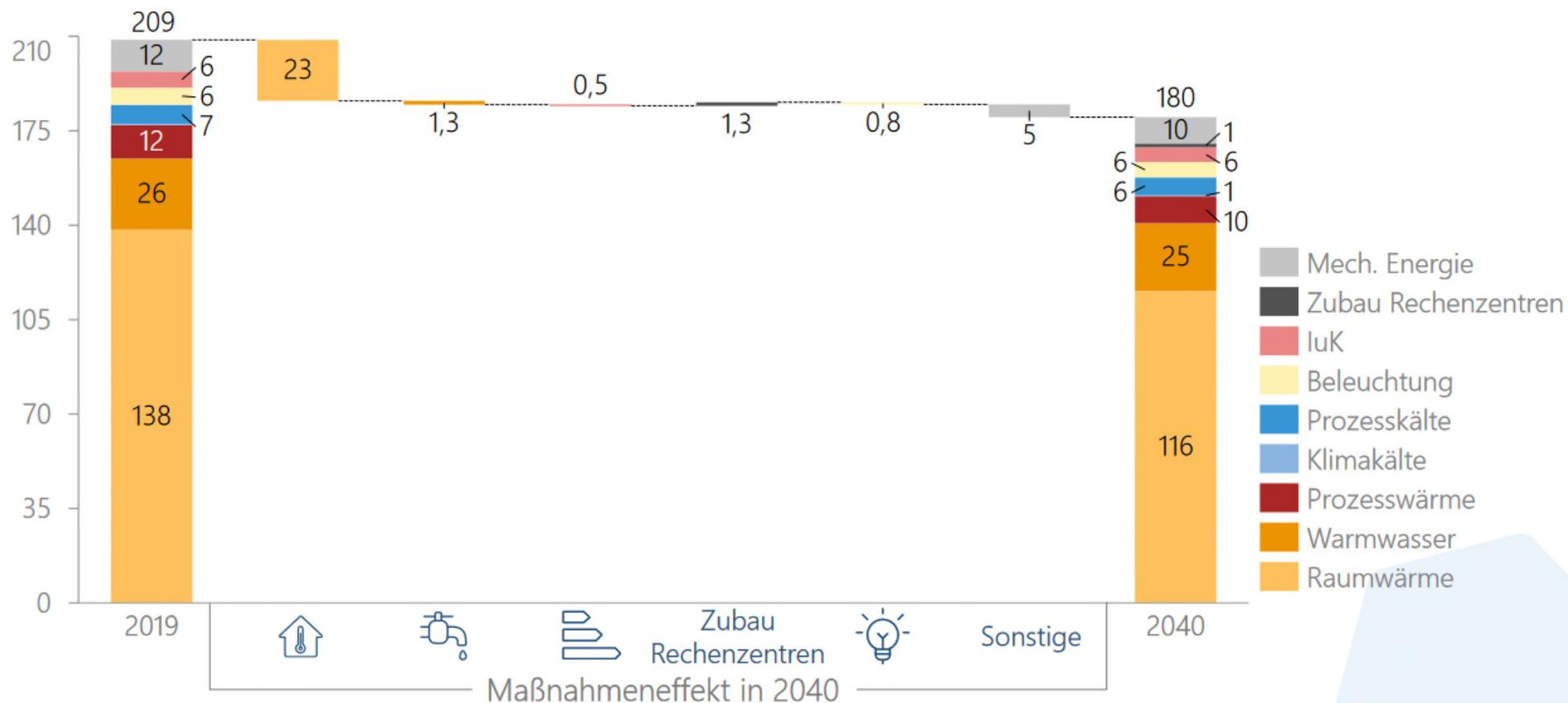
BAYERNPLAN – ENDENERGIEVERBRAUCH NACH ENERGIETRÄGER

Endenergieverbrauch nach Verkehrsträger
in TWh | Bayern | Verkehr | E.plan

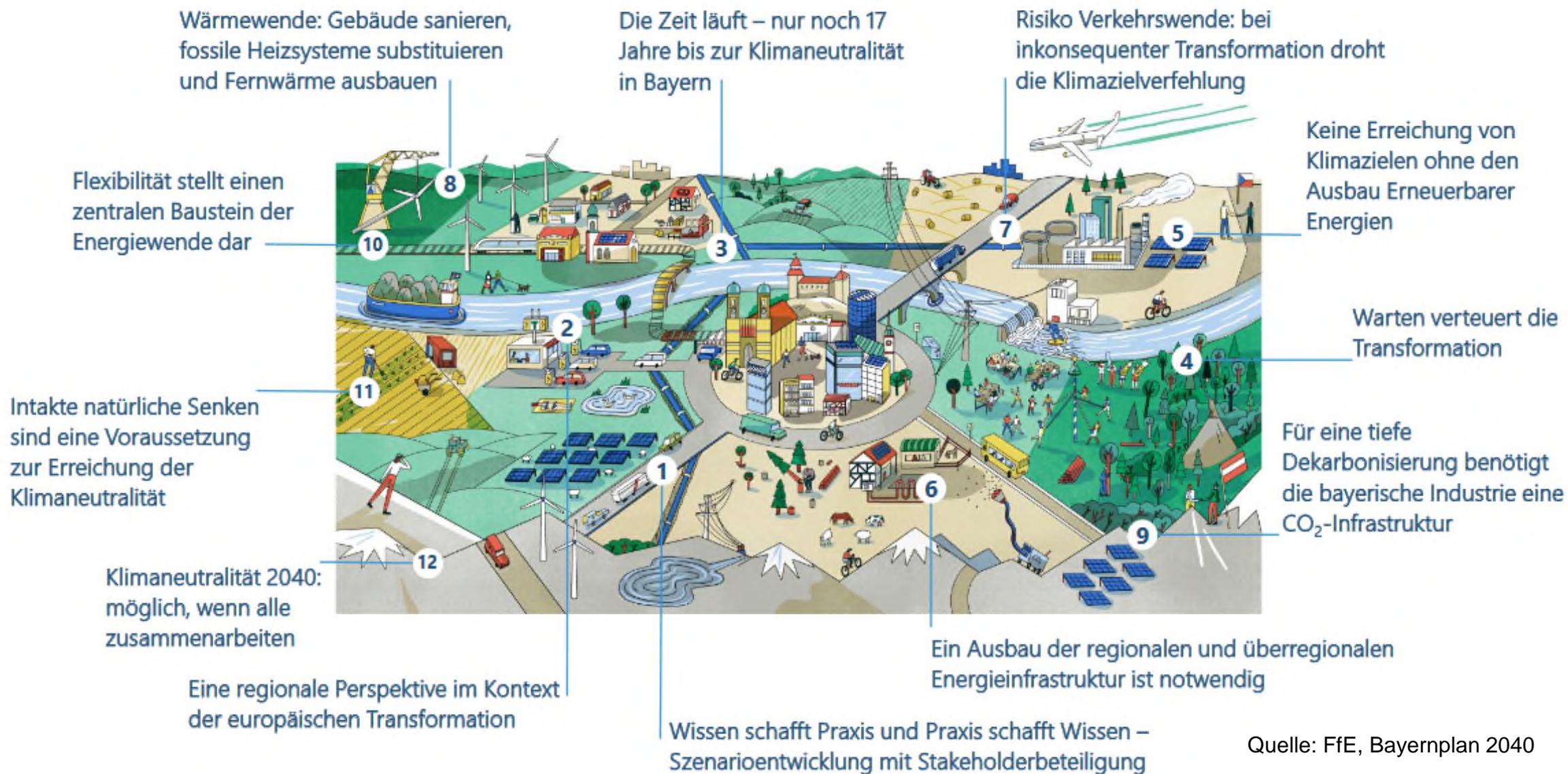


BAYERNPLAN 2040 – ENDENERGIEVERBRAUCH IM GEBÄUDESEKTOR

Endenergieverbrauch nach Anwendung
in TWh | Bayern | Gebäude | Wetterjahr 2012 | E.plan



BAYERNPLAN ENERGIE – WESENTLICHE ERKENNTNISSE



BAYERNPLAN 2040 – EINE WOCHEN IN BAYERN (SZENARIO E.PLAN)

Installation von Freiflächen-PV-Anlagen auf einer Fläche so groß wie 54 Fußballfelder.



Installation von 2.800 Aufdach-PV-Anlagen der 10 kW-Leistungsklasse.



2 neue 5,5 MW-Windkraftanlagen werden in Betrieb genommen.



1.000 Wohngebäude werden energetisch saniert.



Die Verlagerung des Verkehrs auf Schienen schreitet voran und 5.900 PKW mit fossilem Antrieb werden durch alternative Antriebe ersetzt. Von diesen 5.900 PKW sollen...



... 1.200 neue bidirektional-ladbare Fahrzeuge zu der PKW-Flotte hinzukommen, um als dezentrale Stromspeicher das Stromnetz zu unterstützen.



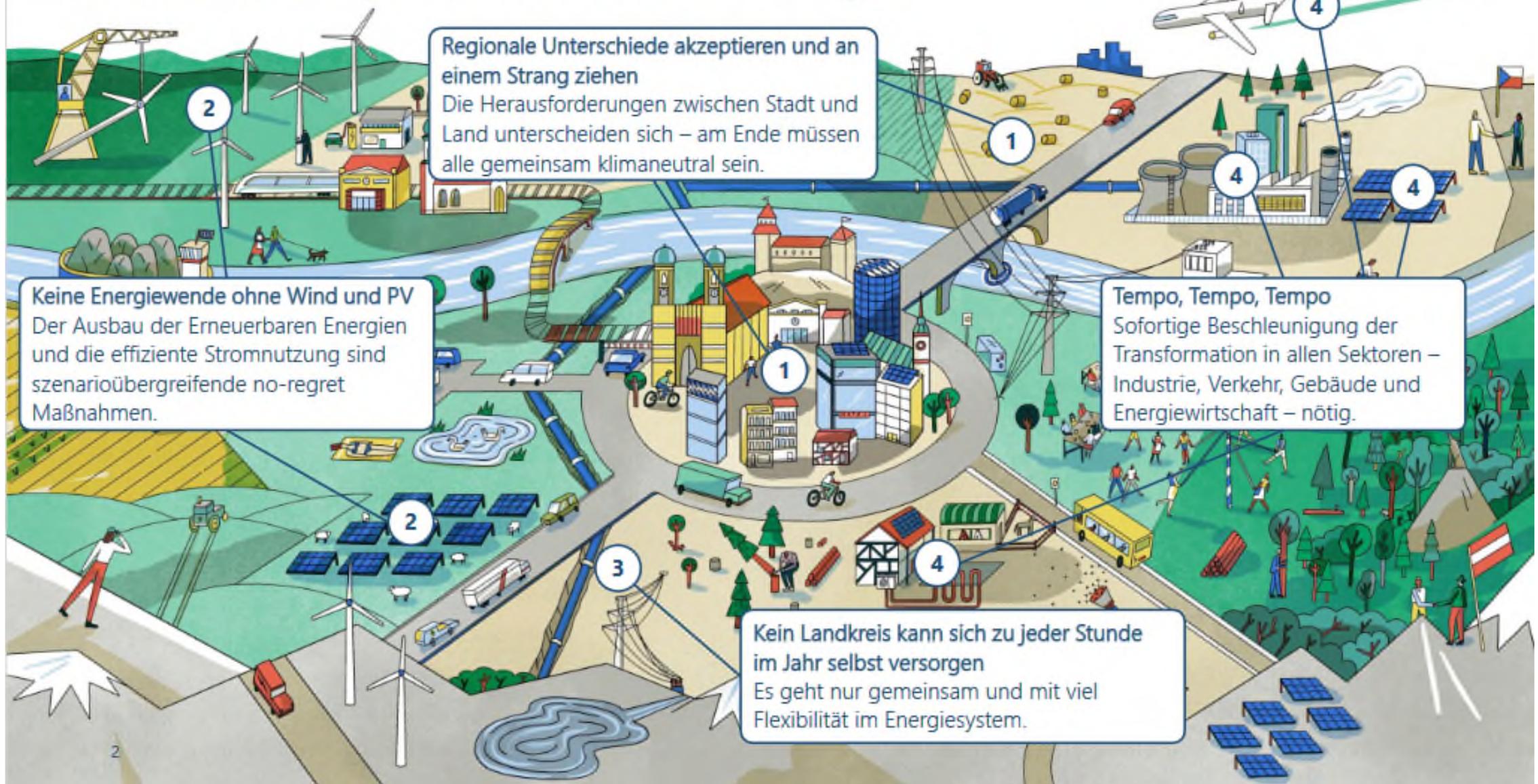
Ein Batteriespeicher mit 3 MWh Speicherkapazität und einem Volumen von 2 Schiffscontainern wird installiert.



Ein neuer Elektrolyseur mit einer Leistung von 2 MW und einem Volumen von 3 Schiffscontainern wird installiert.



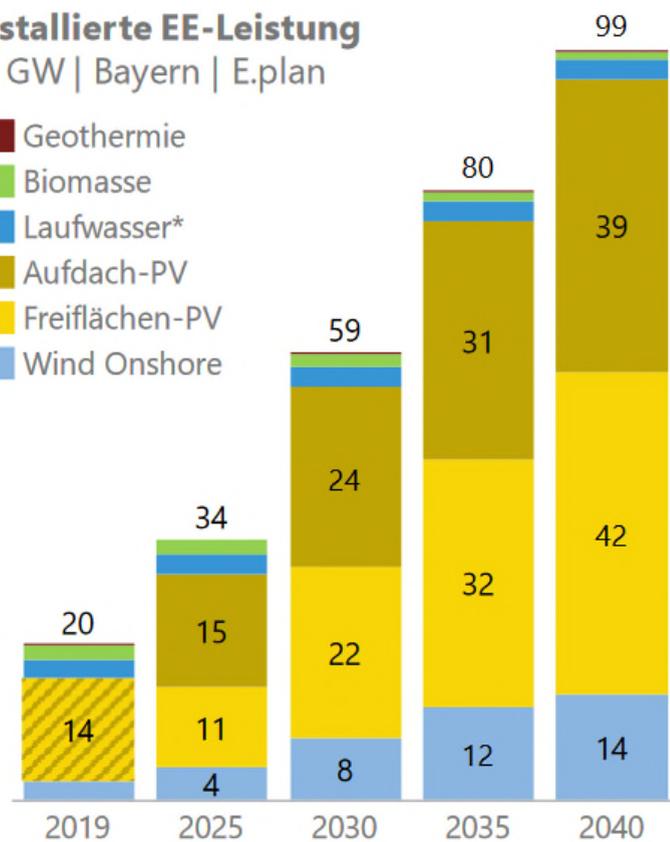
Klimaneutrales Bayernplan 2040 – Kernaussagen



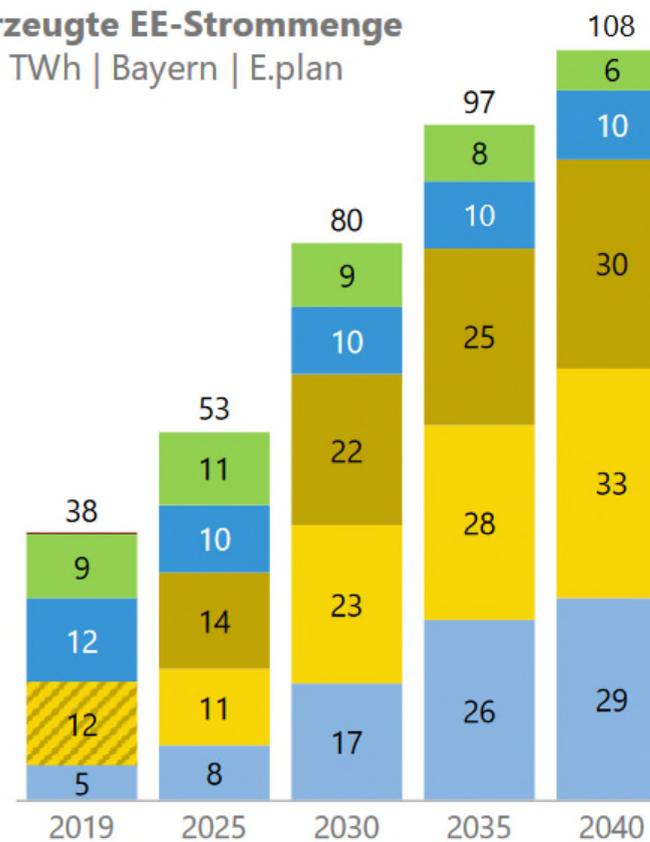
BAYERNPLAN 2040 – INSTALLIERTE LEISTUNG UND STROMERZEUGUNG AUS ERNEUERBAREN

Installierte EE-Leistung
in GW | Bayern | E.plan

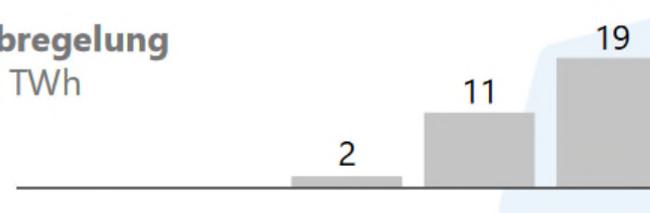
- Geothermie
- Biomasse
- Laufwasser*
- Aufdach-PV
- Freiflächen-PV
- Wind Onshore



Erzeugte EE-Strommenge
in TWh | Bayern | E.plan



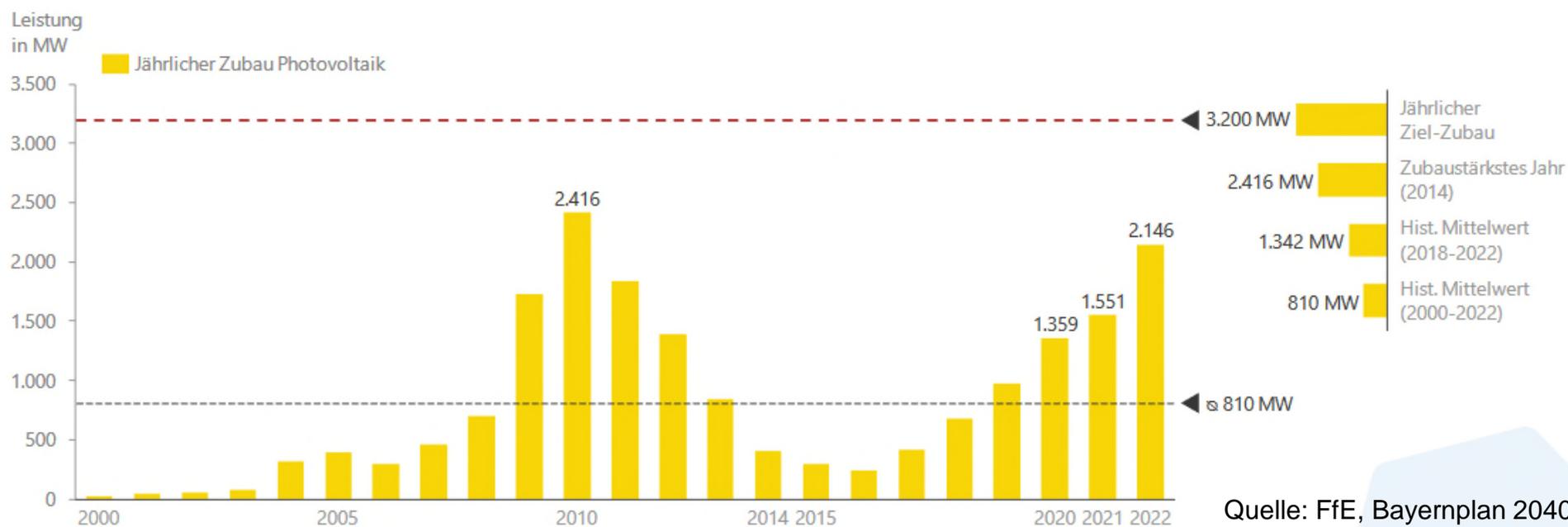
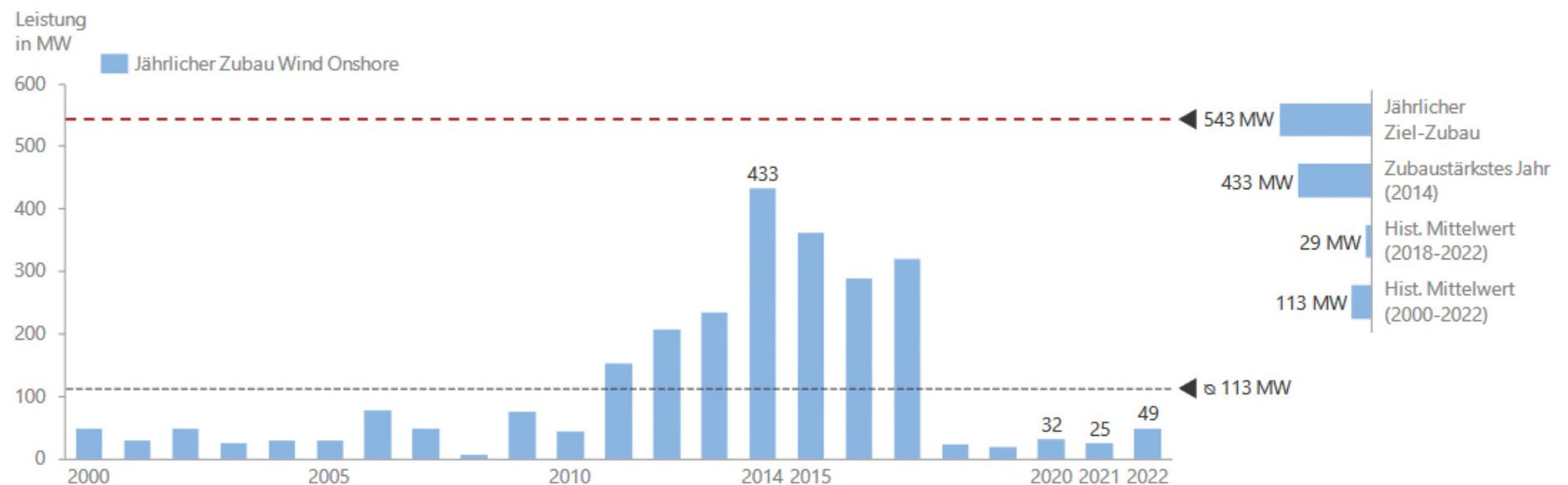
Abregelung
in TWh



* inkl. Speicherwasser

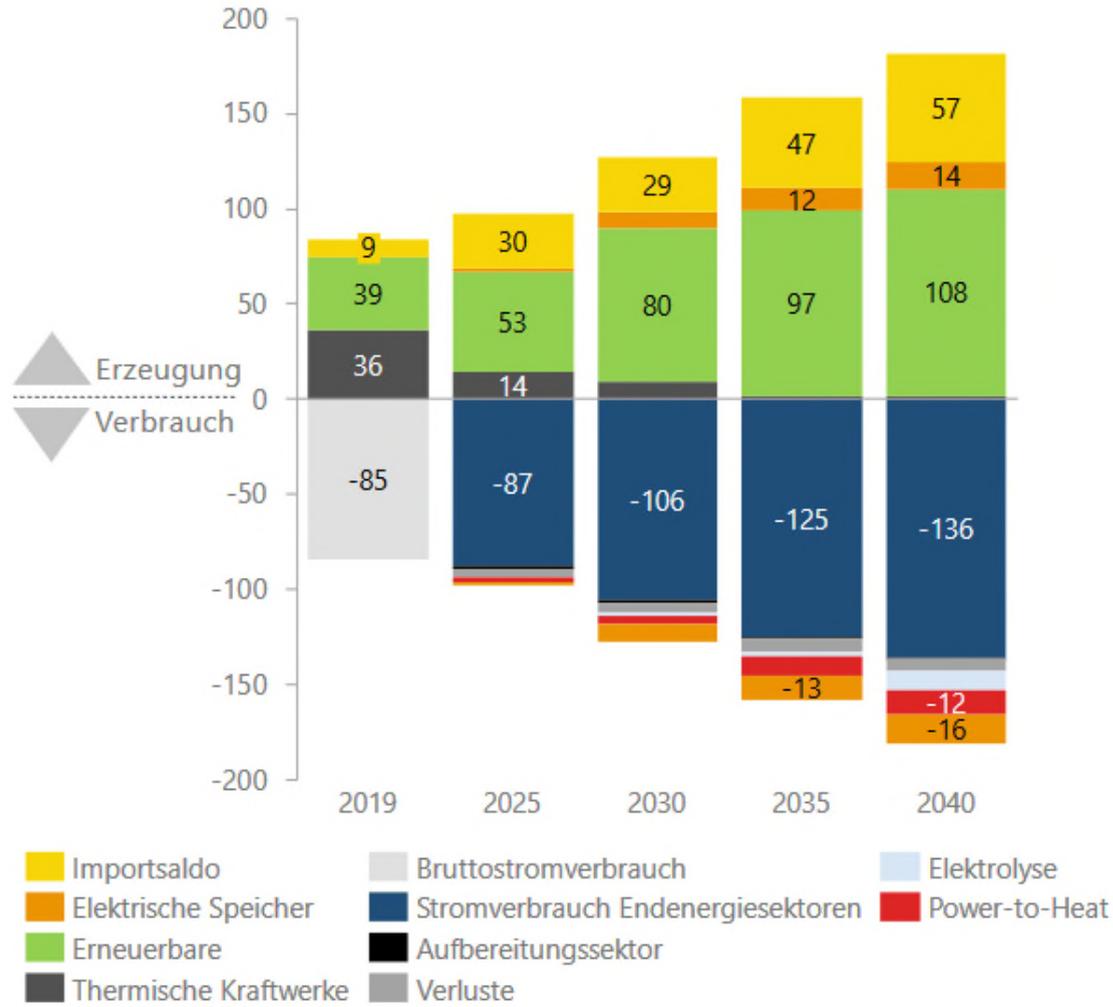
Quelle: FfE, Bayernplan 2040

BAYERNPLAN 2040 – HISTORISCHER UND ERWARTETER ZUBAU

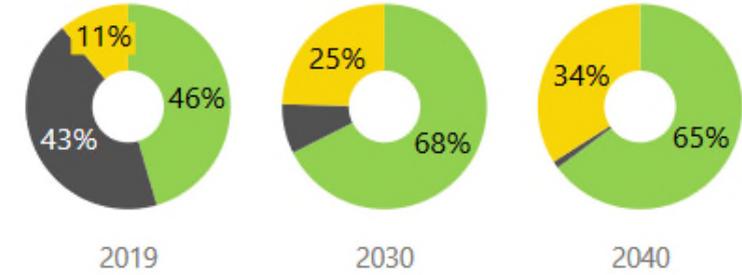


BAYERNPLAN 2040 – ELEKTRISCHE ENERGIEBILANZ

Bayerische Energiebilanz: Stromerzeugung und -verbrauch
in TWh | Bayern | E.plan



Anteil Erneuerbarer Energien und Importe am Bruttostromverbrauch



Installierte Elektrolyseleistung und produzierte Menge Wasserstoff

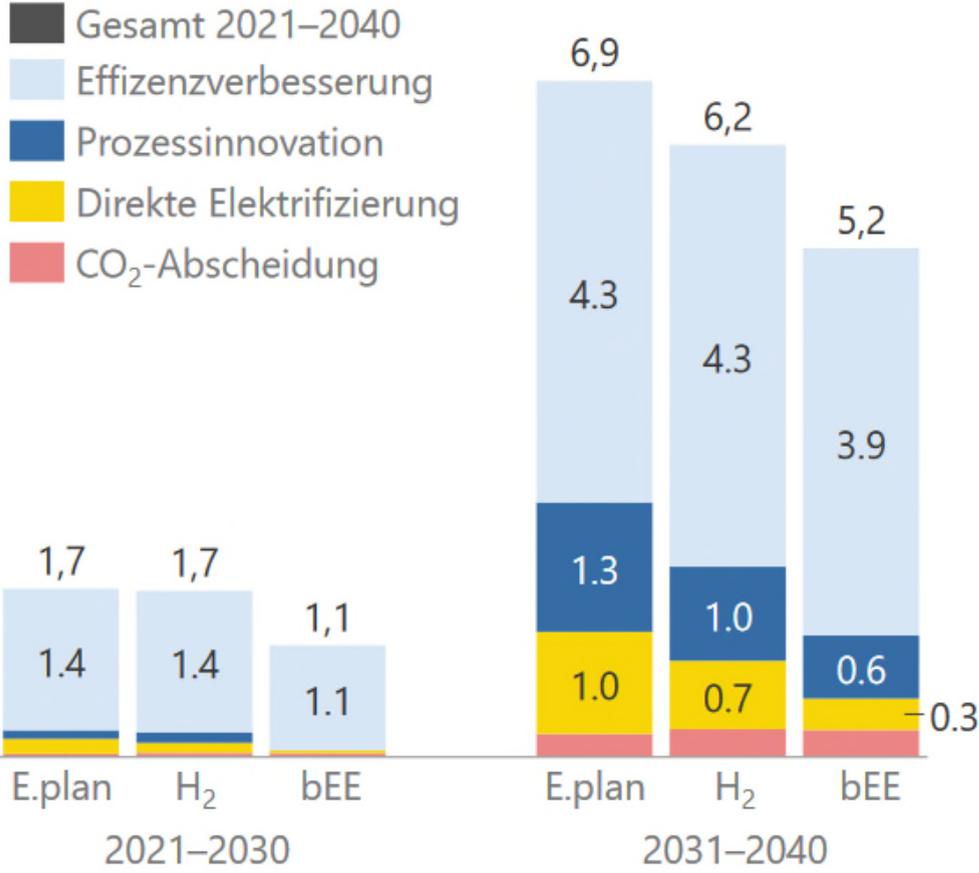
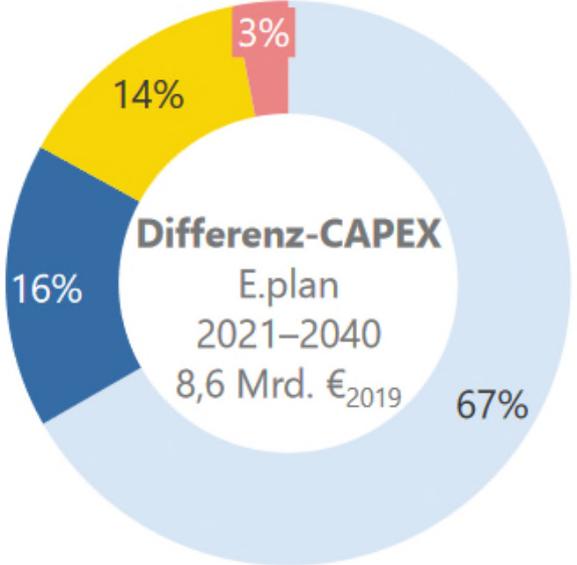


Quelle: FfE, Bayernplan 2040

12.06.2024

BAYERNPLAN 2040 – DIFFERENZKOSTEN FÜR DIE INDUSTRIE

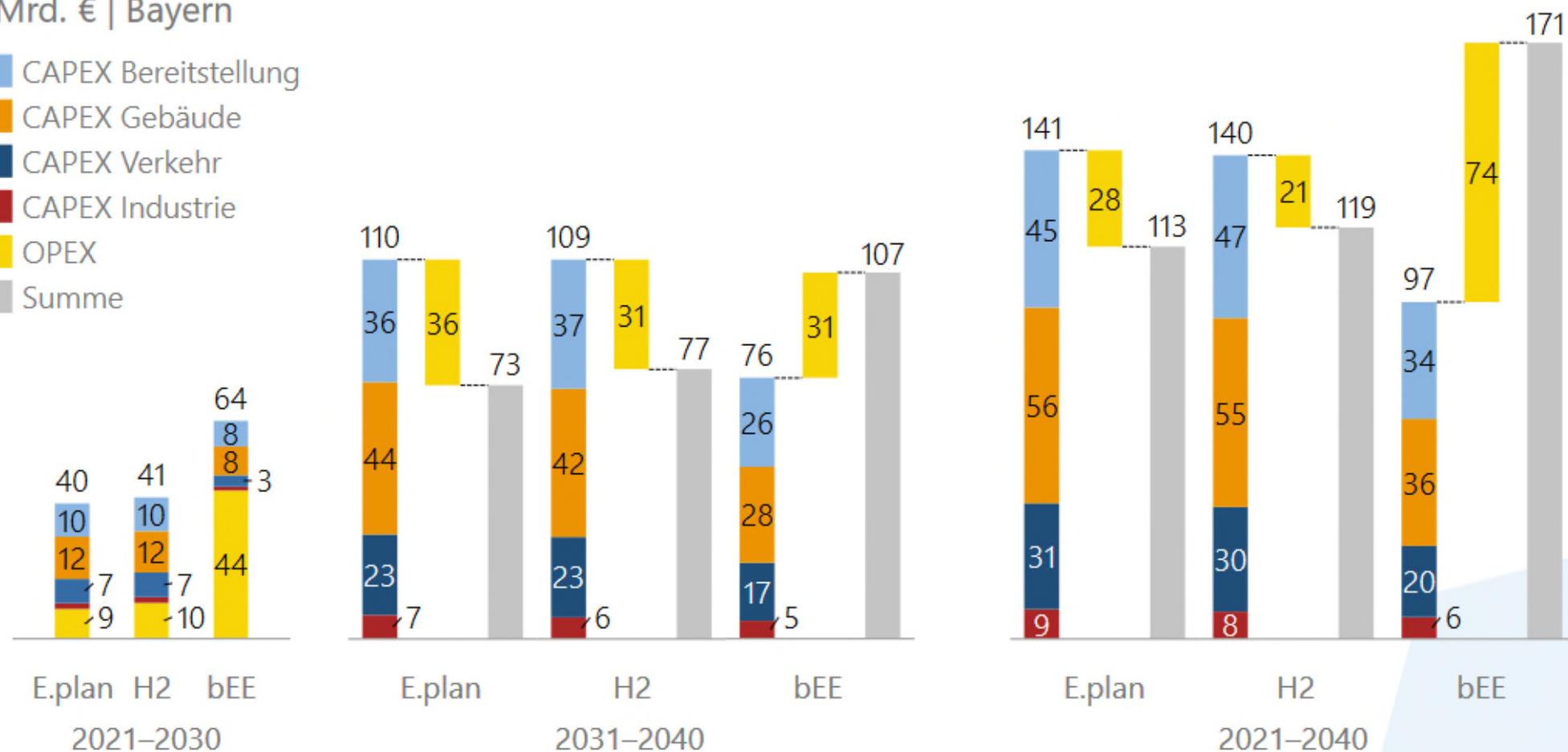
Kumulierte Differenzinvestitionen
in Mrd. €₂₀₁₉ | Bayern | Szenariovergleich



BAYERNPLAN 2040 – DIFFERENZKOSTEN

Kumulierte annuitätische Differenzkosten

in Mrd. € | Bayern

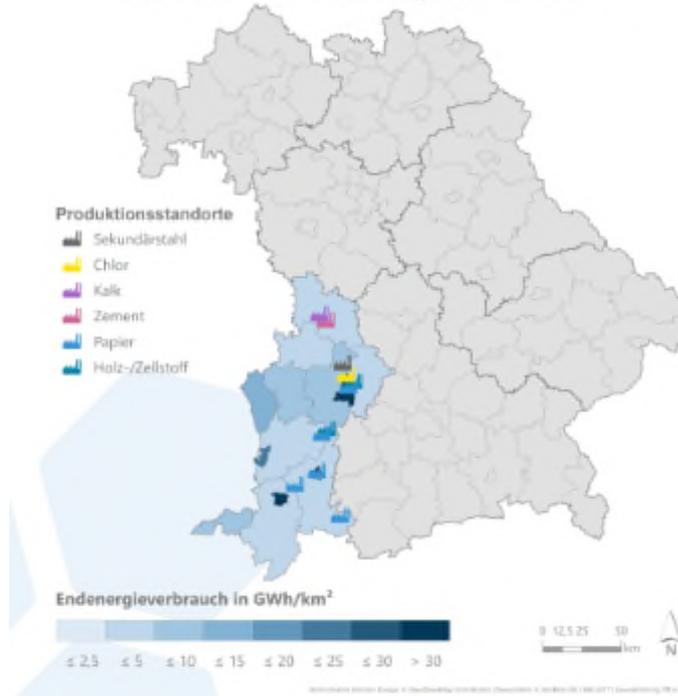


Quelle: FfE, Bayernplan 2040

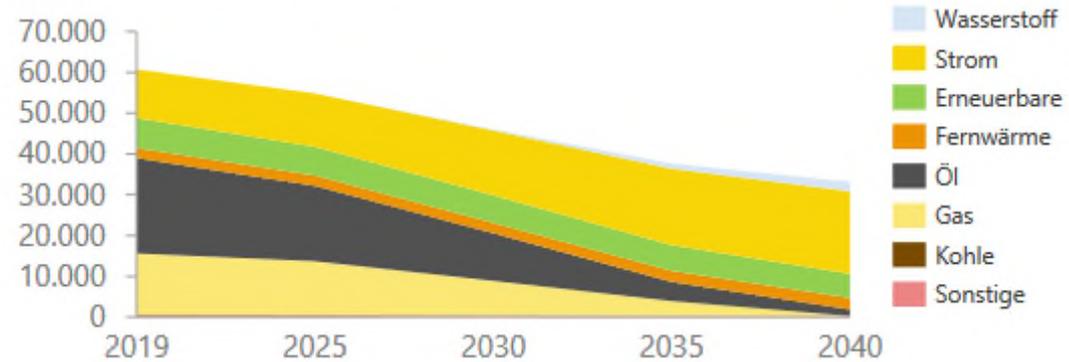
BAYERNPLAN 2040 – ERGEBNISSE FÜR SCHWABEN

Es gibt grundlegende Maßnahmen, die wir überall brauchen – Energieeffizienz & Elektrifizierung

Endenergieverbrauch inkl. stofflicher Nutzung und internationalem Flugverkehr 2019



Entwicklung des Endenergieverbrauchs inkl. stofflicher Nutzung in GWh | Schwaben | Szenario E.Plan



Handlungsbedarf pro Jahr im Regierungsbezirk bis 2040 (Beispiele)



Neuzulassung von ~38.000 PKW mit klimaneutralem Antrieb

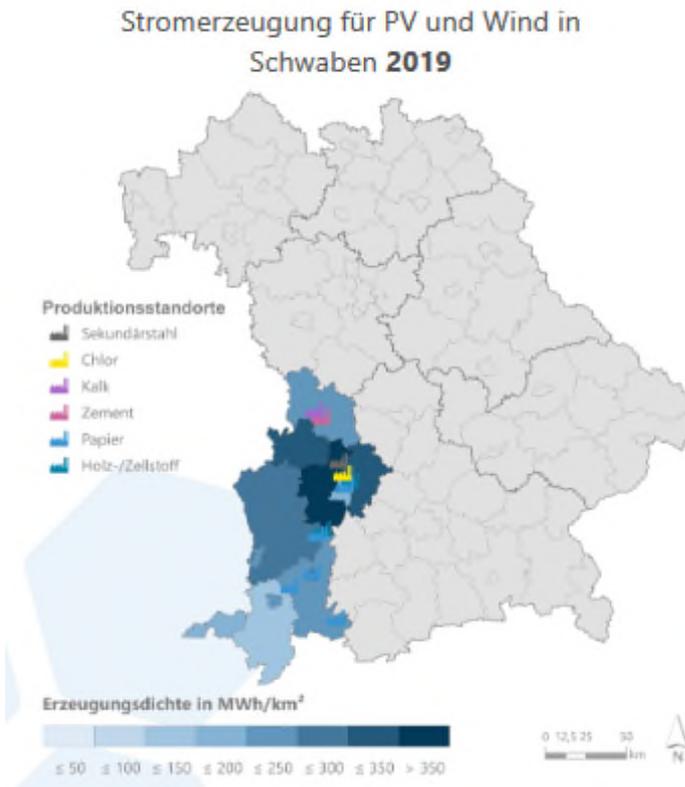


Energetische Sanierung von ~7.600 Wohngebäuden

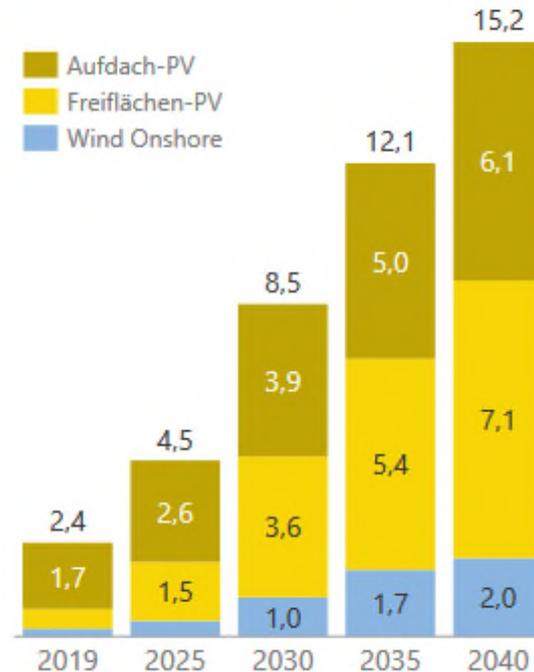
FfE: Bayernplan Energie 2040: Ergebnisse für Schwaben

BAYERNPLAN 2040 – ERGEBNISSE FÜR SCHWABEN

Die Elektrifizierung unseres Energiesystems ist nur mit einem starken Ausbau von Wind & PV möglich



Installierte EE-Leistung
In GW | Schwaben | Szenario E.Plan



Handlungsbedarf pro Jahr im
Regierungsbezirk bis 2040 (Beispiele)



Installation von Freiflächen-PV-Anlagen auf der Fläche von 440 Fußballfeldern



Installation von ~21.000 PV-Aufdach-Anlagen der 10-kW Leistungsklasse.



16 neue 5,5 MW Windkraftanlagen werden in Betrieb genommen.

FfE: Bayernplan Energie 2040:
Ergebnisse für Schwaben

BAYERNPLAN 2040 – ERGEBNISSE FÜR SCHWABEN

