

# Erfolgsgeschichte Energiewende – in Zahlen anhand der Energy-Charts

**Leonhard Probst**

**Vortrag zur Jahreshauptversammlung**

**FORUM – Gemeinsam gegen das Zwischenlager und für eine verantwortbare Energiepolitik e.V.**

**Dillingen, 13.12.2024**

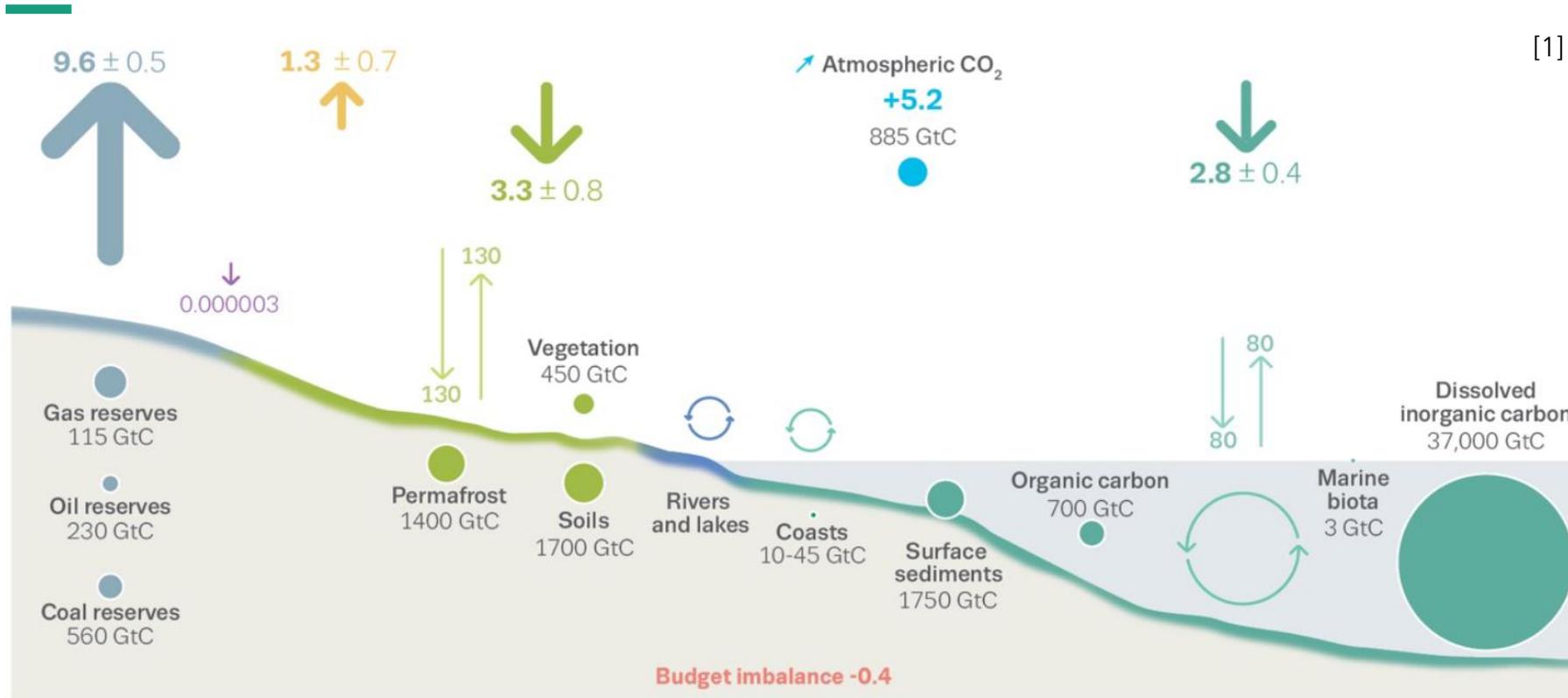
**[www.energy-charts.info](http://www.energy-charts.info)**

# Agenda

---

1. Emissionen und Klimawandel
2. Stromerzeugung
3. Szenario bis 2045
4. Strompreise
5. Zusammenfassung

# Der globale Kohlenstoffkreislauf



[1]

Anthropogenic fluxes 2013-2022 average GtC per year

- ↑ Fossil CO<sub>2</sub> E<sub>FOS</sub>
- ↑ Land-use change E<sub>LUC</sub>
- ↓ CDR not included in E<sub>LUC</sub>
- ↓ Land uptake S<sub>LAND</sub>
- ↓ Ocean uptake S<sub>OCEAN</sub>
- ↑ Carbon cycling GtC per year
- Stocks GtC
- + Atmospheric increase G<sub>ATM</sub>
- Budget Imbalance B<sub>IM</sub>

# Quellen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Emissionen

Sektoren: Stromerzeugung, Verkehr, Wärme, Industrie



Emissionen der Stromerzeugung



Emissionen der Industrie

Emissionen vom Heizen



Emissionen von Fahrzeugen

# Quellen und Senken für Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

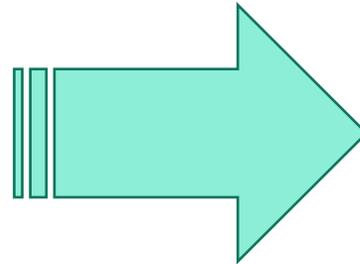
## Quellen



34,4 GtCO<sub>2</sub>/yr  
86%



14%  
5,7 GtCO<sub>2</sub>/yr



## Senken

31%

12,5 GtCO<sub>2</sub>/yr



23%

9,2 GtCO<sub>2</sub>/yr



18,6 GtCO<sub>2</sub>/yr

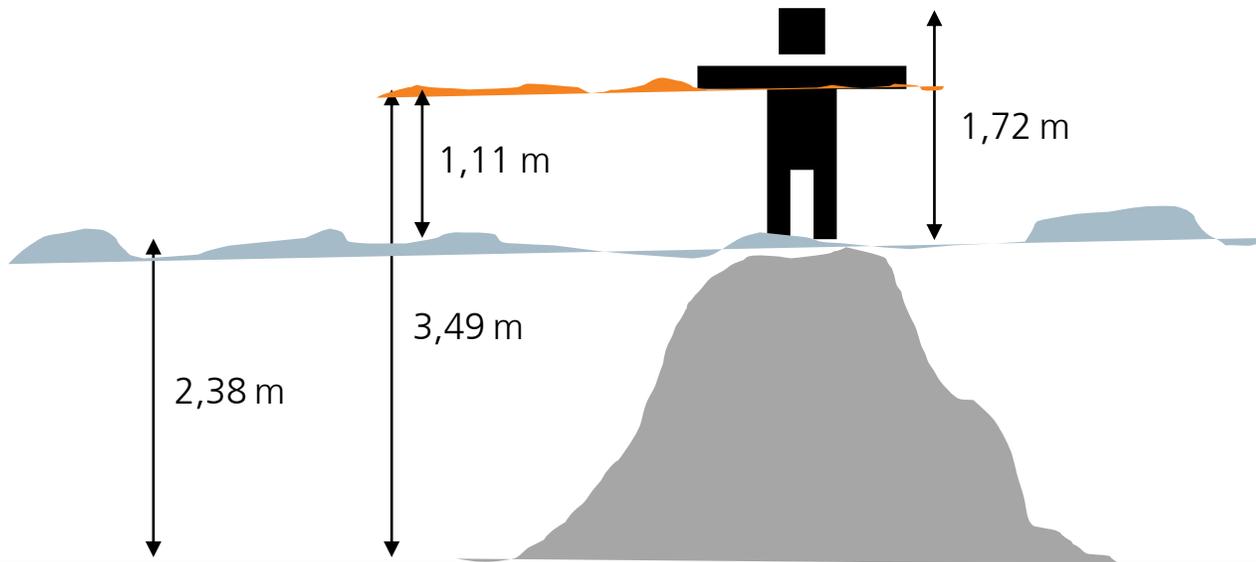
46%



# Was bedeuten Gigatonnen CO<sub>2</sub> in der Erdatmosphäre

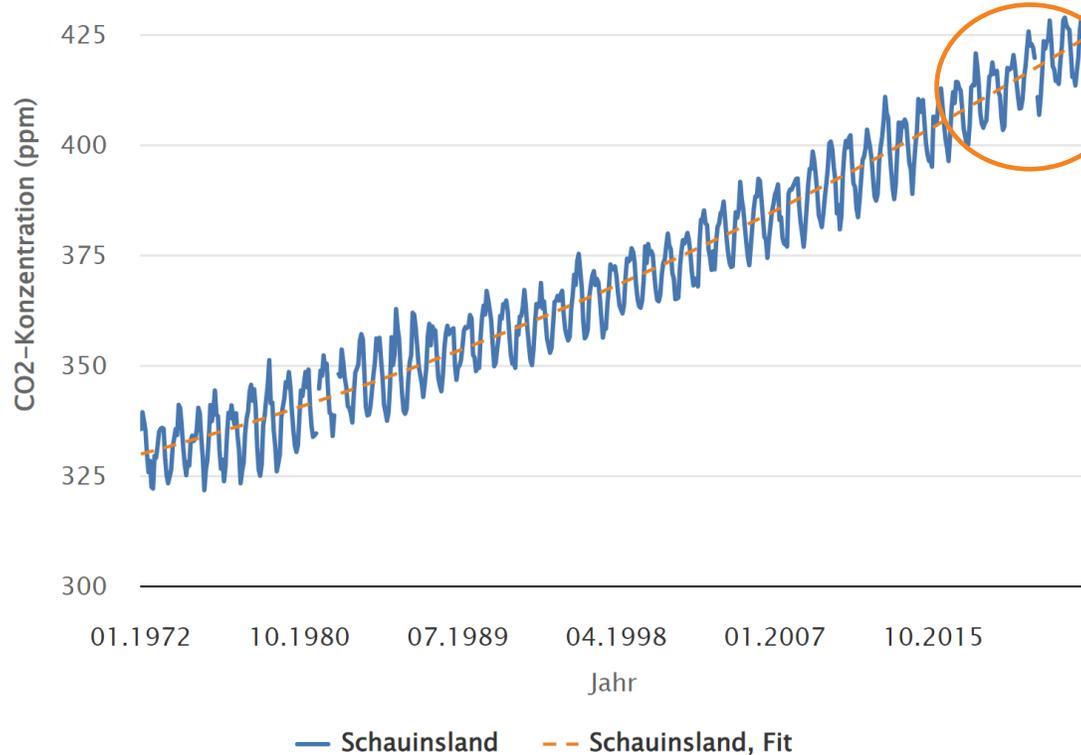
## Ein Gedankenexperiment

- Gesamtmenge in der Atmosphäre: 3240 Gt CO<sub>2</sub> (Zunahme seit 1850: **1027 Gt CO<sub>2</sub>**)
- CO<sub>2</sub> ist nicht durchmischt, sondern befindet sich auf der Erdoberfläche (1 bar, 20°C)
- Die 3240 Gt CO<sub>2</sub> entsprechen dabei einer Höhe von 3,49 m auf der Erdoberfläche
- In 1850 betrug diese Höhe noch 2,38 m (Zunahme um **1,11 m**)
- Aktuelle Zunahme pro Jahr: **18,6 Gt CO<sub>2</sub>** (entspricht **2,0 cm / Jahr**)



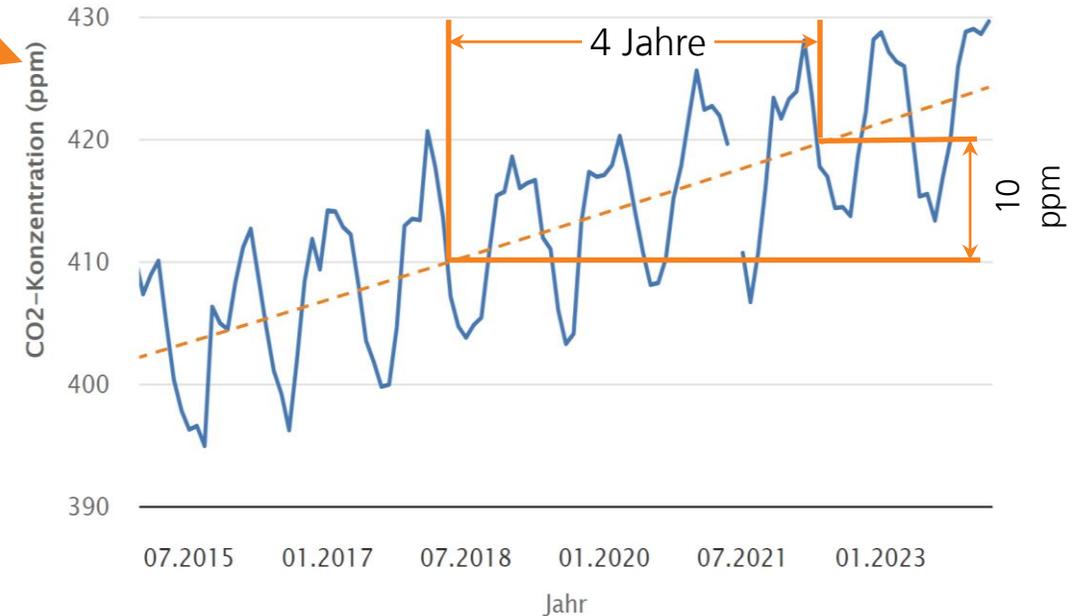
# Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre in ppm

## Messwerte vom Schauinsland bei Freiburg



Januar 1958: 315 ppm CO<sub>2</sub>  
Juli 2024: 425,55 ppm CO<sub>2</sub> (+35%)

$$\text{Fit} = 315 \text{ ppm} + 0.754 \text{ ppm (Jahr} - 1958) + 0.0133 \text{ ppm (Jahr} - 1958)^2$$

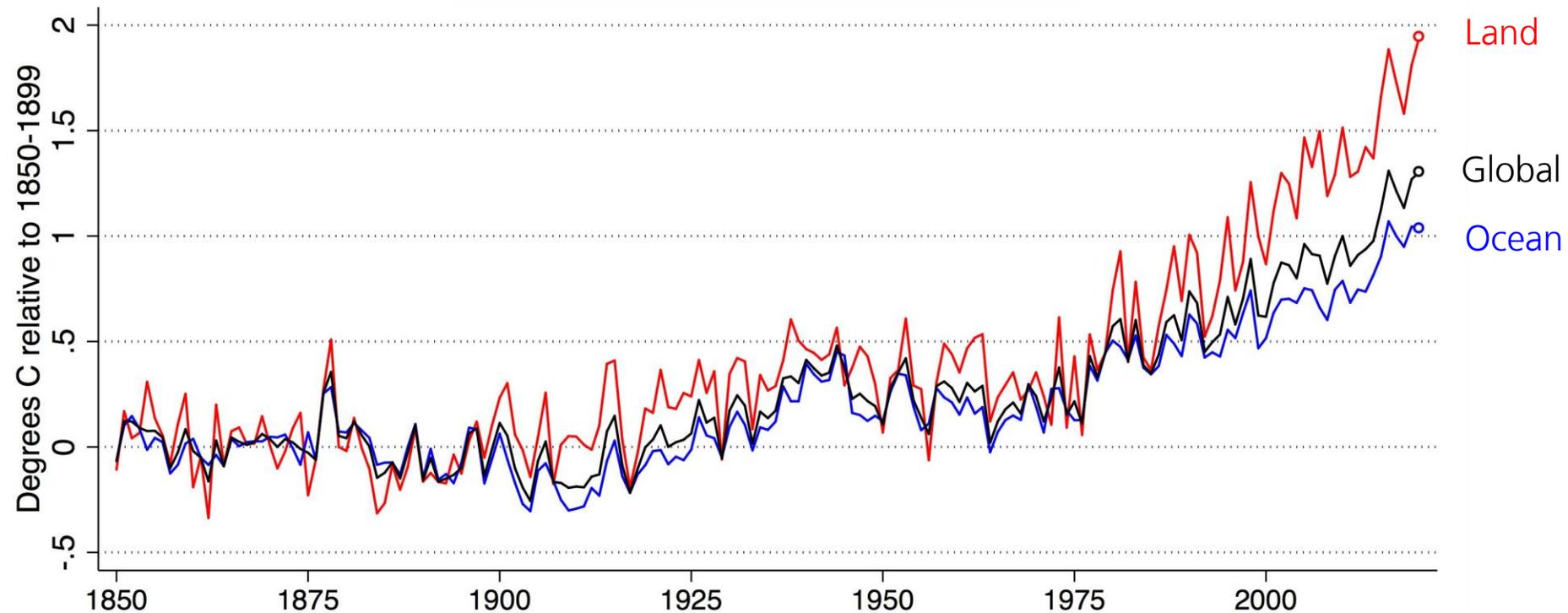
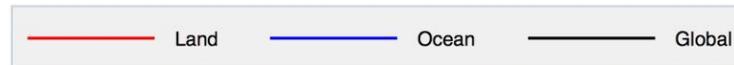


**Plus 10 ppm CO<sub>2</sub> in vier Jahren ergibt ungefähr +0,1°C globale Temperaturerhöhung**

# Globale Erwärmung

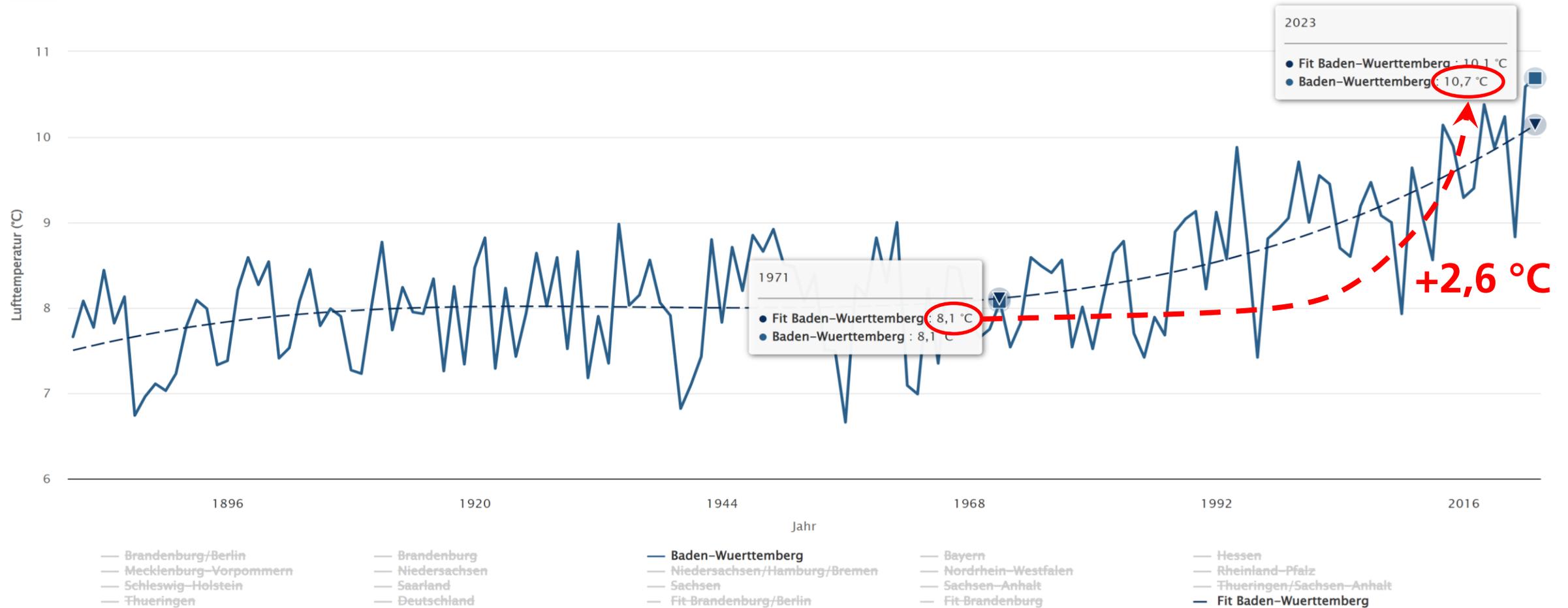
Land, Ocean, and Global Surface Temperatures, ERA5

HadCRUT5 data used prior to ERA's 1979 start



# Mittlere Lufttemperatur in Baden-Württemberg

Jahr 1881 bis 2023

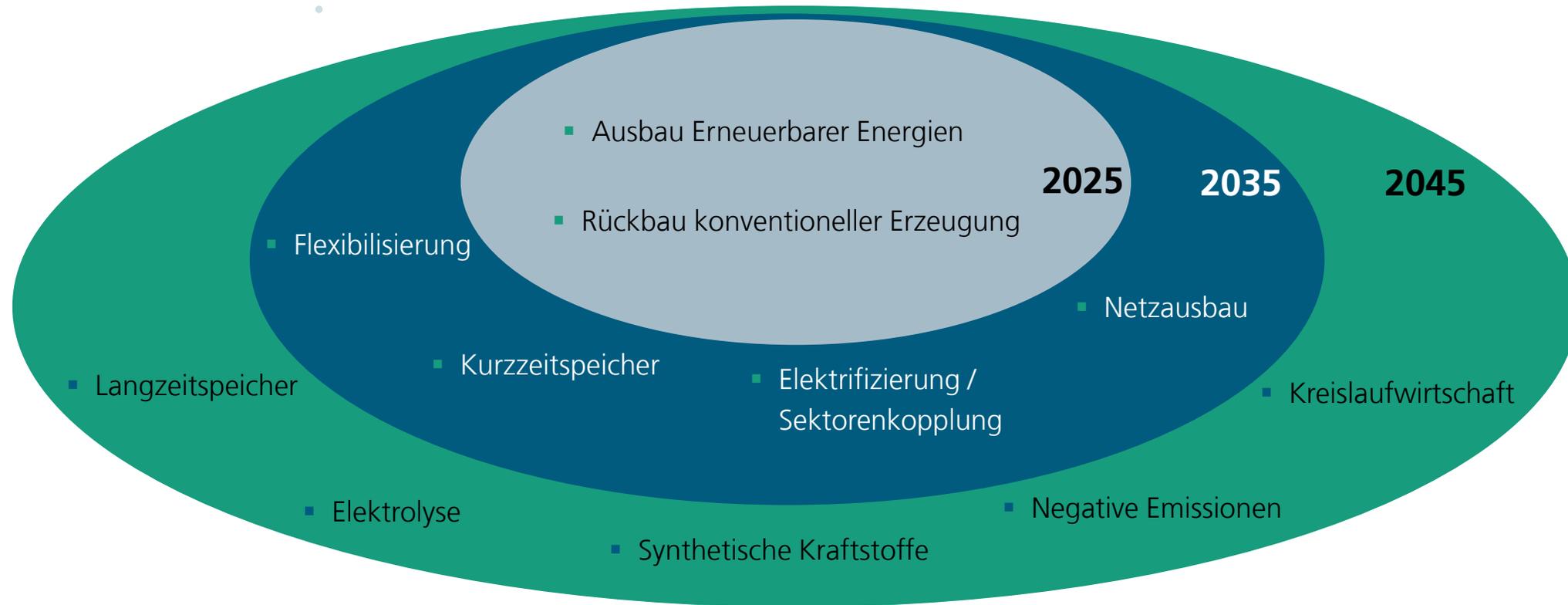


# Agenda

---

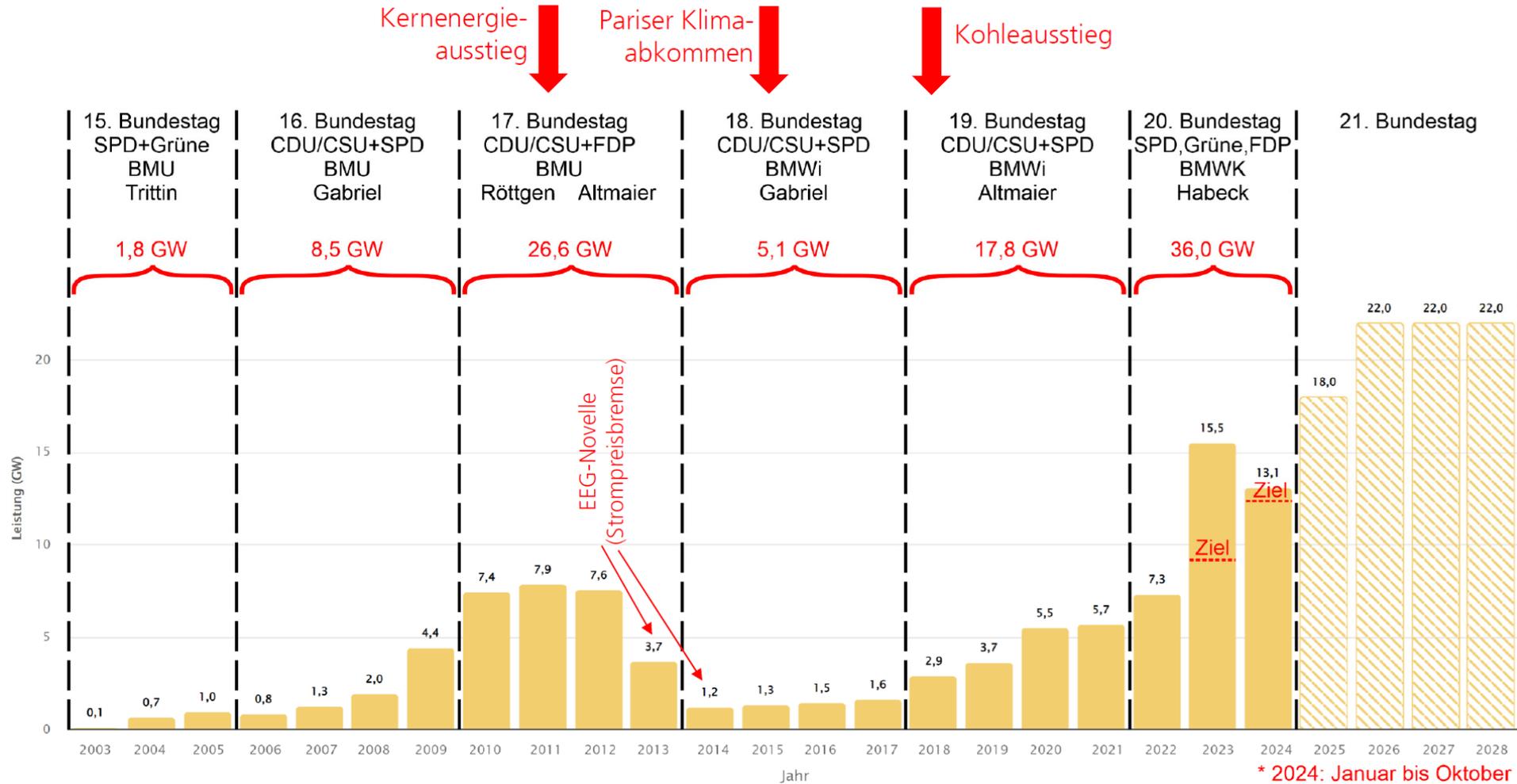
1. Emissionen und Klimawandel
2. Stromerzeugung
3. Szenario bis 2045
4. Strompreise
5. Zusammenfassung

# Die drei Phasen der Energiewende



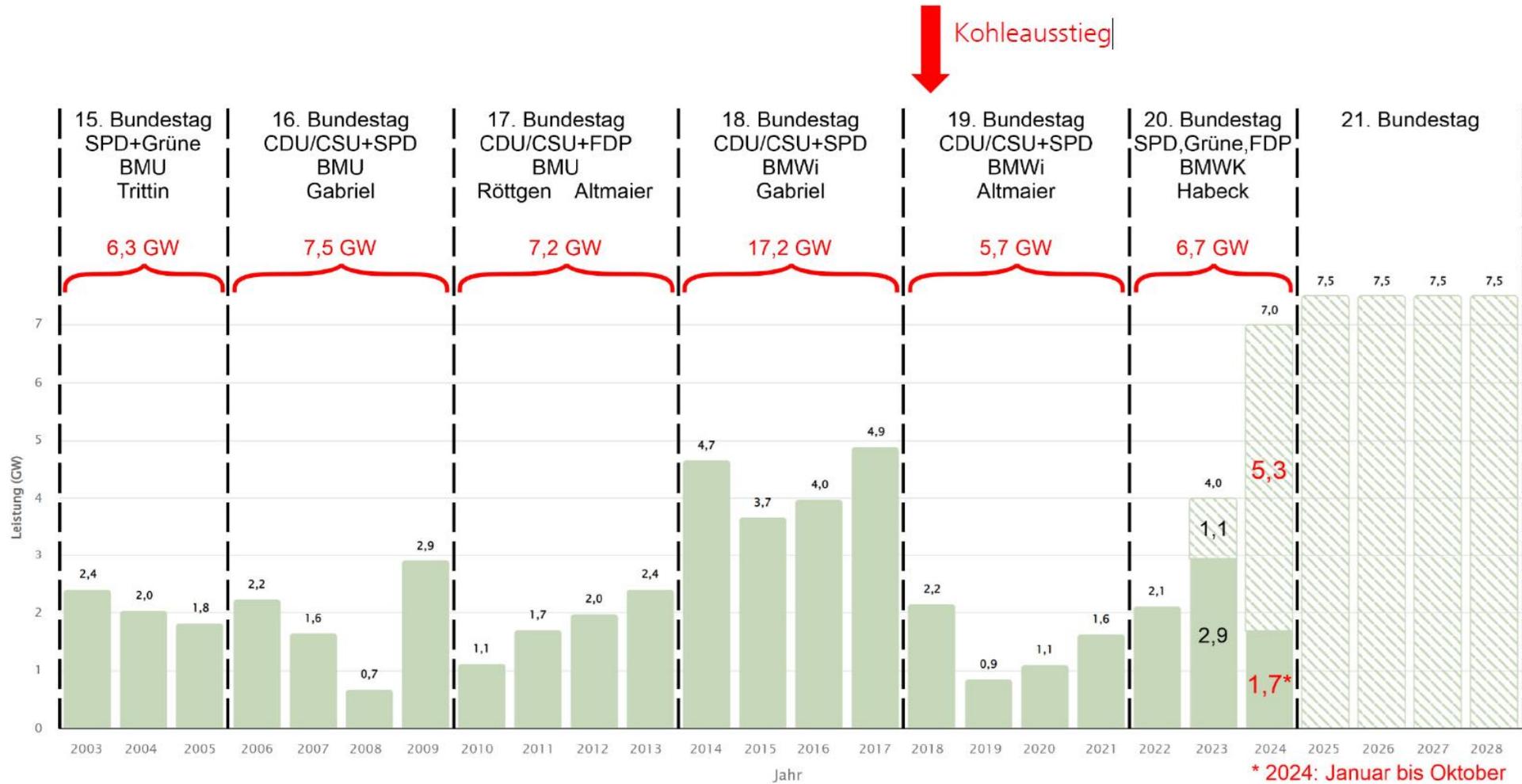
# Ausbau der regenerativen Energien

## Photovoltaik



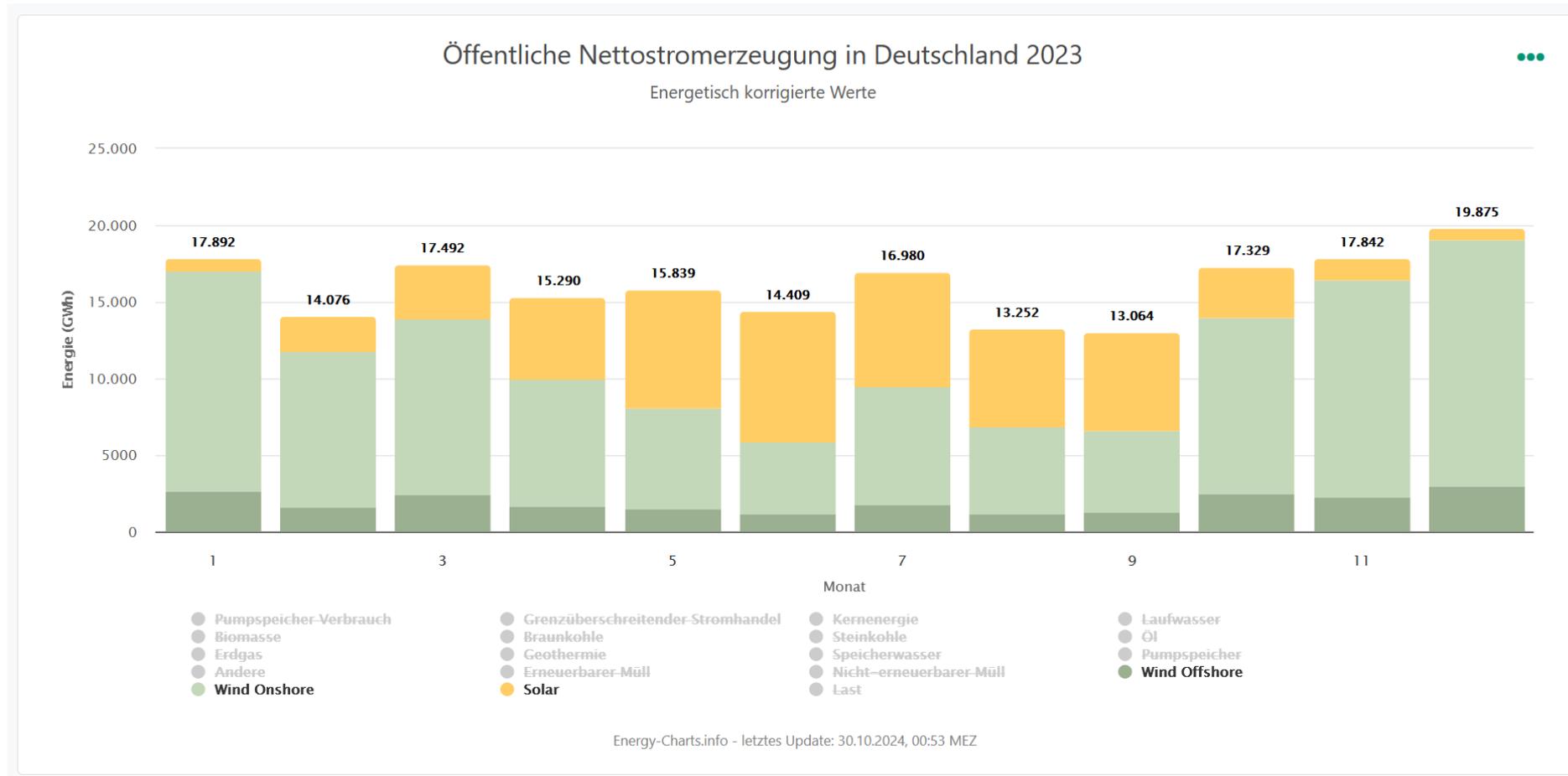
# Ausbau der regenerativen Energien

## Wind Onshore



# Gemeinsamer Ausbau Wind und PV

Verhältnis der installierten Leistungen 1/1, Energien 2/1



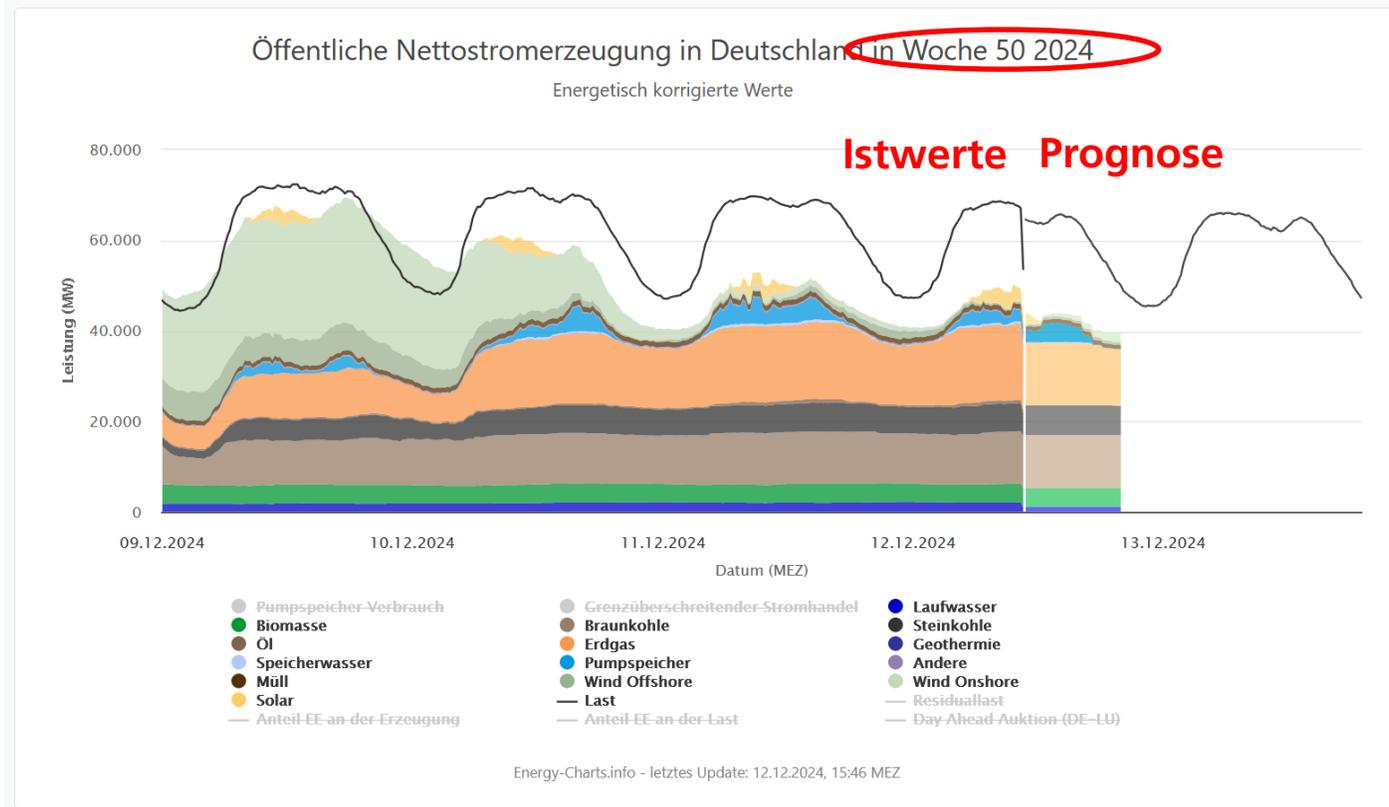
# Viertelstunden- bzw. Stundenwerte der Leistung

Deutschland, Woche 50, 2024

www.energy-charts.info

Energy-Charts Leistung Energie Preise Umwelt Szenarien Karten Infos

Fraunhofer ISE Land Sprache



Datumsauswahl

Intervall Woche

Jahr 2024

Woche in 2024 Woche 50

Quellen

Erzeugung

Öffentlich

Gesamt

ENTSO-E

Solar, Wind

Import, Export

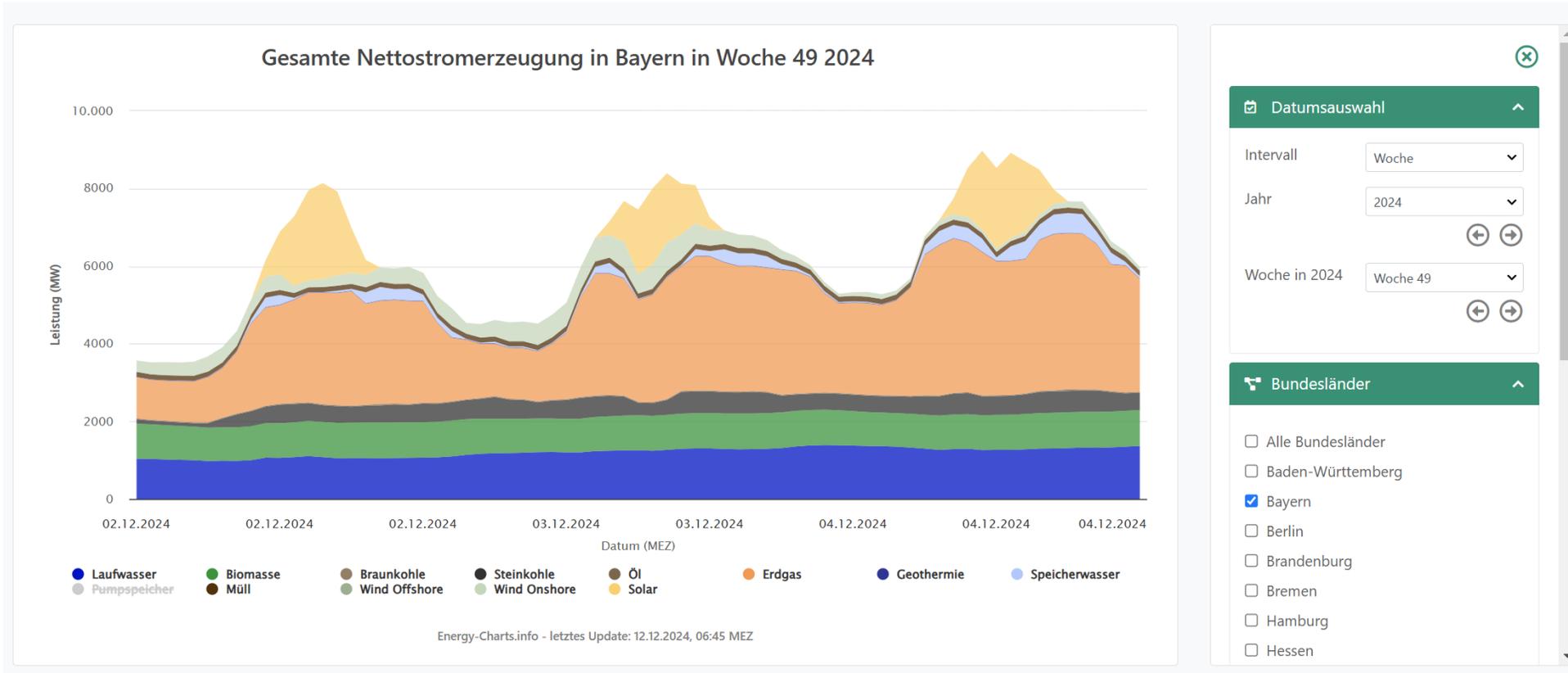
# Viertelstunden- bzw. Stundenwerte der Leistung

## Bayern, Woche 49, 2024

Energy-Charts Leistung Energie Infos

Fraunhofer ISE

Land Sprache



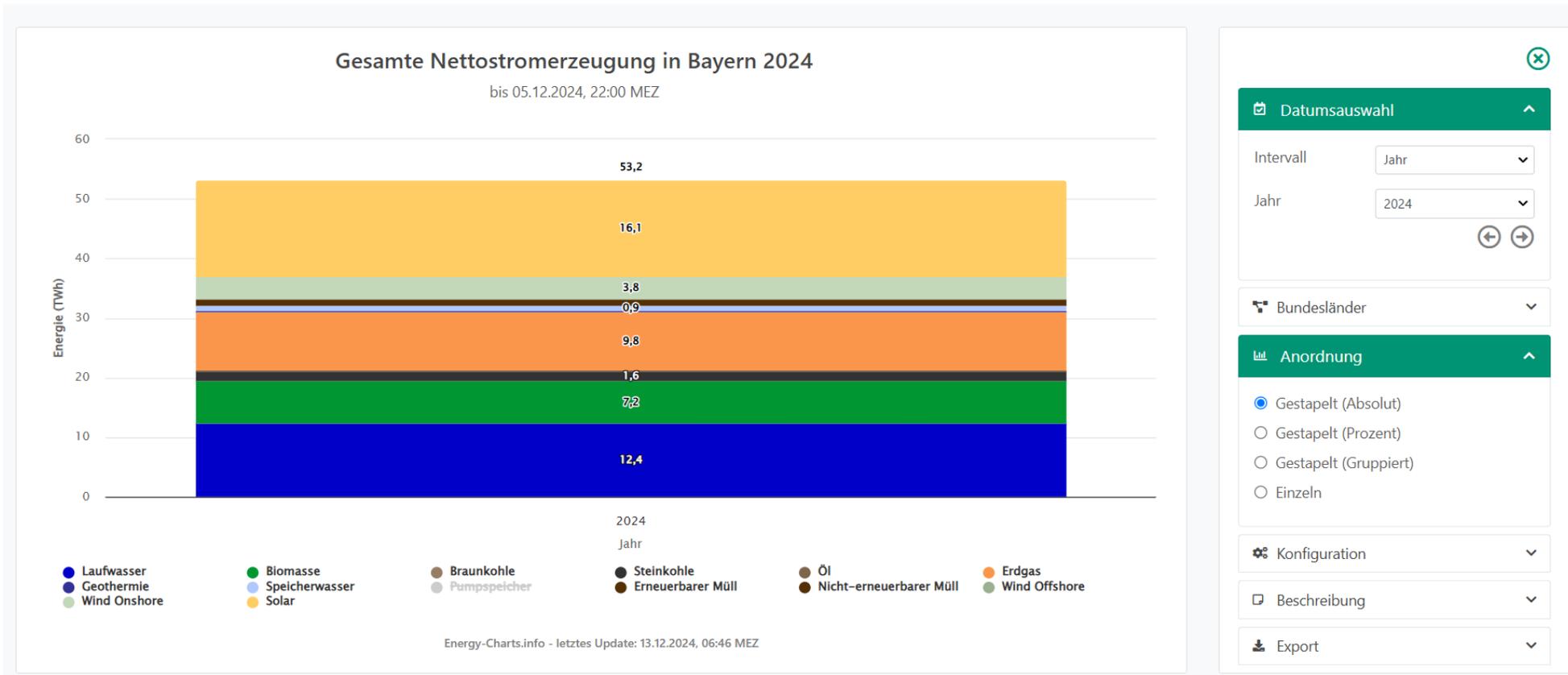
# Bayern

## Gesamte Nettostromerzeugung in 2024

Bruttostromverbrauch Bayern in 2021: 77,6 TWh<sup>[2]</sup>

Energy-Charts Leistung Energie Infos

Fraunhofer Land Sprache

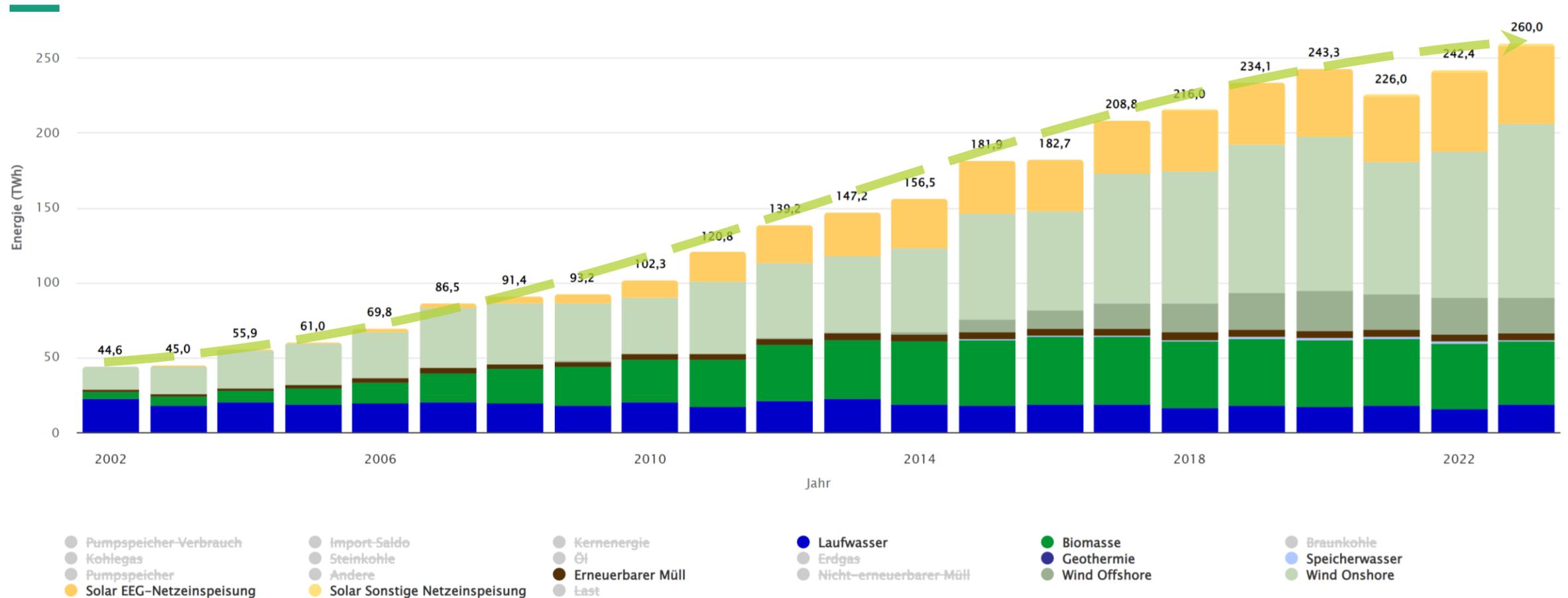


[1] [https://energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=DE\\_BL&by=1&stacking=stacked\\_absolute&year=2024](https://energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=DE_BL&by=1&stacking=stacked_absolute&year=2024)

[2] LAK Energiebilanzen: <https://www.lak-energiebilanzen.de/ingabe-statisch/?a=e400>

# Öffentliche Nettostromerzeugung aus erneuerbaren Energien

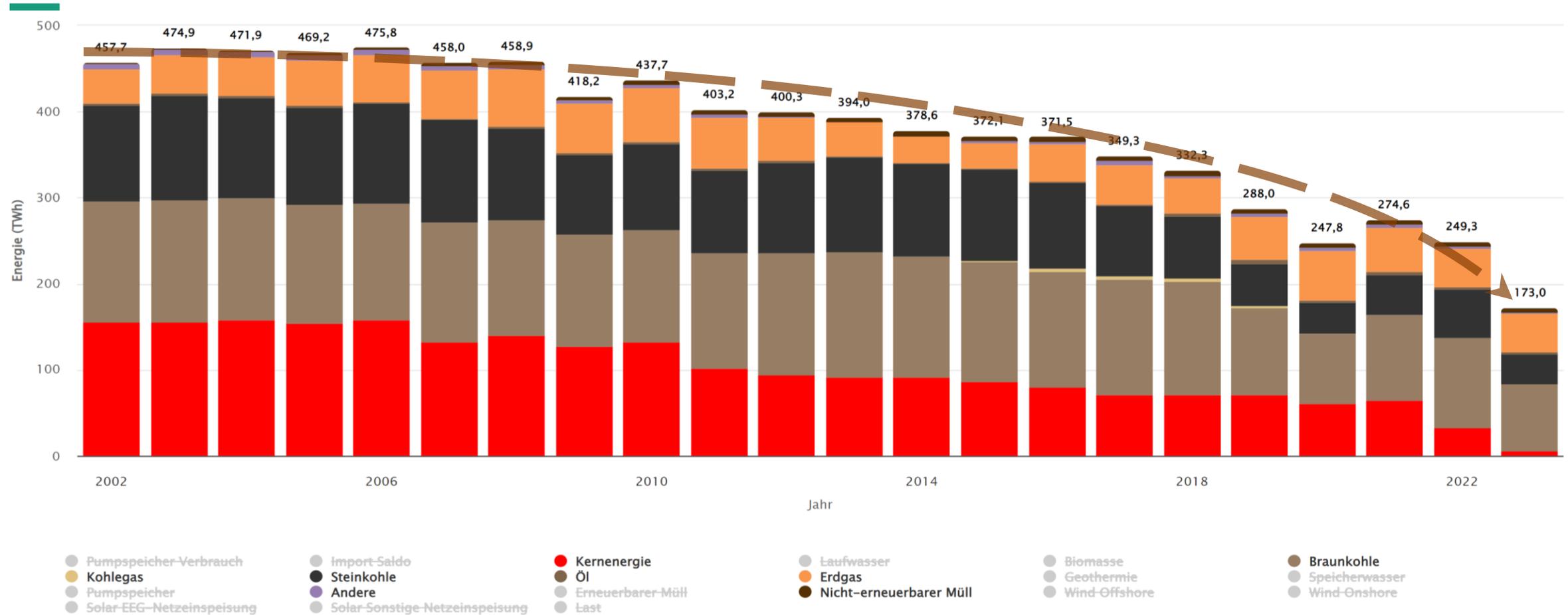
Deutschland, Jahr 2002 - 2023



Energy-Charts.info - letztes Update: 10.04.2024, 07:33 MESZ

# Öffentliche Nettostromerzeugung aus nicht erneuerbaren Quellen

Deutschland, Jahr 2002 - 2023

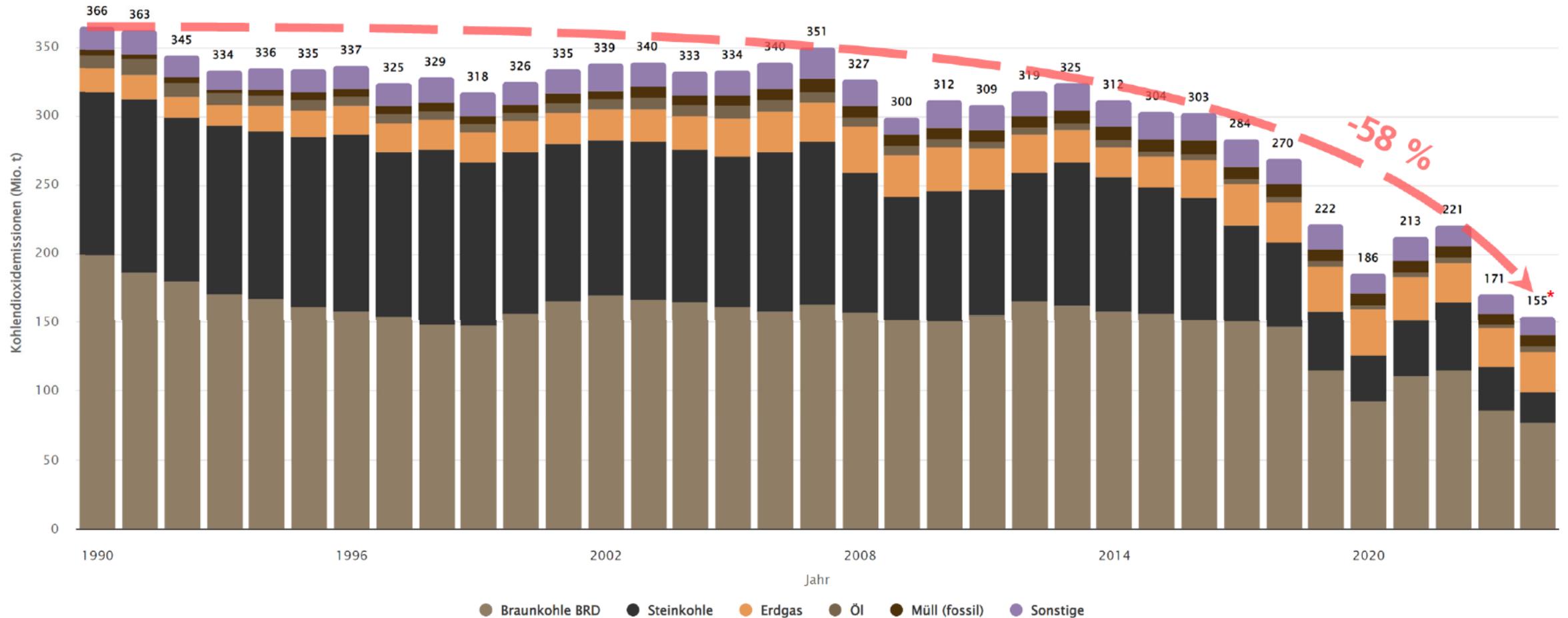


Energy-Charts.info - letztes Update: 10.04.2024, 07:33 MESZ

Quelle: <https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.htm?l=de&c=DE&chartColumnSorting=default&interval=year&year=-1&sum=1>

# Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromerzeugung

Jahr 1990 bis 2024



\* Wert für 2024 geschätzt

# Kohleverstromung

Christoph Ploß und Martin Huber



Christoph Ploß  

@christophploss

Dass die #grüne Partei von Wirtschaft wenig versteht, hat viele nicht überrascht. Sie ist aber auch für unsere Klimabilanz eine Katastrophe: Der Anteil der klimaschädlichen Braunkohle an der Stromerzeugung ist zuletzt massiv angestiegen! @StimmtTalk



<https://twitter.com/christophploss/status/1762122735373762729>



Martin Huber 

@MartinHuberCSU

Ampel = #Kohle-Koalition

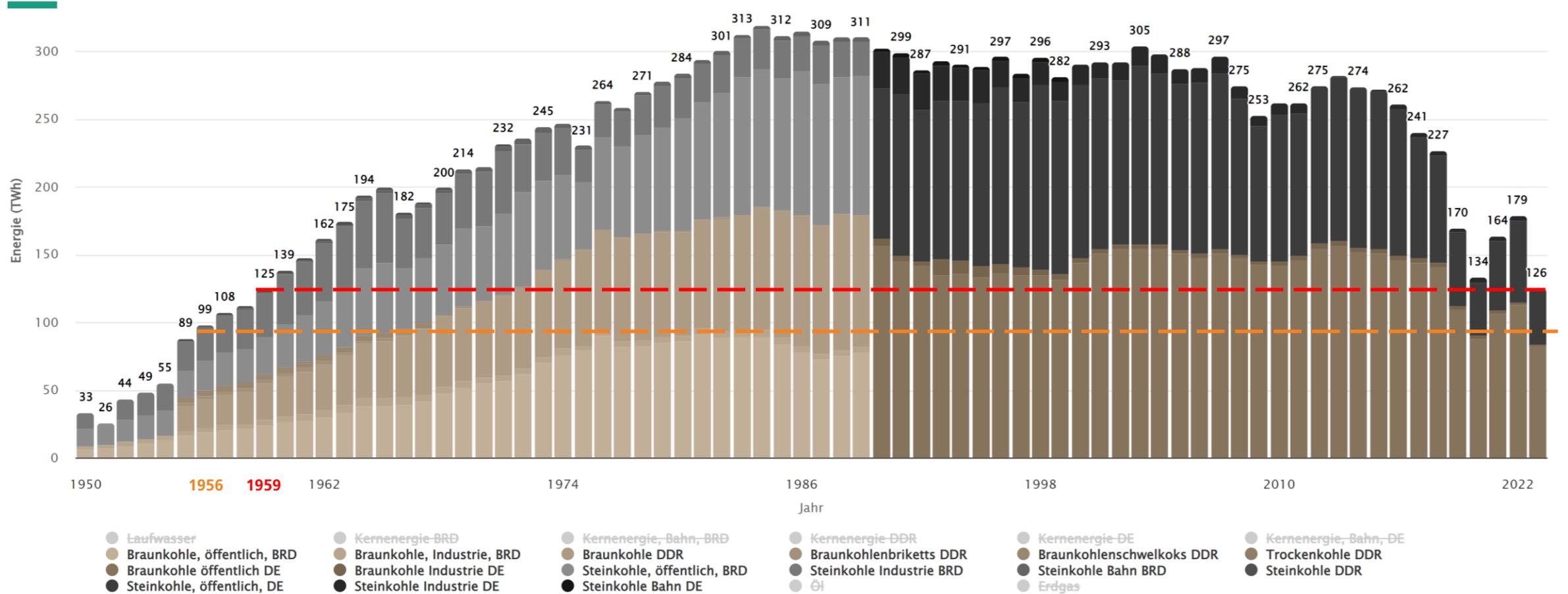
So dreckig wie jetzt war der deutsche #Strom seit Jahren nicht. Eine Koalition der Versager: Stromangebot verknappen (AKWs aus), Strompreis in die Höhe treiben, CO2 Ausstoß massiv steigern. Diese #Ampel kriegt nichts, aber auch gar nichts auf die Reihe.



<https://twitter.com/MartinHuberCSU/status/1736837500331553088>

# Bruttostromerzeugung aus Braun- und Steinkohle

Jahr 1950 bis 2023

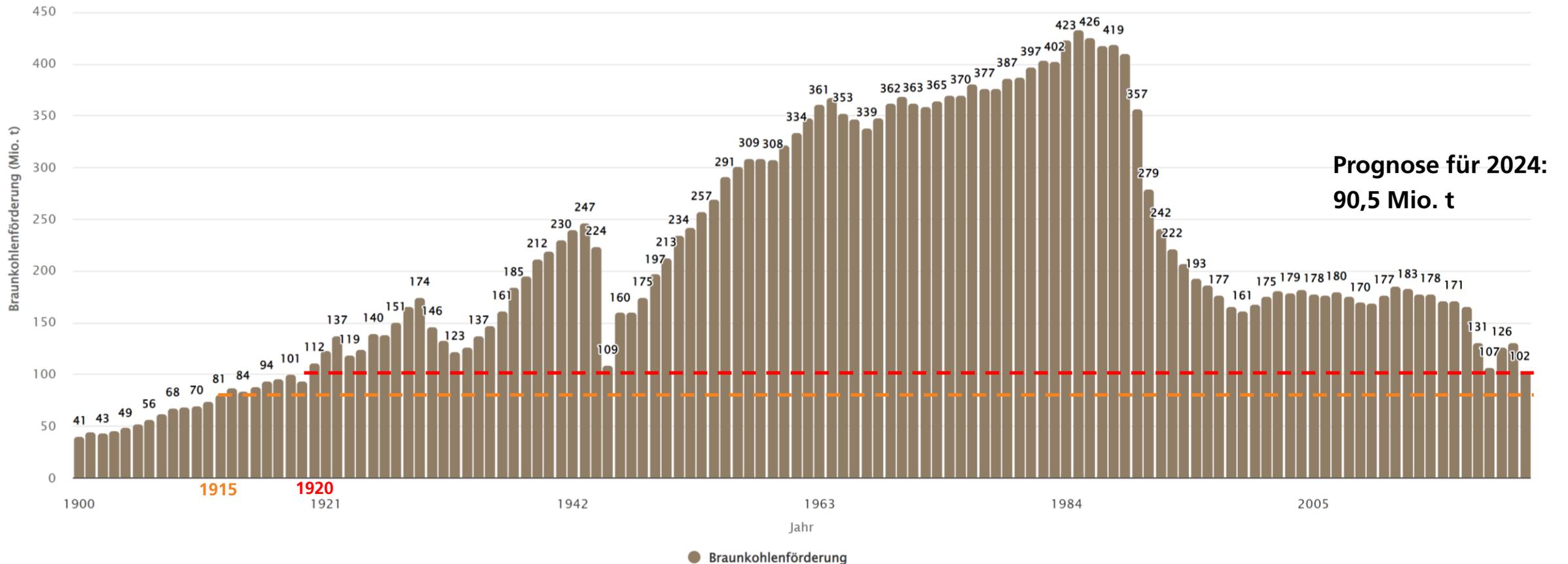


Energy-Charts.info - letztes Update: 01.01.2024, 19:52 MEZ

Quelle: [https://energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=DE&interval=year&year=-1&source=gross\\_production&legendItems=bwgv7](https://energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=DE&interval=year&year=-1&source=gross_production&legendItems=bwgv7)

# Braunkohlenförderung in Deutschland

Jahr 1900 bis 2023



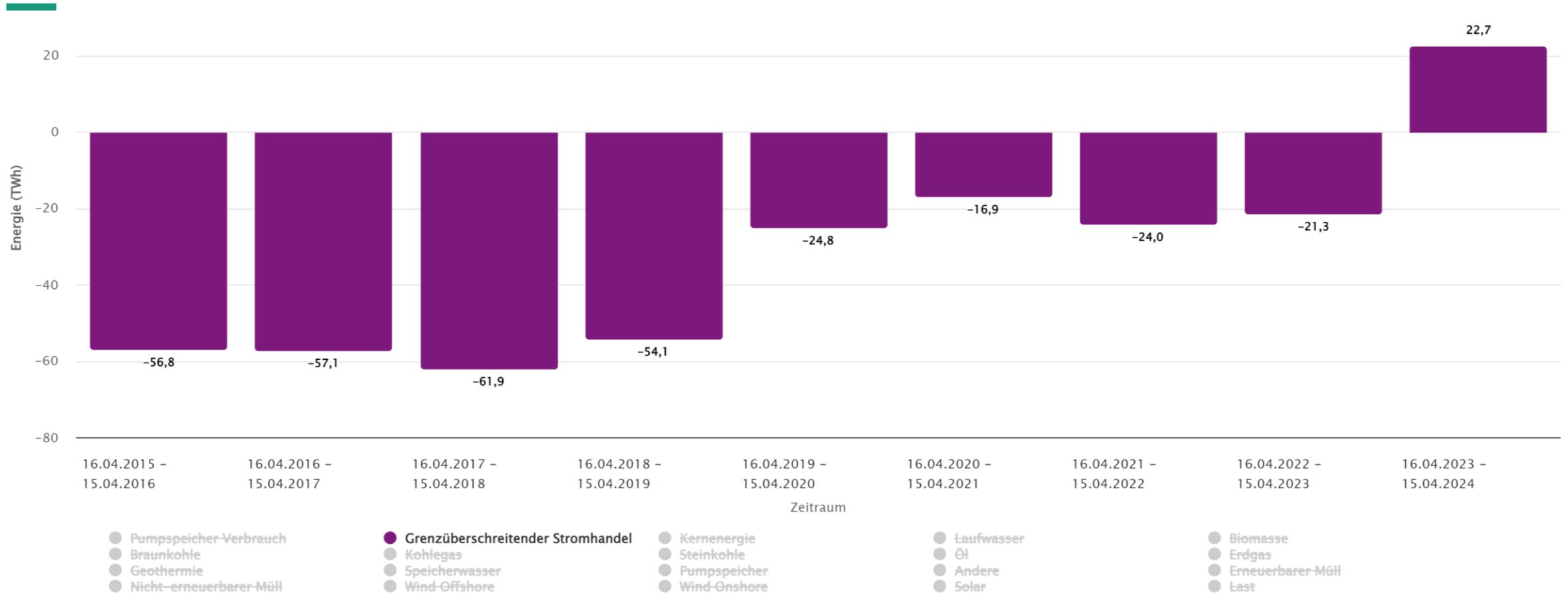
Energy-Charts.info - letztes Update: 26.02.2024, 22:18 MEZ

Quelle: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.

Quelle: [https://energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=DE&interval=year&year=-1&source=brown\\_coal\\_mining](https://energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=DE&interval=year&year=-1&source=brown_coal_mining)

# Grenzüberschreitender Stromhandel

Jahresscheiben jeweils vom 16.04. eines Jahres bis zum 15.04. des Folgejahres



Energy-Charts.info - letztes Update: 09.04.2024, 08:47 MESZ

Quelle: [https://energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=DE&interval=year&year=-1&source=nuclear\\_exit&legendItems=01000000000000000000](https://energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=DE&interval=year&year=-1&source=nuclear_exit&legendItems=01000000000000000000)

# Haben wir genügend Strom?

Bild, 08.08.2023



Hey! KI-HELPER INFOS ZU BILDPLUS WETTER VIDEO & AUDIO MARKTPLATZ ZEITUNG SUCHE ANMELDEN

STARTSEITE NEWS POLITIK REGIO UNTERHALTUNG SPORT FUSSBALL LIFESTYLE RATGEBER GESUNDHEIT SEX & LIEBE AUTO SPIELE DEALS

BILD • Politik • Ausland und Internationales • Neuer Bericht zeigt: Deutschland wird zum Strombettler

Neuer Bericht zeigt

## Deutschland wird zum Strombettler



Das Atomkraftwerk Isar 2 ist im April als eines der drei letzten Akws in Deutschland vom Netz gegangen  
Foto: picture alliance/dpa

TEILEN TWITTERN SENDEN

08.08.2023 - 21:27 Uhr

<https://www.bild.de/politik/ausland/politik-ausland/neuer-bericht-zeigt-deutschland-wird-zum-strombettler-84977824.bild.html>

### Deutschland hat sich in den ersten sechs Monaten des Jahres vom drittgrößten Strom-Exporteur Europas zum Importeur entwickelt.

Das zeigt eine Auswertung von Experten für den europäischen Strommarkt, „EnAppSys“. Der Bericht legt die Werte der Nettostrom-Importe und -Exporte in Europa in den ersten sechs Monaten des Jahres 2023 nebeneinander.

► **Größter Strom-Exporteur: Frankreich, mit einem Nettoexport in Höhe von insgesamt 17,6 Terawattstunden (TWh). Auf Platz zwei folgt Schweden mit einem Export in Höhe von 14,6 TWh. Auf Platz drei landet nach den ersten sechs Monaten 2023 Spanien (8,8 TWh) – und kickt damit Deutschland vom Podest!**

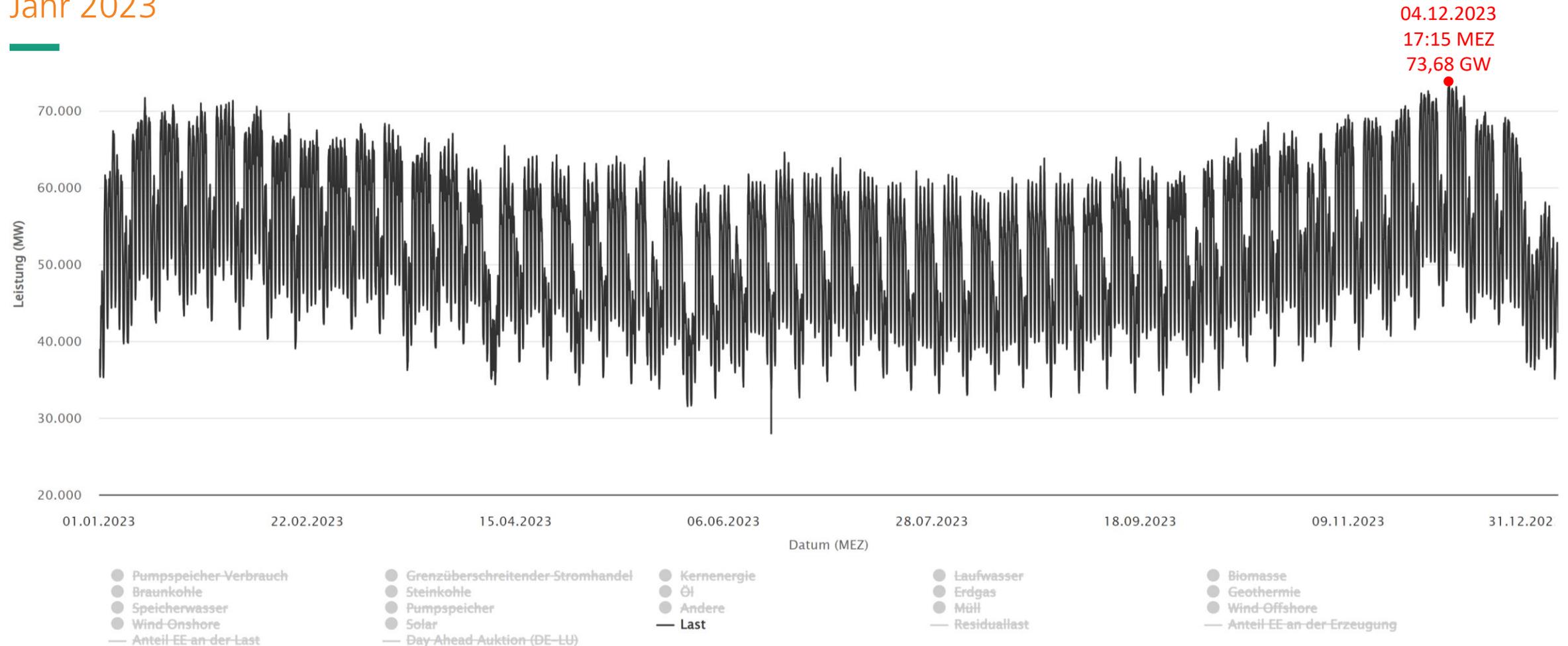
Deutschland rutscht innerhalb von sechs Monaten rapide ab: Lag der Netto-Stromexport in der zweiten Jahreshälfte 2022 noch bei 9,2 TWh, sind es jetzt gerade einmal 0,6 TWh. Vom Strom-Exporteur zum Strom-Bettler!

### Grund für den deutschen Absturz laut der „EnAppSys“-Experten: das Kernkraftwerk-Aus!

„Diese Stilllegungen bedeuteten, dass Deutschland in Zeiten geringer erneuerbarer Stromerzeugung zusätzlichen Strom aus anderen Ländern beziehen musste“, so Experte Jean-Paul Harreman.

# Maximale Last (Stromverbrauch)

Jahr 2023

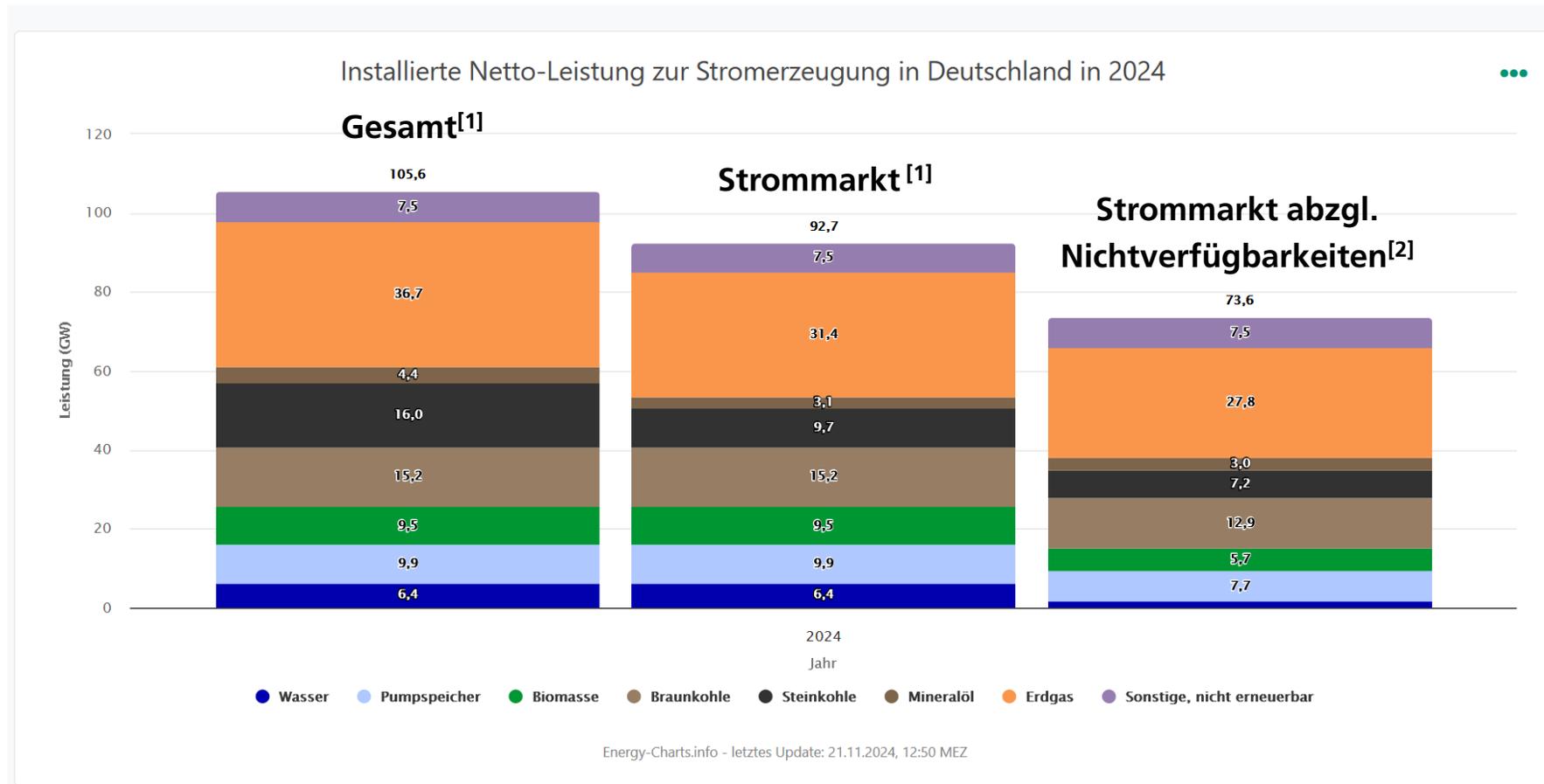


Energy-Charts.info - letztes Update: 05.05.2024, 00:28 MESZ

Quelle: <https://www.energy-charts.info/charts/power/chart.html?l=de&c=DE&legendItems=000000000000000010000&year=2023&interval=year>

# Installierte Leistung

Gesamt – Strommarkt – Strommarkt abzgl. Nichtverfügbarkeiten (am 6.11.2024)



[1] Kraftwerksliste der BNetzA (Stand 21.11.2024):

<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/start.html>

[2] Ermittlung der Nichtverfügbarkeiten anhand der Meldungen an die EEX und an ENTSO-E inkl. eigener Berechnung für Kleinkraftwerke (Laufwasser, Biomasse)

# Ist Deutschland der energiepolitische Geisterfahrer?

Markus Söder, CSU; Friedrich Merz, CDU



Bericht aus Berlin @ARD\_BaB · 6. Aug. 2023

„Wir sind energiepolitische Geisterfahrer“ – CSU-Chef @Markus\_Soeder im ARD-Sommerinterview über Kernenergie als Brückentechnologie.



226 50 212 73.840



Friedrich Merz @\_FriedrichMerz · 24. Jan.

„Deutschland ist in der Energie- und #Klimapolitik zum Geisterfahrer in #Europa geworden. Es muss doch irgendwann einmal auch der #Bundesregierung auffallen, dass keiner macht, was in Deutschland stattfindet - weil hier grundlegend falsche Entscheidungen getroffen werden.“ (tm)



1.006 325 1.715 166.095

**Markus Söder:** „Schauen Sie, was mich so bewegt: Die ganze Welt setzt jetzt in der Krise darauf, Kernenergie als Überbrückungsenergie zu behalten – nur Deutschland nicht. Wir sind energiepolitische Geisterfahrer – tatsächlich. Statt Kohlekraftwerke anzuwerfen, Kernenergie zu verlängern – es geht. Letztes Jahr hieß es auch, es geht nicht. Und zweitens auf neue Technologien wie die Kernfusion zu setzen.“

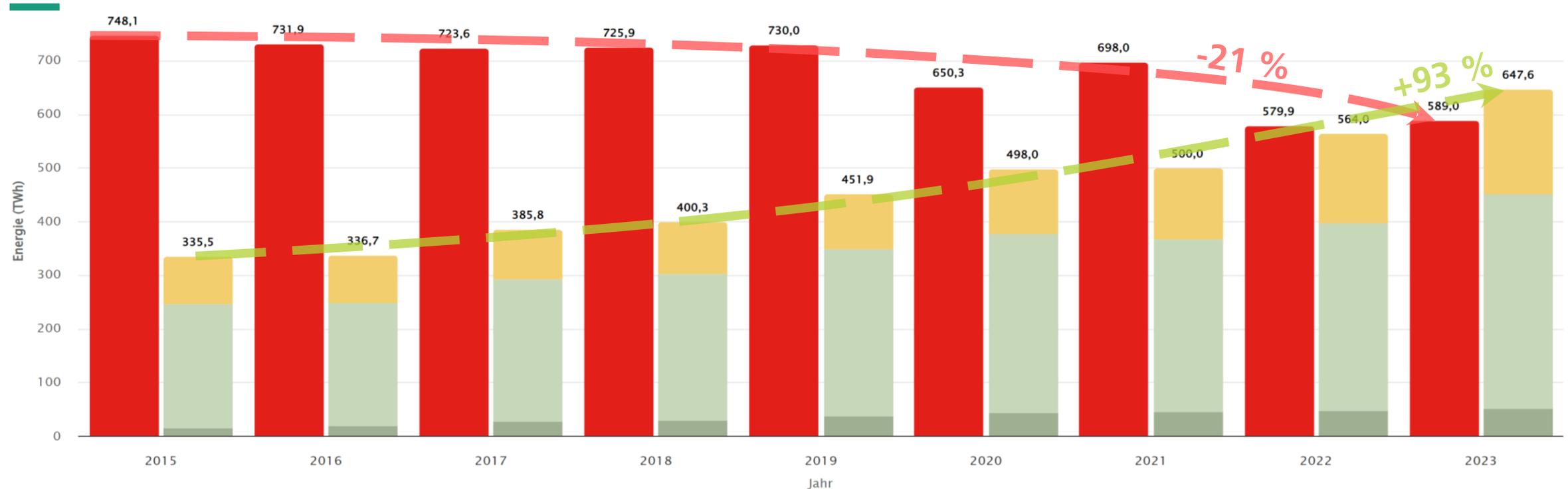
**Friedrich Merz:** „Deutschland ist in der Energiepolitik und in der Klimapolitik zum Geisterfahrer in Europa geworden. Es muss doch irgendwann mal selbst da drüben, zwei Kilometer von hier, auffallen, dass keiner nachmacht, was hier in Deutschland stattfindet.“

[https://twitter.com/ARD\\_BaB/status/1688162549840138240](https://twitter.com/ARD_BaB/status/1688162549840138240)

[https://twitter.com/\\_FriedrichMerz/status/1750163264166649928](https://twitter.com/_FriedrichMerz/status/1750163264166649928)

# Öffentliche Nettostromerzeugung in der EU 27

Jahr 2015 - 2023



- Pumpspeicher-Verbrauch
- Braunkohle
- Torf
- Andere
- Wind Onshore
- Grenzüberschreitender-Stromhandel
- Kohlegas
- Erdgas
- Andere-Erneuerbare
- Solar
- Kernenergie
- Steinkohle
- Geothermie
- Erneuerbarer-Müll
- Last
- Laufwasser
- Öl
- Speicherwasser
- Nicht-erneuerbarer-Müll
- Biomasse
- Ölschiefer
- Pumpspeicher
- Wind Offshore

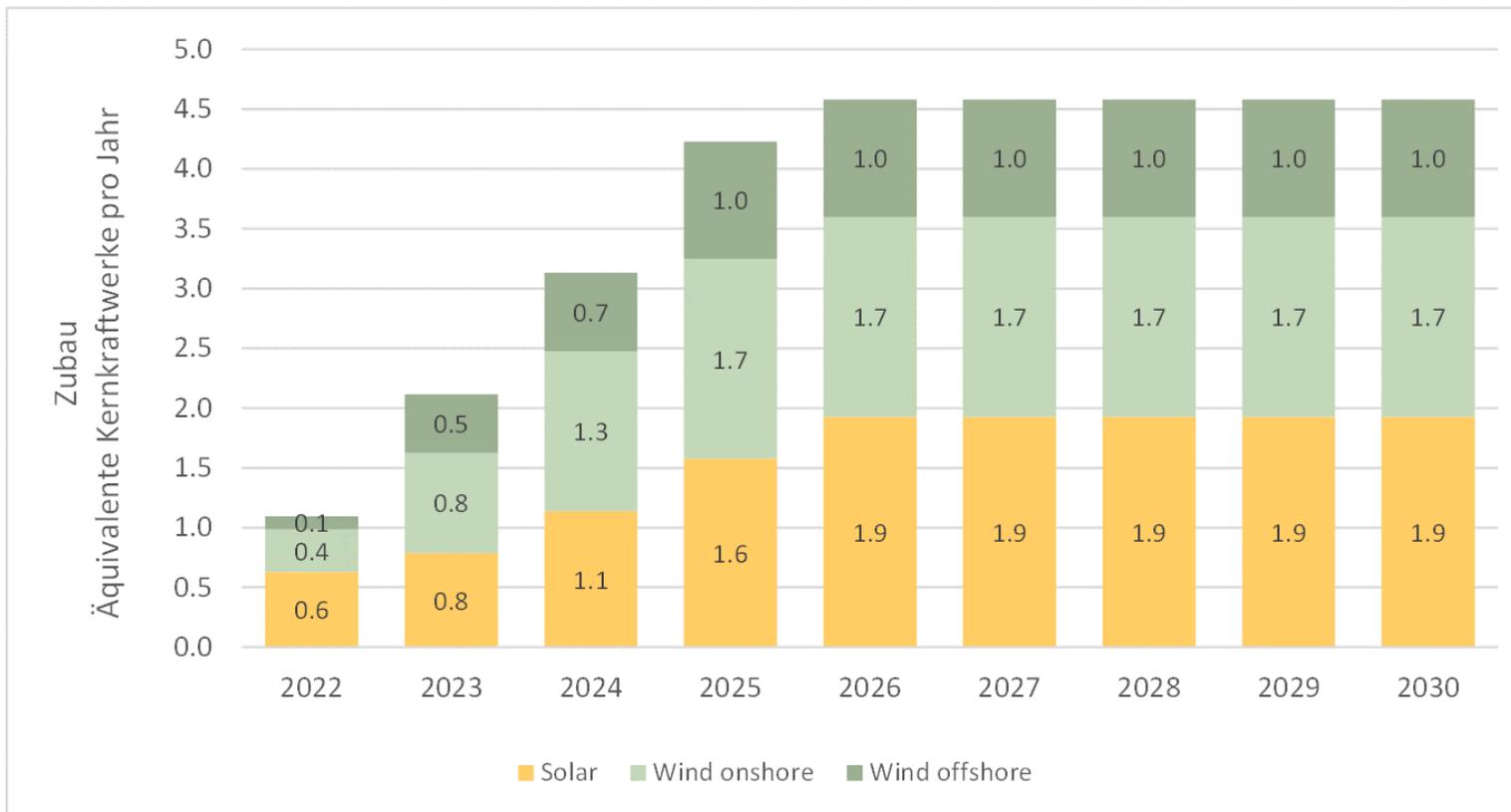
Energy-Charts.info - letztes Update: 03.05.2024, 17:37 MESZ

Quelle: [https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=EU&chartColumnSorting=default&interval=year&year=-1&sum=1&legendItems=0010000000000000001110&stacking=stacked\\_grouped](https://www.energy-charts.info/charts/energy/chart.html?l=de&c=EU&chartColumnSorting=default&interval=year&year=-1&sum=1&legendItems=0010000000000000001110&stacking=stacked_grouped)

# Zubau von Solar und Wind, umgerechnet in äquivalente Kernkraftwerke

Planung bis 2035

Volllaststunden			Leistung KKW/GW	
PV	Wind On	Wind Off	KKW	1.4
920	1753	3440	7500	



- Zubau äquivalenter Kernkraftwerke à 1,4 GW
- bis 2025: 10
- bis 2030: 34
- bis 2035: 55

# Fakenews

## Atomstrom



Um Atomstrom aus  betteln. Aber Kernkraftwerke in  abschalten. Die grüne Energiepolitik ist voller Widersprüche und hat unserer Wirtschaft nachhaltig geschadet! Das Schreiben an die franz. Energieministerin zeigt deutlich, dass bei der Abschaltung der Kernkraftwerke grüne Parteiideologie über den Interessen des Landes stand.

[bild.de/politik/inland...](https://www.bild.de/politik/inland...)

 **Vorgeschlagene kollektive Anmerkungen bewerten** →

Zuletzt bearbeitet 4:35 nachm. · 27. Nov. 2024 · **496.053** Mal angezeigt

 2.279    506    2.643    179   

...



**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz** ✓ @BMWi · 14 Std. ...

Die Darstellung trifft nicht zu. Genau andersrum ist es richtig: Es ging nicht um den Import von französischem Strom nach Deutschland, sondern um die Frage des Exports nach Frankreich, um die französische Stromversorgung zu sichern. Bundesminister Habeck musste seinerzeit 1/2

 128    1.377    8.528    195.963    



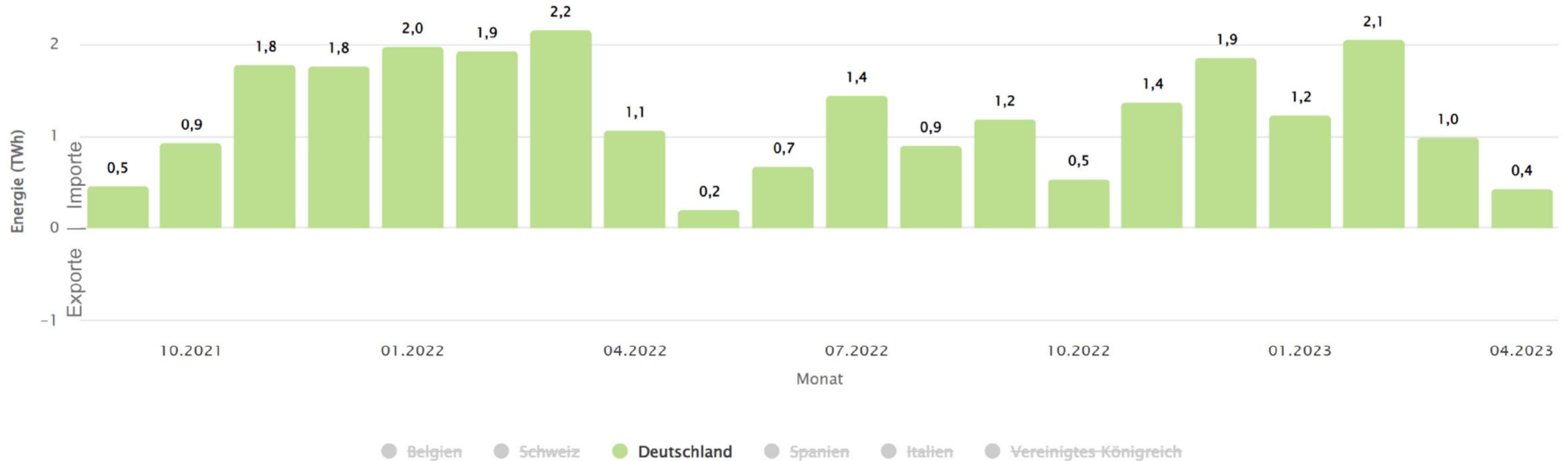
**Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz** ✓ @BMWi · 14 Std. ...

2/2 berechnen lassen, wieviel Strom Deutschland an Frankreich im Winter 22/23 liefern musste, um die Ausfälle der störanfälligen französischen AKWs zu kompensieren. Deutschland hat 2022 jeden Monat mehr Strom nach Frankreich exportiert als importiert.

 103    392    5.900    53.036    

# Monatliche Stromimporte von Frankreich aus Deutschland

## Saldo



Energy-Charts.info - letztes Update: 27.11.2024, 19:59 MEZ

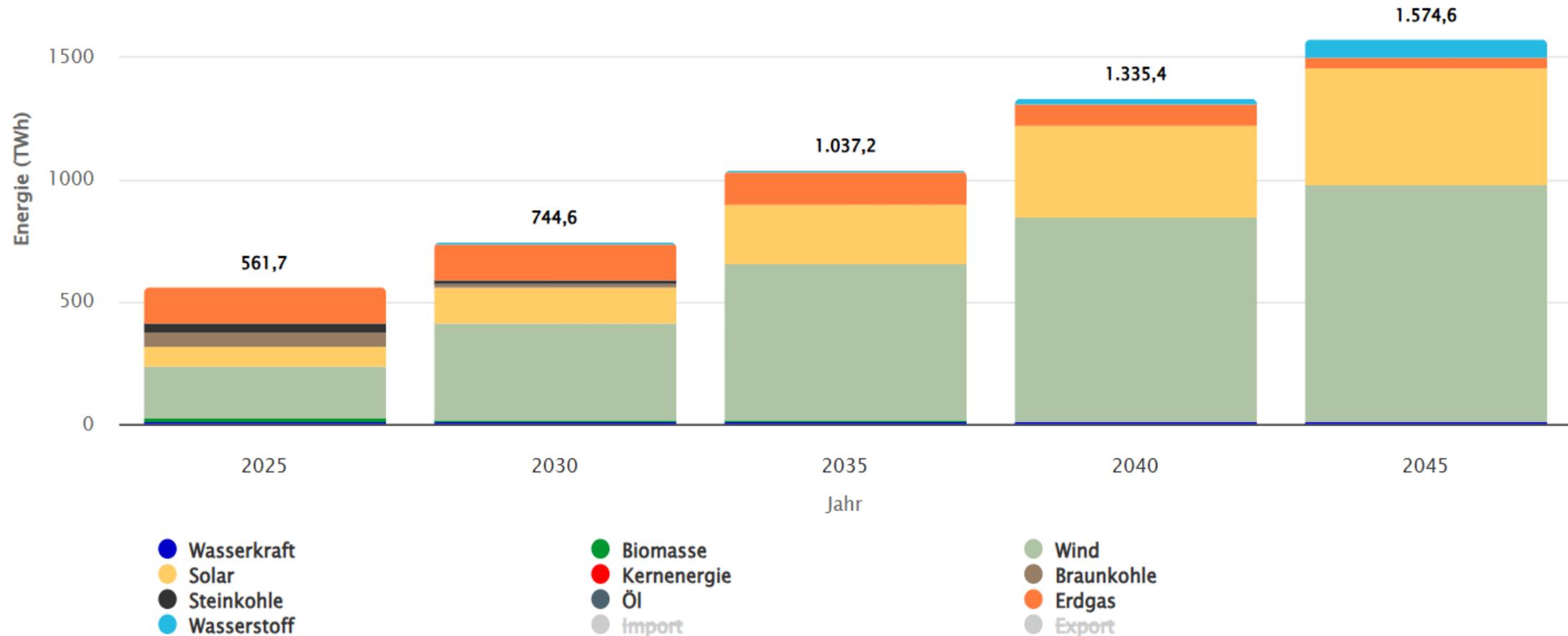
# Agenda

---

1. Emissionen und Klimawandel
2. Stromerzeugung
3. Szenario bis 2045
4. Strompreise
5. Zusammenfassung

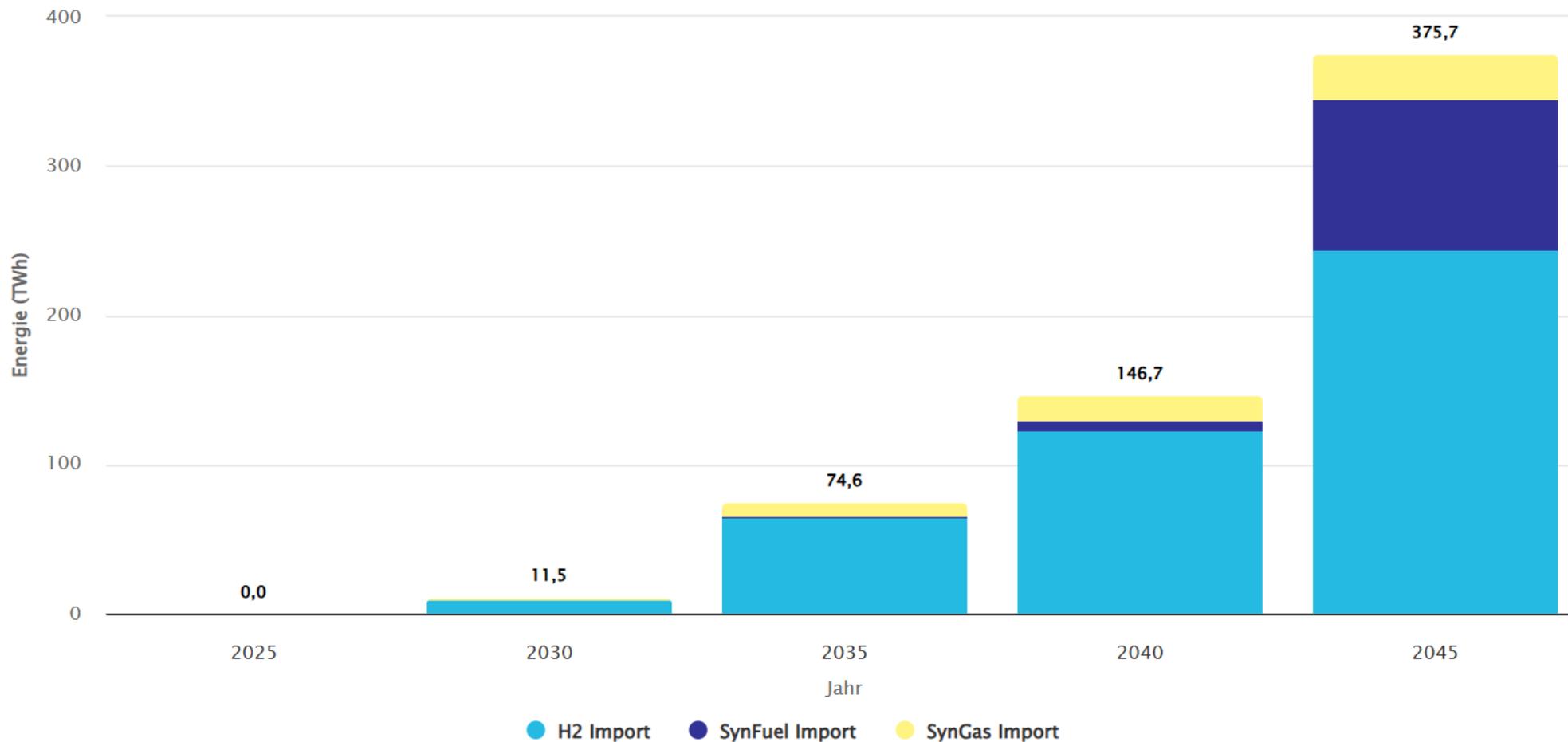
# Fraunhofer ISE Studie 2024, Szenario Technologieoffen

## Bereitstellung von Strom



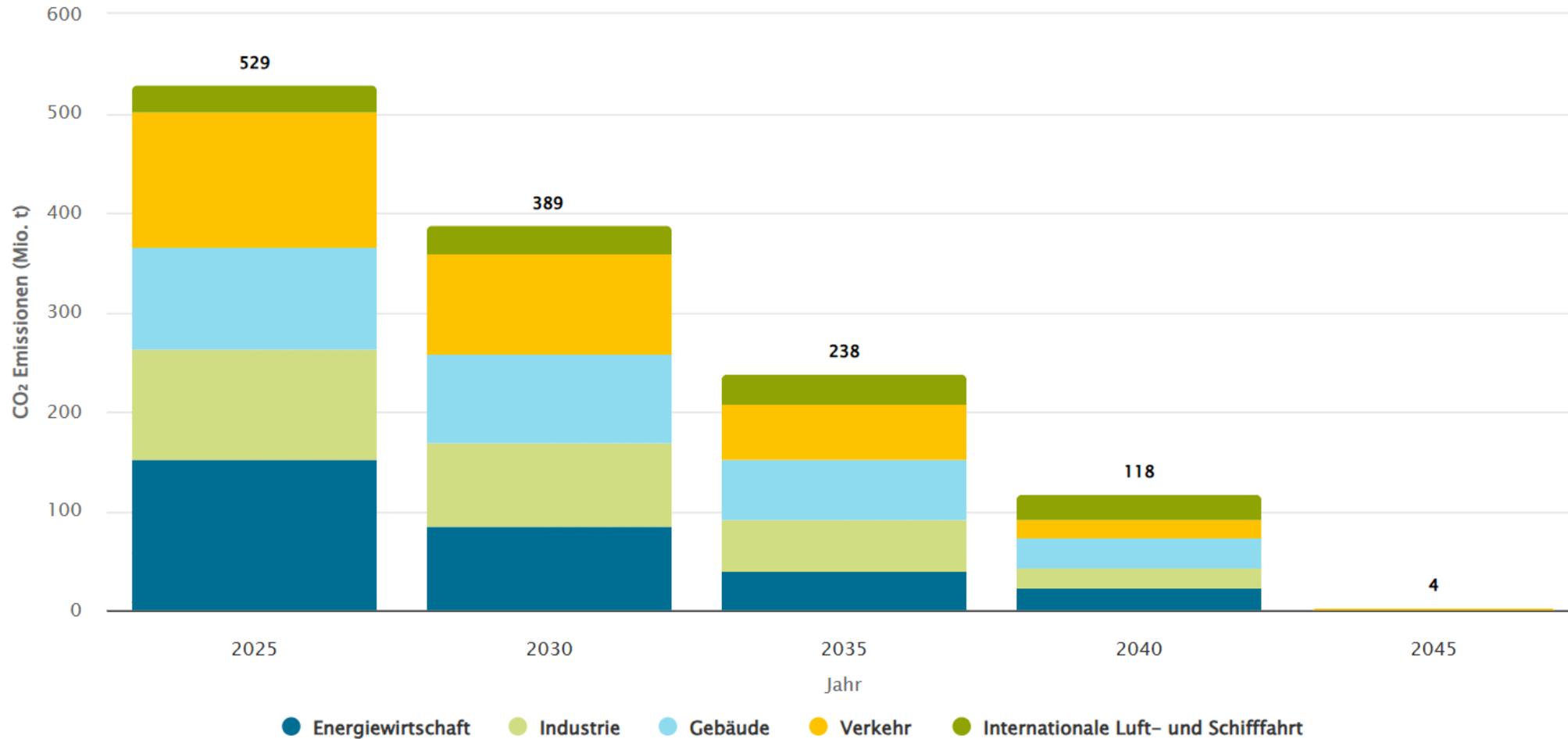
# Fraunhofer ISE Studie 2024, Szenario Technologieoffen

## Importierte synthetische Energieträger



# Fraunhofer ISE Studie 2024, Szenario Referenz

## Energiebedingte Kohlendioxidemissionen (CO<sub>2</sub>)



# Agenda

---

1. Emissionen und Klimawandel
2. Stromerzeugung
3. Szenario bis 2045
4. Strompreise
5. Zusammenfassung

# Gasversorgung

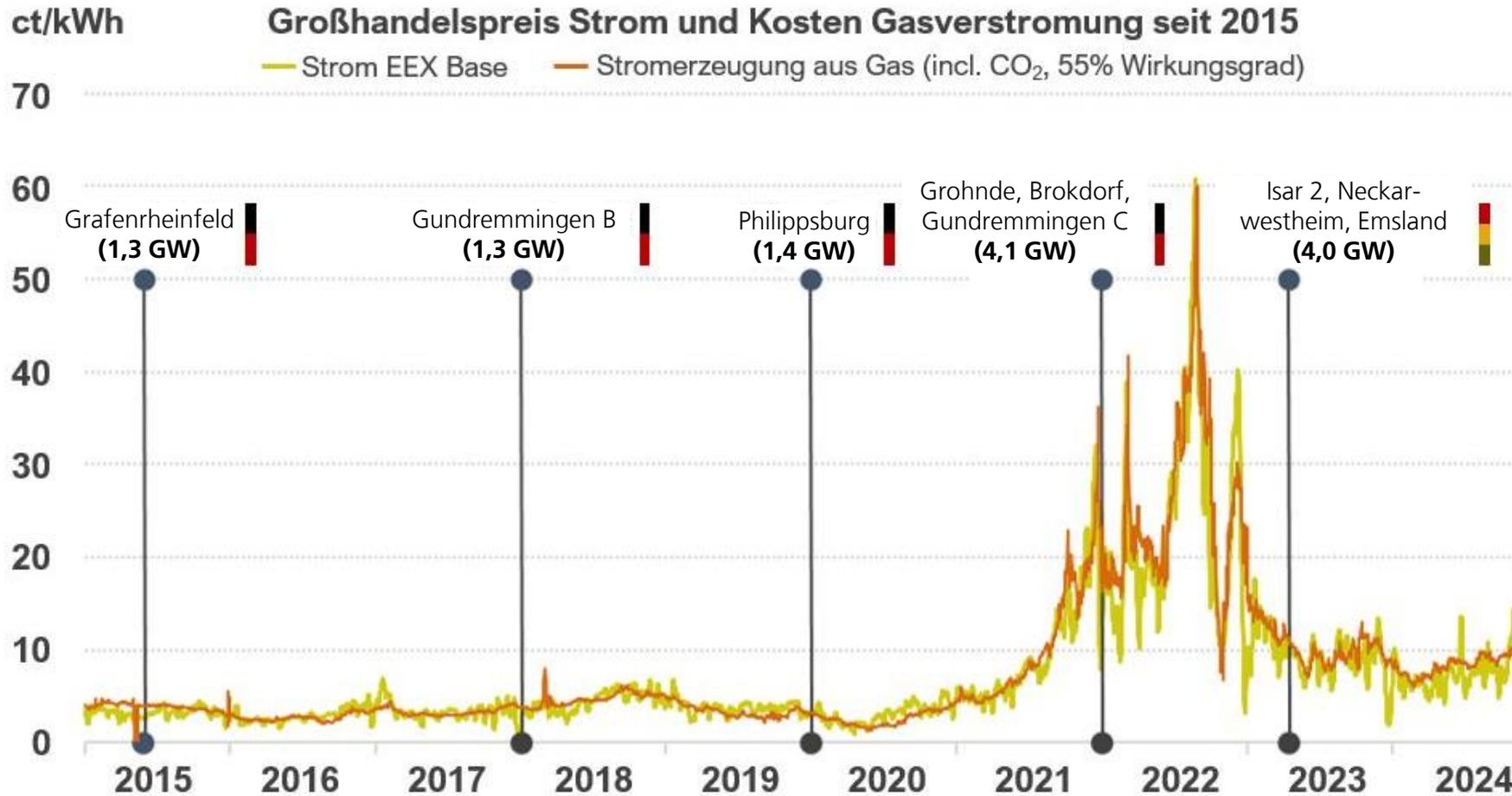
## Nordstream



Vorne: François Fillon, französischer Premierminister; Angela Merkel, Bundeskanzlerin; Mark Rutte, niederländischer Premierminister; Dmitriy Medwedew, russischer Präsident; Günther Oettinger, EU-Energiekommissar und Erwin Sellering, Ministerpräsident von Mecklenburg-Vorpommern  
Hinten: Gerhard Schröder, Altkanzler und Vorsitzender des Gesellschafterausschusses der Nord Stream AG; Johannes Teysen, E.ON; Alexei Borissowitsch Miller, Gazprom; Kurt Bock, Vorstandsvorsitzender BASF; Matthias Warnig, Geschäftsführer Nord Stream AG; Paul van Gelder, Nederlandse Gasunie

- September 2005: Vereinbarung über den Bau von Nordstream 1
- November 2011: Eröffnung von Nordstream 1
- Februar 2014: Annexion der Krim durch Russland
- Mai 2018: Baubeginn von Nordstream 2
  - USA warnt vor der Abhängigkeit von russischem Gas
- September 2021: Fertigstellung von Nord Stream 2
- 24. Februar 2022: russischer Überfall auf die Ukraine

# Gas und CO<sub>2</sub> prägen den Strompreis im Großhandel



# Strompreise



**Martin Huber** ✓  
@MartinHuberCSU

Ampel = #Kohle-Koalition

Dieser Tweet wurde inzwischen gelöscht.

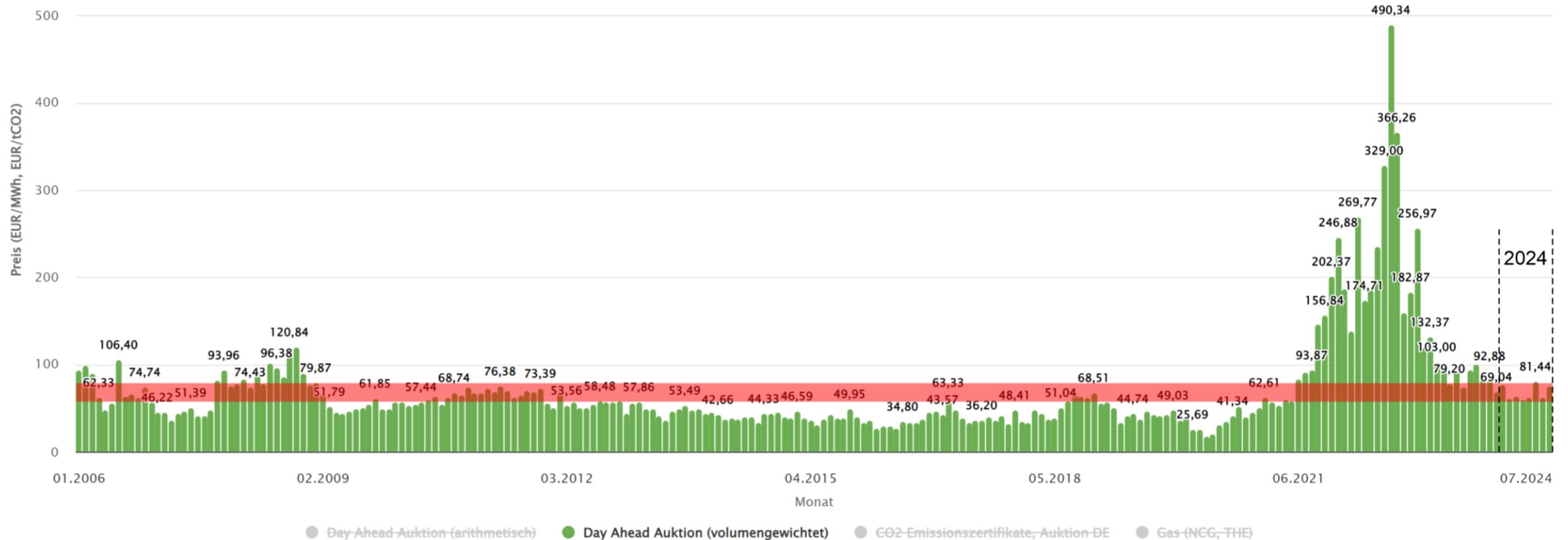


So dreckig wie jetzt war der deutsche #Strom seit Jahren nicht. Eine Koalition der Versager: Stromangebot verknappen (AKWs aus), Strompreis in die Höhe treiben, CO2 Ausstoß massiv steigern. Diese #Ampel kriegt nichts, aber auch gar nichts auf die Reihe.

<https://twitter.com/MartinHuberCSU/status/1736837500331553088>

# Monatliche, inflationsbereinigte Börsenstrompreise in Deutschland

2020 = 100 %

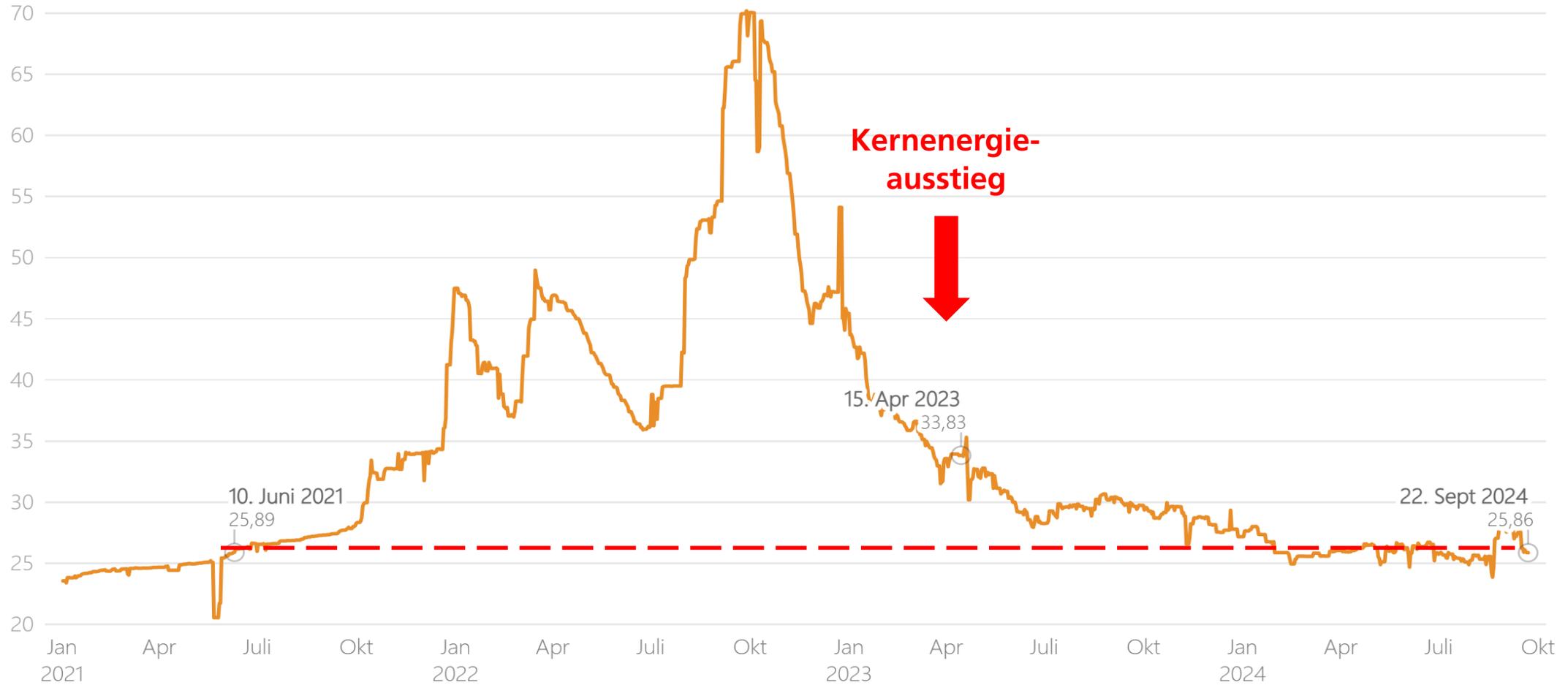


Energy-Charts.info - letztes Update: 08.09.2024, 12:29 MESZ

Quelle: [https://www.energy-charts.info/charts/price\\_average/chart.htm?l=de&c=DE&month=-1&year=-1&source=inflation\\_adjusted](https://www.energy-charts.info/charts/price_average/chart.htm?l=de&c=DE&month=-1&year=-1&source=inflation_adjusted)

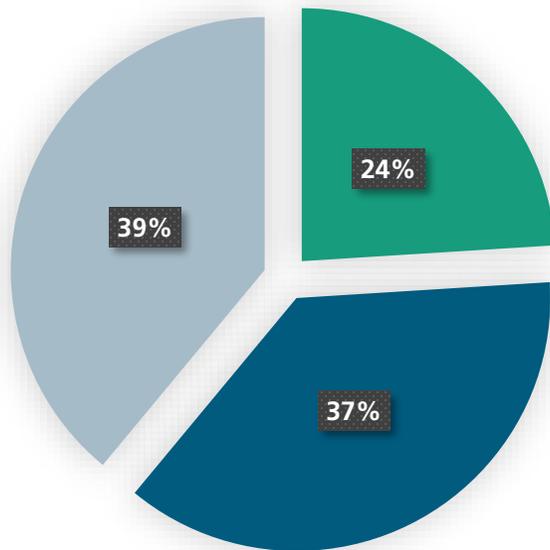
# Strompreisentwicklung für Neukunden

Jahresverbrauch 4000 kWh



# Vertragsstruktur und Wettbewerbssituation Haushaltskunden

## Verteilung der Haushaltskunden nach Entnahmemengen



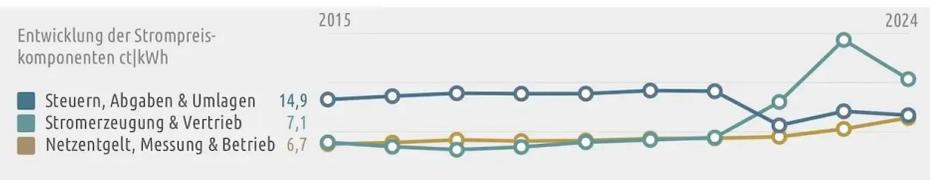
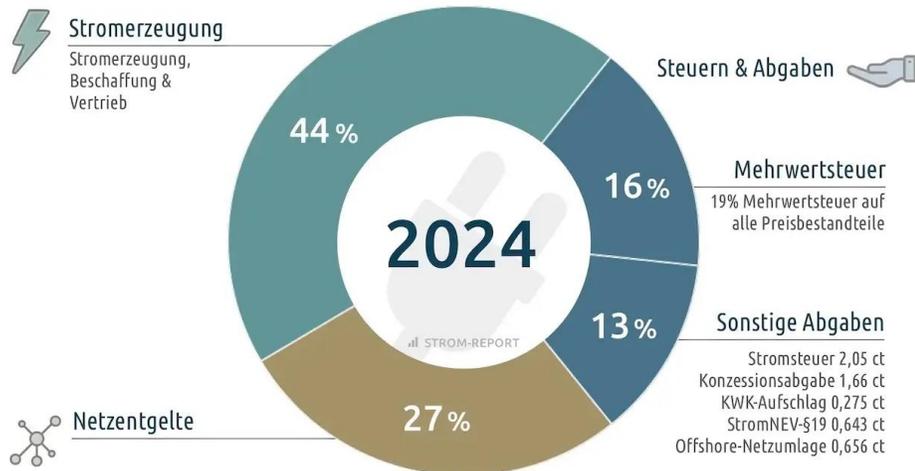
- Grundversorgung
- Vertrag bei Grundversorger
- Andere

- Großer Bedarf an Aufklärung bzgl. Stromanbieterwechsel
- Rechtlich Änderungen wrsl. zielführend
  - Viele Anbieter „müssen“ die Trägheit einer großen Anzahl der Kundinnen ausnutzen, um am Markt bestehen zu können
  - Prämienmodelle bei Wechsel

# Dynamische Stromtarife

## STROMPREISZUSAMMENSETZUNG 2024

Zusammensetzung des Strompreises für private Haushalte in Deutschland\*



\* Preis pro Kilowattstunde bei 4.000 kWh Jahresverbrauch, Daten & Download <https://strom-report.com/strompreise>

STROM-REPORT

Daten: BNetzA, BDEW Stand 05|2024



- Stromerzeugung setzt sich zusammen aus
  - Physische Beschaffung
  - Absicherung am Terminmarkt (Hedging)
  - Vertriebskosten

■ Typischer Fehler beim Vergleich mit dynamischen Strompreisen:  
Vernachlässigung der Absicherungskosten (Versicherung gegenüber steigenden Strompreisen)

■ **Einführung von Preisdeckeln und Sicherheitsmechanismen aus Verbraucherinnensicht dringend notwendig!**

Siehe hierzu [2]

# Agenda

---

1. Emissionen und Klimawandel
2. Stromerzeugung
3. Szenario bis 2045
4. Strompreise
5. Zusammenfassung

# Zusammenfassung

---

- Der Ausbau von Solarenergie und Speichern funktioniert gut. Die EEG-Novelle 2022 zeigt Wirkung, aber das Energiewirtschaftsgesetz muss novelliert werden.
- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stromsektor sinken.
- Wind onshore und offshore hängen den Zeitplänen hinterher, es wurden aber viele neue Genehmigungen erteilt.
- Der Netzausbau muss beschleunigt werden. Keine teuren Erdleitungen und keine Umwege.
- Der Kraftwerkspark muss umgebaut werden. Hierzu brauchen wir Planungssicherheit.
- Im Verkehrssektor müssen wir schneller auf die E-Mobilität umsteigen.
- Der Wärmesektor muss schneller mit Wärmepumpen und Wärmenetzen dekarbonisiert werden (kommunale Wärmeplanung).
- Die Industrie muss dekarbonisiert werden.
- Die Energiewende ist ein großer Erfolg! Alle können mitmachen.

# Online Medien

---

**Energy-Charts Webseite** <https://www.energy-charts.info>

**X / Twitter** [https://twitter.com/energy\\_charts\\_d](https://twitter.com/energy_charts_d)

**LinkedIn** <https://www.linkedin.com/in/leonhard-probst-4b2666284>

**Bluesky** <https://bsky.app/profile/energy-charts.bsky.social>

**Mastodon** [https://wisskomm.social/@energy\\_charts\\_d](https://wisskomm.social/@energy_charts_d)

**Threads** [https://www.threads.net/@energy\\_charts](https://www.threads.net/@energy_charts)

# Kontakt

---

**Leonhard Probst**

**Tel. +49 761 4588-2278**

**[leonhard.probst@ise.fraunhofer.de](mailto:leonhard.probst@ise.fraunhofer.de)**

**<https://www.energy-charts.info>**