

Energieverbrauch und Klima – Wie viel Energie brauchen wir?

Robert F. Wimmer-Schweingruber

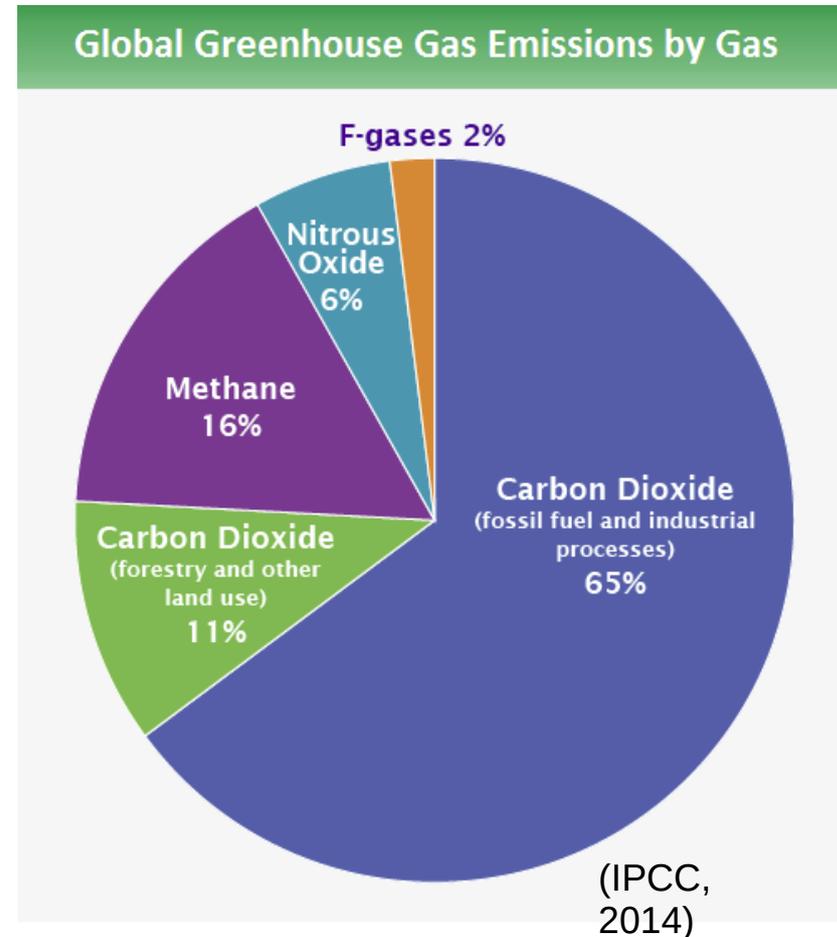
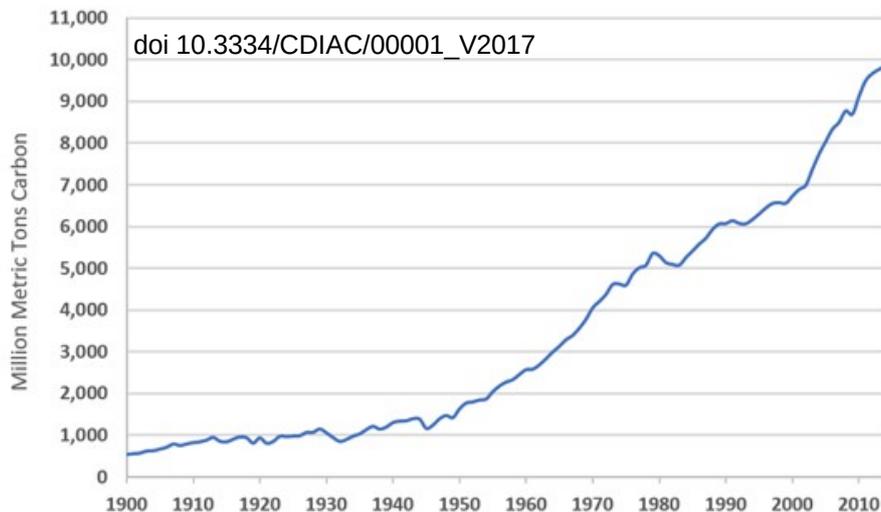
IEAP/CAU

Dienstag, 24.11.2020

Energieverbrauch:

- in Schleswig-Holstein
- in Europa
- in Deutschland
- weltweit

Global Carbon Emissions from Fossil Fuels, 1900-2014



Wiederholung und Definition einiger Begriffe und Größen

Energie: J Joule ~ 1kg 10cm hochheben
Leistung: W Watt Mensch: 100 W

Energie	Kraft x Weg	Nm = J
Leistung	Energie pro Zeit	J/s = W

Veraltet aber immer noch geläufig:

kcal 4,184 10^3 J

d.h. ein Mensch
verbraucht zum
Leben mind. 100 W.

2.000 kcal Diät (pro Tag): $2.000 \times 4,184 \cdot 10^3 \text{ J} / 86.400 \approx 100 \text{ J/s}$ oder 100 W

Noch veralteter, aber politisch immer noch salonfähig:

(SKE Steinkohleäquivalent 1 kg SKE = 7.000 kcal = 29,307 MJ)

Kilo: 10^3 Mega: 10^6 Giga: 10^9 Tera: 10^{12} Peta: 10^{15}

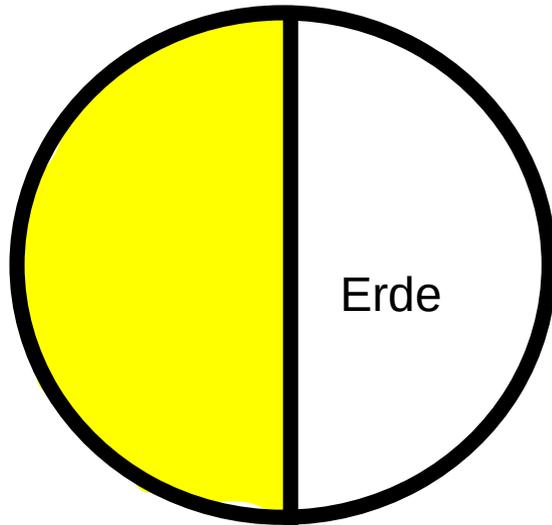
Strahlungsbilanz der Erde – Die Bedeutung von Treibhausgasen

Einstrahlung: $P_{in} = S \pi r^2$

Solarkonstante $S = 1.367 \text{ W/m}^2$
bei der Erde (1 AE)



Sonne



Abstrahlung: $P_{out} = 4 \pi r^2 \sigma T^4$

Bestimmung der Gleichgewichtstemperatur:

$$P_{in} = P_{out}$$

$S \pi r^2 = 4 \pi r^2 \sigma T^4$, wo $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$
die Stefan-Boltzmann-Konstante ist.

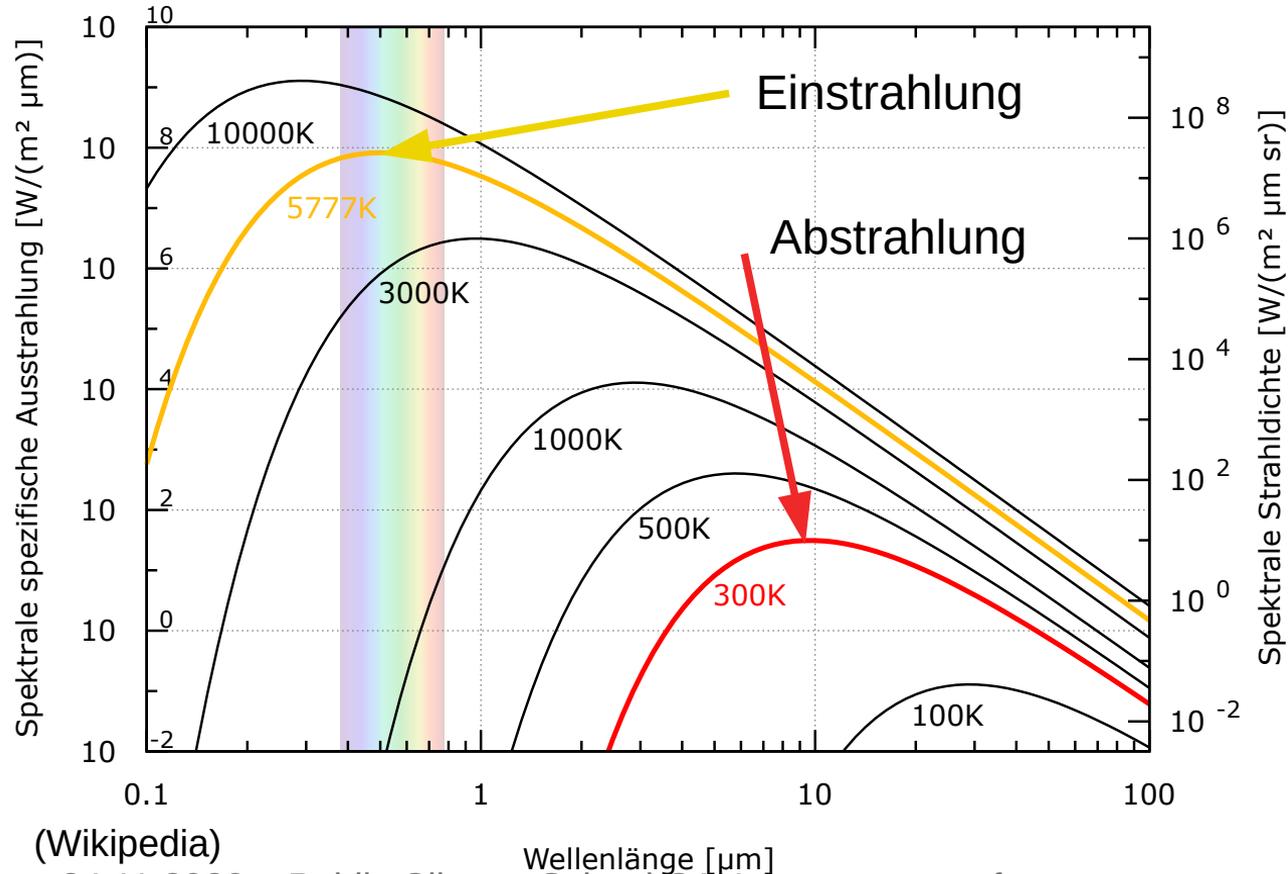
$$T = \left(\frac{S}{4\pi} \right)^{1/4} = 278,63\text{K}$$

Effektiv ist die Durchschnittstemperatur höher:
Das ist der Effekt des natürlichen Treibhaus-
effektes.

Strahlungsbilanz der Erde – Die Bedeutung von Treibhausgasen

Spektrum eines schwarzen Körpers

Plancksches Strahlungsspektrum

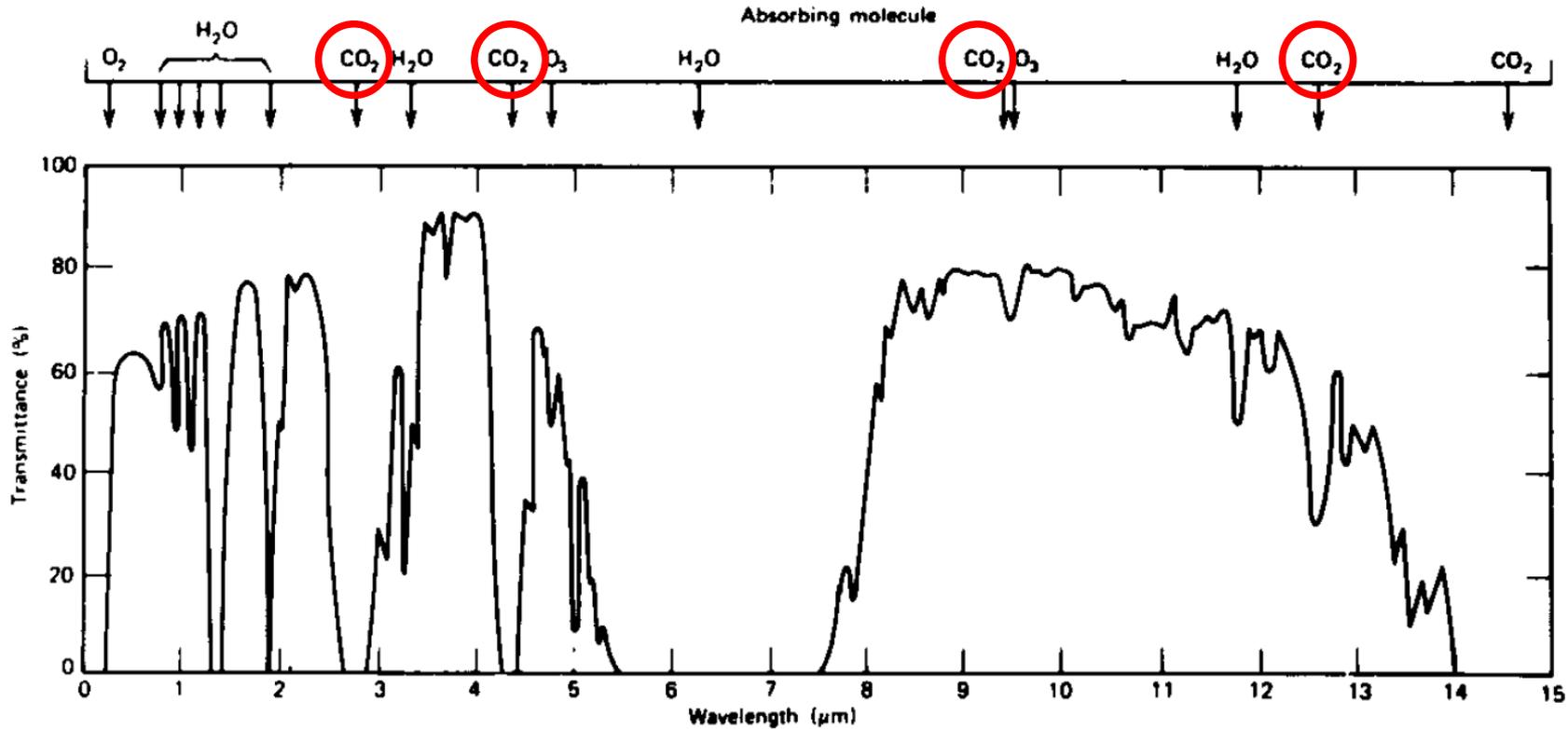


Gleichgewichtstemperatur der Erde ist zum Glück nicht die der Sonne. Deshalb finden Ein- und Abstrahlung bei verschiedenen Wellenlängen statt.

Transmission/Absorption von Licht durch Gase hängt von der Wellenlänge des Lichtes ab.

Problem:
Zuviel neue Treibhausgase!

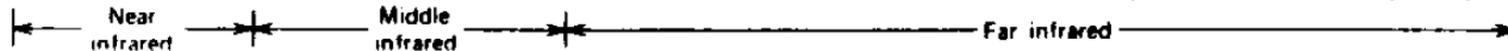
Strahlungsbilanz der Erde – Transmissionsverhalten der Erdatmosphäre



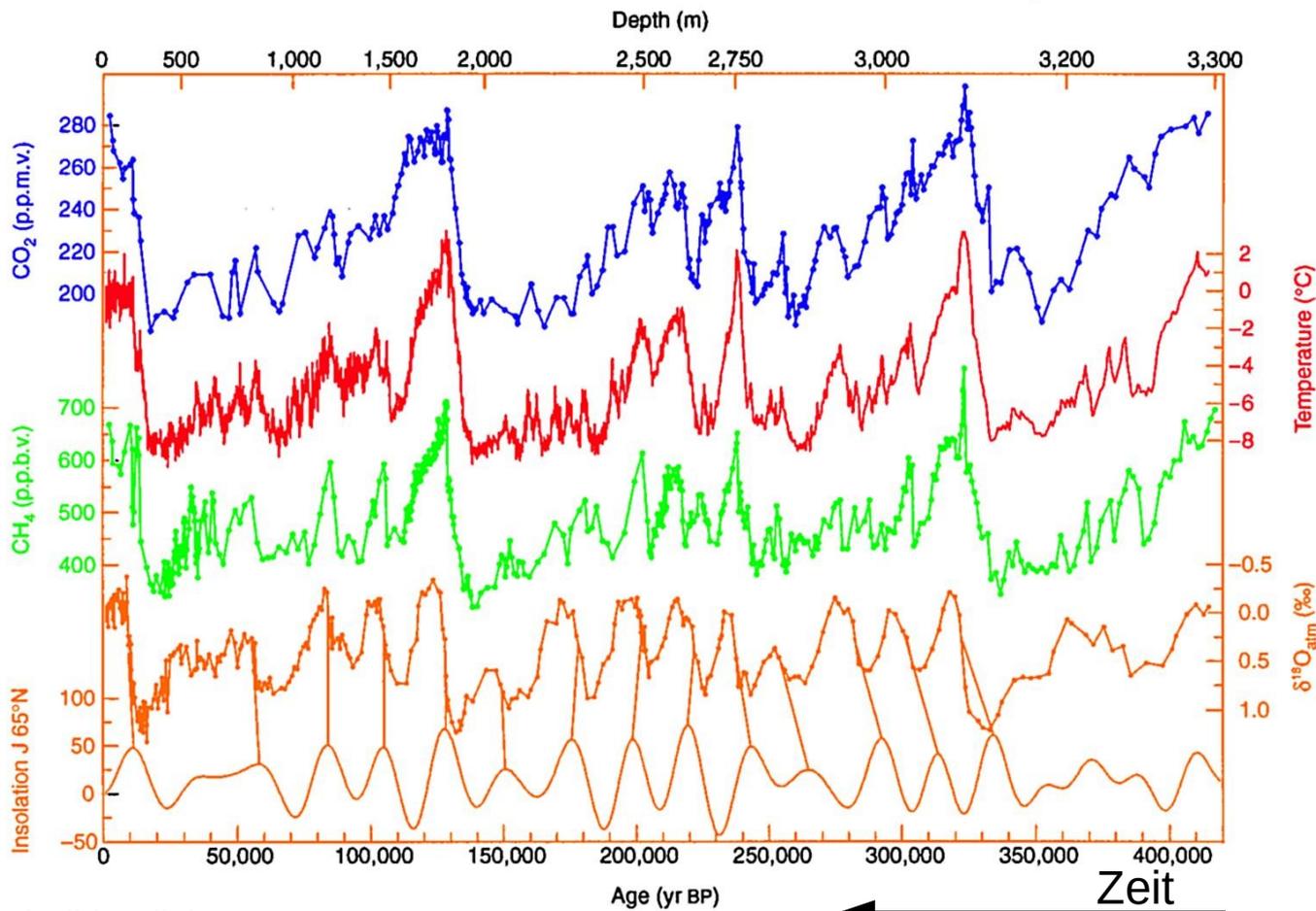
Einstrahlung

Abstrahlung

(Handbook of Optics)



Strahlungsbilanz der Erde – Die Entwicklung von Treibhausgasen

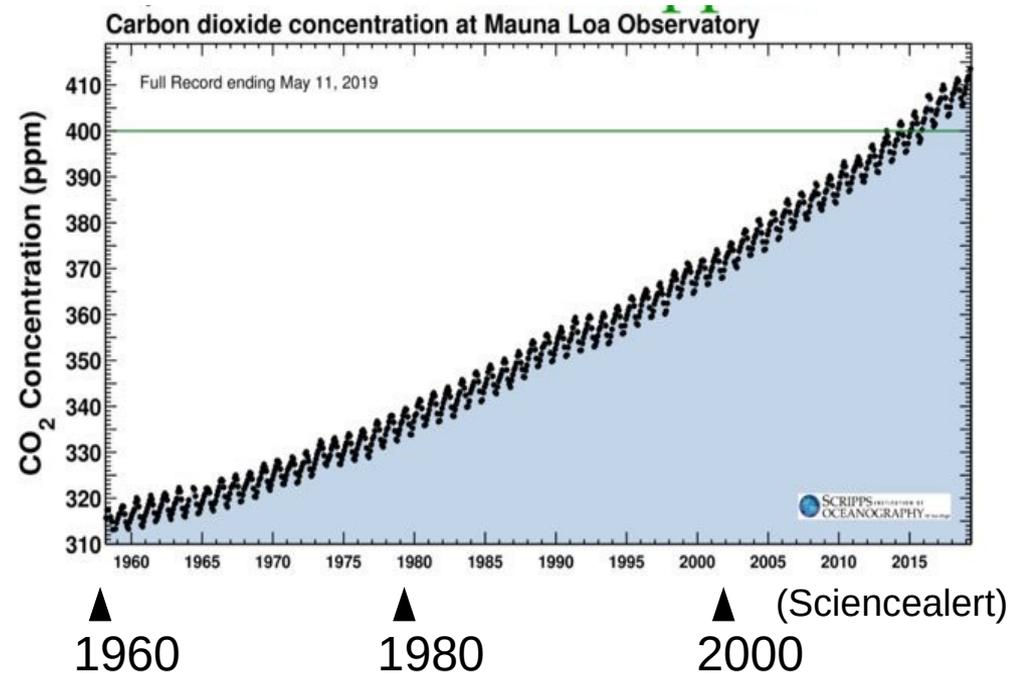
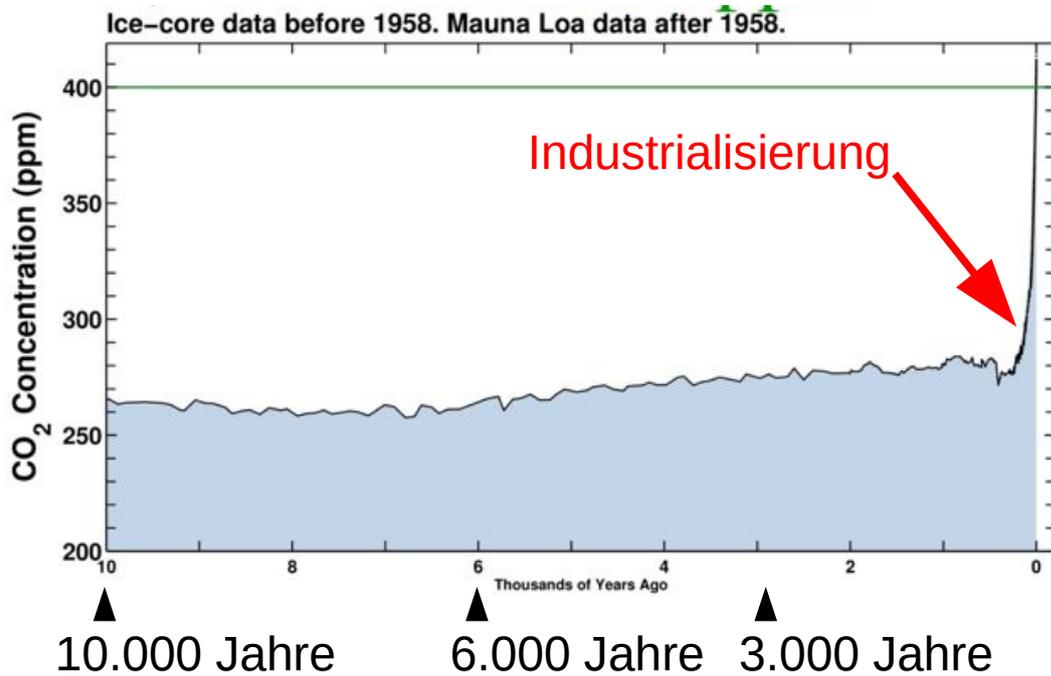


(Wikipedia)

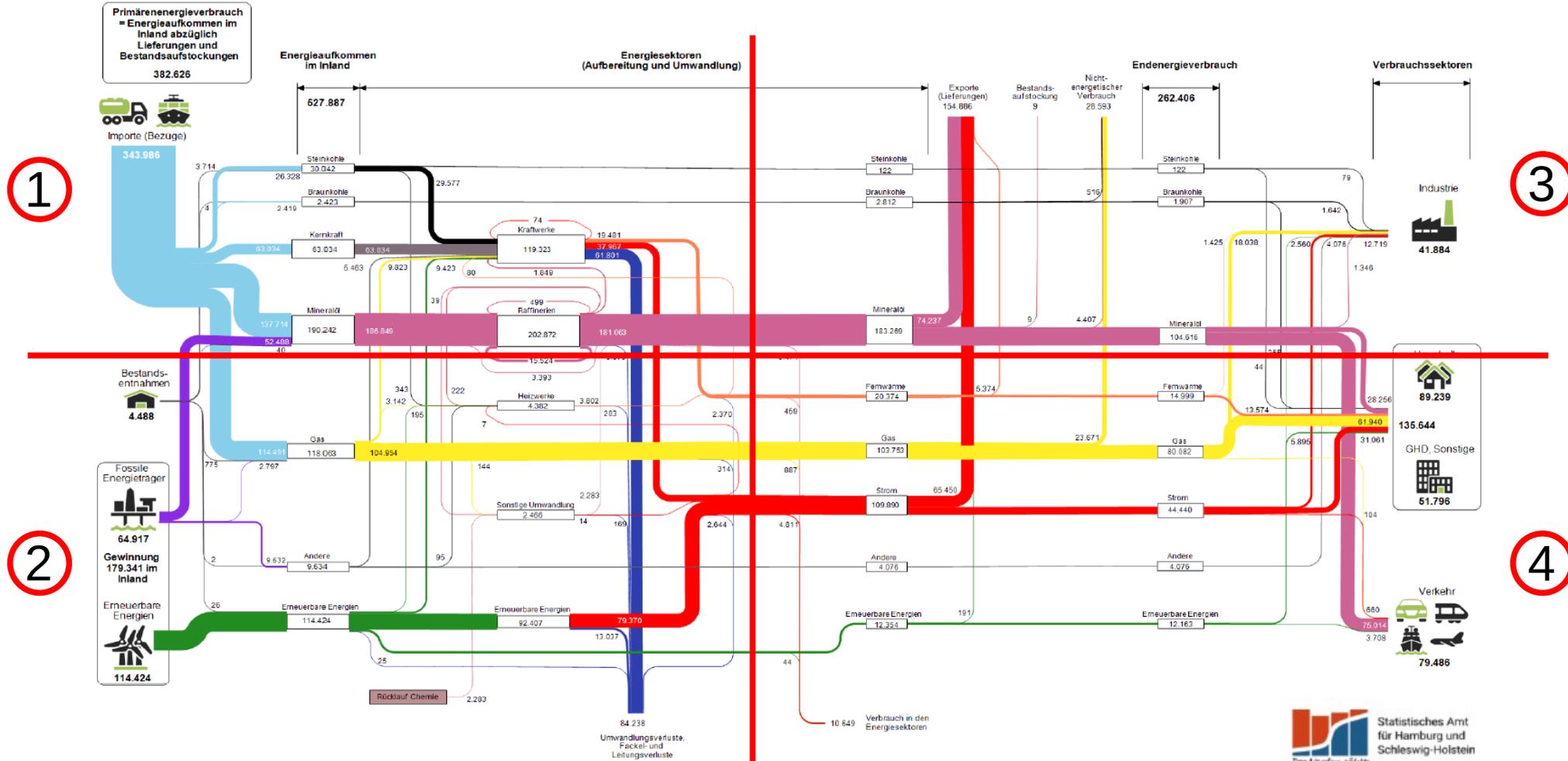
Aus Eisbohrkernen kennt man die prähistorische Entwicklung von CO₂ und anderen Treibhausgasen sehr gut.

Ja, es gab immer Schwankungen, aber...

Strahlungsbilanz der Erde – Die Entwicklung von Treibhausgasen



Energieflussbild 2017 des Landes Schleswig-Holstein (in TJ = 10¹² J)



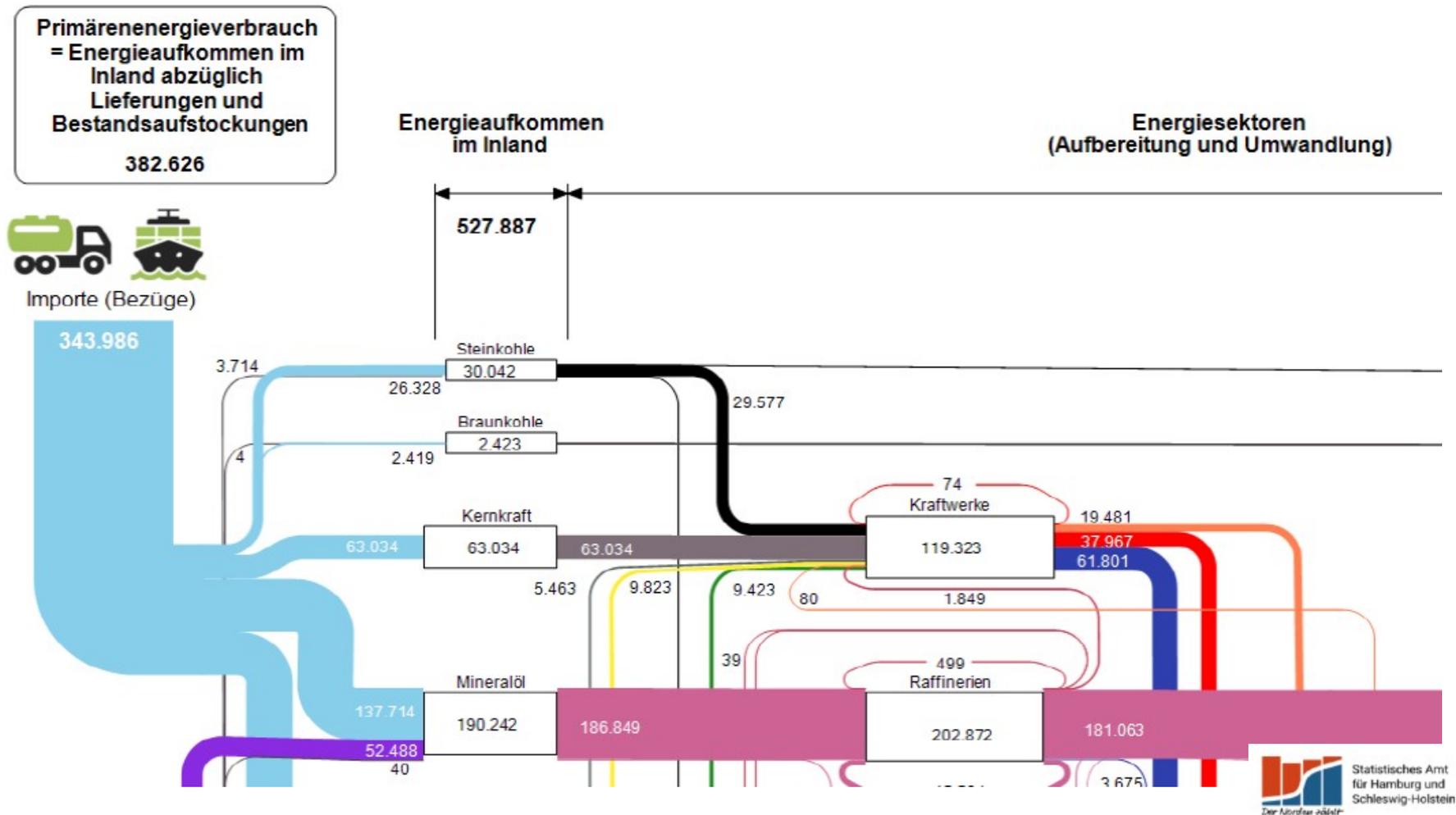
1

3

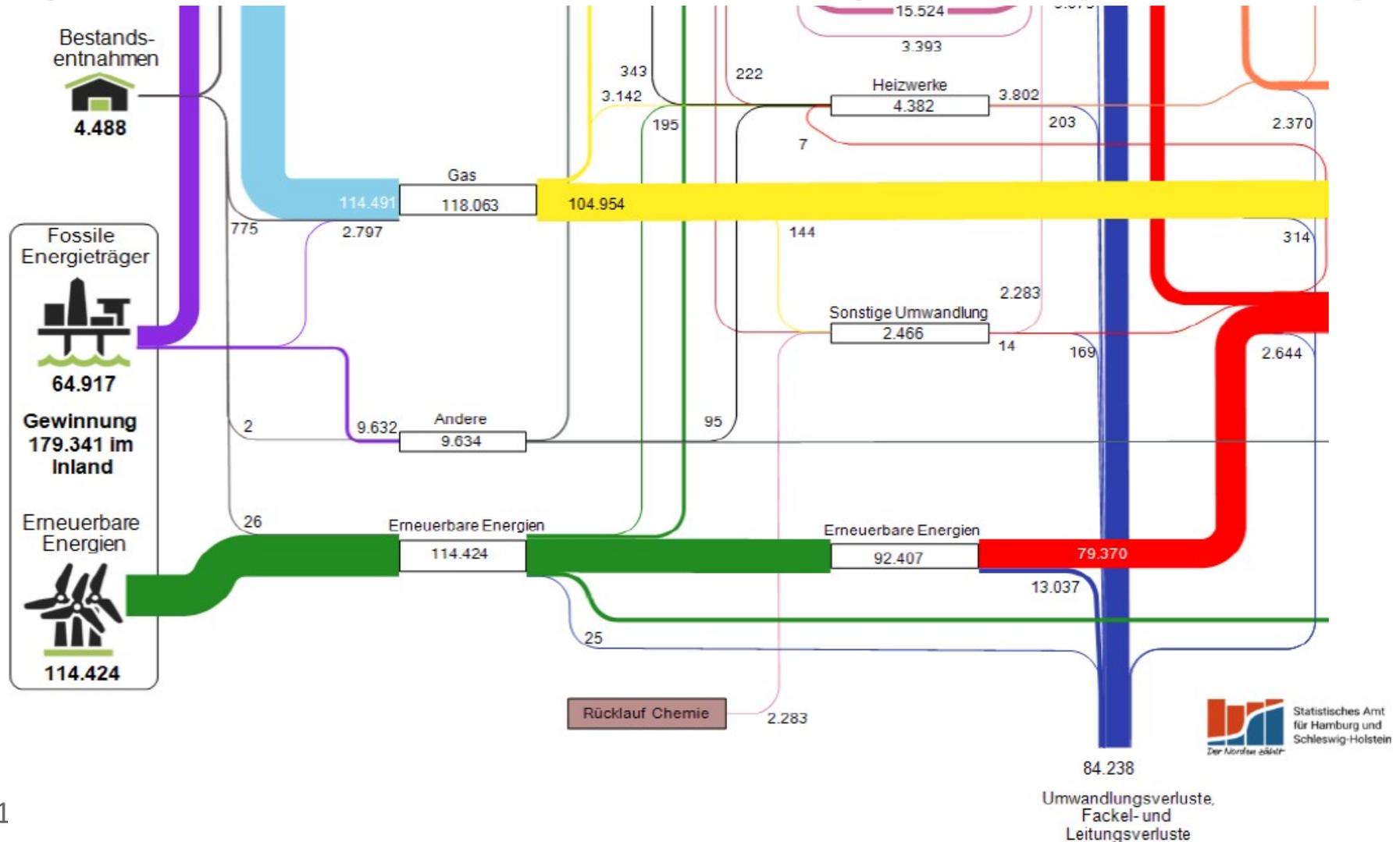
2

4

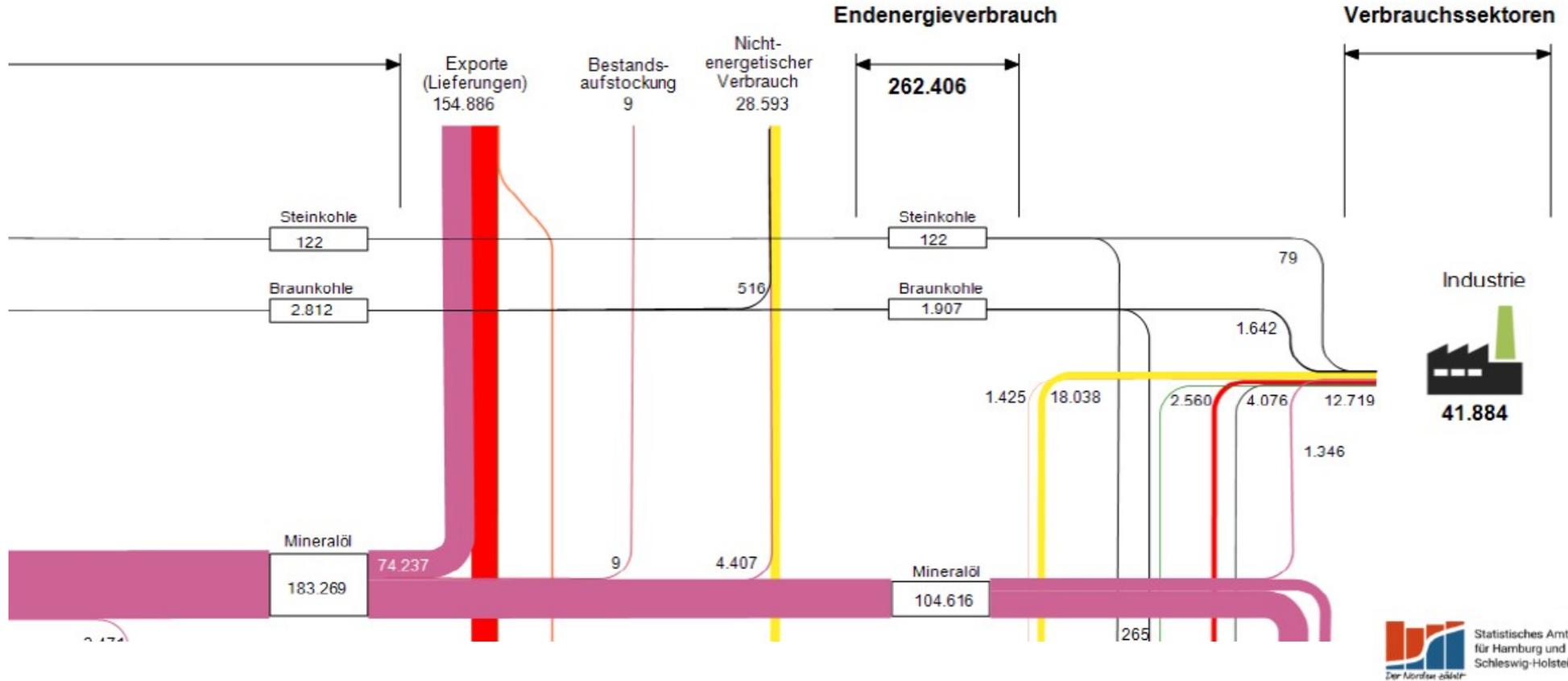
Energieflussbild 2017 des Landes Schleswig-Holstein (in TJ = 10¹² J)



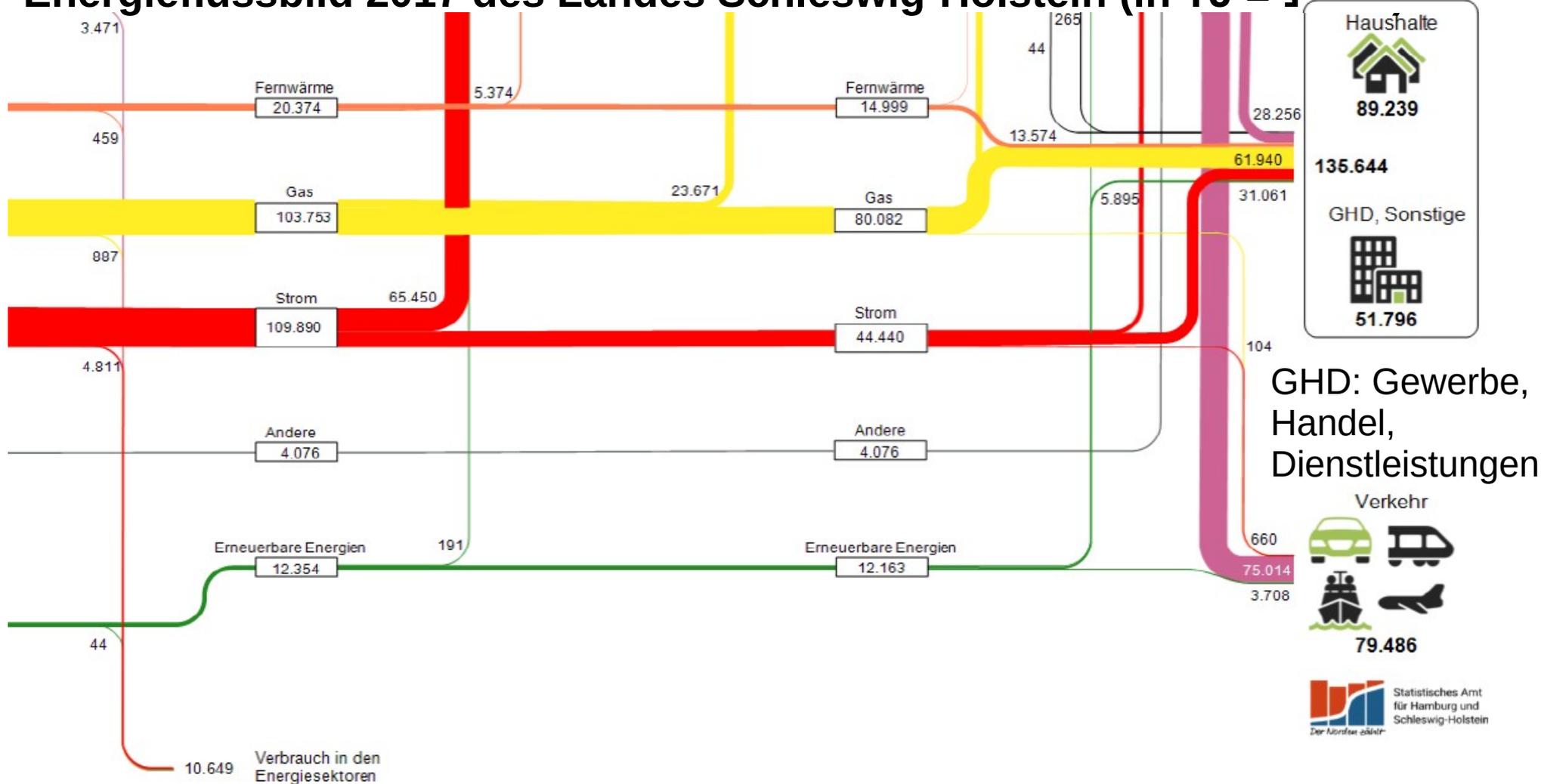
Energieflussbild 2017 des Landes Schleswig-Holstein (in TJ = 10^{12} J)



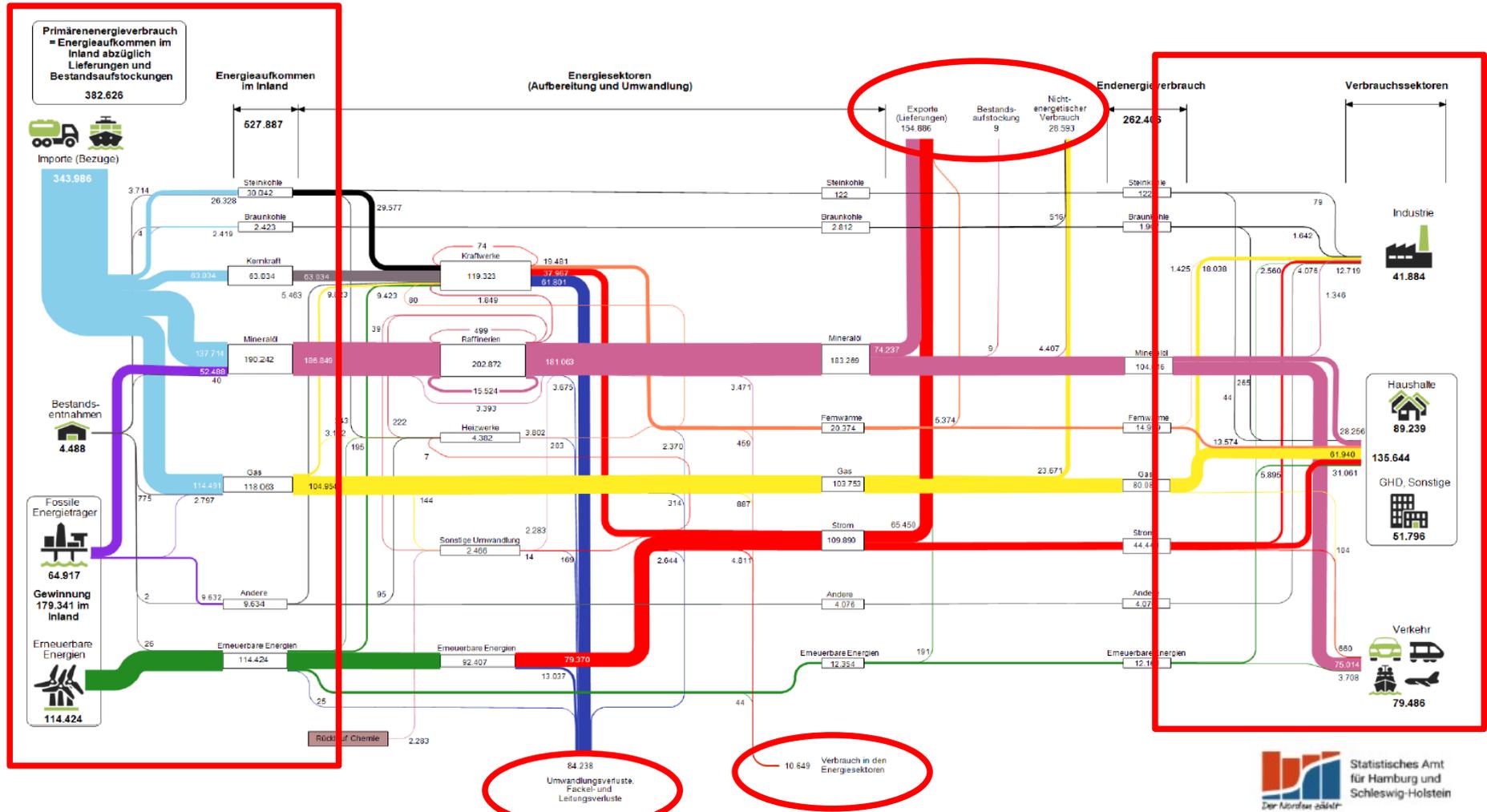
Energieflussbild 2017 des Landes Schleswig-Holstein (in TJ = 10^{12} J)



Energieflussbild 2017 des Landes Schleswig-Holstein (in TJ = 10¹² J)



Energieflussbild 2017 des Landes Schleswig-Holstein (in TJ = 10^{12} J)



Zusammenfassung in Zahlen: 527.887 TJ Input, 262.406 TJ Verbrauch

Input:	527.887 TJ
Importe:	343.986 TJ
Bestandsentnahmen:	4.488 TJ
Einheim. Fossil:	64.917 TJ
Erneuerbare:	114.424 TJ

Export:	154.886 TJ
Bestandsaufstockung:	9 TJ

Verbrauch in Schleswig-Holstein:

Industrie:	41.884 TJ
Haushalte:	89.239 TJ
GHD*:	51.796 TJ
Verkehr:	79.486 TJ
Summe:	262.406 TJ

* Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{Nutzbare Energie}}{\text{Aufgewendete Energie}}$$

$$\eta = \frac{E_{\text{out}}}{E_{\text{in}}}$$

$$\eta = \frac{262.406 + 154.886 + 9}{527.887}$$

$$\eta = 0.79$$

Das heißt, daß 79% der eingesetzten Energie auch „nützlich“ sind. Das ist viel, wie wir noch sehen werden!

Aber was bedeutet das denn, 262.406 TJ pro Jahr in S-H?

$$1 \text{ TJ} = 10^{12} \text{ J} = 1.000.000.000.000 \text{ J}$$

Schleswig-Holstein: 2.9 Millionen Einwohner

Also pro Kopf $(262.406/0,79) \cdot 10^{12} / (2.9 \times 10^6)$ J pro Jahr

Das sind 114.537.756.438 J pro Kopf und pro Jahr

$$1 \text{ Jahr} \approx \pi \cdot 10^7 \text{ Sekunden} \quad \frac{114.537.756.438 \text{ J}}{\pi \cdot 10^7 \text{ s}} = 3.646 \text{ J/s}$$

Also 3.646 J pro Person pro Sekunde! Das sind 3,65 kW pro Person!

Das sind 3.65 kWh pro Stunde.

Eine kWh „Strom“ kostet ~ 30ct, also „kosten“ wir uns selber ~ 1 Euro/Stunde.

Das wären pro Jahr $3.65 \times 0.3 \times 365 \times 24 \approx 9.600$ Euro/Jahr oder 800 Euro/Monat!

Wenn das Strom wäre!

Aber was bedeutet das denn, 262.406 TJ pro Jahr in S-H?

Vergleichen wir das mal mit natürlichen Energiegrößen.

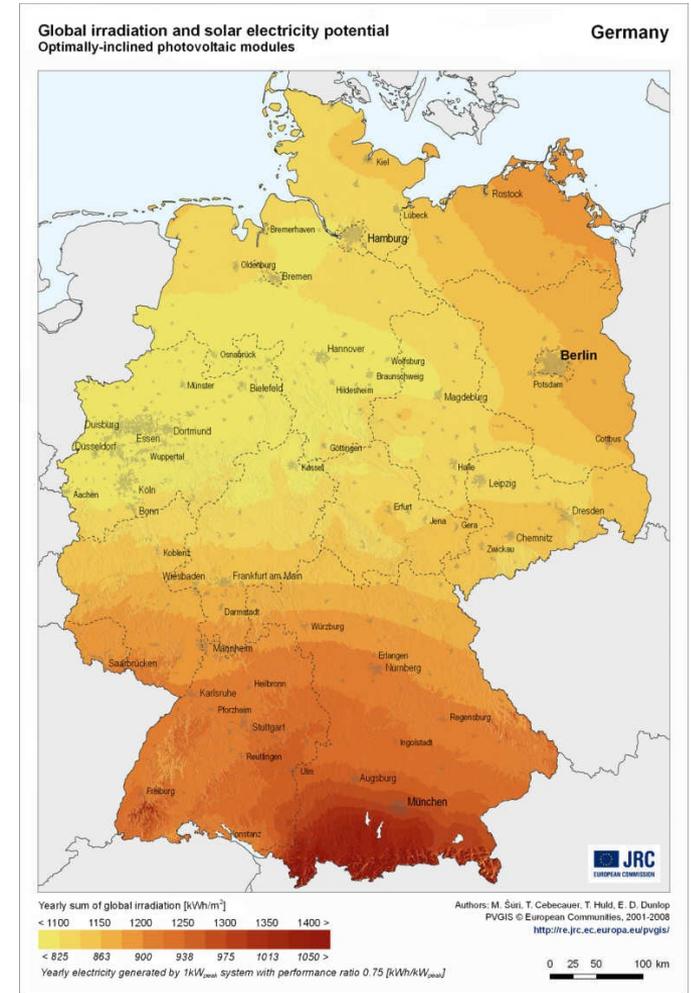
Solarkonstante: 1.367 W/m^2 ist die von der Sonne auf die Erde eingestrahlte Leistung pro Quadratmeter. Wegen Effekten der geographischer Breite, Tag und Nacht und Jahreszeiten kann dies nicht „mal 1 Jahr“ gerechnet werden.

Im Schnitt fallen auf Schleswig-Holstein ca. 1130 kWh/m^2 pro Jahr, wie man auf der Karte nebenan sieht.

Pro Jahr haben wir $365 \times 24 = 8760$ Stunden.

D.h. im Mittel fallen $1130/8760 = 0,13 \text{ kW}$ auf einen m^2 .

Wir „brauchen“ aber $3,65 \text{ kW}$, also $3,65/0,13 = 28$, also die Sonneneinstrahlung von 28 m^2 pro Person.



Aber was bedeutet das denn, 262.406 TJ pro Jahr in S-H?

Fläche von Schleswig-Holstein: 15.763 km²

Altersabhängiger Kalorienbedarf

Quelle: TK

Pro Kopf stehen also $15.763 \times 10^6 / 2,9 \times 10^6 = 5.435 \text{ m}^2$ zur Verfügung. Die 28 m² sind also „klein“ im Vergleich.

Die 3,65 kW pro Person sind aber nur die „bezahlte“ Energie, nicht die Energie, die wir in Form von Nahrung zu uns nehmen. Wie vergleicht sich das?

Die „Leistung“ einer Person beträgt $\approx 100 \text{ W}$, d.h., wir verbrauchen in Form von Nahrung nochmal 100 W.

Das ist wenig im Vergleich zum „anderen“ Energieverbrauch.

Alter	Männer	Frauen
15 bis unter 19 Jahre	10.460 kJ/2.500 kcal	8.370 kJ/2.000 kcal
19 bis unter 25 Jahre	10.460 kJ/2.500 kcal	7.950 kJ/1.900 kcal
25 bis unter 51 Jahre	10.040 kJ/2.400 kcal	7.950 kJ/1.900 kcal
51 bis unter 65 Jahre	9.200 kJ/2.200 kcal	7.530 kJ/1.800 kcal
65 Jahre und älter	8.370 kJ/2.000 kcal	6.700 kJ/1.600 kcal

1 kcal = 4.184 J

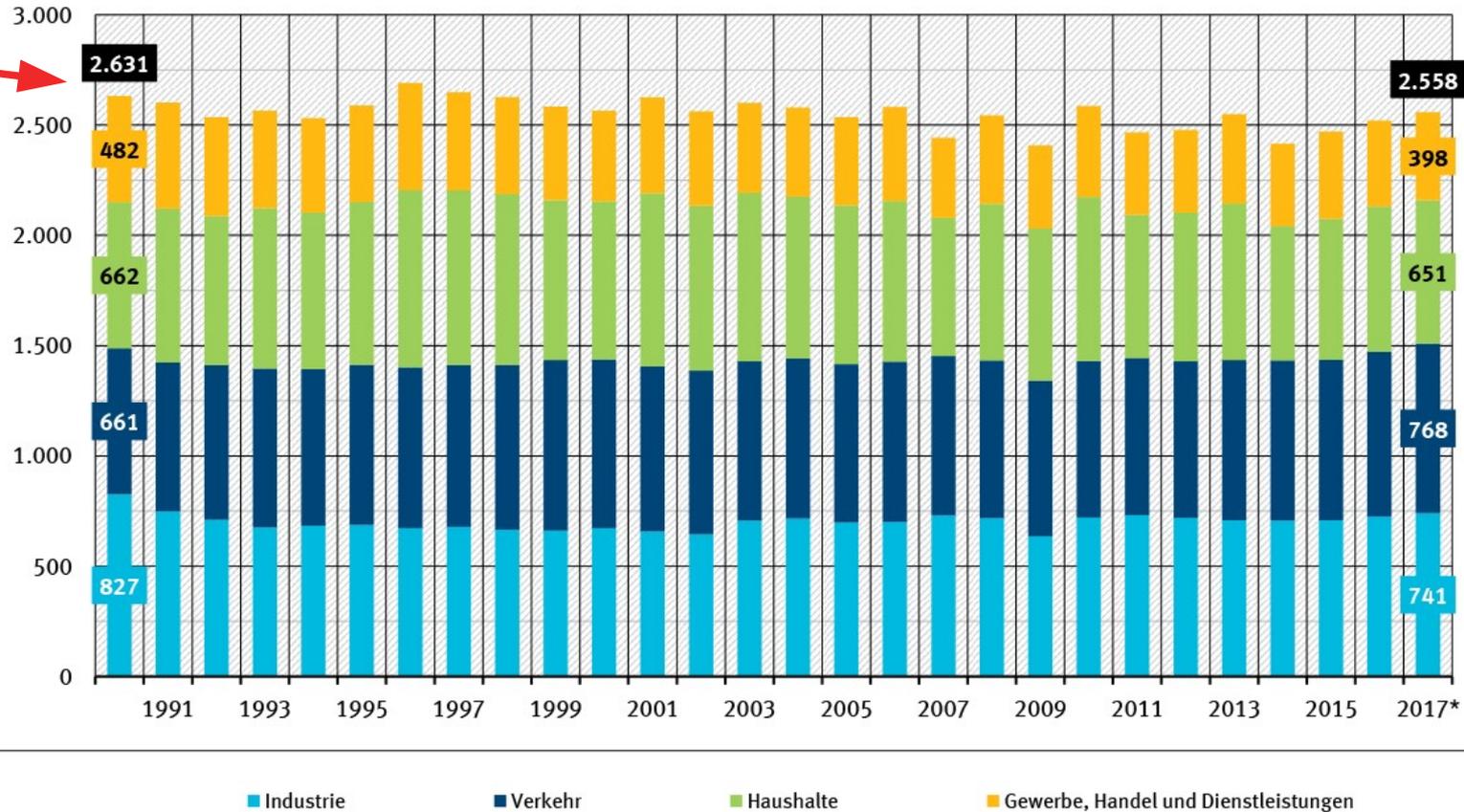
Machen wir uns das Leben einfach: 2000 kcal/Tag
Das sind $2.000 \times 4.184 \text{ J/kcal} / 86.400 \text{ s} \approx 100 \text{ W}$.

Ja aber, die anderen...

OK, schauen wir uns das mal für Deutschland an.

Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren

Terawattstunden



Das sind also 2.600 TWh pro Jahr.

Bevölkerung DE: 82,79 Mio (2018)

$$2,6 \cdot 10^{15} / 82,8 \cdot 10^6 = 31.400.966 \text{ Wh/a}$$

$$= 1 \text{ Wh/Sekunde}$$

$$= 3,6 \text{ kW / Person}$$

... also nicht wirklich anders als in S-H!
(da waren es 3,65 kW/Person)

* vorläufige Angaben

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2017. Stand 07/2018

Und wie setzt sich das in Deutschland zusammen?

Entwicklung des Primärenergieverbrauchs¹ in Deutschland nach Energieträgern mit politischen Zielen

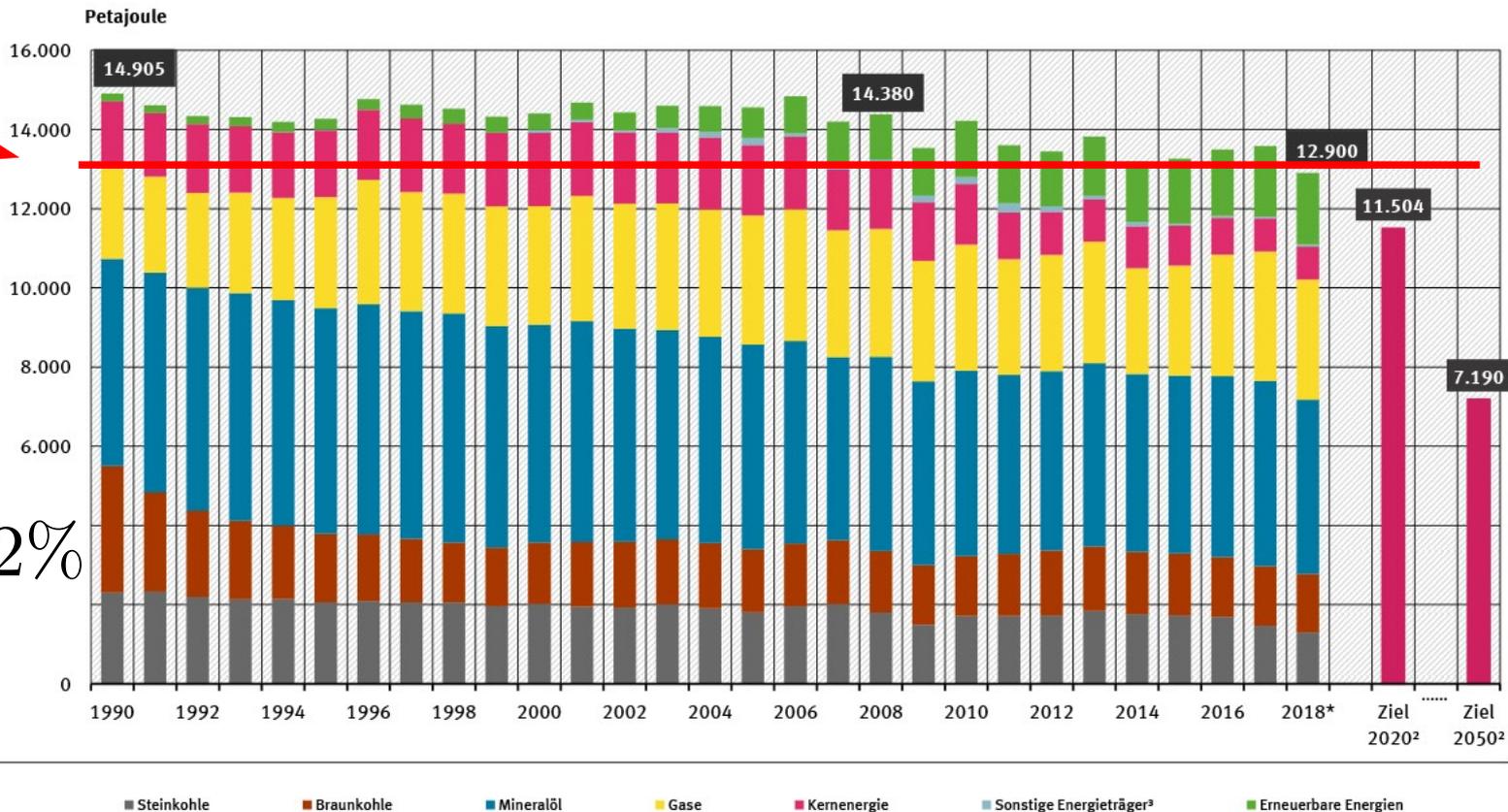
Also 13.000 PJ
pro Jahr

Pro Kopf sind das
etwa 5 kW Primär-
leistung.

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{3,6\text{kW}}{5,0\text{kW}} = 72\%$$

Auch nicht sooo
schlecht!



¹ Berechnungen auf der Basis des Wirkungsgradansatzes

² Ziele des Energiekonzeptes der Bundesregierung: Senkung des Primärenergieverbrauchs bis 2020 um 20% und bis 2050 um 50% (Basisjahr 2008)

³ sonstige Energieträger: Grubengas, nicht-erneuerbare Abfälle und Abwärme sowie der Stromausstauschsaldo

* vorläufige Angaben

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2017, Stand 07/2018; für 2017/2018-Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Primärenergieverbrauch, Stand 12/2018

Der thermodynamische Wirkungsgrad

Wie Sie in dieser Vorlesung noch sehen werden, kann der maximale thermodynamische Wirkungsgrad berechnet werden als

$$\eta = \frac{T_{\text{heiß}} - T_{\text{kalt}}}{T_{\text{heiß}}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$

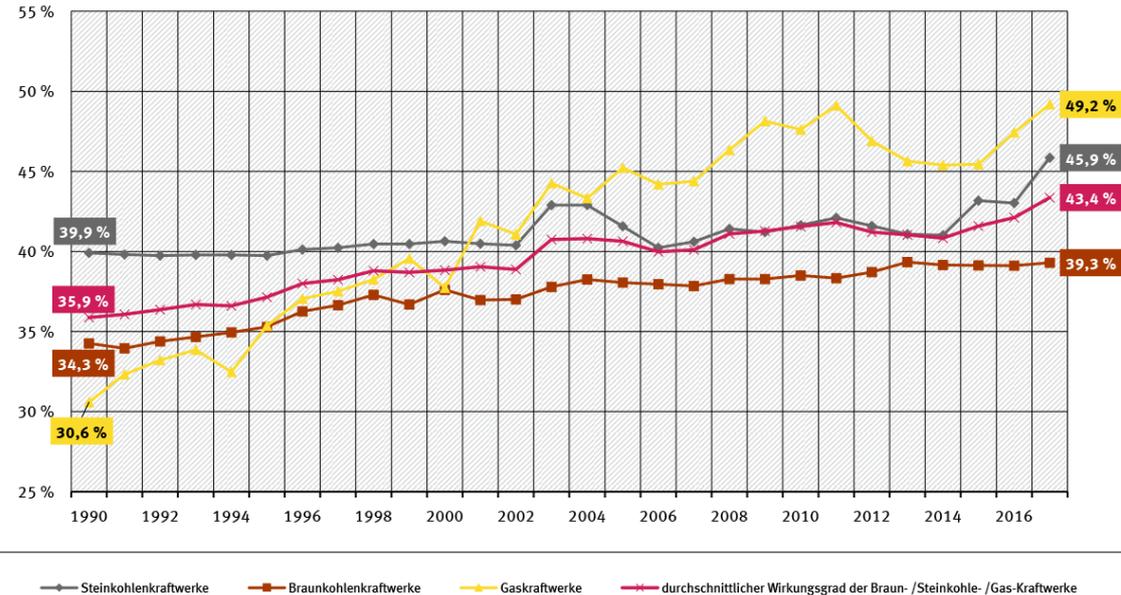
Ein paar Beispiele:

Ein moderner Ottomotor erreicht maximal 40%, normal sind ca. 25%.

Ein Kernkraftwerk erreicht ~33%.

Das Küstenkraftwerk Kiel erreicht 45% elektrisch. Weil die Abwärme für Fernwärme genutzt wird, erreicht es einen Gesamtwirkungsgrad von ca. 90%. (Quelle: Stadtwerke Kiel)

Entwicklung des durchschnittlichen Brutto-Wirkungsgrades¹ fossiler Kraftwerke



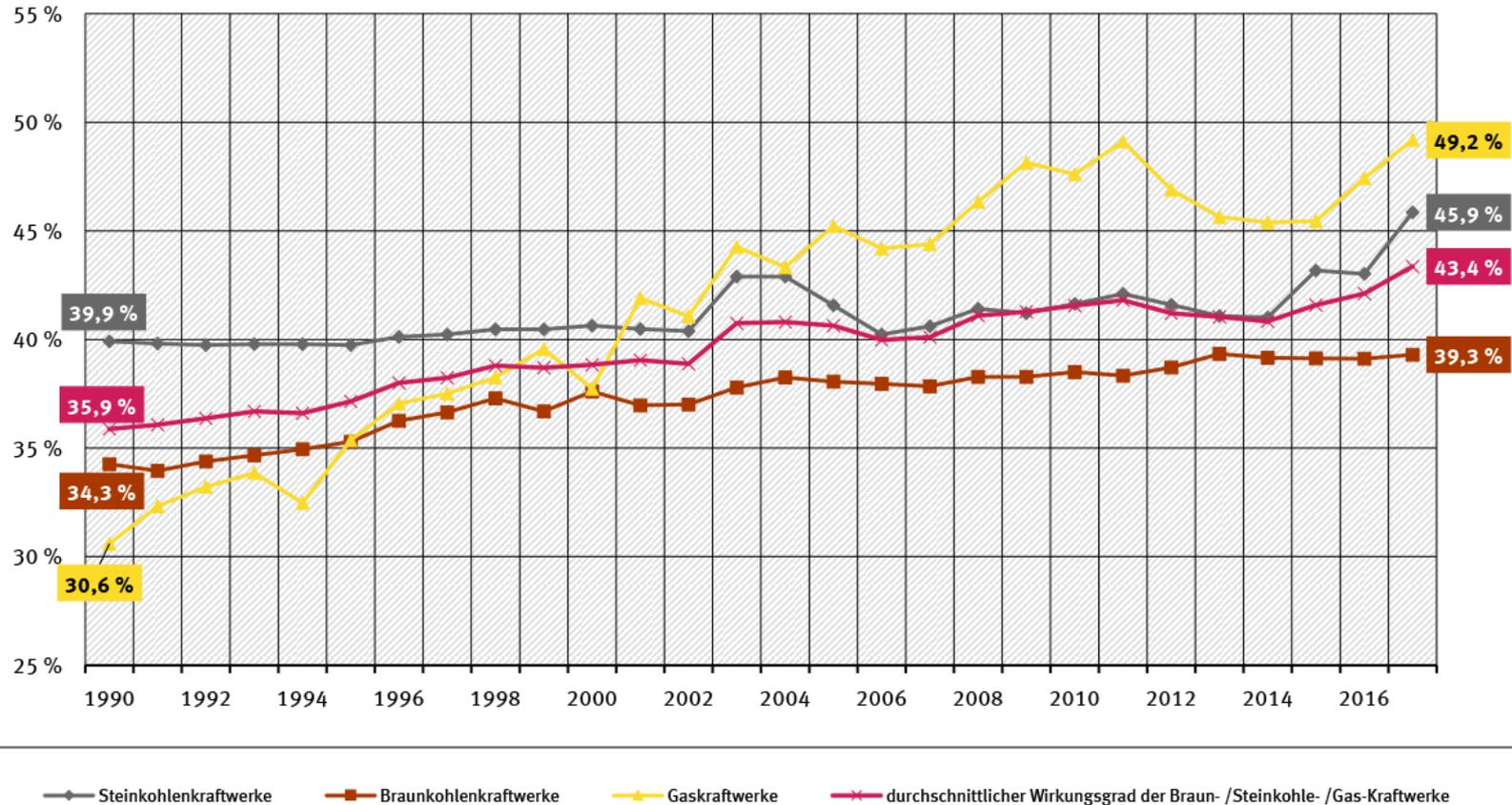
¹ nur Strom ohne Berücksichtigung der Wärmeauskopplung

Quelle: Umweltbundesamt, eigene Berechnungen auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz, Stand 07/2018 und Tabelle Bruttostromerzeugung, Stand 12/2018

Wie die Grafik oben zeigt, sind Wirkungsgrade von ca. 40% „normal“. Es ist nicht einfach, besser zu werden!

Wirkungsgrad von fossilen Kraftwerken

Entwicklung des durchschnittlichen Brutto-Wirkungsgrades¹ fossiler Kraftwerke



Fußnote 1:
Nur Strom ohne
Berücksichtigung
der
Wärmeauskopplung

Merke:
Thermische
Kraftwerke haben
notwendigerweise
einen schlechten
thermodynamischen
Wirkungsgrad!

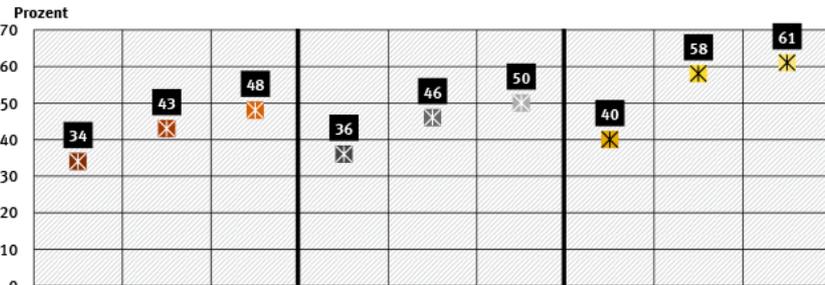
¹ nur Strom ohne Berücksichtigung der Wärmeauskopplung

Quelle: Umweltbundesamt, eigene Berechnungen auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz, Stand 07/2018 und Tabelle Bruttostromerzeugung, Stand 12/2018

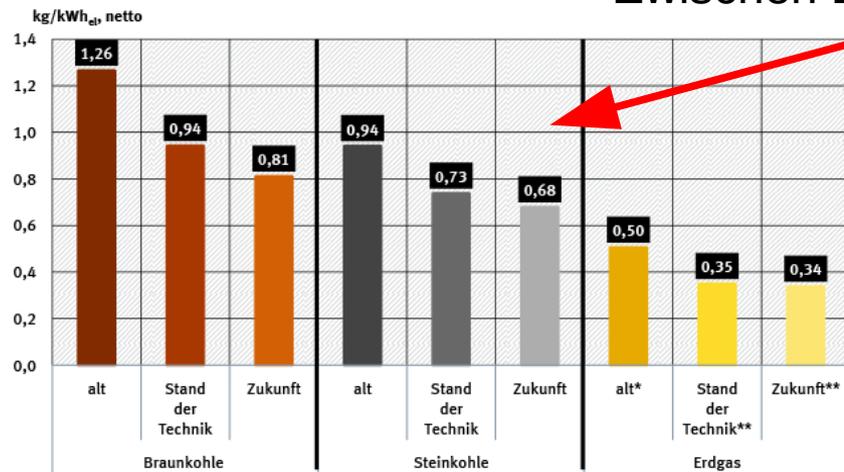
CO2 Emission verschiedener Kraftwerkstypen

Wirkungsgrade und spezifische Kohlendioxid-Emissionen verschiedener Kraftwerkstypen

Netto-Wirkungsgrade verschiedener Kraftwerkstypen



Spezifische Kohlendioxid-Emissionen verschiedener Kraftwerkstypen

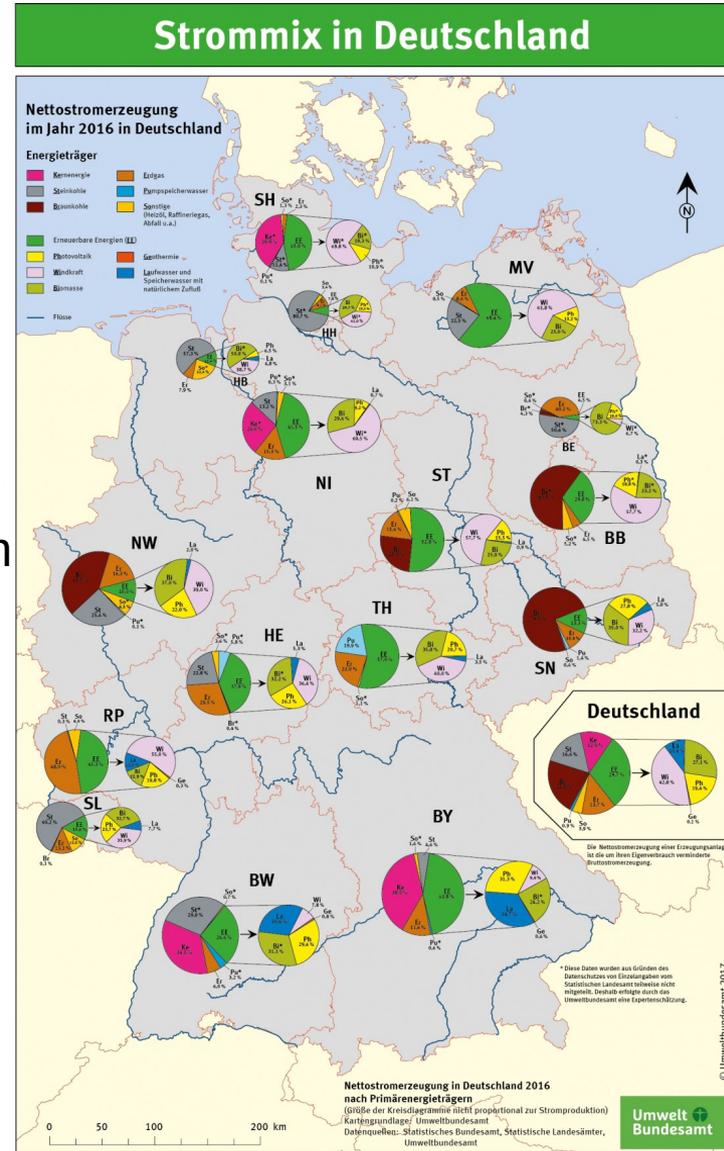


Zwischen 1/3 – 1 kg CO₂/kWh

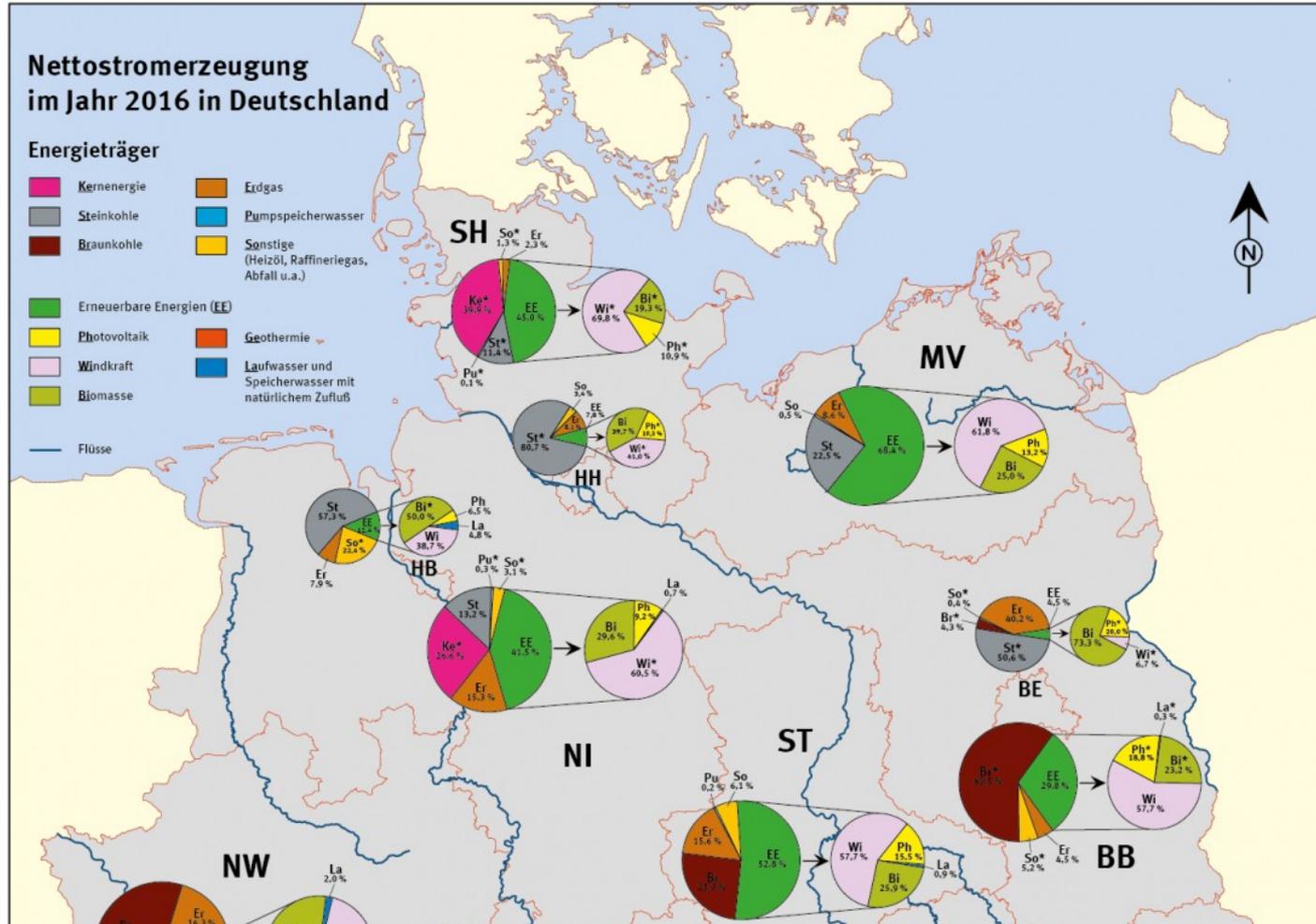
- ◆ Steinkohlenkraftwerke
- Braunkohlenkraftwerke
- ▲ Gaskraftwerke

* Kombi-Kraftwerk
** Gas- und Dampferbinenkraftwerk / GuD

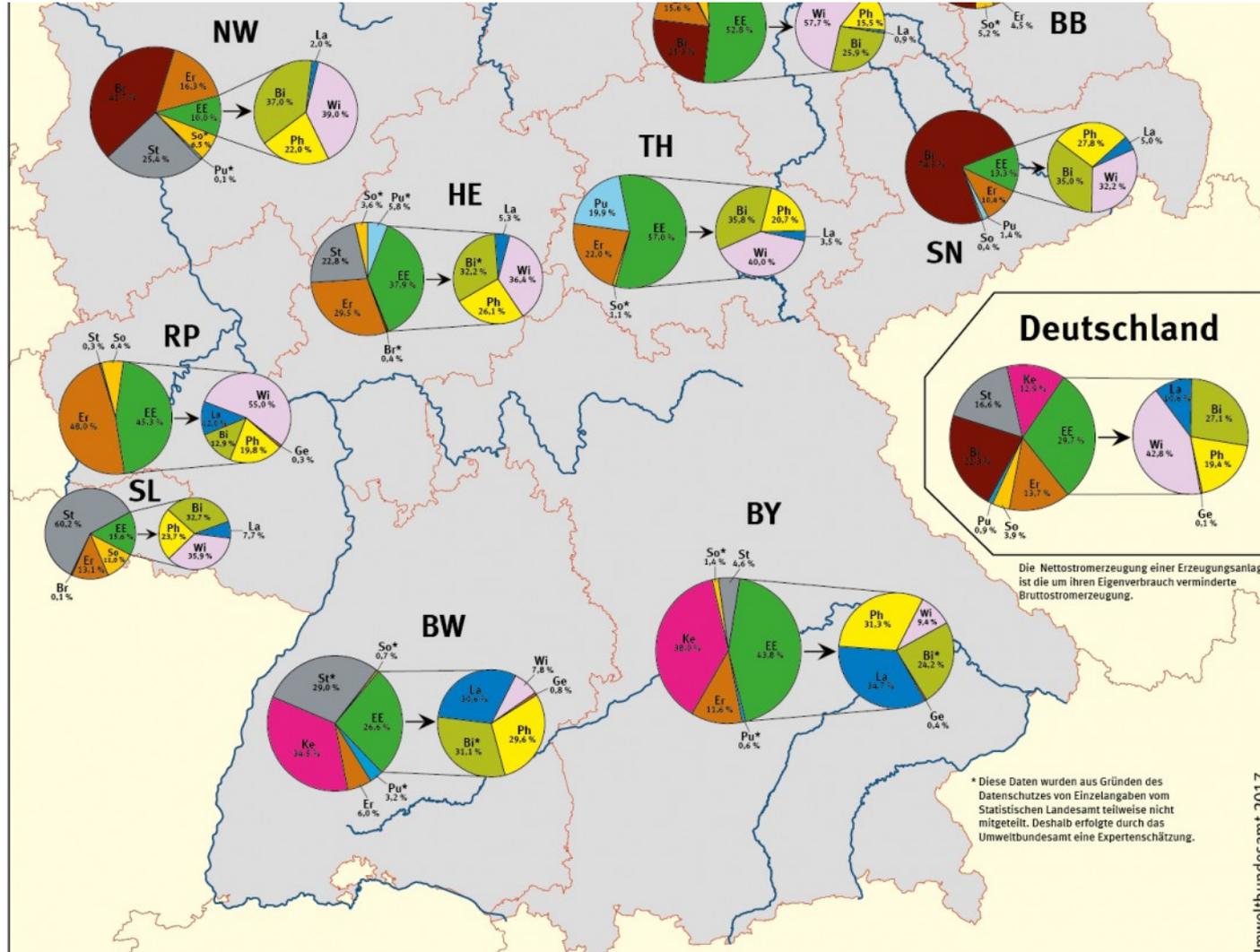
Quelle: Umweltbundesamt, Klimaschutz und Versorgungssicherheit - Entwicklung einer nachhaltigen Stromversorgung, Climate Change 13/2009, Deutscher-Rat für Nachhaltige Entwicklung



Strommix in Deutschland



Strommix in Deutschland



Trend von CO₂ Emissionen

Entwicklung der energiebedingten Treibhausgas-Emissionen¹ nach Quellgruppen

Die rote Linie zeigt 10 Tonnen pro Kopf pro Jahr.

Das sind 27 kg/Tag, ...

... oder ~ 1kg pro Stunde.

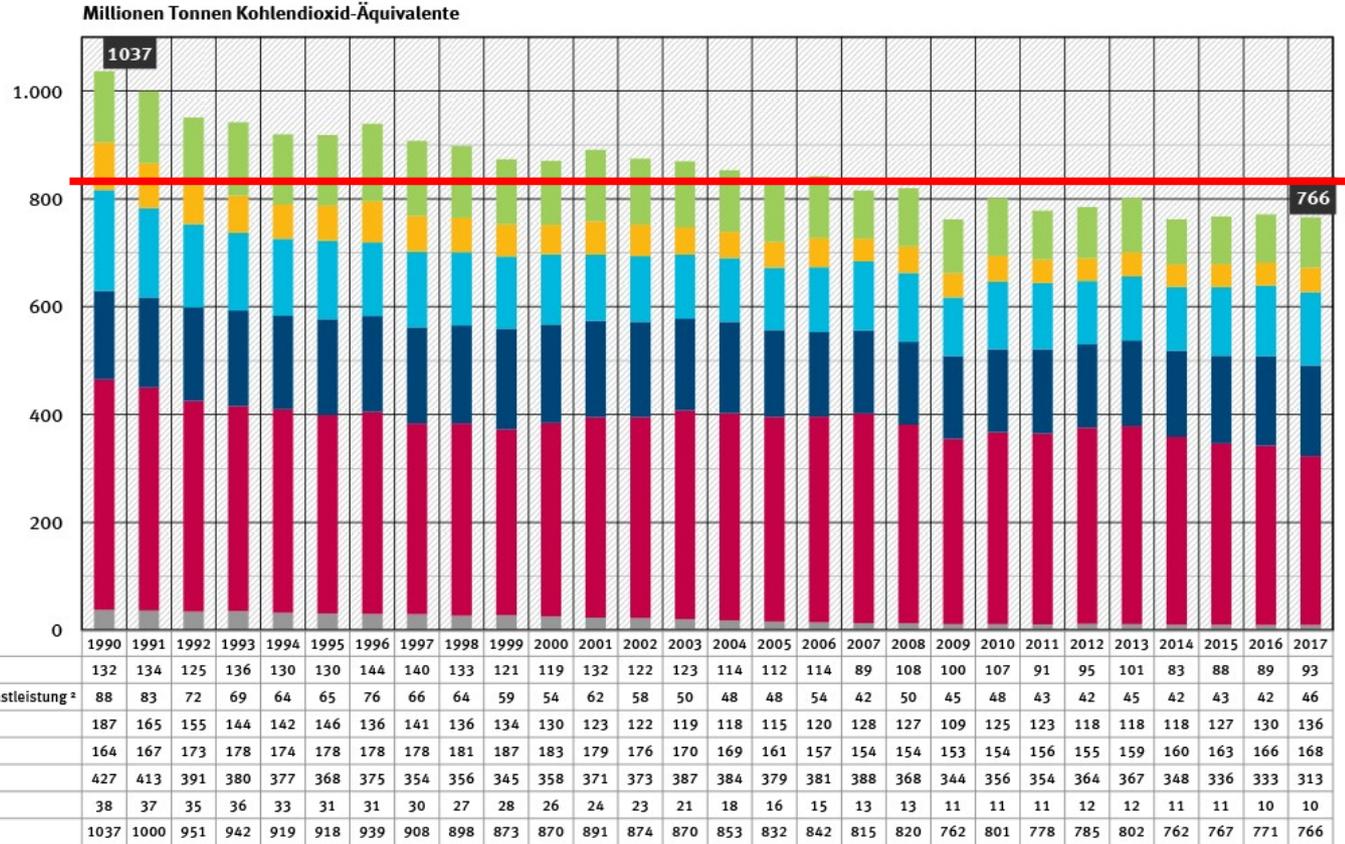
Mensch atmet 4% CO₂ aus.

In Ruhe: 4 Liter pro Minute

$4 \times 365 \times 24 \times 60 = 2.100 \text{ m}^3/\text{a}$

Dichte CO₂: ~2kg/m³

Also $2.100 \times 4\% \times 2 = 168 \text{ kg/Jahr}$



¹ in Kohlendioxid-Äquivalenten, berücksichtigt sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O)
² einschließlich Militär und Landwirtschaft (energiebedingt)
³ enthält nur Emissionen aus Industriefeuerungen, keine Prozessemissionen
⁴ durch Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2017, Stand 01/2019

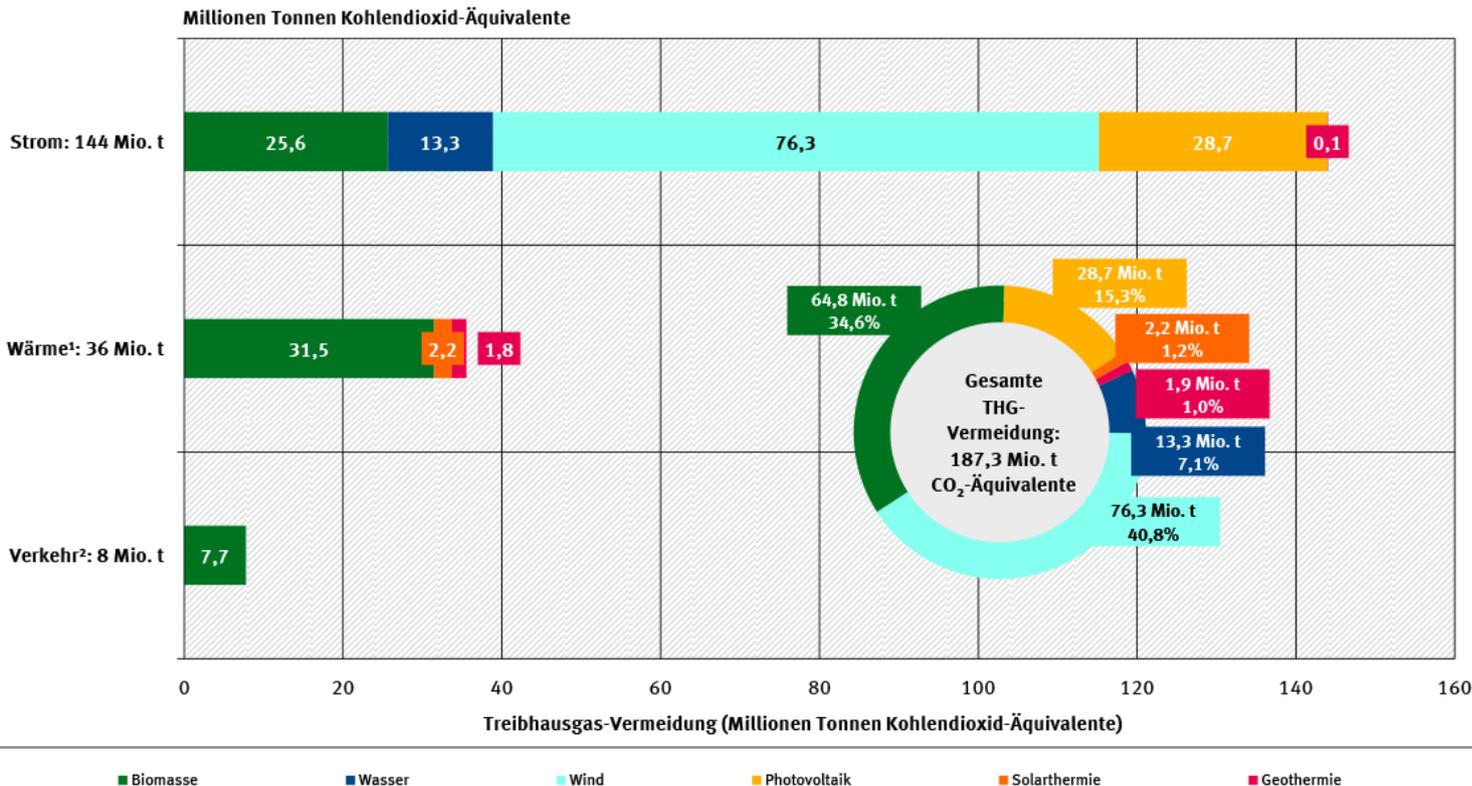
CO₂ Vermeidung beginnt zu wirken

Netto-Bilanz der vermiedenen Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2018*

2018 wurden durch erneuerbare Energien 187,3 Mio Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart.

Das sind pro Kopf 2,25 Tonnen, also schon über 20% des Pro-Kopf-Verbrauchs!

(vgl. Seite 26)



¹ ohne Berücksichtigung des Holzkohleverbrauchs

² ausschließlich biogene Kraftstoffe im Verkehr (ohne Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe sowie Militär), basierend auf Daten der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)

* vorläufige Werte

Quelle: Umweltbundesamt, Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger unter Verwendung von Daten der AGEE-Stat Stand 08/2019

CO₂ Vermeidung beginnt zu wirken

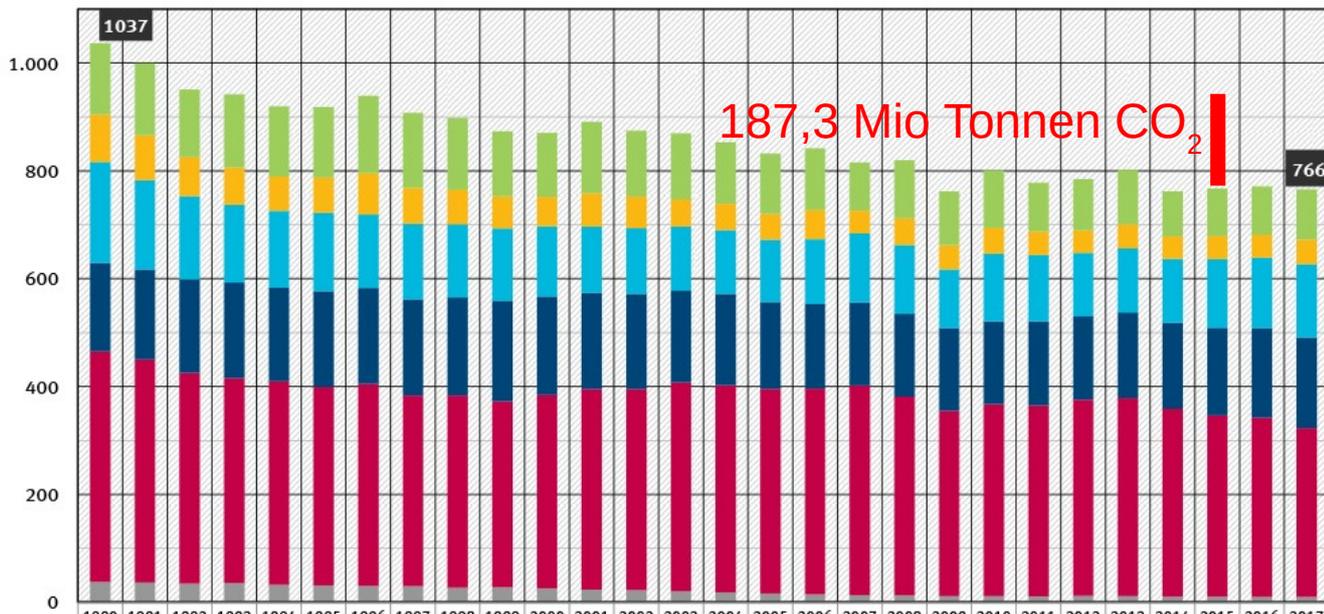
Entwicklung der energiebedingten Treibhausgas-Emissionen¹ nach Quellgruppen

2018 wurden durch erneuerbare Energien 187,3 Mio Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart.

Das sind pro Kopf 2,25 Tonnen, also schon über 20% des Pro-Kopf-Verbrauchs!

(vgl. Seite 26)

Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente



	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
■ Haushalte	132	134	125	136	130	130	144	140	133	121	119	132	122	123	114	112	114	89	108	100	107	91	95	101	83	88	89	93
■ Gewerbe, Handel, Dienstleistung ²	88	83	72	69	64	65	76	66	64	59	54	62	58	50	48	48	54	42	50	45	48	43	42	45	42	43	42	46
■ Industrie ³	187	165	155	144	142	146	136	141	136	134	130	123	122	119	118	115	120	128	127	109	125	123	118	118	118	127	130	136
■ Verkehr	164	167	173	178	174	178	178	178	181	187	183	179	176	170	169	161	157	154	154	153	154	156	155	159	160	163	166	168
■ Energiewirtschaft	427	413	391	380	377	368	375	354	356	345	358	371	373	387	384	379	381	388	368	344	356	354	364	367	348	336	333	313
■ Diffuse Emissionen ⁴	38	37	35	36	33	31	30	30	27	28	26	24	23	21	18	16	15	13	13	11	11	11	12	12	11	11	10	10
Summe	1037	1000	951	942	919	918	939	908	898	873	870	891	874	870	853	832	842	815	820	762	801	778	785	802	762	767	771	766

¹ in Kohlendioxid-Äquivalenten, berücksichtigt sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O)

² einschließlich Militär und Landwirtschaft (energiebedingt)

³ enthält nur Emissionen aus Industriefeuerungen, keine Prozessemissionen

⁴ durch Gewinnung, Umwandlung und Verteilung von Brennstoffen

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2017, Stand 01/2019

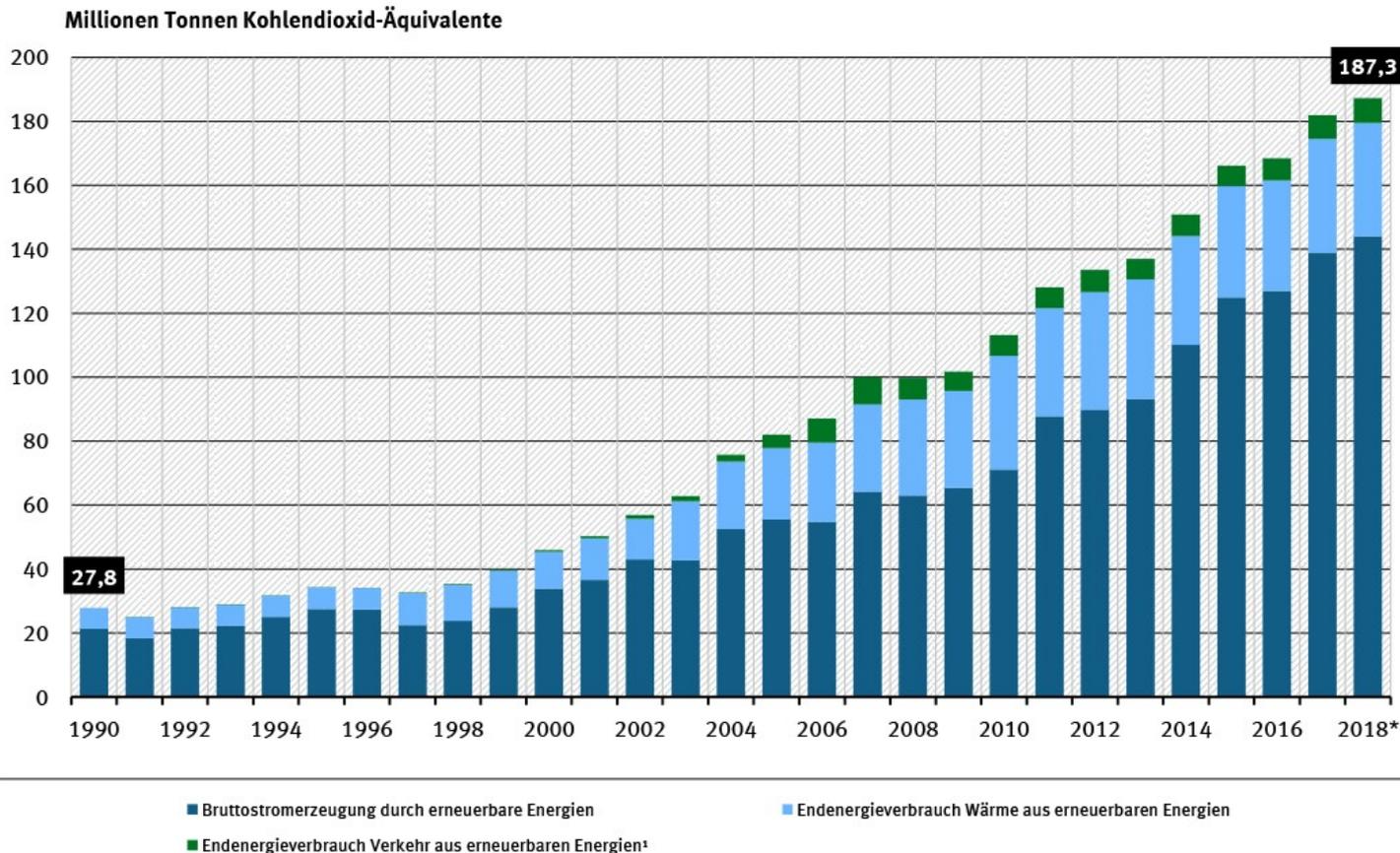
CO₂ Vermeidung beginnt zu wirken

2018 wurden durch erneuerbare Energien 187,3 Mio Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart.

Das sind pro Kopf 2,25 Tonnen, also schon über 20% des Pro-Kopf-Verbrauchs!

(vgl. Seite 26)

Vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien



¹ ausschließlich biogene Kraftstoffe im Verkehrssektor, basierend auf Daten der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)

* vorläufige Werte

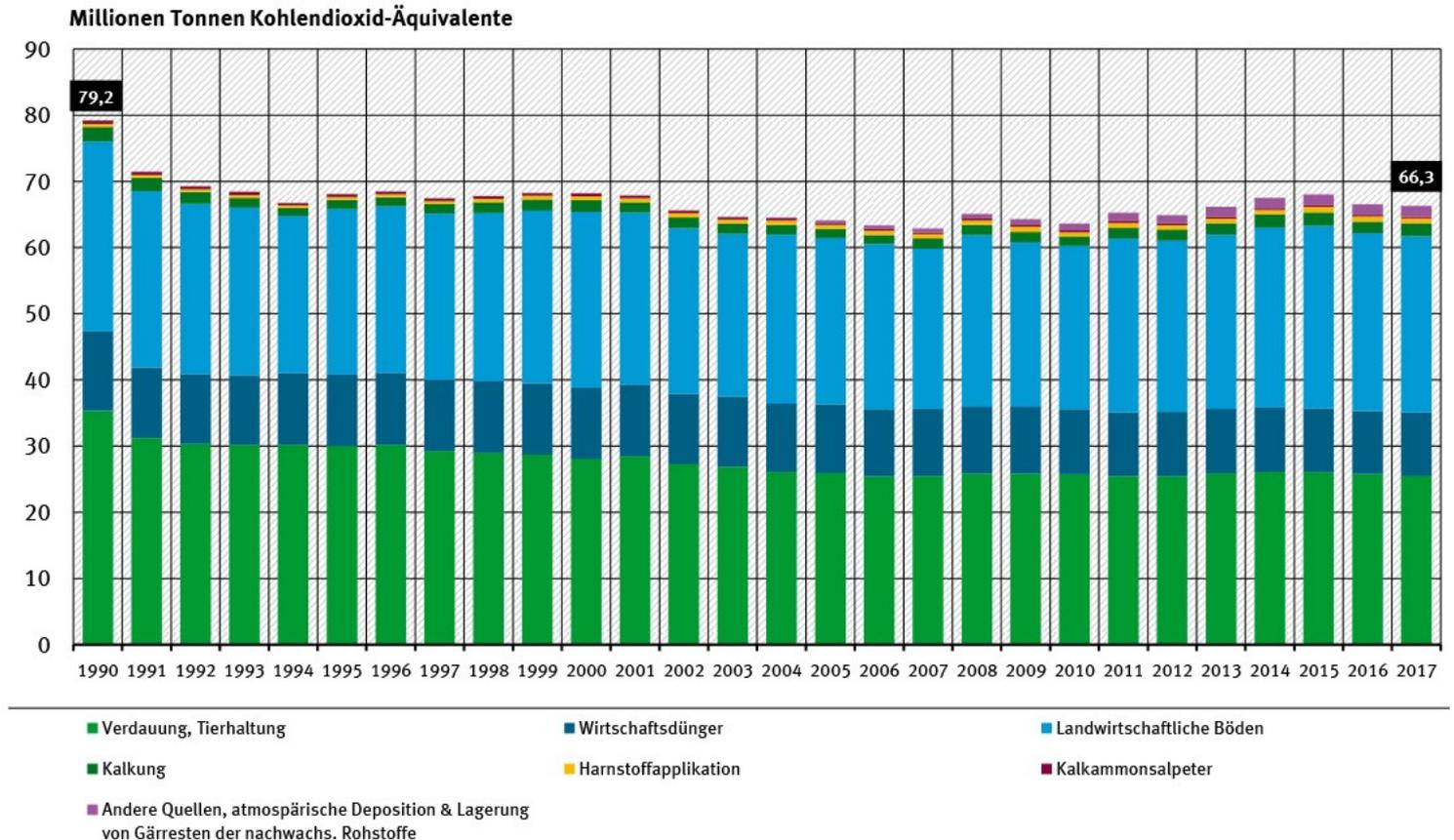
Quelle: Umweltbundesamt, Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Stand 08/2019

CO₂ aus anderen Quellen: Landwirtschaft

2018 wurden durch erneuerbare Energien 187,3 Mio Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart.

Das ist fast das 3-fache der Emissionen der Landwirtschaft.

Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft nach Kategorien



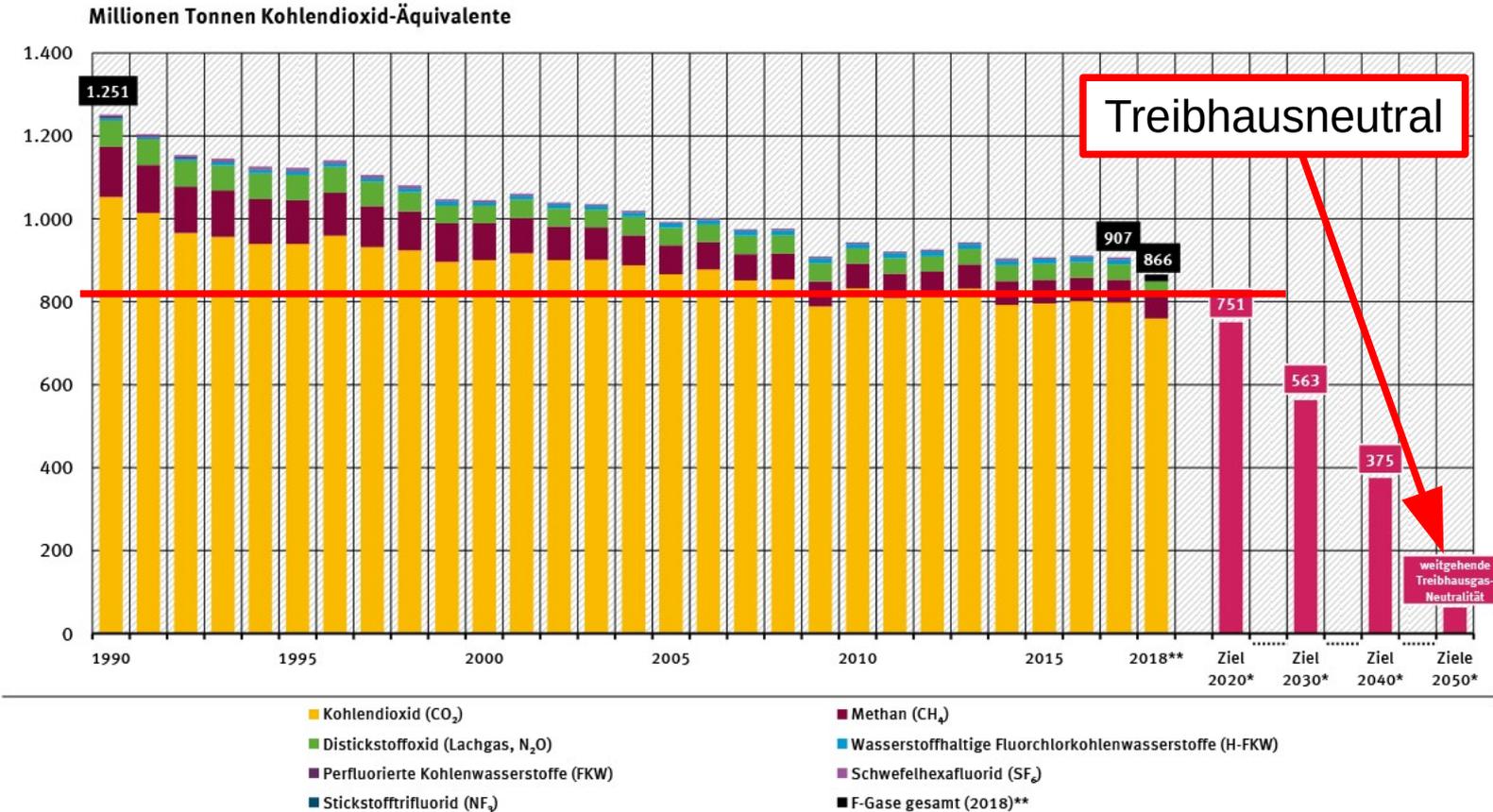
Hinweis: Die Aufteilung der Emissionen entspricht der UN-Berichterstattung, nicht den Sektoren des Aktionsprogrammes Klimaschutz 2020

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2017 (Stand 01/2019)

Gesamtausstoß von Treibhausgasen

Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen

Die rote Linie zeigt wieder 10 Tonnen pro Kopf pro Jahr.



Emissionen ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
 * Ziele 2020 bis 2050: Energiekonzept der Bundesregierung (2010)
 ** Schätzung 2018, Emissionen für F-Gase gesamt

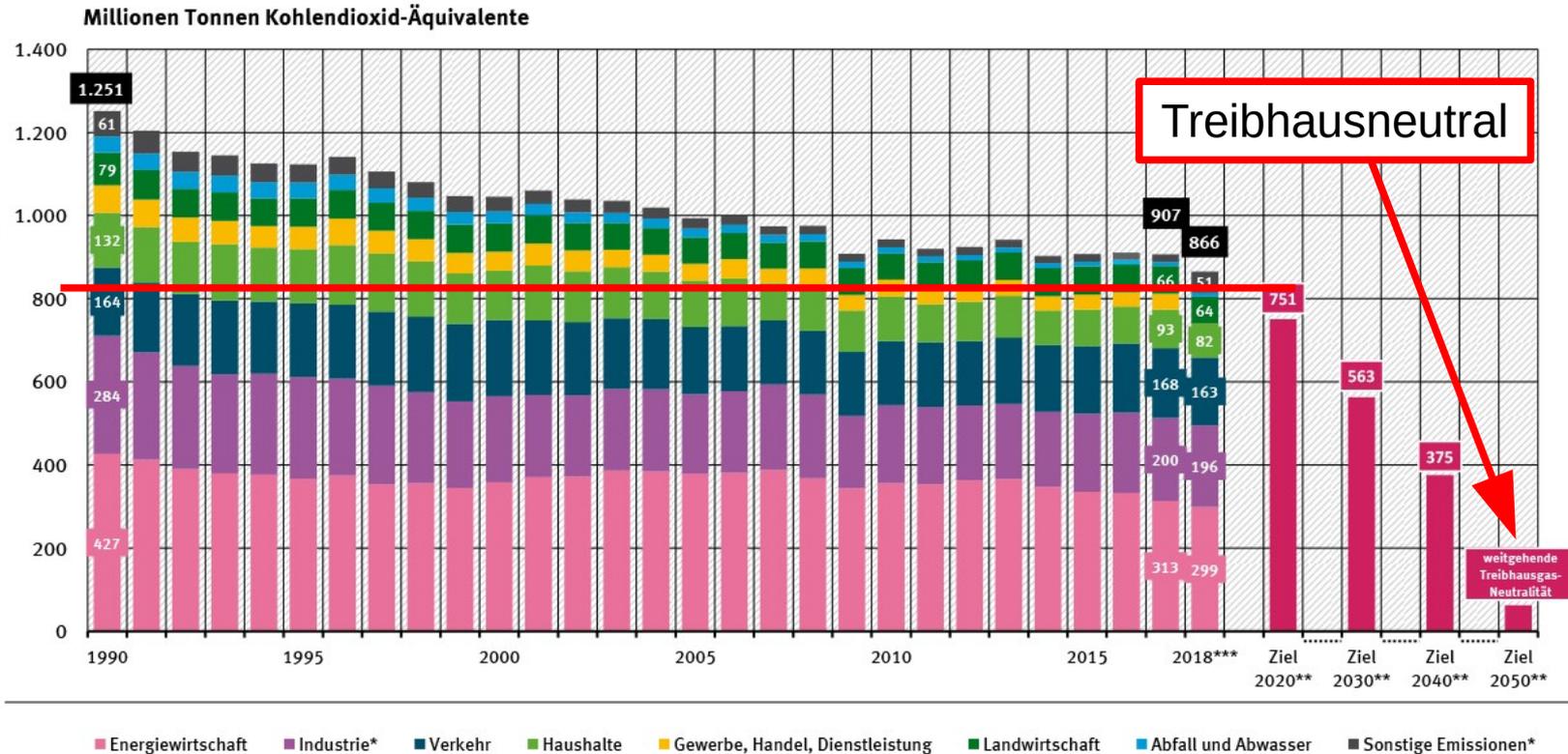
Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2017 (Stand 01/2019) und
 Zeitnahe Schätzung für 2018 aus UBA Presse-Information 09/2019 (korrigiert)

Gesamtausstoß von Treibhausgasen

Emission der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase

Die rote Linie zeigt wieder 10 Tonnen pro Kopf pro Jahr.

Die CO₂ Emission von Deutschland betrug
 2017: 0,907 Gt
 2018: 0,866 Gt
 (Gigatonnen)
 (also fast eine Gt)

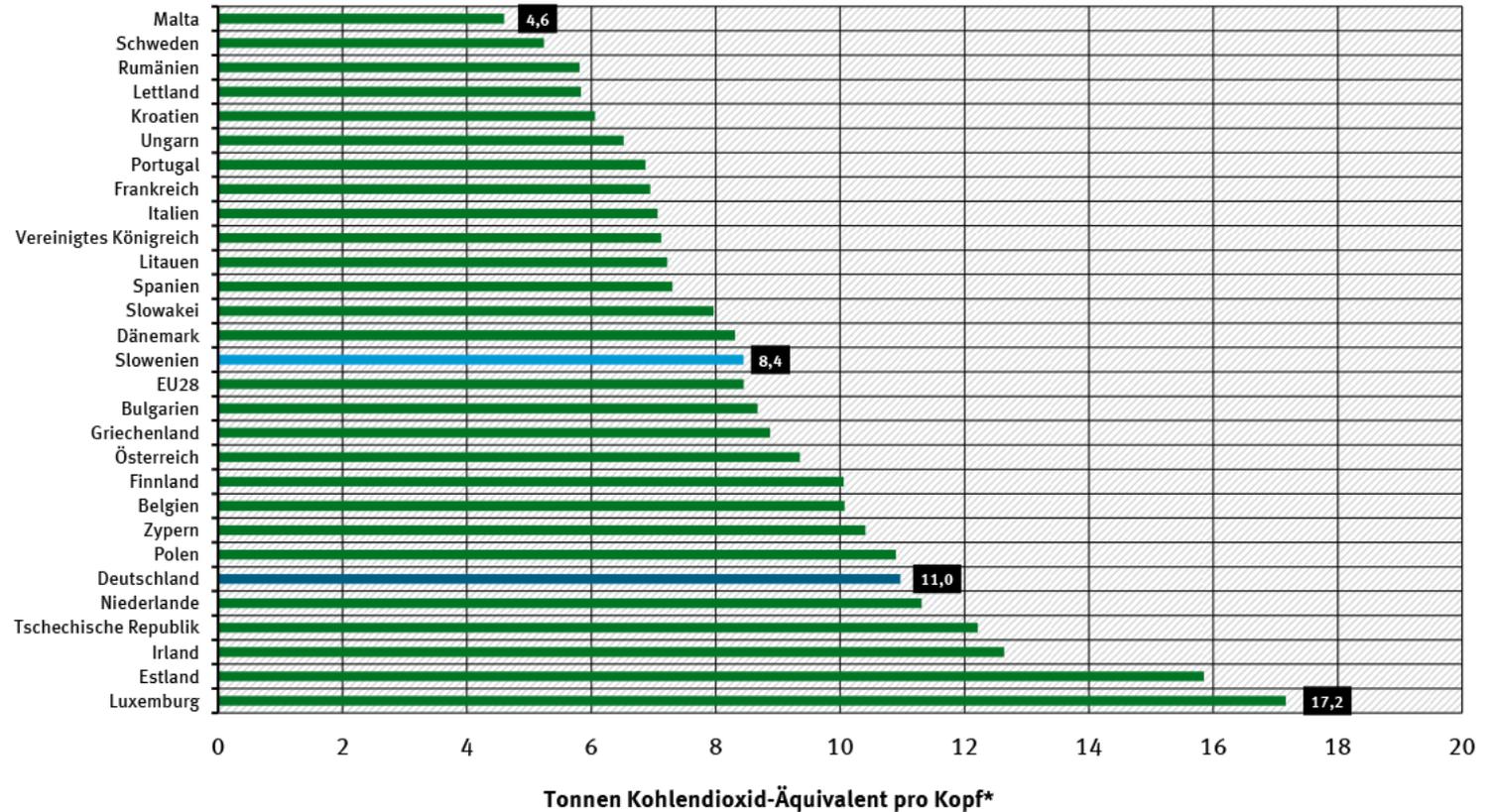


Emissionen nach Kategorien der UN-Berichterstattung ohne Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
 * Industrie: Energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie (1.A.2 & 2);
 Sonstige Emissionen: Sonstige Feuerungen (CRF 1.A.4 Restposten, 1.A.5 Militäer) & Diffuse Emissionen aus Brennstoffen (1.B)
 ** Ziele 2020 bis 2050: Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung
 *** Schätzung 2018, Emissionen aus Gewerbe, Handel & Dienstleistung in Sonstige Emissionen enthalten

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2017 (Stand 01/2019) und Zeitschätzung für 2018 aus UBA Presse-Information 09/2019 (korrigiert)

Vergleich der Emission von Treibhausgasen in Europa (EU28)

Treibhausgas-Emissionen der Europäischen Union im Vergleich 2017
Pro-Kopf-Emissionen



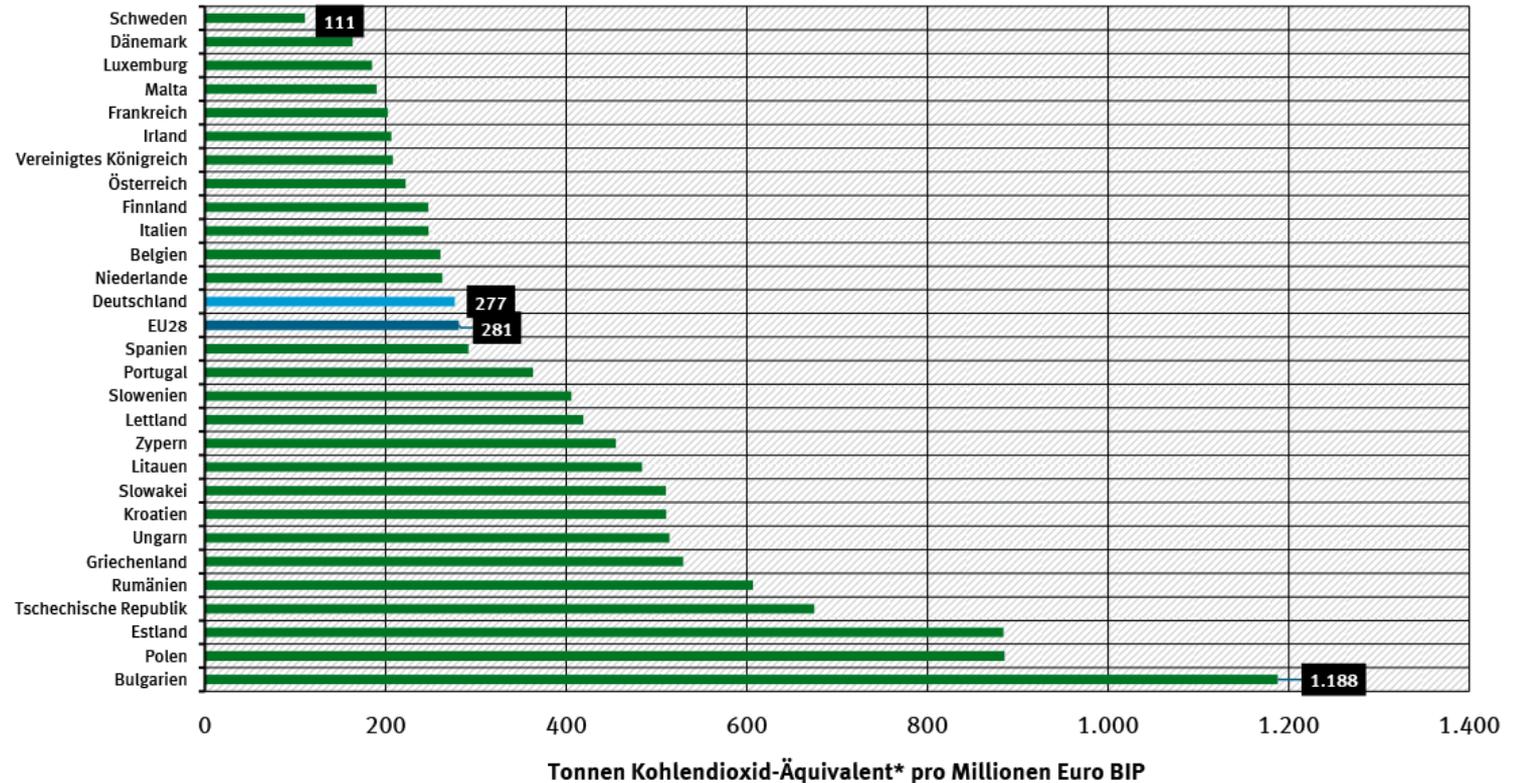
* Ohne Emissionen aus Landnutzung,
Landnutzungsänderung & Forstwirtschaft (LULUCF)

Quelle: Europäische Umweltagentur - European Environment Agency (EEA), EEA greenhouse gas - data viewer
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> (03.08.2019)

Vergleich der Emission von Treibhausgasen in Europa (EU28)

Treibhausgas-Emissionen der Europäischen Union im Vergleich 2017

Emissionen pro Einheit des Bruttoinlandsprodukts (BIP)



* Ohne Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung & Forstwirtschaft (LULUCF)
** nur Daten für 2015 verfügbar

Quelle: Europäische Umweltagentur - European Environment Agency (EEA), EEA greenhouse gas - data viewer
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> (03.09.2019)

Zeitliche Entwicklung der Emission von Treibhausgasen (EU28)

Treibhausgas-Emissionen der EU-28 nach Kategorien in Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalenten

Treibhausgasquellen und -senken	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Energie	4.349	4.090	4.021	4.123	3.798	3.651	3.606	3.517	3.338	3.374	3.355	3.368
Industrieprozesse	517	498	456	466	394	390	377	375	381	377	374	377
Landwirtschaft	543	473	461	438	423	424	422	425	433	434	435	439
Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF)	-245	-270	-297	-308	-315	-303	-301	-307	-294	-299	-286	-258
Abfall	240	247	231	202	168	162	158	151	145	143	140	139
Sonstige*	4	4	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Gesamt (einschließlich LULUCF)	5.409	5.042	4.875	4.923	4.471	4.325	4.264	4.164	4.006	4.030	4.019	4.067
Gesamt (ohne LULUCF)	5.654	5.312	5.172	5.231	4.786	4.628	4.565	4.471	4.299	4.329	4.305	4.325

Alle Angaben inkl. indirekter Emissionen

*inkl. Summe der indirekten Emissionen (wenn von den Staaten separat berichtet)

Quelle: Europäische Umweltagentur - European Environment Agency (EEA), EEA greenhouse gas - data viewer
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> (03.09.2019)

LULUCF: Land Use, Land Use change, and Forestry

Zeitliche Entwicklung der Emission von Treibhausgasen (EU28)

Treibhausgas-Emissionen der EU-28 in Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalenten*

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Kohlendioxid (CO ₂)	4.473,33	4.219,91	4.183,71	4.309,02	3.943,40	3.798,45	3.739,53	3.651,93	3.482,48	3.516,30	3.499,26	3.517,20
Methan (CH ₄)	727,45	665,58	605,49	545,55	490,36	480,15	475,60	465,91	458,91	458,90	454,08	453,42
Lachgas (N ₂ O)	380,97	343,87	302,51	282,59	237,13	233,21	230,40	230,77	234,15	233,73	232,93	237,73
H-FKW	29,14	44,15	54,93	77,25	103,84	105,50	108,55	110,85	113,30	109,20	107,07	104,90
FKW	25,71	17,02	11,77	7,04	3,74	4,09	3,55	3,81	3,36	3,44	3,96	3,18
Reste H-FKW und FKW im Mix	6,07	6,20	2,67	1,47	0,86	0,80	1,12	1,35	1,26	1,23	1,28	1,67
Schwefelhexafluorid (SF ₆)	11,07	15,23	10,61	7,87	6,35	6,11	6,22	6,08	5,89	6,23	6,48	6,73
Stickstofftrifluorid (NF ₃)	0,02	0,09	0,09	0,12	0,11	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
Gesamt (ohne LULUCF)	5.654	5.312	5.172	5.231	4.786	4.628	4.565	4.471	4.299	4.329	4.305	4.325

* alle Angaben ohne Emissionen aus der Kategorie LULUCF, inkl. indirekter Emissionen

Quelle: Europäische Umweltagentur - European Environment Agency (EEA), EEA greenhouse gas - data viewer
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> (03.09.2019)

LULUCF: Land Use, Land Use Change, and Forestry

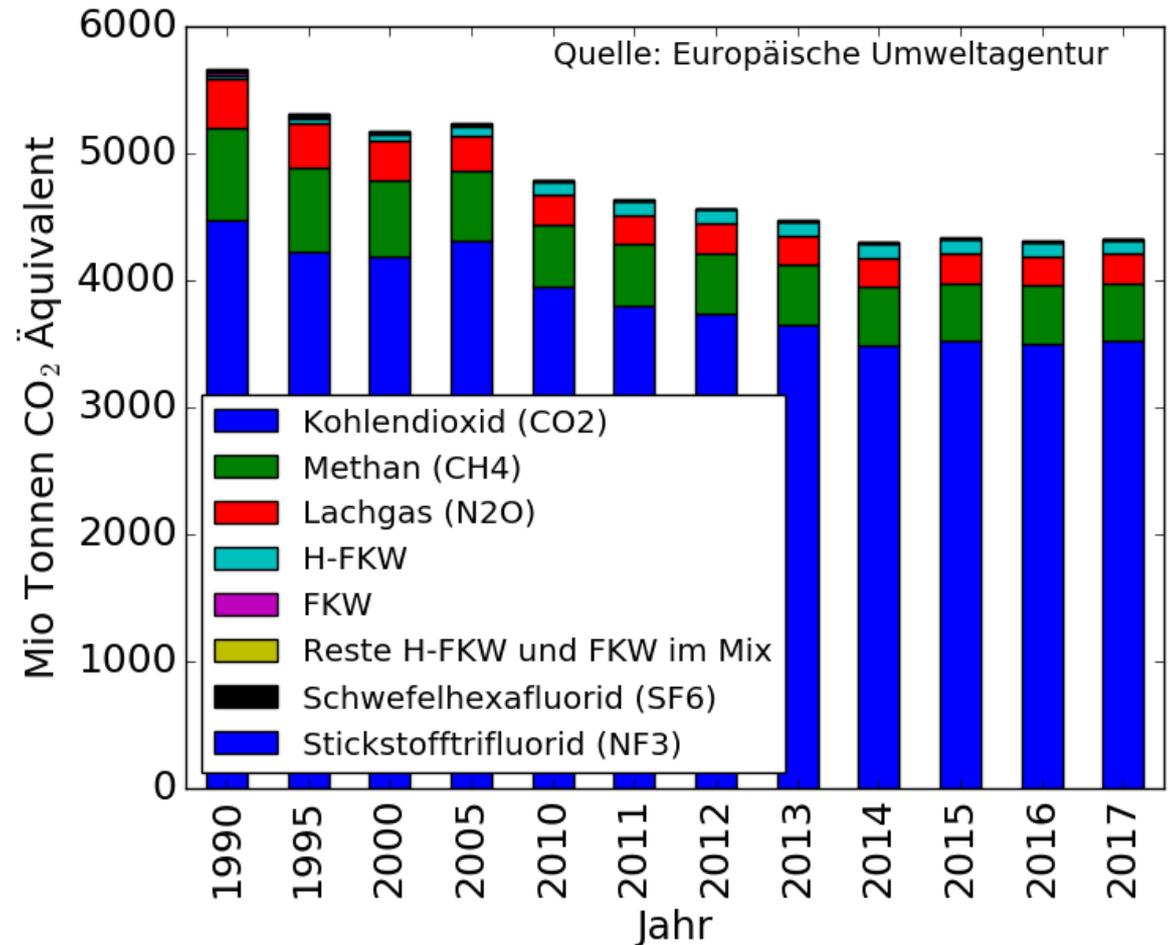
Die CO₂ Emissionen der EU28 betragen also ca. 4,3 Gigatonnen (Gt) pro Jahr.

Zeitliche Entwicklung der Emission von Treibhausgasen (EU28)

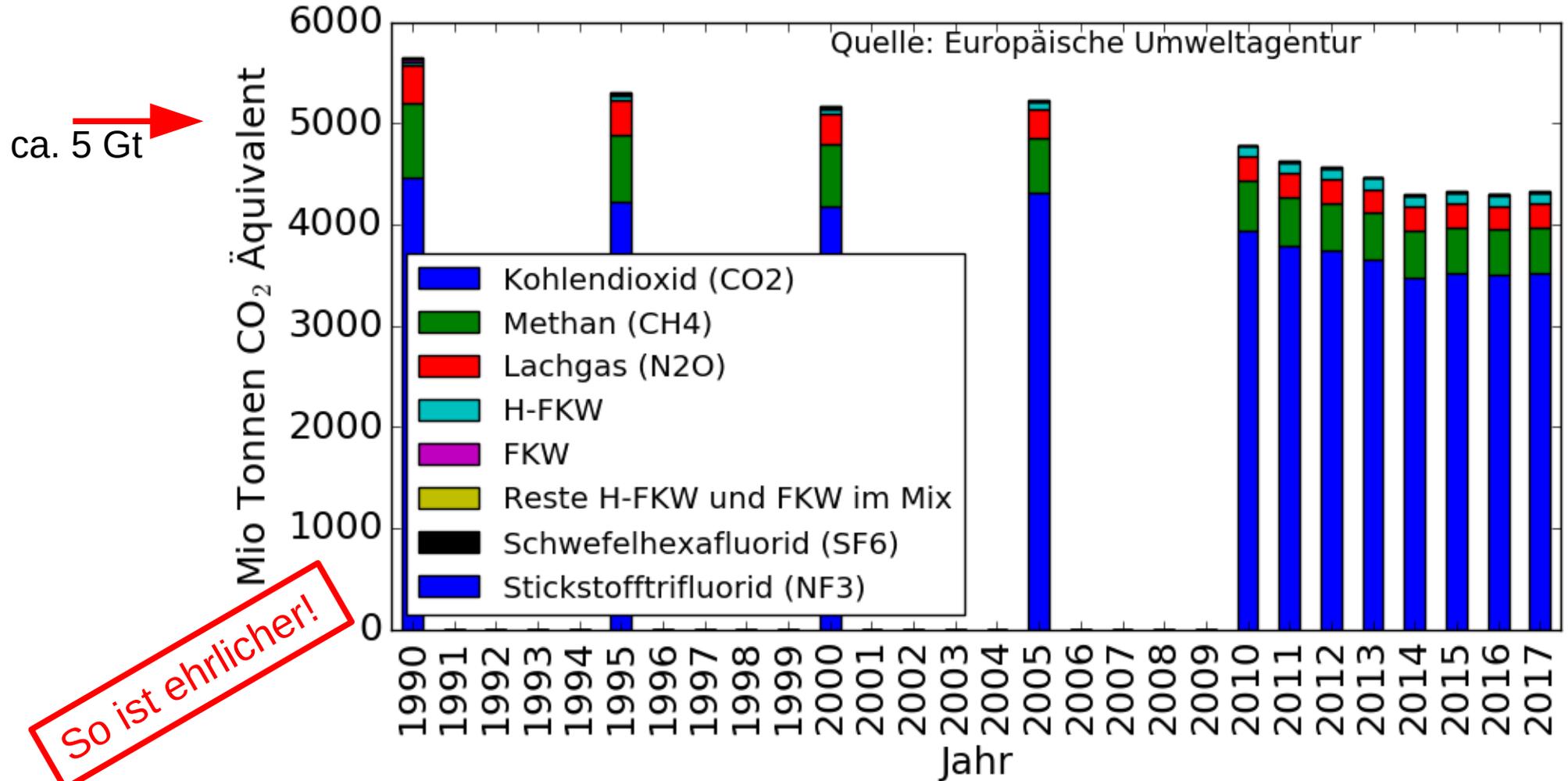
Wie man sieht, emittiert die EU28 nur etwa fünf mal soviel CO₂ wie Deutschland.

Das ist kein Fehler, Deutschland emittiert ca. 1/5 der EU-Emission von CO₂!

Die Grafik rechts ist zwar formal korrekt, impliziert aber eine schnellere Abnahme, als real!



Zeitliche Entwicklung der Emission von Treibhausgasen (EU28)



Entwicklung weltweit



- 1. Current commitments expressed in the NDCs are inadequate to bridge the emissions gap in 2030. Technically, it is still possible to bridge the gap to ensure global warming stays well below 2°C and 1.5°C, but if NDC ambitions are not increased before 2030, exceeding the 1.5°C goal can no longer be avoided. Now more than ever, unprecedented and urgent action is required by all nations. The assessment of actions by the G20 countries indicates that this is yet to happen; in fact, global CO₂ emissions increased in 2017 after three years of stagnation.**

NDC: Nationally Determined Contributions

Wachstumsraten weltweit

Figure ES.1: Average annual growth rates of key drivers of global CO₂ emissions (left of dotted line) and components of GHG emissions (right of dotted line).

GDP: Gross Domestic Product (Bruttosozialprodukt)

LUC: Land Use Change

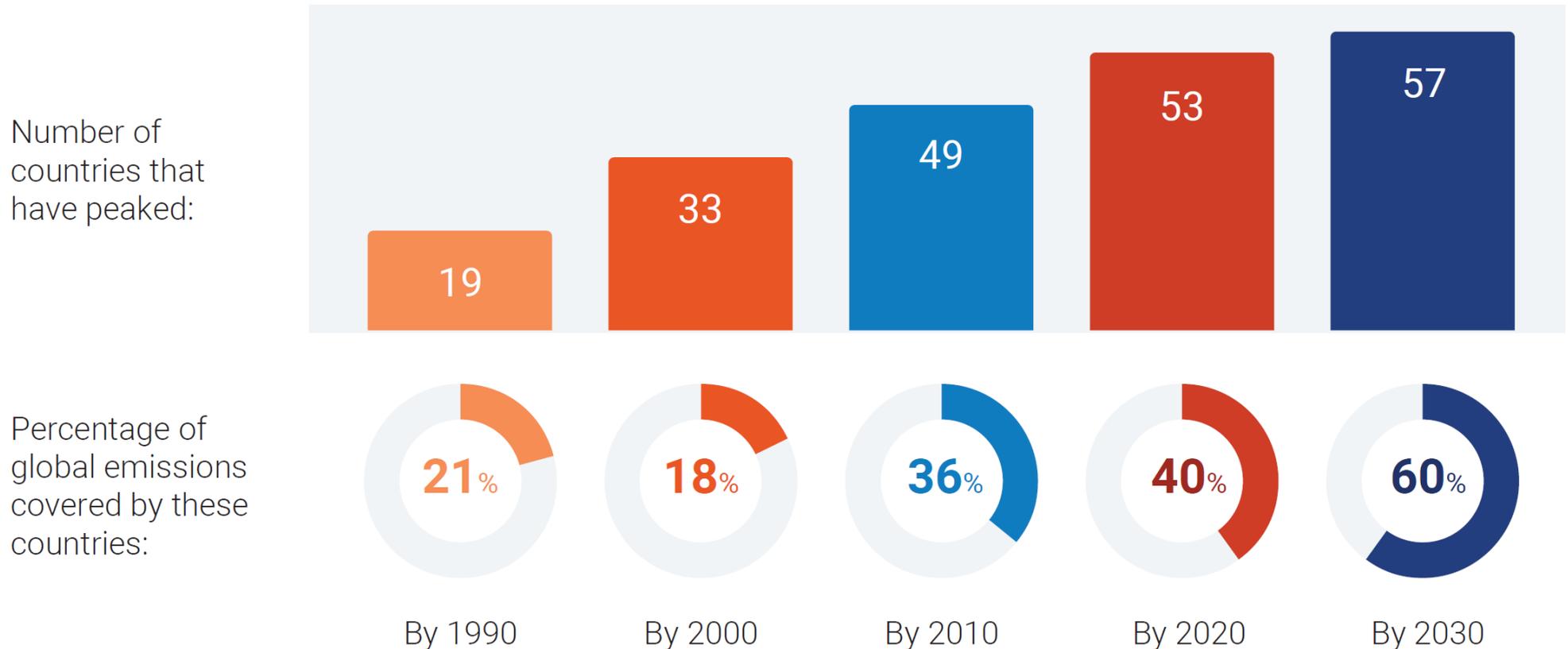
GHG: Greenhouse Gas



Note: Land-use change emissions are not included due to large inter-annual variability. Leap-year adjustments are not included in the growth rates.

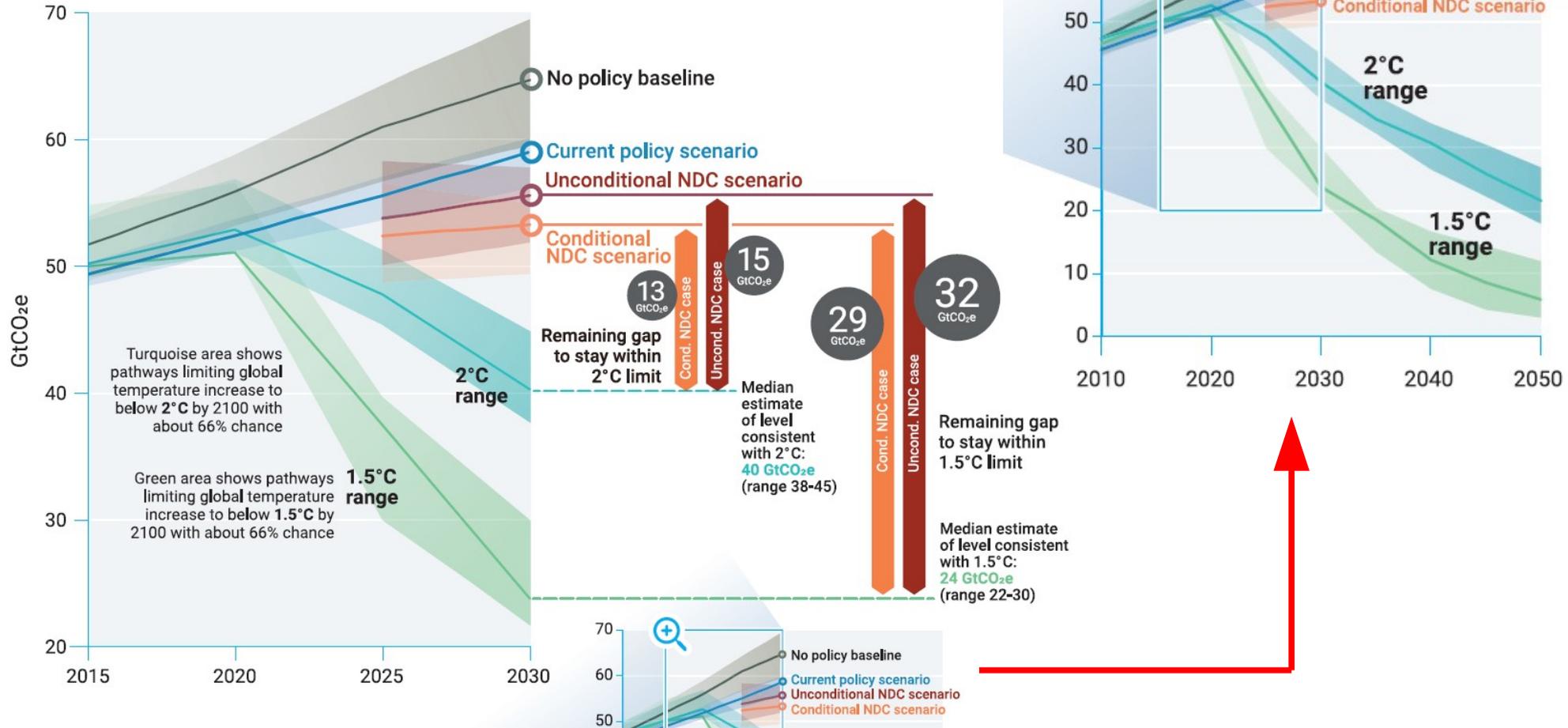
Wachstumsraten weltweit

Figure ES.2: Number of countries that have peaked or are committed to peaking their emissions, by decade (aggregate) and percentage of global emissions covered (aggregate).



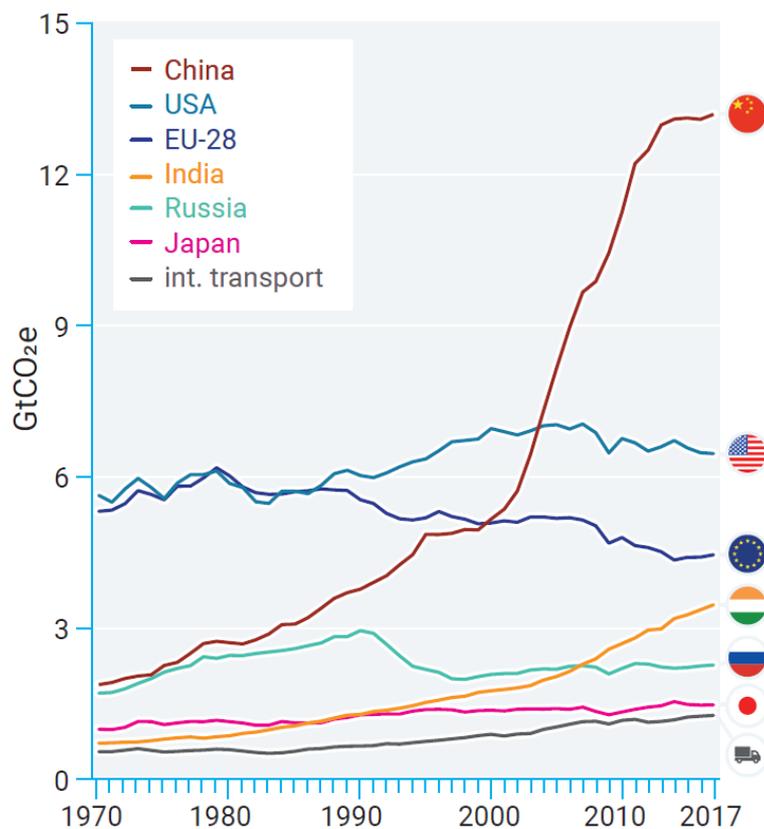
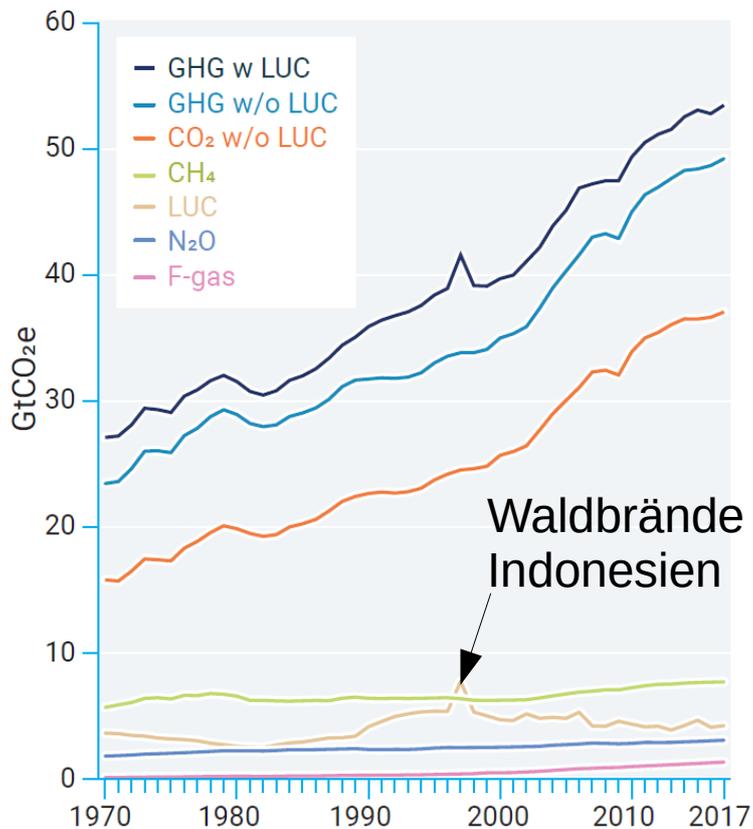
Prognosen weltweit

Figure ES.3: Global greenhouse gas emissions under different scenarios and the emissions gap in 2030 (median estimate and 10th to 90th percentile range).



CO2 Äquivalentemissionen weltweit

Figure 2.3: Global greenhouse gas emissions per type of gas (left) and top greenhouse gas emitters excluding land-use change emissions due to lack of reliable data (right).



Hat China seinen Peak erreicht?

Zum Vergleich:
DE: 10t/Jahr/Person
(vgl. S. 26)

Was geschieht in Indien?
(1.35 Mia. Pers.)

Source: EDGAR v5.0/v4.3.2 FT2017 CO₂ (Olivier et al., 2018) and Global Carbon Project (Le Quéré et al., 2018).

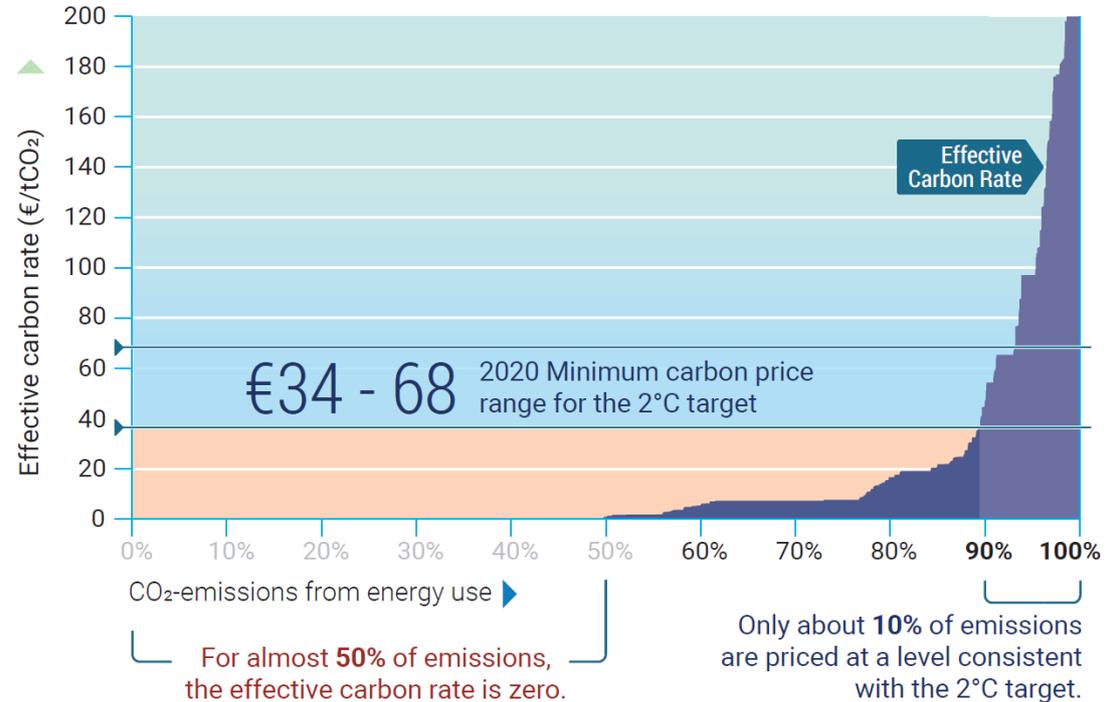
CO₂-Bepreisung weltweit

Um das 2020-Ziel einer Limitierung auf 2°C zu erreichen, wären CO₂-Preise im Rahmen 34 – 68 Euro/Tonne CO₂ erforderlich.

50% der Staaten, die für 80% aller CO₂-Emissionen verantwortlich sind, haben keine CO₂ Bepreisung.

10% erheben einen Preis über 34 Euro pro Tonne.

Figure 6.1: Effective carbon rates on energy use across 42 OECD and G20 countries (estimate for 2018) and the minimum carbon price range needed in 2020 for the 2°C target.



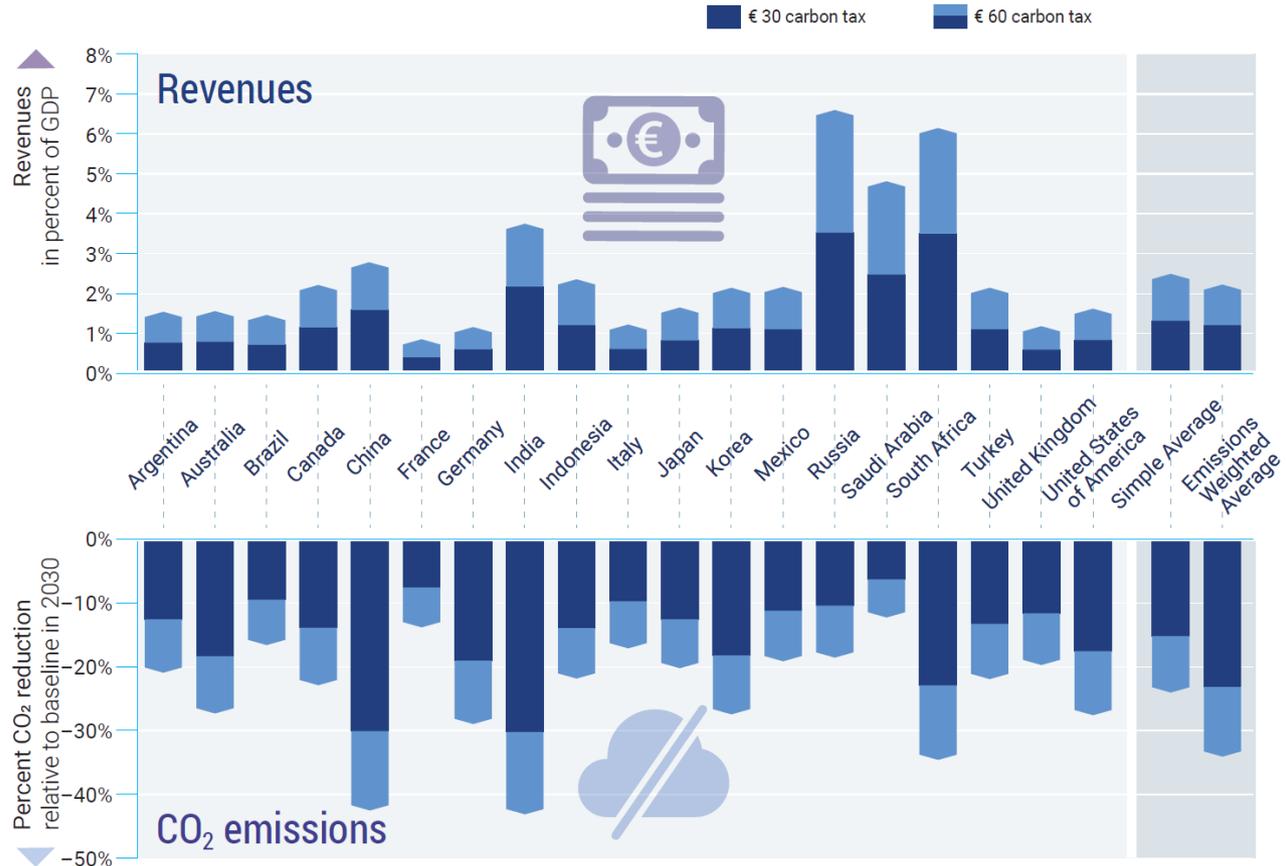
Note: This figure shows the distribution of effective carbon rates over energy-related CO₂ emissions for 42 OECD and G20 countries, representing 80 percent of global CO₂ emissions. Carbon rates include carbon taxes, permit prices related to existing ETS and excise taxes on energy (also including those not motivated by a climate policy objective). **Source:** OECD, 2018b and own illustration.

Effekte einer CO₂-Steuer

Lesebeispiel:

Eine Steuer von 30 Euro/Tonne würde in Deutschland ca. 0,5% des BSP an Steuereinnahmen ergeben und eine CO₂-Einsparung von ca. 20% gegenüber dem 2030 Referenzszenario.

Figure 6.2: CO₂ reductions (relative to baseline) and revenues (relative to gross domestic product (GDP)) generated from additional carbon taxes of €30/tCO₂ and €60/tCO₂, 2030.



Source: Parry et al. (2018).

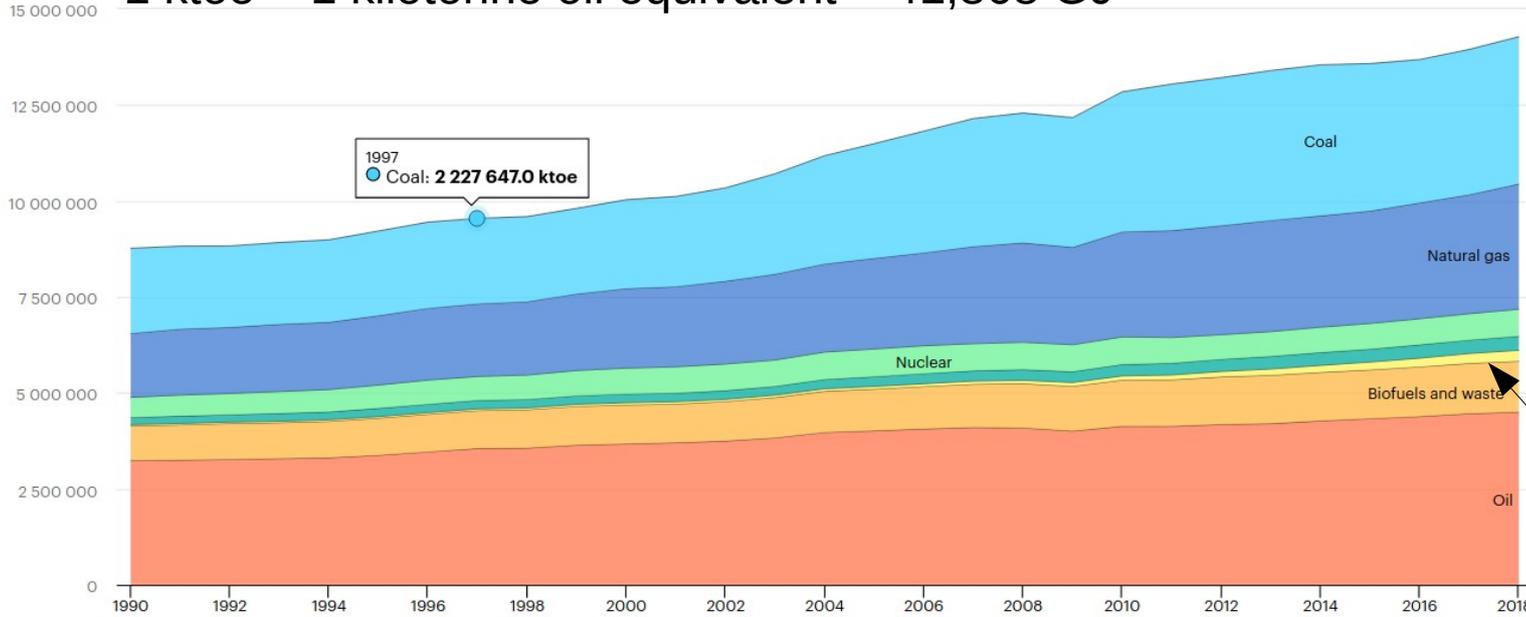
Note: Calculations assume that carbon prices are implemented in addition to existing measures. Revenue calculations account for induced changes in revenues from pre-existing excise taxes, but not from the broader fiscal system (i.e. income taxes). The original paper refers to carbon taxes of US\$35/tCO₂ [€30/tCO₂] and US\$70/tCO₂ [€60/tCO₂]. For comparability with section 6.2, these prices were converted to Euros.

Prognosen sind schwierig, aber...

Total energy supply (TES) by source, World 1990-2018

ktoe

1 ktoe = 1 kilotonne oil equivalent = 41,868 GJ



Pro Kopf sind das etwa 2,5 kW/Person

(DE: ~ 3,6 kW/Pers. Vgl. S. 19)

Wind, Solar

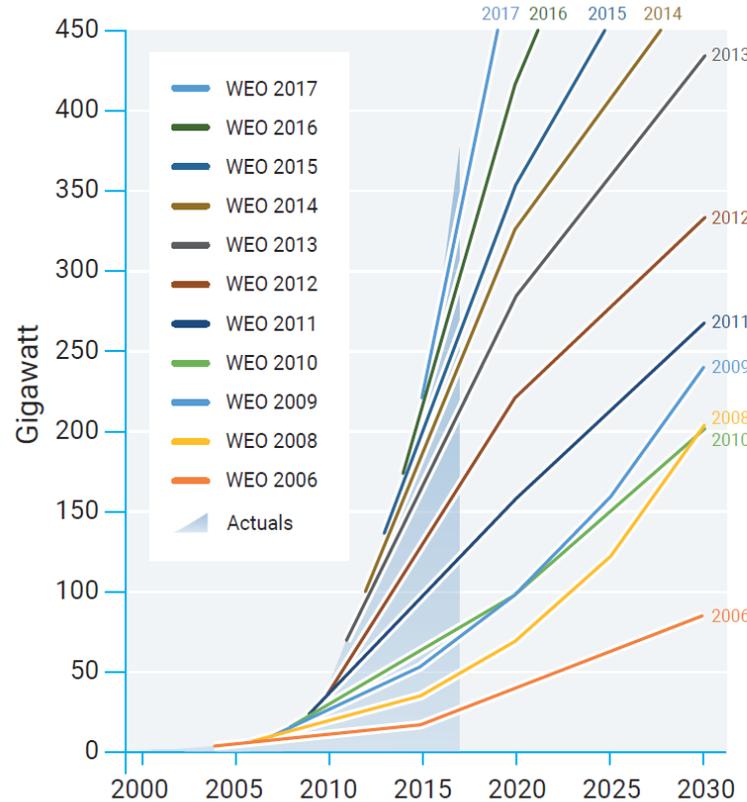
Quelle: IEA IEA. All rights reserved.

Innovation hilft!

Die installierte Leistung von Photovoltaikanlagen übersteigt regelmäßig die Prognosen.

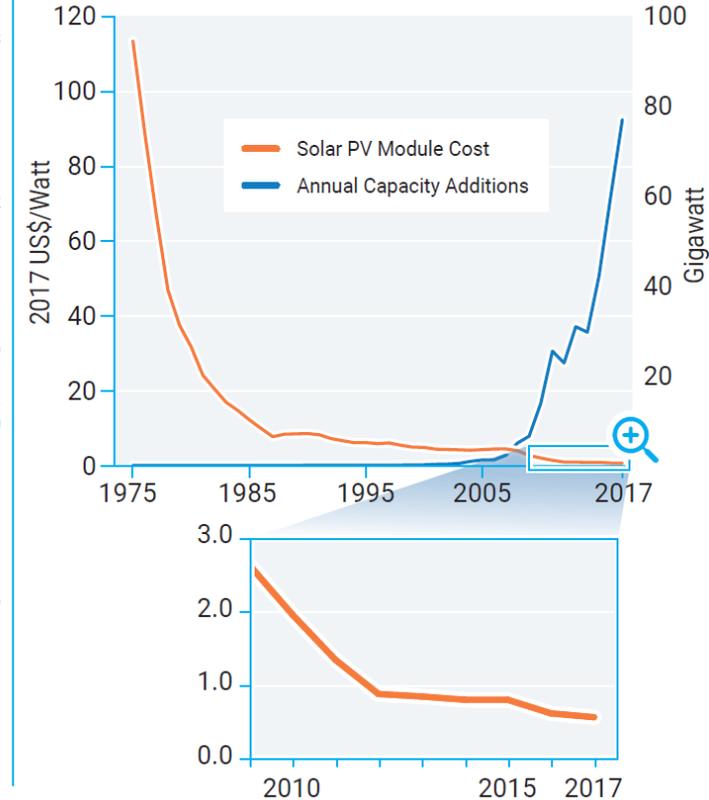
Für jede Verdopplung der installierten Leistung fiel der Preis pro Watt um 20%.

Figure 7.2a: Cumulative solar PV installations compared to forecasts from various IEA World Energy Outlooks (WEO).



Source: Updated from ClimateWorks et al. (2015).

Figure 7.2b: Historical price reductions and annual installations, 1975–2017.



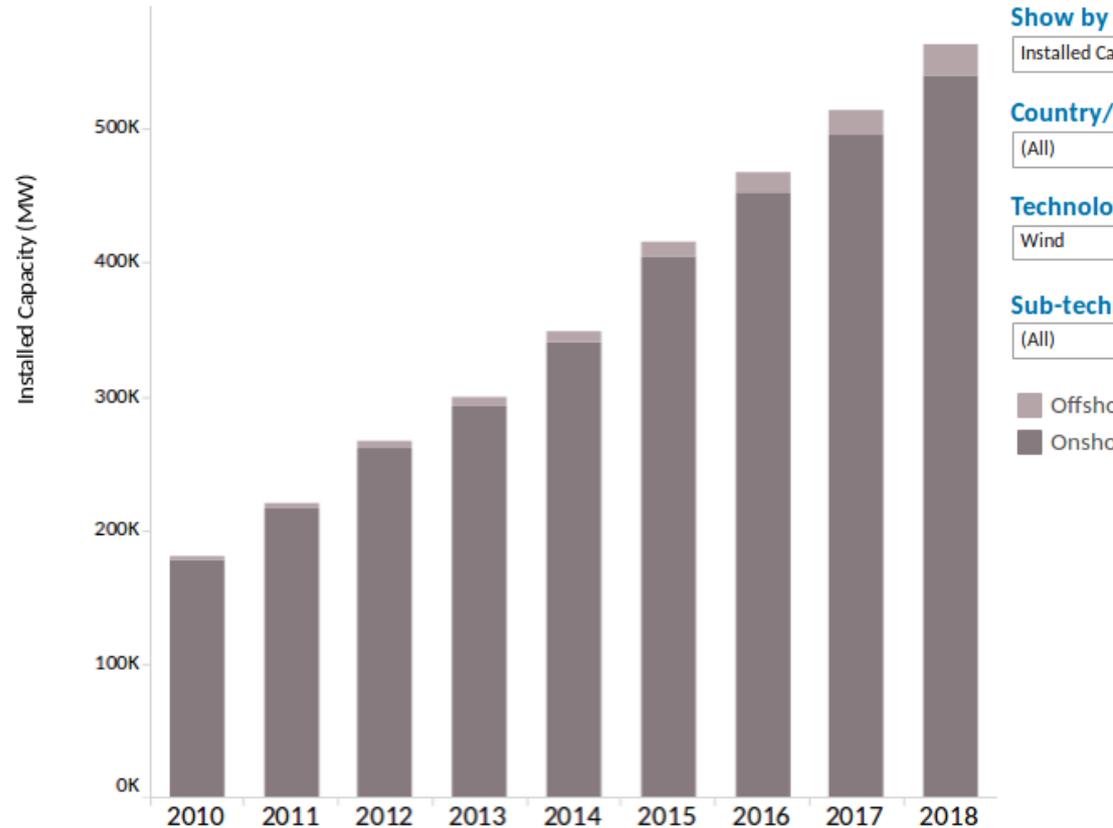
Sources: Earth Policy Institute (2018) and Barbose et al. (2018, Fig. 13) for prices, Earth Policy Institute and IRENA (2018) for capacity.

Innovation hilft!

„Wind power is one of the fastest-growing renewable energy technologies. Usage is on the rise worldwide, in part because costs are falling. Global installed wind-generation capacity onshore and offshore **has increased by a factor of almost 75 in the past two decades**, jumping from 7.5 gigawatts (GW) in 1997 to some 564 GW by 2018, according to IRENA's latest data. Production of wind electricity doubled between 2009 and 2013, and in 2016 wind energy accounted for 16% of the electricity generated by renewables.“
(IRENA, 2019)

Entspricht Verdoppelung alle ~3 Jahre!

Installed Capacity Trends
Navigate through the filters to explore trends in renewable energy



©IRENA Visit www.irena.org/Statistics for more information

Zusammenfassung und Ausblick

- CO₂-Emissionen steigen weltweit seit Beginn der Industrialisierung
- Die Emissionen anderer Treibhausgase auch...
- Maßnahmen zur Energieeinsparung helfen – aber (zu) langsam
- Erneuerbare Energien liefern bereits einen erheblichen Anteil zur CO₂-Einsparung, sehr hohe Wachstumsraten

Quelle für Schleswig-Holstein: www.statistik-nord.de

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://www.statistik-nord.de/zahlen-fakten/bevoelkerung/bevoelkerungsstand-und-entwicklung>. The page header includes a logo for the Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein and a search bar. A cookie consent banner is visible at the top right. The main content area is titled "Bevölkerung der Gemeinden in Schleswig-Holstein" and features a breadcrumb trail: [Statistikamt Nord](#) > [Zahlen + Fakten](#) > [Bevölkerung](#) > [Bevölkerungsstand und -entwicklung](#) > [Bevölkerung der Gemeinden in Schleswig-Holstein](#). A decorative illustration of wind turbines and a lighthouse is on the right. The main content lists three data releases:

- 07. Okt 2019**
Bevölkerung der Gemeinden in Schleswig-Holstein 2. Quartal 2019
Ergebnisse der Fortschreibung auf Basis des Zensus 2011
A 12 - vj 2/19 SH
Download options: XLSX, PDF
- 13. Aug 2019**
Bevölkerung der Gemeinden in Schleswig-Holstein 1. Quartal 2019
Ergebnisse der Fortschreibung auf Basis des Zensus 2011
A 12 - vj 1/19 SH
Download options: XLSX, PDF
- 02. Jul 2019**
Bevölkerung der Gemeinden in Schleswig-Holstein 4. Quartal 2018
Download options: XLSX, PDF

The left sidebar contains a navigation menu with the following items:

- Zahlen + Fakten
 - Regionalstatistik, Datenbanken und Karten
 - Meine Region
 - Hamburger Melderegister
- Gebiet, Fläche
- Bevölkerung**
 - Monatszahlen
 - Bevölkerungspyramide
 - Bevölkerungsstand und -entwicklung**
 - Bevölkerungsbewegung
 - Hamburger Melderegister
- Private Haushalte, Familien, Erwerbstätige (Mikrozensus)

Quelle für Deutschland: www.umweltbundesamt.de

Umwelt Bundesamt

Das UBA Themen Presse Publikationen Tipps Daten

Start Service Sitemap Datenschutz

Daten > Energie > Energieverbrauch nach Energieträgern, Sektoren und Anwendungen

Energieverbrauch nach Energieträgern, Sektoren und Anwendungen

Der Endenergieverbrauch (EEV) in Deutschland ist seit Beginn der 1990er Jahre kaum gesunken. Im langjährigen Trend ist nur der Wärmeverbrauch rückläufig, während der Verbrauch von Kraftstoff nahezu konstant ist und der Stromverbrauch steigt. Sektoral betrachtet ist der Energieverbrauch im Verkehr und in den privaten Haushalten jeweils gestiegen.

27.09.2019 ★ 465 mal als hilfreich bewertet

Allgemeine Entwicklung und Einflussfaktoren

Der [Endenergieverbrauch](#) (EEV) in Deutschland ist seit Beginn der 1990er Jahre kaum gesunken (siehe Abb. „Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren“). Es wird zwar immer mehr Energie effizienter genutzt und teilweise eingespart, doch Wirtschaftswachstum und Konsumsteigerungen verhindern einen deutlichen Verbrauchsrückgang (siehe auch Artikel ["Energieproduktivität"](#)). Im kurzfristigen Zeitraum eines Jahres betrachtet hat die [Witterung](#), die sich auf den Bedarf an Wärmeenergie auswirkt, großen Einfluss auf die Verbrauchsentwicklung.

Ein immer größerer Anteil des Endenergieverbrauchs wird in Deutschland durch erneuerbare Energien gedeckt – Ziel der Bundesregierung ist es, den Anteil bis zum Jahr 2020 auf 18 Prozent und bis zum Jahr 2030 auf 30 Prozent zu steigern (siehe Abb. „Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch und am Bruttoendenergieverbrauch“).

Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren

Terawattstunden

Jahr	Endenergieverbrauch (TWh)
1990	2,631
2018	2,538

Links

- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB)

Publikationen

- Energieziel 2050

Daten

- Energie
- Primärenergiegewinnung und -importe
- Bestandsveränderungen im Energiebereich
- Primärenergieverbrauch
- Konventionelle Kraftwerke und erneuerbare Energien
- Stromerzeugung erneuerbar und konventionell
- Energieverbrauch nach Energieträgern, Sektoren und Anwendungen**
- Stromverbrauch
- Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme
- Energieverbrauch für erneuerbare Kraftstoffe
- Energieproduktivität
- Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Mein UBA

UBA fragen

Newsletter

Warenkorb

Quellen weltweit

- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change: <https://www.de-ipcc.de/>
- United Nations Emissions Gap Report 2018
- <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>
- <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=booklet2019> (Eine Excel-Datei mit Emissionen pro Nation und Jahr seit 1970 und animated gif der zeitlichen Entwicklung)
- International Renewable Energy Agency <https://www.irena.org/>
- ... und natürlich Wikipedia.