

!!! Energie !!!

- Grundlagen
- Beispiele
- Perspektiven

Einführungspräsentation von Gunther Willeitner

Passau 2021

!!! Energie !!!

Übersicht

1. Was sind 12,8 EJ?
2. Primär- /Sek.- und Endenergie
3. Beispiele für Energieverschwendung
4. Erneuerbare Energiequellen

1. Was sind 12,8 EJ?

- E ist ein Einheitenvorsatz und steht für 10^{18}
- Es gibt auch:
 - K für Kilo
 - M für Mega
 - G für Giga
 - T für Tera
 - P für Peta
- Weitere Vorsätze siehe Handout

Doch was ist ein J?

- J steht für Joule und ist die Grundeinheit für die physikalische Größe Energie.

Um einen Körper, auf den die Gewichtskraft ein Newton wirkt ($m \approx 0,1 \text{ kg}$) um einen Meter hoch zu heben, benötigt man die Energie ein Joule

- Deshalb: $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
- Es gibt auch:
 - SKE für Steinkohleeinheiten
 - kWh für Kilowattstunden
 - cal für Kalorien usw.
- Umrechnungen siehe Handout

Was ***begreift*** der Mensch?

● Energie in einem Liter Heizöl/Kraftstoff

- etwa 10 kWh Heizenergie
- entspricht in etwa der Energie in einem m³ Erdgas

● Begreifen wir es wirklich?

- Schätzen Sie ab, wie hoch man ein Fahrzeug der Masse 1 t mit der Energie eines Liters Kraftstoff heben kann !

Dazu brauchen wir die Formel für die Höhenenergie: $E = m \cdot g \cdot h$

$$E = m \cdot g \cdot h \quad h = E / (m \cdot g) = 4 \cdot 10^7 \text{ J} / (1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 10 \text{ N/kg}) = 4 \text{ km}$$

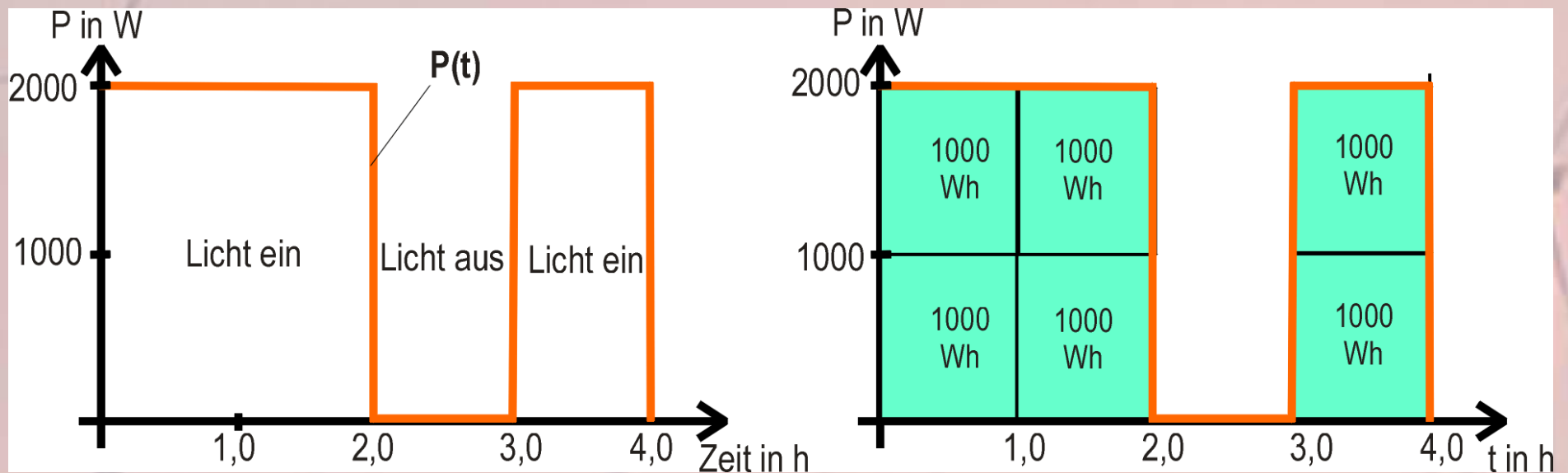
Aufgrund der Umwandlungsverluste im Verbrennungsmotor schafft man aber nur ca. 1,3 km.

- Wieviel Energie steckt in 5000l Öl?

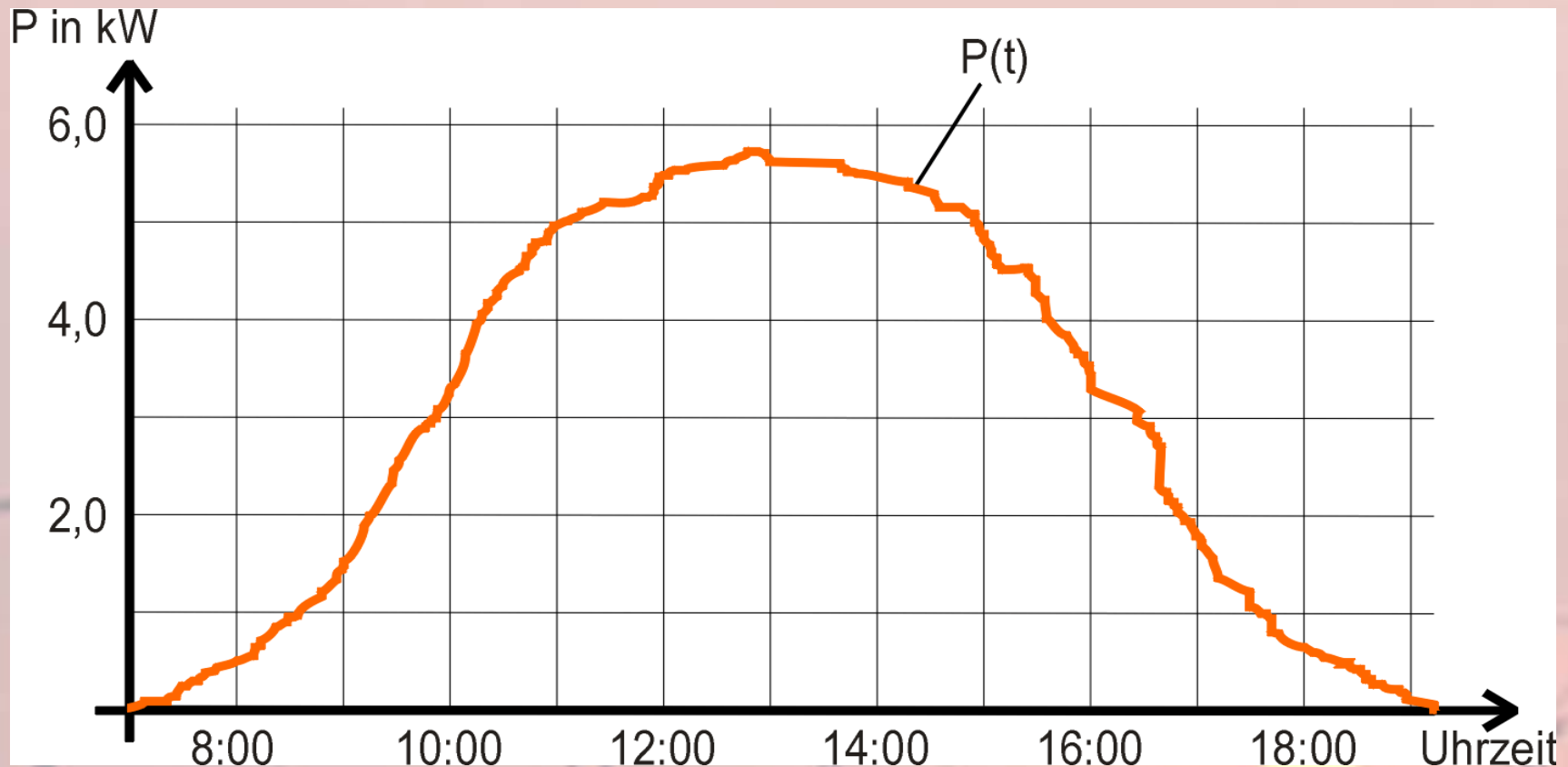
Soviel wie in der Jahresholzproduktion von ca. 8 ha Bergmischwald

Was ist Leistung?

- Genau! Arbeit pro Zeit: $P = W / t$ auch $P = E / t$
- Oder: $E = P \cdot t$
- deshalb: $[E] = \text{Wh}$ $[P] = \text{W}$
- t-P-Diagramm einer Saalbeleuchtung:

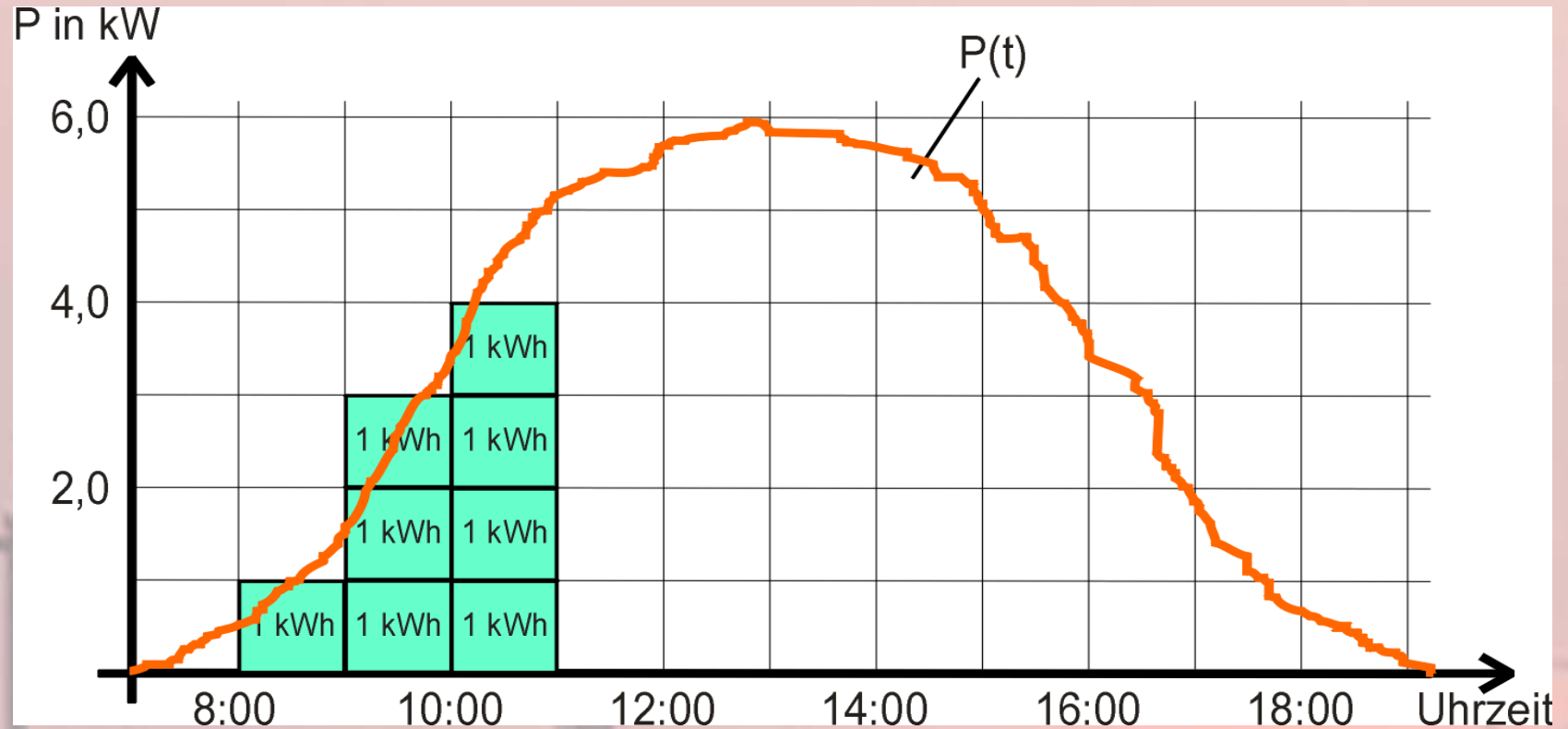


- Sie sehen das t-P Diagramm einer ca. 80 m² großen Photovoltaik-Anlage, aufgezeichnet an einem schönen Sonnentag



- Ermitteln Sie die Energie, die die PV-Anlage an einem Tag erzeugt hat.

- Energierectecke zu je 1 kWh zählen!

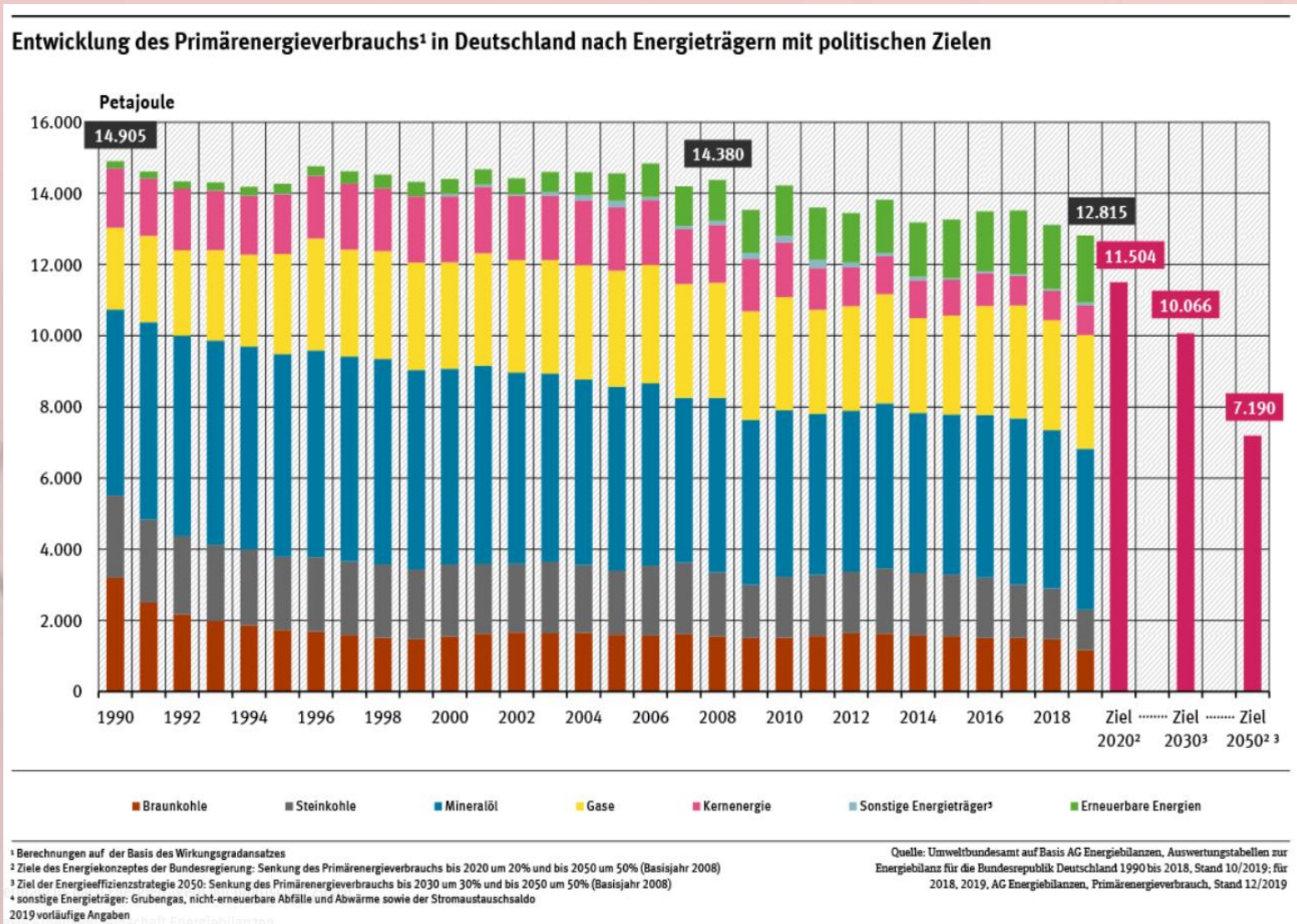


- Ergebnis:
Es werden ca. 38 bis 39 kWh pro Sonnentag erzeugt.

Was sind nun 12,8 EJ ?

- Der Primärenergieverbrauch 2019 in Deutschland !
- Wie sag ich´s einem Kinde?
- Wie lange wäre ein Zug der pro 20m Waggon 50t Steinkohle laden kann, damit er diese Energiemenge transportieren kann? Dazu braucht man die Tabelle auf S.1 des Handouts
- Da steht $1 \text{ kg SKE} = 29,3 \cdot 10^6 \text{ J}$
- Energie pro Waggon: $50\,000 \cdot 29,3 \cdot 10^6 \text{ J} = 1,47 \cdot 10^{12} \text{ J}$
- Anzahl der Waggonen: $(12,8 \cdot 10^{18} \text{ J}) / (1,47 \cdot 10^{12} \text{ J}) = 8,71 \cdot 10^6$
- Länge des Zuges: $8,71 \cdot 10^6 \cdot 20 \text{ m} = 174\,000 \text{ km}$
- Das wäre mehr als vier mal um die Erde!

Primärenergieverbrauch seit 1990-2019



Primärenergieverbrauch 2019?

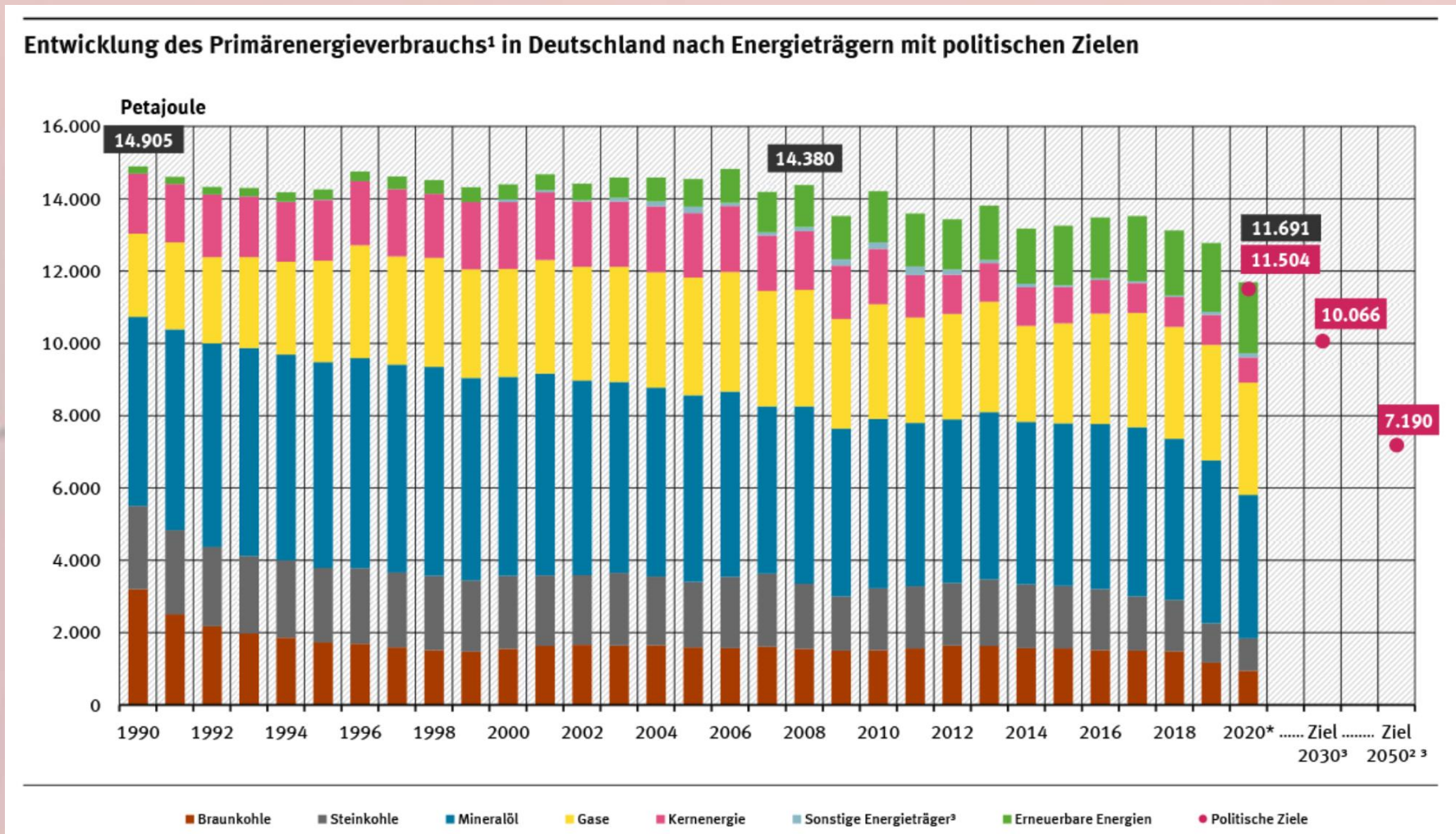
- 12,8 EJ (Quelle Umweltbundesamt)
- Änderung des Verbrauchs zw. 1990 u. 2019 in % ?

- $$PS = \frac{PEV\ 2019 - PEV\ 1990}{PEV\ 1990} = \frac{12,8\ EJ - 14,9\ EJ}{14,9\ EJ} = -14,1\ \%$$

- Pro Jahr nur $(14,1 / 30)\ \% = 0,47\ \%$ Reduktion!

Primärenergieverbrauch 2020

- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/>

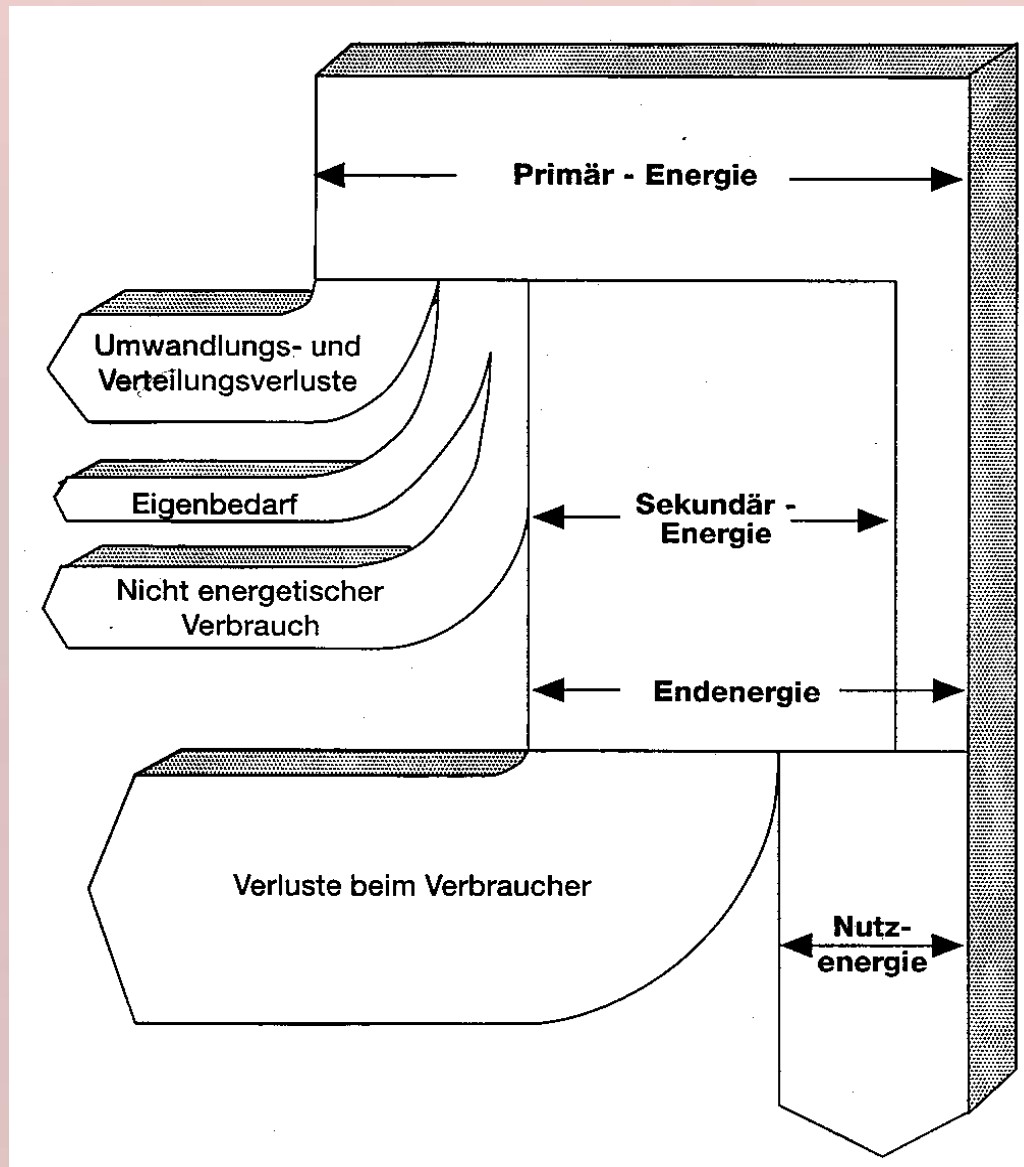


2. Primär- /Sek.- und Endenergie

- Eine Diesellok verbraucht für 10km Strecke 50 kWh an Dieselkraftstoff, eine Elektrolok nur 20 kWh
- Ist die Elektrolok effektiver?
- Nein, da bei der Stromerzeugung ein Großteil der Energie im Kraftwerk verloren geht!

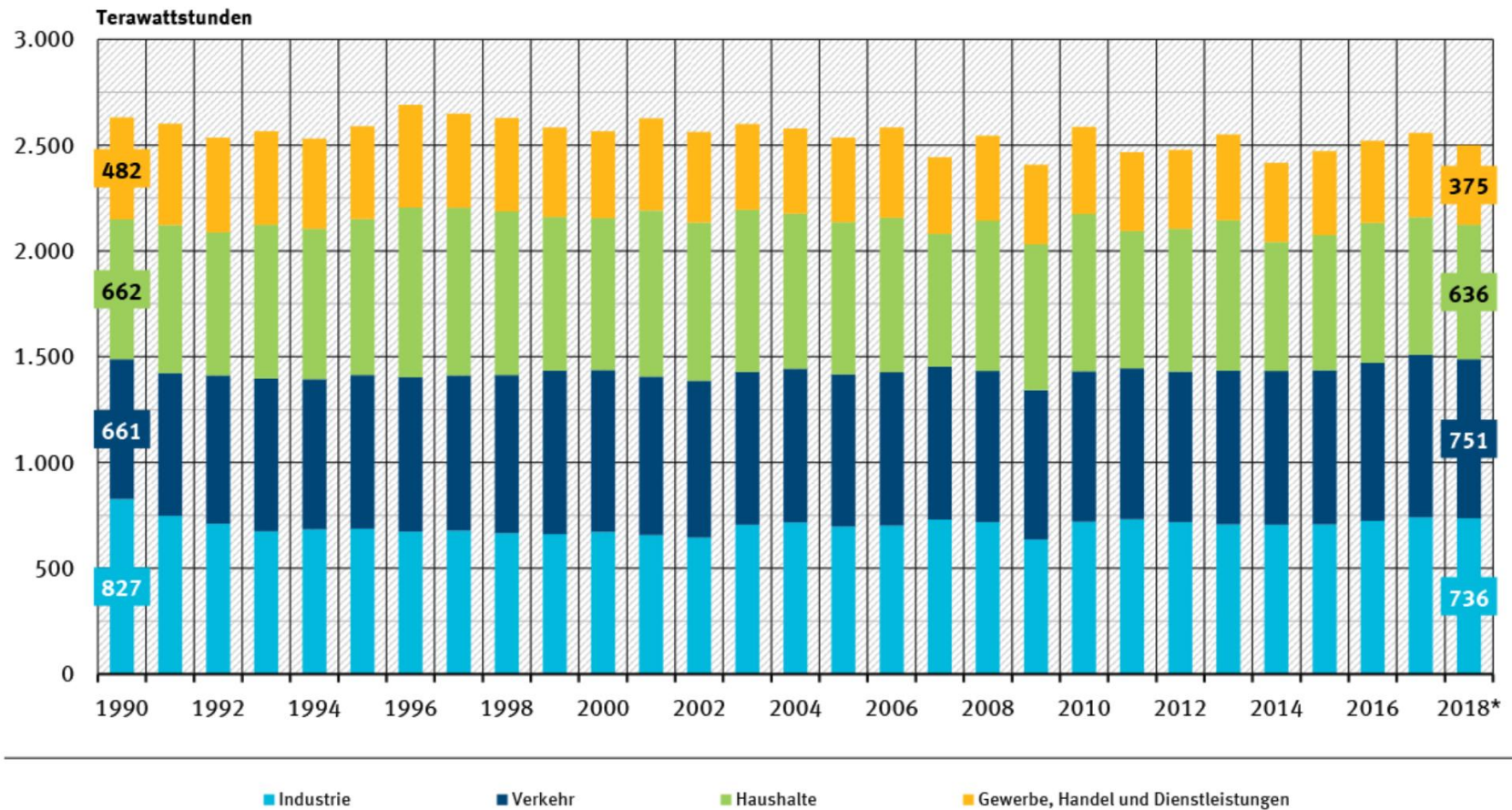


Von der Primär- zu Nutzenergie



Endenergieverbrauch 1990-2019

Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren



* vorläufige Angaben

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2018, Stand 10/2019

Der Wirkungsgrad

Einen Wirkungsgrad kann man für alle Maschinen, Geräte und auch Pflanzen definieren, die eine Energieform in eine andere umwandeln.

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{Nutzenergie}}{\text{Zugeführte Energiemenge}}$$

Energiewandler	Energieform1	Energieform2	Wirkungsgrad
Dieselmotor	Chemische Energie	Bewegungsenergie	25 - 35%
Glühbirne	Elektrische Energie	Lichtenergie	3 - 5 %
Si-Photovoltaikzelle	Sonnenstrahlung	Elektrische Energie	15-22%
Atomkraftwerk	Kernenergie	Elektrische Energie	ca. 30%
Photosynthese	Sonnenstrahlung	Biomasse	1 - 2%

3. Beispiele für Energieverschwendung

A Semmeln holen mit dem SUV

- Verbrauch im kalten Zustand: ca. 20 l/100km, für 5 km also einen Liter Kraftstoff, entspricht einer Energie von 10 kWh
- Ein Radler braucht für 5 km etwa eine Viertel Stunde
Bei einer Tretleistung von ca. 80 W verbraucht er die Energie:
$$E = 80 \text{ W} \cdot 0,25 \text{ h} = 20 \text{ Wh} = 0,020 \text{ kWh}$$
- Der SUV braucht also etwa 500 mal soviel Energie, wie der Radler

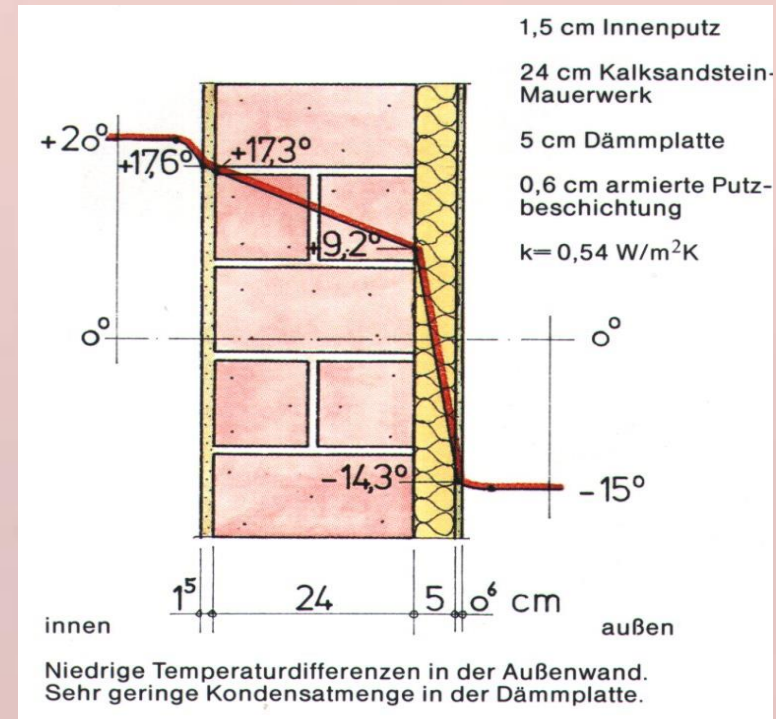
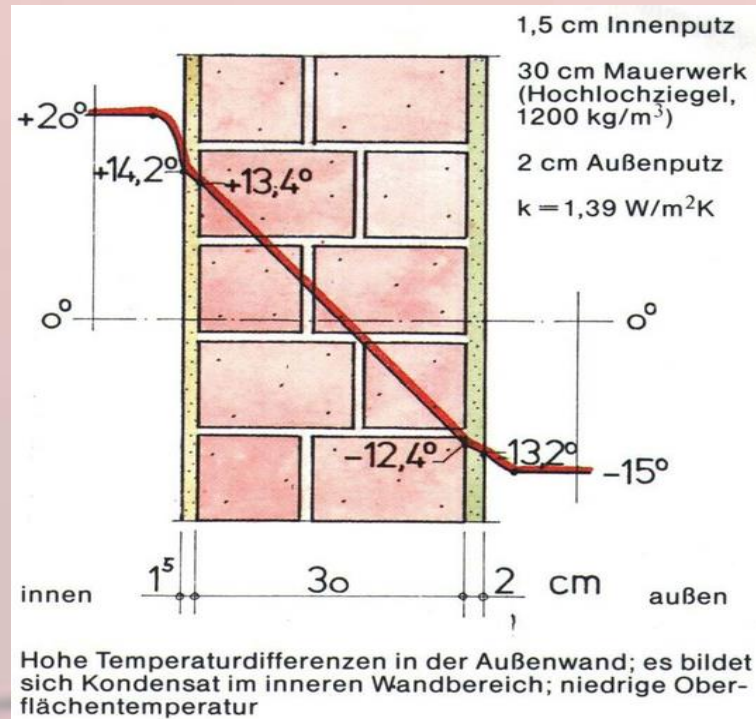
B Über den Wolken ...

- Balance-Bericht 2019 (über das Jahr 2018) der Lufthansa:
Durchschnittlicher spezifischer Verbrauch im ...
 - ... Passagierverkehr: 3,65 l pro 100 Personenkilometer:
 - ... Frachttransport: 213 g pro Frachttonnenkilometer:
- **Wie hoch ist der anteilmäßige Verbrauch einer vierköpfigen Familie für MUC – LAX (Entfernung ca. 10000 km) u. zurück?**
 - > $3,65 \text{ l} \cdot 100 \cdot 4 \cdot 2 = 2920 \text{ l} \sim 3000 \text{ l}$
- **Wie weit muss ein Frachtstück geflogen werden, bis für seinen Transport eine Menge Kerosin verbrannt wurde, die die selbe Masse besitzt wie das Frachtstück?**
 - > $s = 1000 \text{ kg} / (0,213 \text{ kg/km}) = 4695 \text{ km} \sim 4700 \text{ km}$
 - > Bei Personen: $\sim 2000 \text{ km}$ (Lang- und Mittelstrecke), $\sim 1200 \text{ km}$ (Kurzstr.)

C Wärmeverlust durch Wände und Fenster

- Fast 30% der Endenergie werden für Raumwärme verschwendet
- Vollwärmeschutz und Fenstertausch bei Altbauten wichtig !
- Bei schlechten Wänden ($u\text{-}W. \sim 1,0$) kann mit Invest.-kosten von ca. 2 € eine kWh pro Jahr gespart werden.
- Mit der selben Investition kann mit einer PV-Anlage etwa eine kWh Strom pro Jahr erzeugt werden.

Vollwärmeschutz



- Spart Energie und verbessert die Behaglichkeit
- Faustregel für den Ölverbrauch in Litern in unseren Breiten:

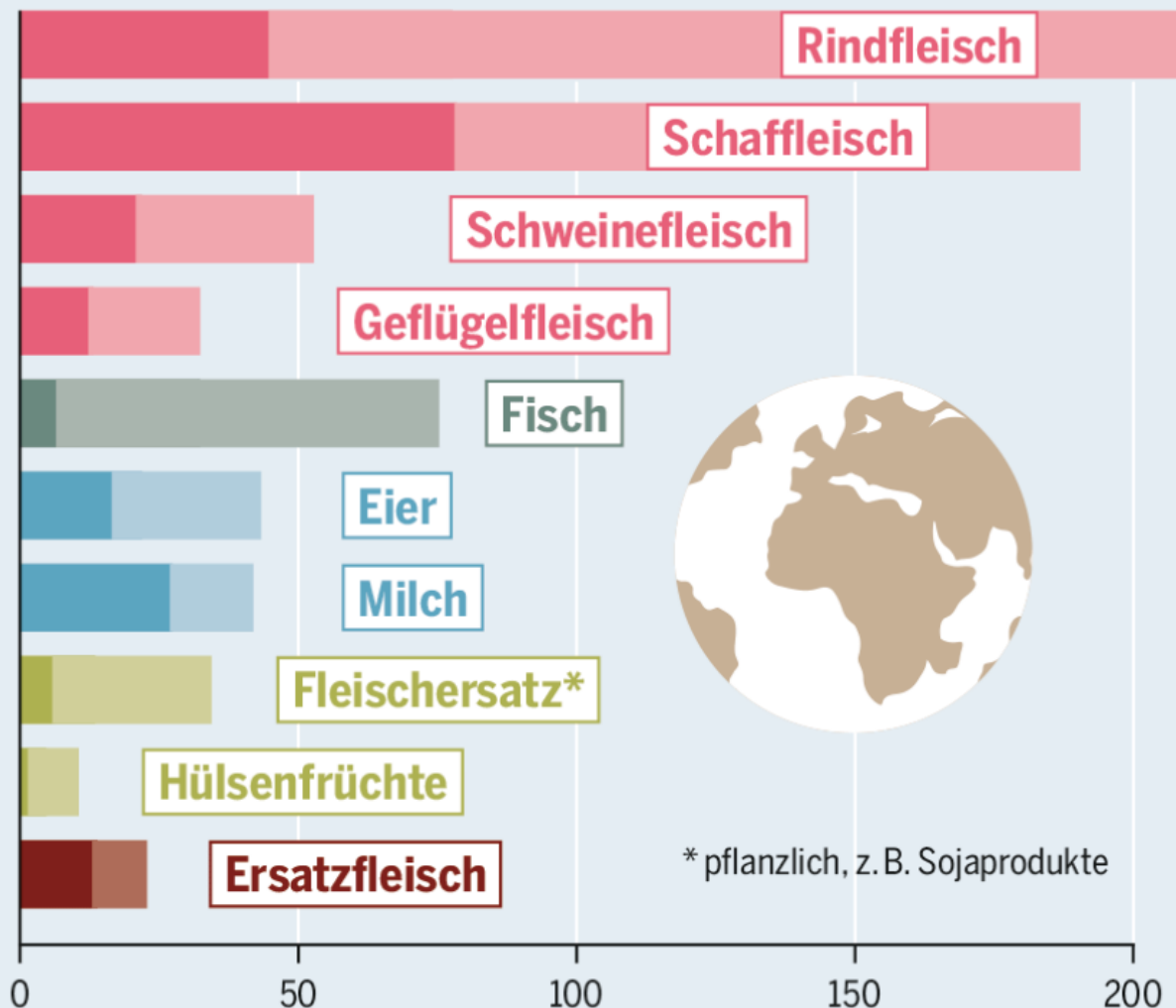
$$u\text{-Wert} \times \text{Fläche in m}^2 \times 10 \quad \text{pro Jahr}$$
- Diskussion darüber oft mit falschen Argumenten

D Fleischproduktion verschwendet Energie und Natur

- Eiwei
- Aus
- Rind
- Ries
- We

BIOTECH GEGEN ERDERWÄRMUNG

Bandbreite der Klimabelastung durch Nahrungsmittel,
Kilogramm Kohlendioxid-Äquivalent pro Kilogramm Protein



FLEISCHATLAS 2018 / TUOMISTO ET AL.

Brasilien brennt

Seit Wochen toben bereits Brände im brasilianischen Pantanal, mehr als ein Fünftel des weltgrößten Binnenfeuchtgebiets ist bereits zerstört. Den Präsidenten scheint das kaum zu kümmern.

Von Tobias Käufer
und Martina Farmbauer

Eine gewisse Ironie ist kaum zu leugnen: Ausgerechnet Brasiliens Präsident Jair Bolsonaro, der die massiven Waldbrände in seinem Land immer wieder herunterspielt, kann mit seinem Flugzeug nicht landen – wegen des Rauchs der Waldbrände. Aber deshalb Einsicht beim Staatsoberhaupt? Fehlansage. „In diesem Fall war die Sicht nicht sehr gut“, sagt Bolsonaro lediglich, nachdem es mit dem Landeanflug auf die Stadt Sinop am Freitag im zweiten Versuch dann doch noch geklappt hat. Heute soll er nun als einer der ersten Redner die UN-Generalversammlung eröffnen – und wird sich wohl auch dann wieder jede Kritik an seiner Umweltpolitik verbitten.

Vorwürfe aus dem Ausland weist der Präsident mit dem Hinweis zurück, die Konkurrenz sei eben interessiert daran, das brasilianische Agrargeschäft anzugreifen. Kanzlerin Angela Merkel hatte sich auch angesichts der anhaltenden Abholzung des Regenwalds skeptisch gegenüber dem Handelsvertrag zwischen EU und dem südamerikanischen Staatenbund Mercosur geäußert. Auch Frankreich widersetzt sich dem.

Die Handelsbilanz für die brasilianische Agrarindustrie verzeichnete von Januar bis August 2020 einen Rekordüberschuss von 61,5 Milliarden US-Dollar. Das berichtete am Wochenende das Magazin „Istoe“ unter Berufung auf das Wirtschaftsministerium. Brasiliens Agrar-Business wächst und gedeiht und verschafft dem Land inmitten der Corona-Pandemie eine vergleichsweise wirtschaftliche Stabilität, von der die Nachbarn wie Argentinien (Fleischexport, Erdgas) im Süden oder Venezuela (Erdöl) im Norden weit entfernt sind, die ebenfalls auf klimafeindliche Exportprodukte setzen, aber von der internationalen Kritik weitgehend verschont bleiben.

Vor allem aber versetzt es die Regierung um Bolsonaro bislang in die Lage, die monatlichen Hilfen in Höhe von 600 Real (umgerechnet 100 Euro) an die einkom-



Ein Freiwilliger versucht, ein Feuer auf der Transpantaneira-Straße in den Feuchtgebieten des Pantanal zu löschen. Die Zahl der Brände im größten tropischen Feuchtgebiet der Welt hat sich nach Angaben eines staatlichen Instituts in der ersten Hälfte des Jahres 2020 im Vergleich zum Vorjahreszeitraum mehr als verdoppelt. – Foto: Penner, dpa

menschswachen Bevölkerungsschichten zu zahlen. Das wiederum sorgt dafür, dass der Rechtspopulist laut aktuellen Umfragen derzeit als Favorit in eine Präsidentschaftswahl 2022 gehen würde. Für Brasilien ist das Agrar-Geschäft eine ähnlich wichtige Schlüsselindustrie wie für Deutschland die Auto-Industrie. Das ist die eine Seite der Medaille.

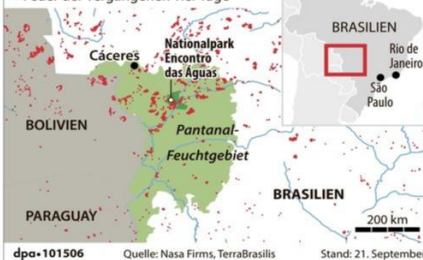
Rund 15 000 Brandherde seit Jahresbeginn

Die andere Seite sind die Berichte über die verheerenden Großfeuer in Brasilien. Besonders betroffen ist das Pantanal, eines der größten Binnenland-Feuchtgebiete der Erde und Unesco-Weltnaturerbe. Die Feuer zerstören derzeit nicht nur die Vegetation, sondern auch besonders viele seltene und gefährdete Tierarten wie den Jaguar, der zum Symbol des Lands in der Region geworden ist. Über das Ausmaß der Brände gibt es widersprüchliche Angaben: Als verlässlich gilt, dass seit Jahresbeginn rund 15 000 Brandherde registriert wurden, das ist dreimal mehr als im gleichen Zeitraum 2019.

Waldbrände in Brasilien hat es in den letzten Jahren immer gegeben, doch diesmal sind sie so groß

Brände in Brasilien

• Feuer der vergangenen vier Tage



Mindestens zehn Prozent des Pantanal-Feuchtgebiets haben die Brände schon zerstört. Die Rauchwolken ziehen Tausende Kilometer durch Brasilien bis in die Metropolen Rio de Janeiro und São Paulo. Präsident Jair Bolsonaro (r.) spielt die Probleme aber weiter hartnäckig herunter. – Foto: Santos, dpa



und außer Kontrolle, dass selbst die Brasilianer über das Ausmaß erschrocken sind. Mindestens zehn Prozent des Pantanal sind bereits zerstört, das entspricht in etwa der Größe Israels. Die langfristigen Folgen für das Ökosystem sind unabsehbar. Zudem versucht die brasilianische Regierung gezielt, das wahre Ausmaß der ökologischen Katastrophen zu verschleiern.

Umweltschützer werfen der Regierung Bolsonaro vor, bei dem perfiden Spiel von Brandstiftung und anschließender Landnut-

zung nicht nur tatenlos zuzuschauen, sondern diese Art der „Landgewinnung“ auch noch aktiv durch Unterlassung zu unterstützen. „Brasilien erlebt eine ständige Zunahme der Gewalt gegen Indigene, die von Agrobusiness, Bergbau und Holzindustrie ausgeht. Während der Pandemie haben sich die Spannungen noch verschärft“, sagt Juliana Miyazaki, Referentin bei der Gesellschaft für bedrohte Völker.

Tatsächlich hat die Regierung in Brasília Gelder für die Umweltschutzbehörden massiv gekürzt, illegale

Holzfäller oder Goldgräber fühlen sich durch das Desinteresse der Bolsonaro-Regierung am Umweltschutz ermächtigt, auf eigene Faust zu agieren. Nicht selten folgt auf Waldbrände in einer Region die anschließende Nutzung des Arealen durch die Agrar-Industrie.

Die Kritik an diesem jahrzehntealten System, das sich unter Bolsonaro noch einmal verstärkt hat, kommt vor allem aus Europa. Mit Blick auf das geplante EU-Mercosur-Handelsabkommen heißt es aus Brüssel oder Berlin, dass eine

Ratifizierung unter den aktuellen Umständen nicht möglich sei. Brasilien müsse einen erkennbaren Willen zum Umweltschutz und zum Erhalt des Regenwalds leisten.

Anna Cavazzini, handelspolitische Sprecherin der Grünen im Europäischen Parlament, kritisiert das brasilianische System stellvertretend für viele Nichtregierungsorganisationen (NGO): „Brände verwüsten in Rekordtempo den Regenwald, und die Abholzung geht ohne jede Kontrolle weiter. Die EU hat viel zu lange tatenlos zugesehen. Die Entscheidungen, die hier getroffen werden, von der Handelspolitik bis hin zu unserem Konsumverhalten, haben einen enormen Einfluss auf das Amazonasgebiet.“

Forderung nach Stopp des Freihandelsabkommens

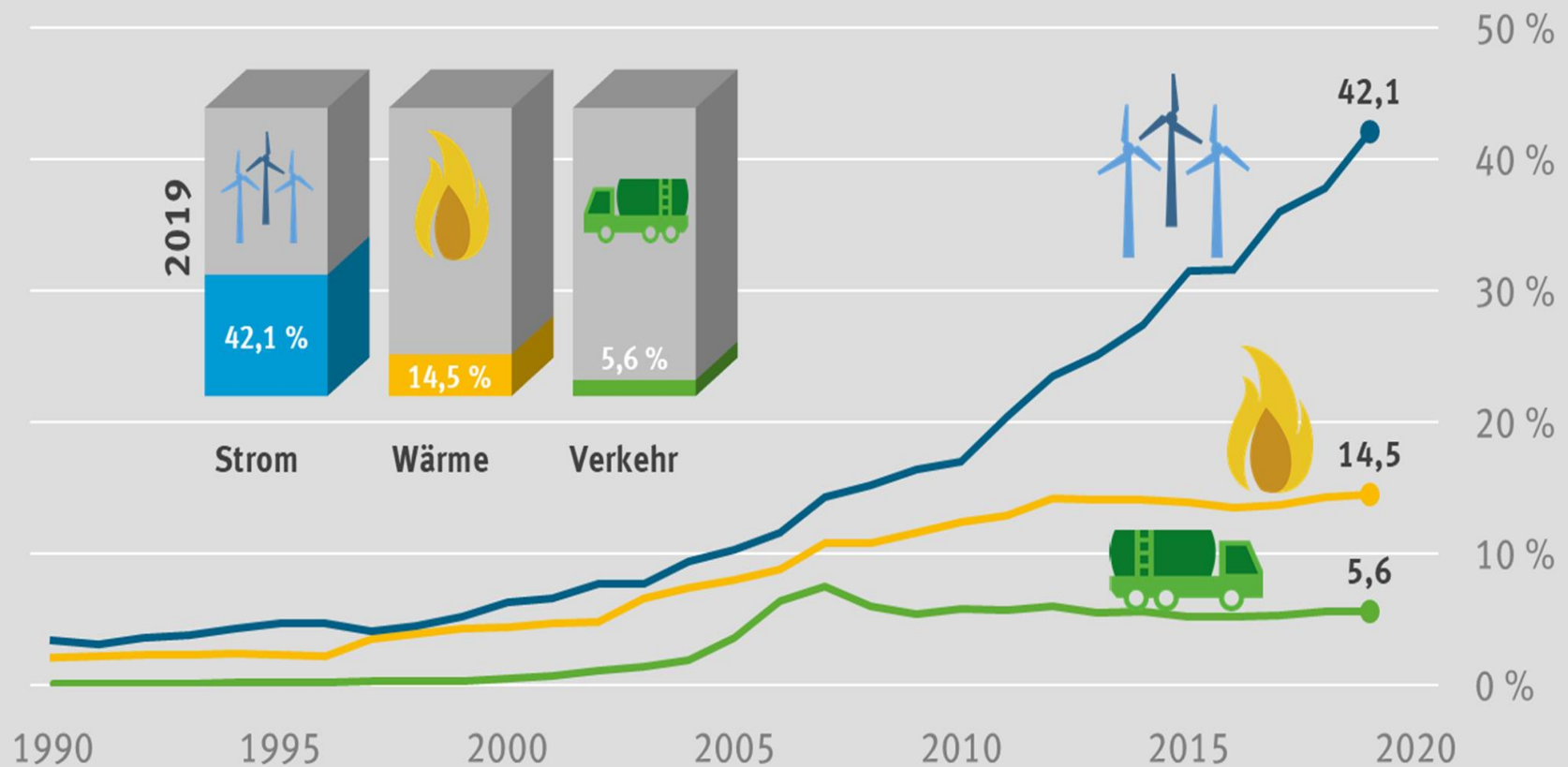
Cavazzinis Kritik mündet in einer Forderung, die sich auf die europäische Perspektive beschränkt: „Wir brauchen zwingend entwaldungsfreie Lieferketten und den endgültigen Stopp des EU-Mercosur-Freihandelsabkommens. Das Abkommen ist nicht ausreichend an den Erhalt der Wälder und die Erfüllung des Pariser Klimaabkommens geknüpft, ganz im Gegenteil: Es zementiert ein Wirtschaftsmodell, das nicht nachhaltig ist – und das sehr deutlich die Entwaldung in den Mercosur-Ländern vorantreiben wird.“ Das Dilemma: Eine wirklich überzeugende Alternative, wie Brasilien die Milliarden-Einnahmen aus der Agrar-Industrie ersetzen soll, mit denen das eigene Überleben sichergestellt wird, gibt es bislang nicht. Und Brasilien schaut sich längst nach alternativen Partnern um – in Indien, Russland und China.

Bolsonaro verweist darauf, dass die aktuelle europäische Landwirtschaft ebenfalls auf Flächen produziert, die früher einmal bewaldet waren. In seiner gewohnt populistischen Art fasst er zusammen: Länder, die Brasilien kritisierten, haben ja selbst schon alles niedergebrannt. Bolsonaro nutzt die internationale Kritik, um sich als Opfer einer neokolonialen Politik Europas zu inszenieren, mit der Europa Brasilien die Entscheidungshoheit über den Amazonas wegnehmen wolle. „Je mehr sie uns angreifen, desto besser“, sagte er am Wochenende – wohl wissend, dass er damit den brasilianischen Nationalismus gezielt anspricht. Das hilft zwar nicht dem Klima, aber seiner Wiederwahl. – pnp/dpa

4. Erneuerbare Energiequellen

Wieviel Prozent der Endenergie
in Deutschland
wird **regenerativ** erzeugt?

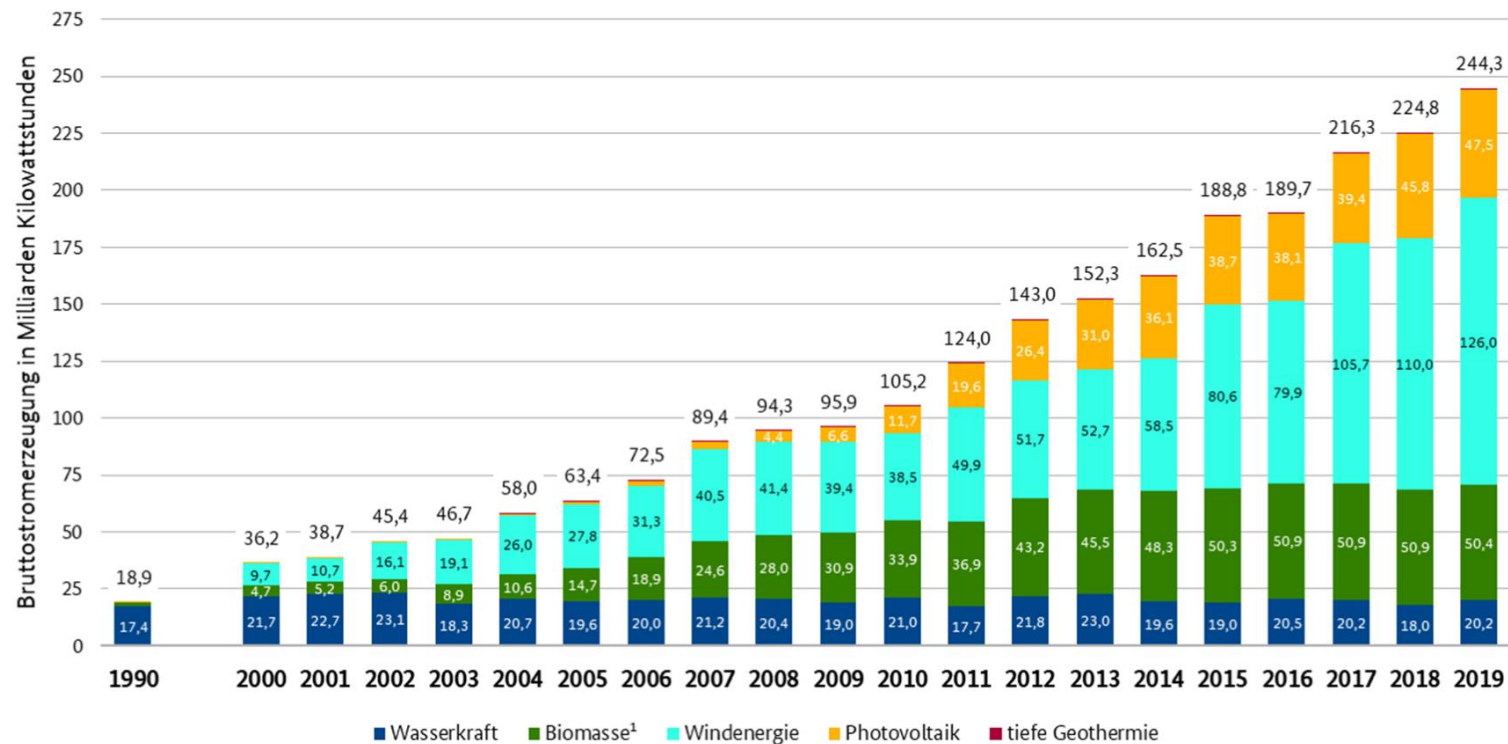
Erneuerbare Energien: Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr



Quelle: Umweltbundesamt 2020: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/bilder/anteile_agee-stat.png



Entwicklung der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland



¹ inkl. feste, flüssige und gasförmige Biomasse, Klärschlamm
sowie dem biogenen Anteil des Abfalls (in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 % angesetzt, ab 2008 nur Siedlungsabfälle)

BMWi auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Stand: Februar 2020

Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Stand: Feb. 2020

<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Erneuerbare-Energien/erneuerbare-energien-auf-einen-blick,did=645884.html>

Warum die EVUs regenerative Energie nicht mögen

- In der Tabelle unten stehen die 2006 install. Gesamtleistungen
 - aller deutschen Kernkraftwerke
 - aller deutschen Windkraftwerke
- Welche Energiemenge erwarten Sie jeweils? Dazu einfach gemäß $E = P \cdot t$ (HW: 1 Jahr = 8760 Std.) berechnen

	Anzahl Anlagen	install. Leistung	erz. el. Energie
Kernkraft	17	21,4 GW	167 TWh
Windkraft	18422	20,6 GW	30,5 TWh

- Berechnen Sie die Anzahl der Volllaststunden, indem Sie die erzeugte Energie durch die install. Leistung teilen!

	install. Leistung P	erz. Energie E_{el}	E_{el}/P
Kernkraft (brutto)	21,4 GW	167 TWh	7803 h
Windkraft	20,6 GW	30,5 TWh	1481 h

Situation 2006

	Anzahl Anlagen	install. Leistung	erz. el. Energie
Kernkraft	17	21,4 GW	167 TWh (brutto)
Windkraft	18422	20,6 GW	30,5 TWh

Situation 2016

	Anzahl Anlagen	install. Leistung	erz. el. Energie
Kernkraft	8,5	11,4 GW	91,8 TWh (brutto)
Windkraft	26772	41,6 GW	86,0 TWh

Situation 2019

	Anzahl Anlagen	install. Leistung	erz. el. Energie
Kernkraft	7	10,0 GW	75,0 TWh (brutto)
Windkraft	29456	53,9 GW	131,8 TWh

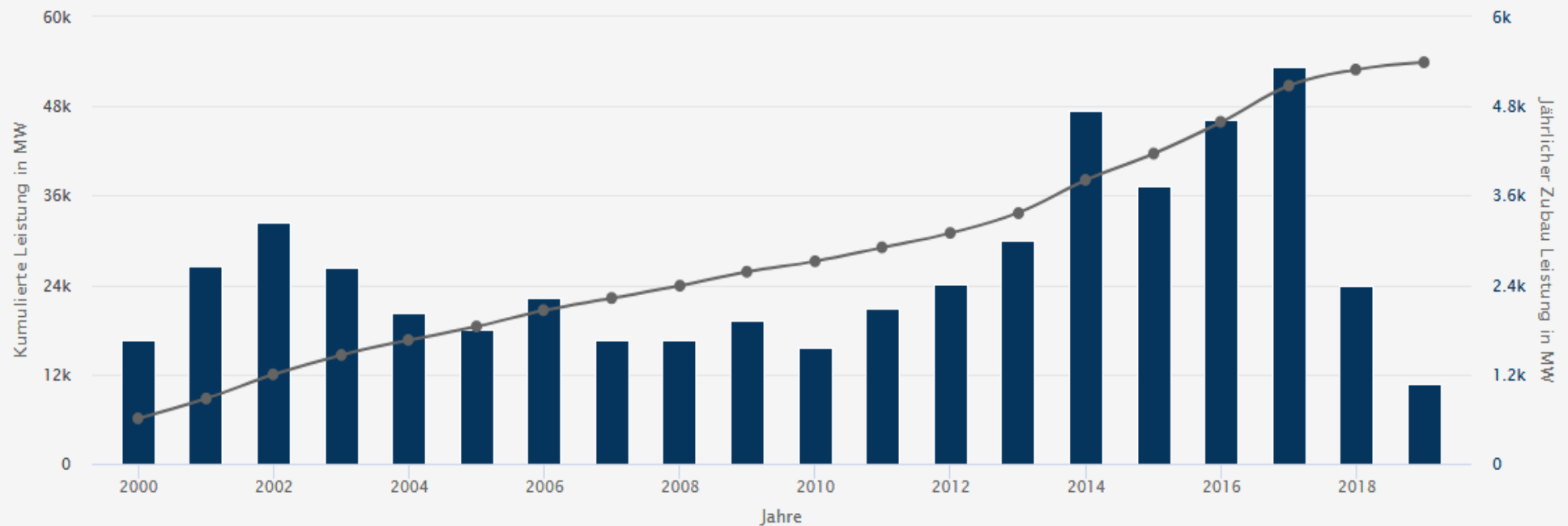
- Der Wind bläst leider nicht immer, manchmal aber sehr stark!
- Notwendigkeit von Speichern
- Aufbau eines leistungsstarken europäischen Netzes von vielen 1000 km Durchmesser

Die Entwicklung der Windenergie in D

Quelle: Bundesverband Windenergie e.V., 2020

Installierte Windenergieleistung in Deutschland

Stand: 31.12.2019



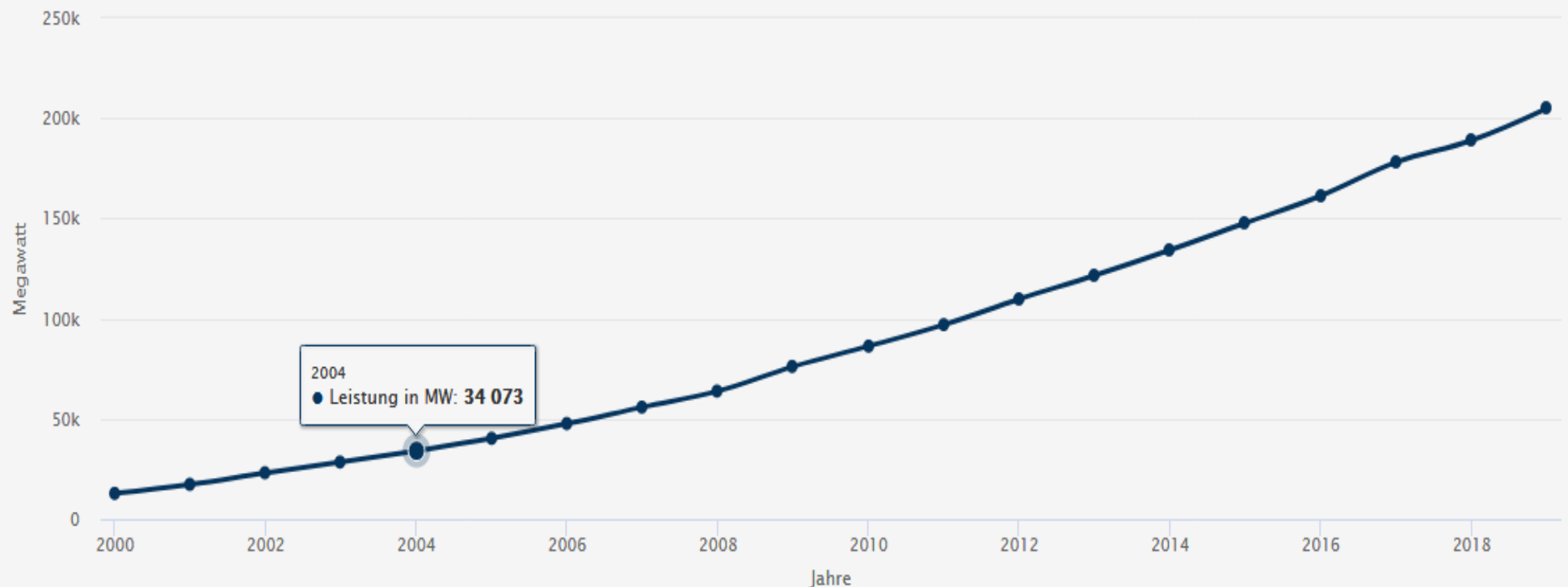
325 neue Onshore-Windenergieanlagen mit 1.078 MW Leistung wurden im Jahr 2019 neu installiert. Damit wuchs der Anlagenbestand auf insgesamt 29.456. Die installierte Gesamtleistung aus Onshore-Windenergie beträgt 53.912 MW.

Quelle: Deutsche Windguard GmbH

Ein Blick auf Windkraft in Europa

Europa: Entwicklung der installierten Leistung

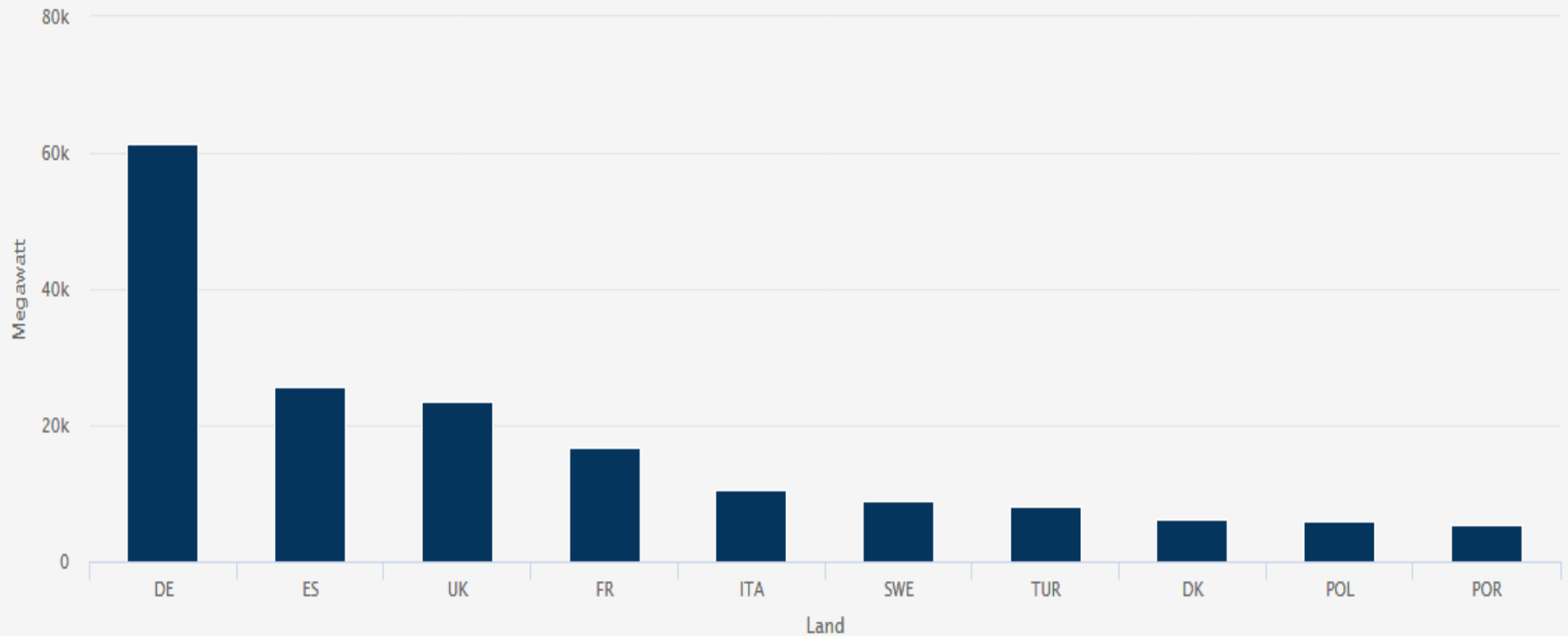
Stand: 31.12.2019



Ende 2019 waren in Europa 205 GW durch Windenergie installiert (Quelle: WindEurope)

Europa Top 10 Länder: Installierte Leistung 2019

Stand: 31.12.2019

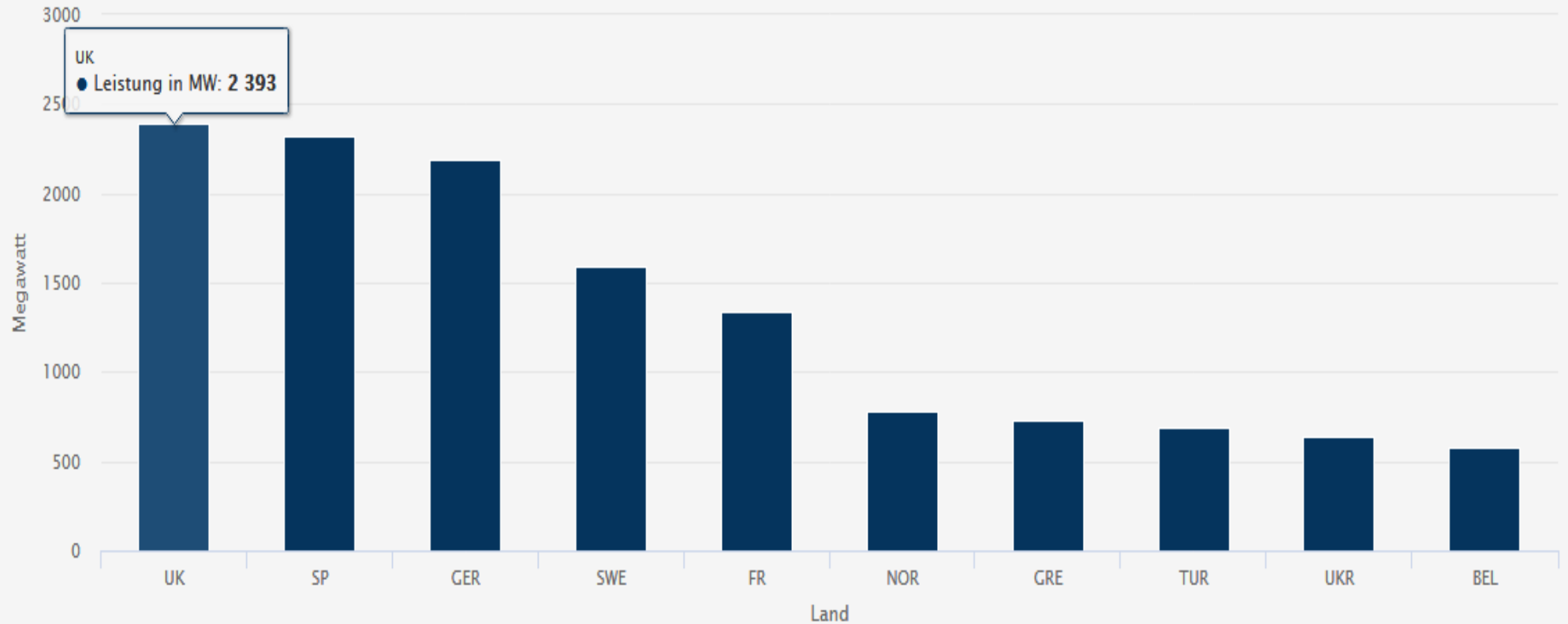


Deutschland bleibt mit 61.357 MW installierter Leistung weiter führend in Europa.

(Quelle: WindEurope)

Europa Top 10 Länder: Neubau in Megawatt 2019

Stand: 31.12.2019



2019 installierte Großbritannien mit 2.393 MW am meisten Windenergie, dicht gefolgt von Spanien mit 2.319 MW. Deutschland folgt auf Platz 3 mit 2.189 MW.

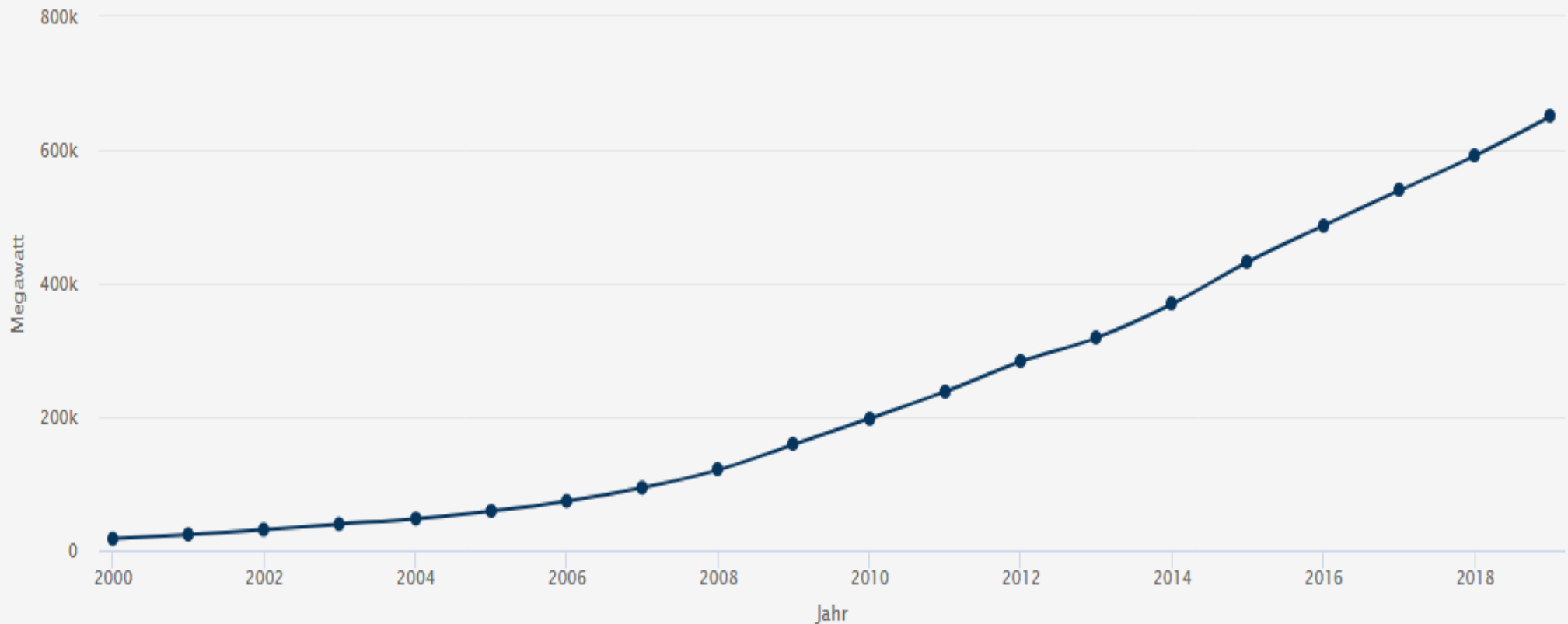
(Quelle: WindEurope)

Ein Blick in die Welt

Welt: Entwicklung der installierten Leistung bis 2019



Stand: 31.12.2019

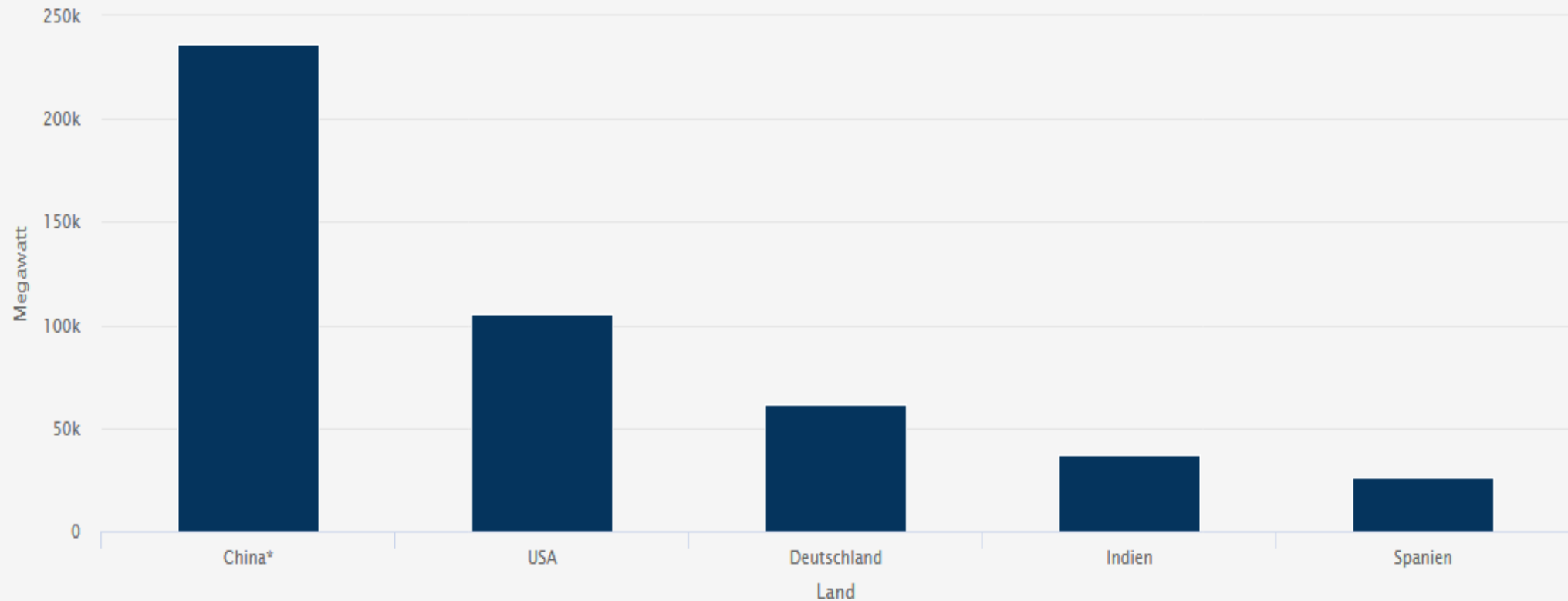


Ende 2019 waren weltweit 650.559 MW Leistung durch Windenergie (on & offshore) installiert.

Quelle: Bundesverband für Windenergie 2020

Welt Top 5 Länder: Installierte Leistung 2019

Stand: 31.12.2019



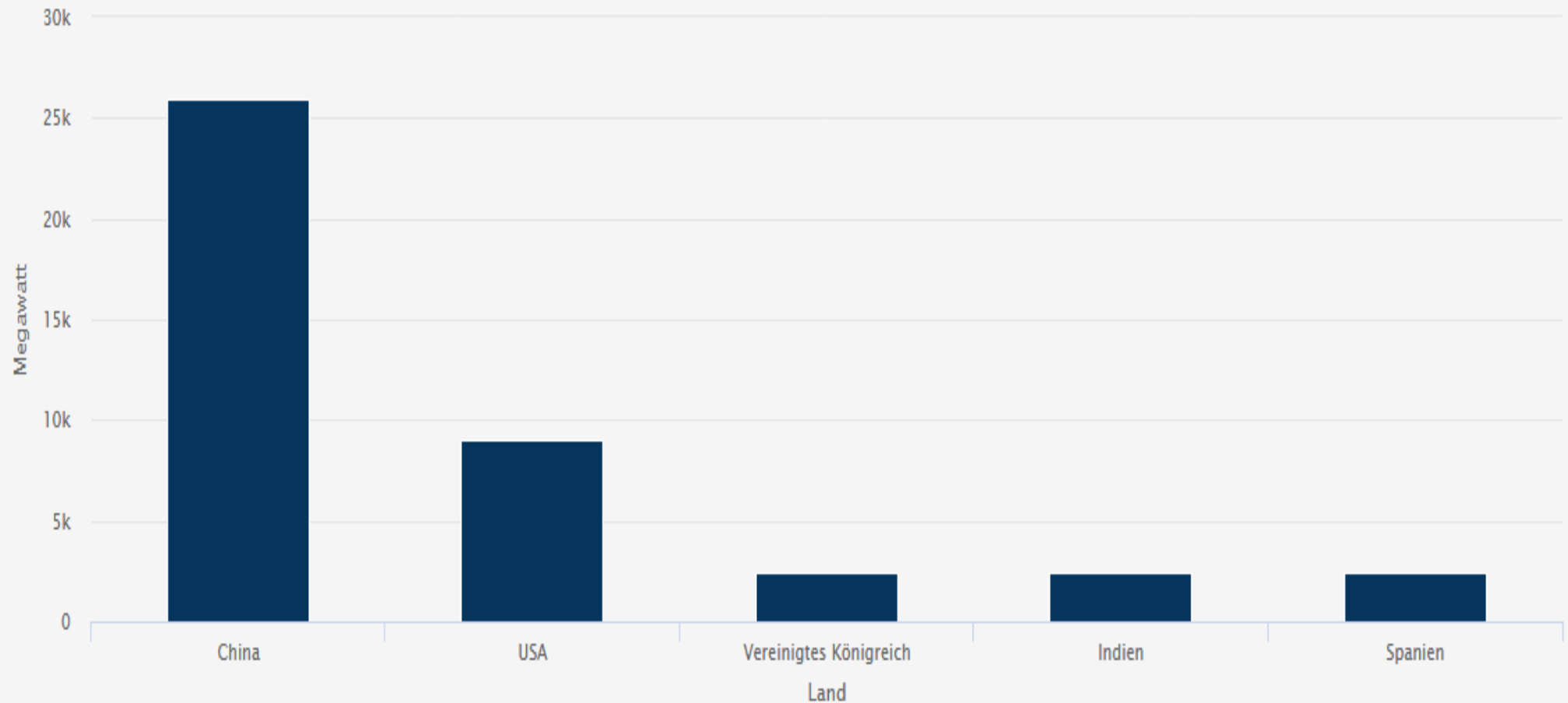
China führt weiterhin weltweit bei der insgesamt installierten Leistung, gefolgt von den USA und Deutschland auf Platz drei.

Quelle: Bundesverband für Windenergie 2020

Welt Top 5 Länder: Neubau in Megawatt 2019



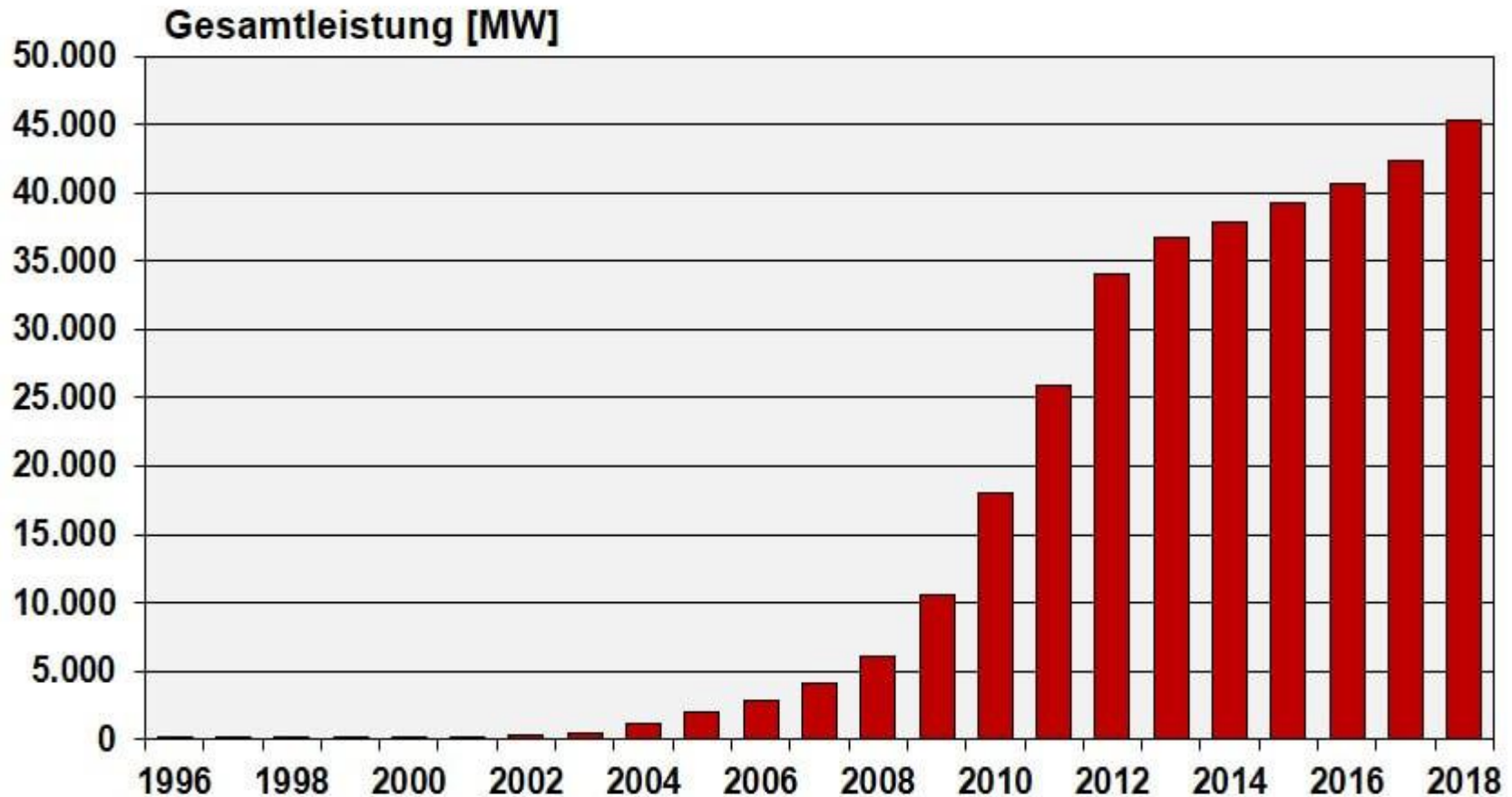
Stand: 31.12.2019



Quelle: Bundesverband für Windenergie 2020

Photovoltaik in Deutschland

Entwicklung der PV-Gesamtleistung in Deutschland

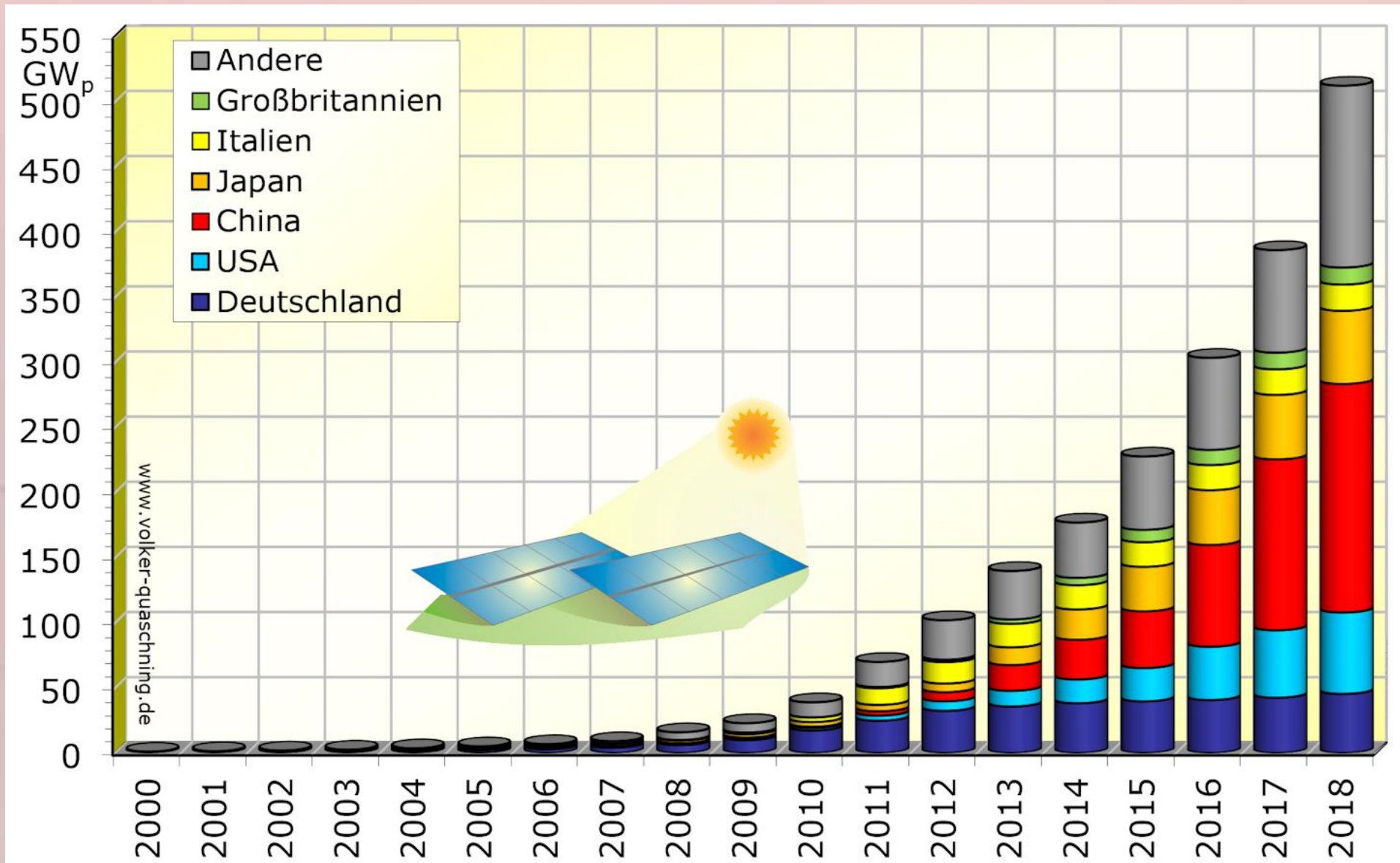


Quelle: IWR, Daten: BMWi / AGEE-Stat

© IWR, 2019

Quelle: BMWi 2019

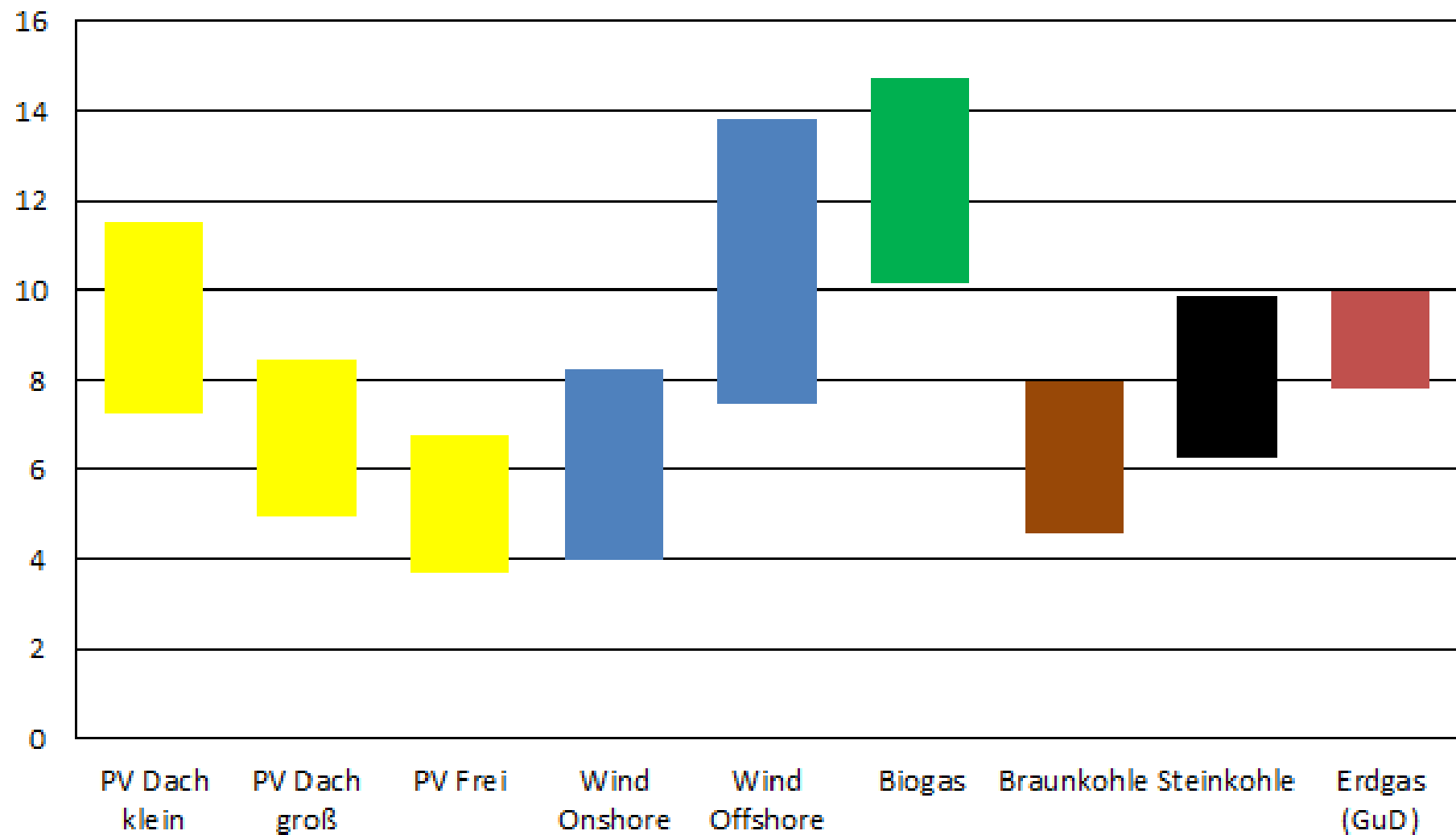
Photovoltaik, Entw. der weltweit install. Leistung

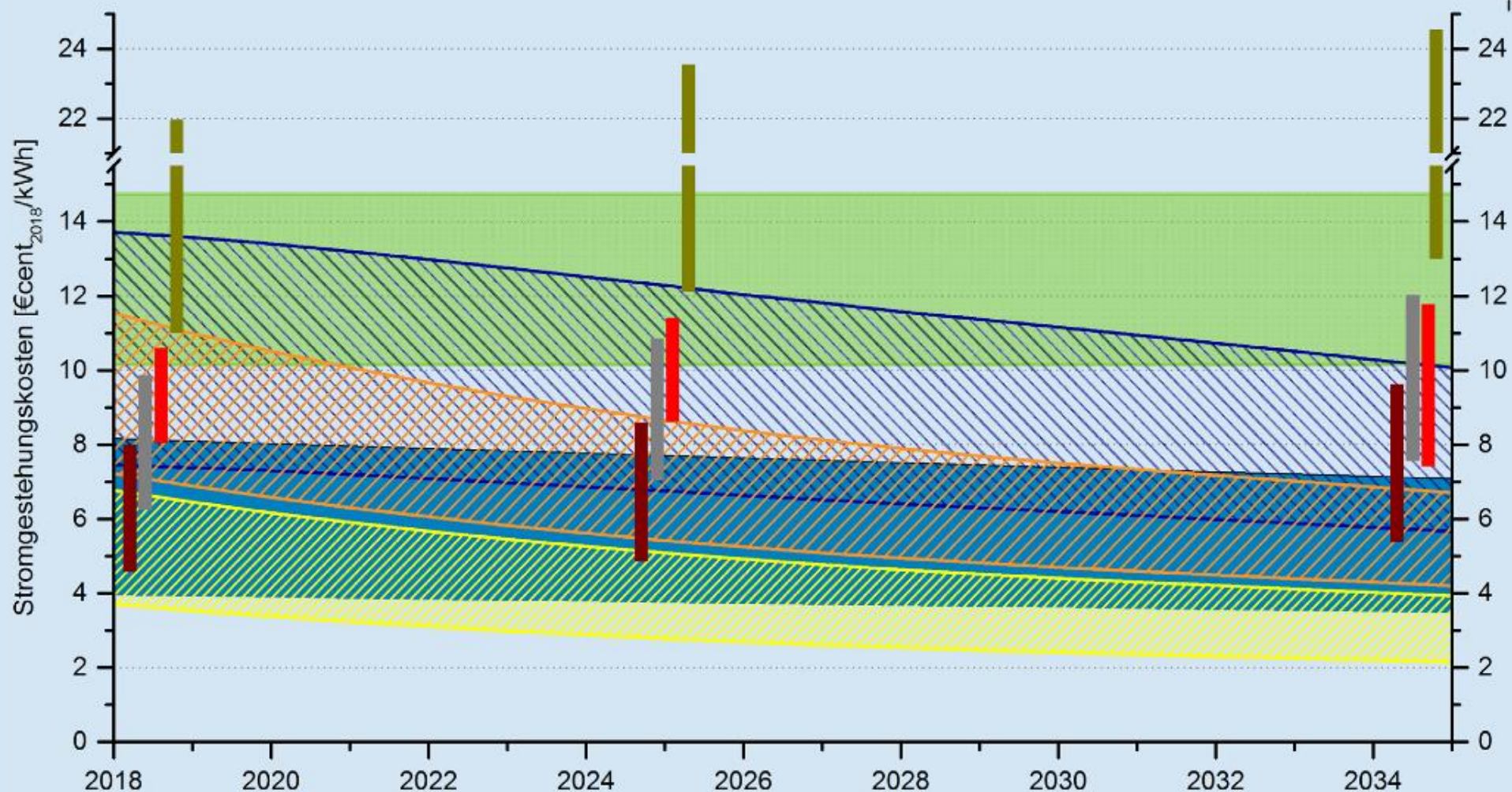


Quelle: www.Volker-Quaschnig-de 2020

Stromgestehungskosten in EuroCent/kWh

Quelle: Fraunhofer ISE; Deutschland März 2018





-  Photovoltaik: PV Dach klein bei GHI = 950-1300 kWh/(m²a), LR = 15%, mittlere Marktentwicklung
-  Photovoltaik: PV frei bei GHI = 950-1300 kWh/(m²a), LR = 15%, mittlere Marktentwicklung
-  Wind Onshore: VLS von 1800 bis 3200 h/a, LR = 5%, mittlere Marktentwicklung
-  Wind Offshore: VLS von 3200 bis 4500 h/a, LR = 5%, mittlere Marktentwicklung
-  Biogas: VLS von 5000 bis 7000 h/a
-  Braunkohle: Volllaststunden, Brennstoffkosten, Wirkungsgrad, CO₂ Preise abhängig von Betriebsjahr, vgl Tabelle 4-6
-  Steinkohle: Volllaststunden, Brennstoffkosten, Wirkungsgrad, CO₂ Preise abhängig von Betriebsjahr, vgl Tabelle 4-6
-  GuD: Volllaststunden, Brennstoffkosten, Wirkungsgrad, CO₂ Preise abhängig von Betriebsjahr, vgl Tabelle 4-6
-  Gasturbine: Volllaststunden, Brennstoffkosten, Wirkungsgrad, CO₂ Preise abhängig von Betriebsjahr, vgl Tabelle 4-6

Wächst das Benzin in Zukunft auf dem Acker?

- Pro m² und Jahr trifft in unseren Breiten etwa 1000 kWh Sonnenenergie
- Der Netto-Ertrag an Biodiesel pro ha Raps liegt bei ca. 38 GJ (11 hl)
- Berechne den Wirkungsgrad dieser Energieumwandlung !
- $\eta = (\text{chem. Energie im Biodiesel}) / (\text{dafür aufgewendete Sonnenenergie}) =$
 $= (38 \cdot 10^9 \text{ J}) / (10000 \cdot 1000 \cdot 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}) = 38 / (3,6 \cdot 10^4) = 0,00105 \approx 0,1\%$
- Eine moderne PV-Anlage erzeugt auf der gleichen Fläche die ca. 150-fache Menge an Energie

Hätten wir genügend Fläche?

- Landwirtschaftliche Nutzfläche in D 2019: 16,67 Mio ha (Qu.: Statista)
- Primärenergiebedarf in D 2019: 12,8 EJ
- Pro ha Raps ca. 38 GJ Ertrag an chem. Energie (Biodiesel)
- Berechnen Sie wieviel Fläche man bräuchte um den Primärenergiebedarf mit Biodiesel zu decken.
- Ergebnis: A = 337 Mio ha
- 20 mal soviel als für die gesamte LW zur Verfügung steht
- Auch wenn man nur die Erdölprodukte ersetzen wollte, bräuchte man mehr als die fünfache Gesamtagrarfläche

... und die Moral aus der Geschicht' ?

Biodiesel schafft kein rein Gewissen nicht !

Und trotz vieler Mglk. regenerativ Energie zu erzeugen gibt es keine Alternative zum sparsamen Umgang mit Energie!

