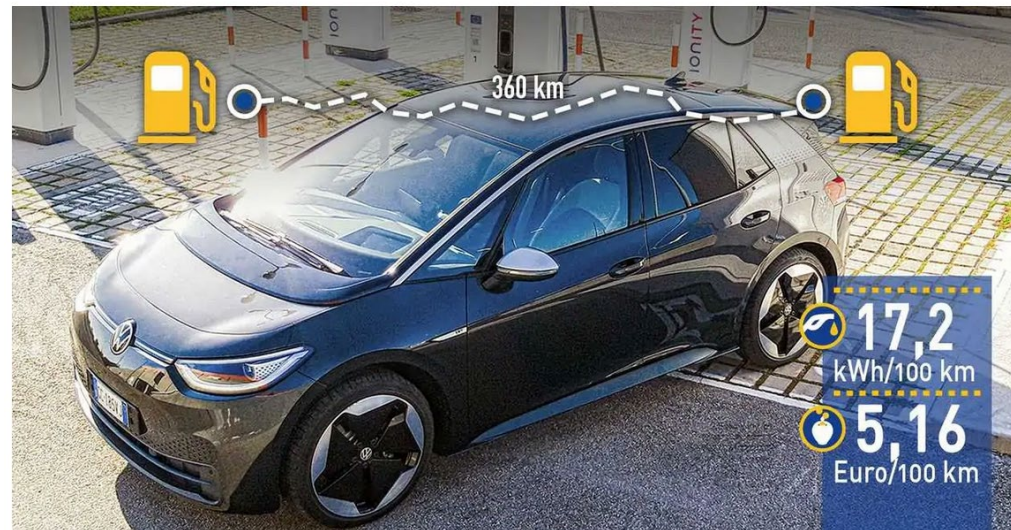


Exkurs „**Verzicht auf Verbrenner**“

- passend zum Thema Arbeit, Energie, Leistung sollen hier einige eigene Überlegungen zum Bedarf an elektrischer Energie bei einer **Energiewende** im Straßenverkehr in Deutschland durchgeführt werden
- ab 2030 wollen mehrere große Autohersteller keine Verbrenner (Diesel, Benziner) mehr anbieten, zur Zeit werden Elektroautos gehypt
- Stand der Technik (Mittelklasse) sind zur Zeit z.B. der ID.3 oder ID.4 von Volkswagen, rechts ein Test von motor1.de
- Probleme wie Ladezeiten, Akkugewicht und –kapazität (58 kWh), Reichweite (330, bzw 350 km) sind hier nicht das Thema
- es soll nur um den **Verbrauch** gehen (rechts): 17,2 kWh/100km (andere Quellen nennen auch 16,6 kWh pro 100 km)

Tatsächlicher Verbrauch: VW ID.3 im Reichweiten-Test



- angenommen, alle **PKWs in Deutschland** würden nun wirklich durch Elektro-Autos ersetzt werden?
- wie hoch wäre der dadurch verursachte zusätzliche Bedarf an „Strom“ (elektrischer Energie) – denn bisher wird dafür ja Öl verwendet?
- Kraftfahrtbundesamt: Ende 2020 waren in D über 47 Millionen Pkw zugelassen
- deren durchschnittliche Fahrleistung betrug 13.300 km pro Jahr, also 36,4 km pro Tag
- der durchschnittliche Energiebedarf eines e-PKW (pro Tag) ist also:

$$E = 36,4 \text{ km} * 17,3 \text{ kWh} / 100 \text{ km} = 6,3 \text{ kWh}$$

- das macht für Deutschland insgesamt (pro Tag):

$$E = 6,3 \text{ kWh} * 47 \cdot 10^6 = 2,96 \cdot 10^8 \text{ kWh} = 2,96 \cdot 10^8 \cdot 1000 \cdot 3600 \text{ J} = 1,07 \cdot 10^{15} \text{ J}$$

- nun fahren aber nicht nur **PKWs** mit Verbrennern (Benzin, Diesel)
- Kraftfahrtbundesamt: *Jahresfahrleistung* (Anzahl * Ø-km) nach Fahrzeugtypen
- wie man sieht, dominieren tatsächlich die PKW
- allerdings verbrauchen **LKW** auch deutlich mehr pro km
- berücksichtigen wir dort also zusätzlich noch den nächsten „umsatzstärksten“ Typen:
 - die Sattelzugmaschinen
 - der typische Verbrauch einer *modernen* Maschine beträgt laut Toll Collect ~ 33 l/100km
 - wir setzen daher 35 l/100km an

Jahresfahrleistung in 1.000 km nach Fahrzeugarten seit 2016		
Fahrzeugart	2016	2020
Krafträder	9.658.491	9.926.318
Personenkraftwagen	625.915.126	626.423.102
Lastkraftwagen bis 3,5 t zGM	45.340.704	53.028.266
Lastkraftwagen über 3,5 bis 7,5 t zGM	4.576.418	3.802.386
Lastkraftwagen über 7,5 t zGM	12.402.915	11.306.840
Lastkraftwagen zusammen	62.320.037	68.137.492
Land-/forstwirtschaftliche Zugmaschinen	710.731	728.763
Sattelzugmaschinen	19.203.741	19.043.134
Sonstige Zugmaschinen	456.662	509.180
Zugmaschinen zusammen	20.371.134	20.281.077
Kraftomnibusse	4.515.141	4.163.966
Sonstige Kraftfahrzeuge	4.405.701	4.081.982
Kraftfahrzeuge insgesamt	727.185.629	733.013.937

- wir betrachten also nur die inländischen **Sattelzugmaschinen**
- laut Kraftfahrtbundesamt gab es Ende 2020 davon nur etwa 212.000
- deren durchschnittliche Fahrleistung betrug in 2020 etwa 90.000 km pro Jahr, also 247 km pro Tag
- der durchschnittliche Verbrauch ist mit 35 Liter Diesel pro 100 km angesetzt

- ein Liter Diesel hat zwar einen **Heizwert*** von etwa 9,8 kWh, aber der Motor-Wirkungsgrad ist kleiner (Carnot!)

Wie viel kWh hat ein Liter Diesel?

Benzin **hat** einen Heizwert von ungefähr 8,5 kWh pro Liter. Bei **Diesel** liegt der Heizwert etwa bei 9,8 kWh pro Liter. Ein Golf braucht auf 100 Kilometer 7,3 Liter Benzin oder 5,6 Liter Diesel. Ein eGolf mit vergleichbarer Leistung benötigt für 100 Kilometer 16,6 Kilowattstunden (Quelle: Spritmonitor).

- für den Energiegehalt von Diesel ergibt sich daraus:

$$\frac{16,6 \text{ kWh} / 100 \text{ km}}{5,6 \text{ l} / 100 \text{ km}} = 3,0 \text{ kWh} / \text{l}$$

- der durchschnittliche Energiebedarf eines e-LKW (pro Tag) ist also:

$$E = 247 \text{ km} \cdot 35 \text{ l} / 100 \text{ km} \cdot 3,0 \text{ kWh} / \text{l} = 259,3 \text{ kWh}$$

- das macht für Deutschland insgesamt für Sattelschlepper (pro Tag):

$$E = 259,3 \text{ kWh} * 212.000 = 5,5 \cdot 10^7 \text{ kWh} = 2,0 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

- wir erhalten also für **PKWs und Sattelschlepper in Deutschland** zusammen einen täglichen Energiebedarf von:

$$E = \left(2,96 \cdot 10^8 + 5,5 \cdot 10^7 \right) kWh = 3,51 \cdot 10^8 kWh$$

- wir vergleichen (Wikipedia) mit der jährlichen ...

Bruttostromerzeugung in Deutschland in Terawattstunden^[8]

Energieträger	1990	2000	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 ^{(1)[6]}
Braunkohle	170,9	148,3	145,6	145,9	150,1	160,7	160,9	155,8	154,5	149,5	148,4	145,6	114,0	91,7
Steinkohle	140,8	143,1	107,9	117,0	112,4	116,4	127,3	118,6	117,7	112,2	92,9	82,6	57,5	42,5
Kernenergie	152,5	169,6	134,9	140,6	108,0	99,5	97,3	97,1	91,8	84,6	76,3	76,0	75,1	64,3
Erdgas	35,9	49,2	80,9	89,3	86,1	76,4	67,5	61,1	62,0	81,3	86,7	82,5	90,5	91,6
Mineralölprodukte	10,8	5,9	10,1	8,7	7,2	7,6	7,2	5,7	6,2	5,8	5,6	5,2	4,9	4,2
Windenergie onshore	k. A.	9,5	39,5	38,4	49,3	50,9	51,8	57,0	72,3	67,7	88,0	90,5	101,2	107,0
Windenergie offshore	k. A.	0,0	0,0	0,2	0,6	0,7	0,9	1,5	8,3	12,3	17,7	19,5	24,7	27,5
Wasserkraft	19,7	24,9	19,0	21,0	17,7	22,8	23,0	19,6	19,0	20,5	20,2	18,0	20,2	18,7
Biomasse	k. A.	1,6	26,5	29,2	32,1	38,3	40,1	42,2	44,6	45,0	45,0	44,7	44,4	44,4
Photovoltaik	k. A.	0,0	6,6	11,7	19,6	26,4	31,0	36,1	38,7	38,1	39,4	45,8	46,4	51,0
Hausmüll ⁽²⁾	k. A.	1,8	4,3	4,7	4,8	5,0	5,4	6,1	5,8	5,9	6,0	6,2	5,8	5,9
Übrige Energieträger	19,3	22,6	21,2	26,5	25,4	25,5	26,2	27,0	27,3	27,3	27,5	26,8	25,1	24,5
davon PSE	k. A.	4,5	4,6	6,4	5,8	6,1	5,8	5,9	5,9	5,6	6,0	6,2	5,6	6,2
Summe	549,9	576,6	596,5	633,1	613,1	629,2	638,7	627,8	648,3	650,4	653,7	643,5	609,4	573,6
davon regenerativ erzeugt	19,7	37,9	96,0	105,2	124,0	143,0	152,3	162,5	188,8	189,7	216,3	224,8	242,4	254,7



- wir vergleichen:
 - 574 TWh (pro Jahr) sind: $E = 574 \text{ TWh} = 574 \cdot 10^{12} \text{ Wh} = 574 \cdot 10^9 \text{ kWh}$
 - das sind pro Tag: $E = 574 / 365 \cdot 10^9 \text{ kWh} = 1,57 \cdot 10^9 \text{ kWh}$
 - für PKWs und LKWs brauchen wir: $E = 3,51 \cdot 10^8 \text{ kWh} = 3,51 \cdot 10^5 \text{ MWh}$
- also würde bei einer Energiewende durch „**Verzicht auf Verbrenner**“ nur für einen Teil des Straßenverkehrs fast ein Viertel (23%) der gesamten in Deutschland für andere Verbraucher erzeugten elektrischen Energie benötigt!

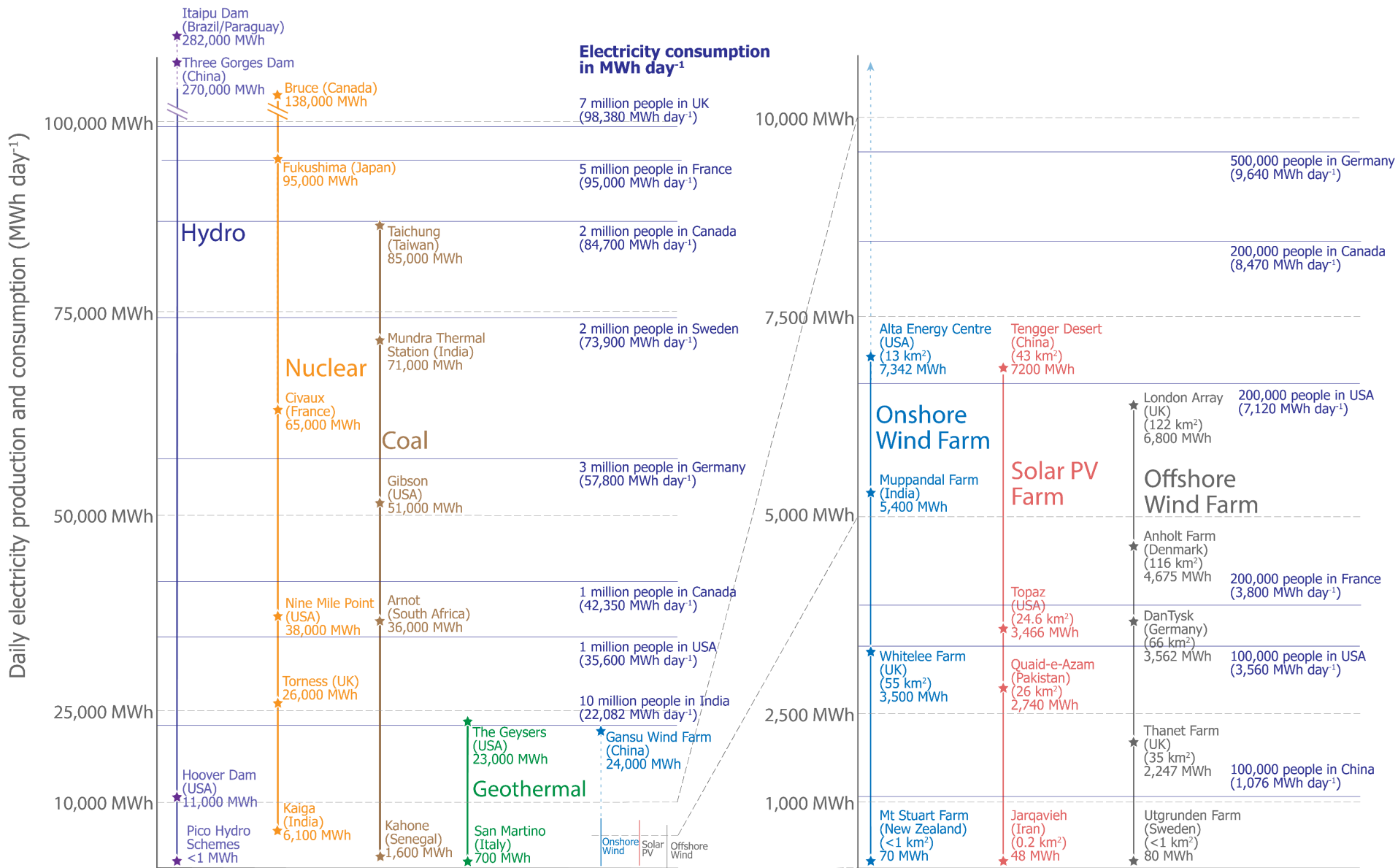


Hinweise Strom:

- Zur Zeit werden noch 23% durch Kohlekraftwerke erzeugt – auch der Strom für E-Autos!
- Spätestens 2022 sollen die deutschen Kernkraftwerke (13%) abgeschaltet werden?
- Die sehr große Zahl ausländischer LKW tankt zZ nicht in Deutschland. Bei Umstellung müssten diese wegen der geringeren Reichweite auch noch hier Strom beziehen?
- Zur Stromerzeugung tragen Photovoltaik (10%) und Windenergie (23%) schon nicht viel bei, sie stehen auch nicht permanent zur Verfügung – Energiespeicher gibt es aber nicht!
- ... und zum Primärenergieverbrauch tragen sie noch viel weniger bei (3% + 1,3%)

A sense of scale for electrical energy production and consumption

Daily production by electricity source is shown by vertical lines (|) – the line shows the range from the smallest to the largest power plants of a given type. Some specific power plants are shown with stars (★). Typical levels of electricity consumption are shown by horizontal lines (–).



Details on sources for this infographic can be found at OurWorldInData.org/scale-for-electricity
 At OurWorldInData.org you also find more research and visualizations on this topic.

heblich steigen. Dafür müsste gar nicht viel passieren. Es müsste nur ein bisschen dunkler, ein bisschen windstillere und ein bisschen kälter werden: etwa so, wie das Wetter 2017 zwischen dem 16. und dem 25. Januar war.



Dunkelflauten und Frostperioden machen die Dringlichkeit deutlich

Zehn Tage lang wurden damals deutschlandweit Abend für Abend gegen 19 Uhr maximal 7,9 bis 13,7 Gigawatt Strom aus erneuerbaren Energien ins Netz eingespeist – während Industrie, Gewerbe und Haushalte gleichzeitig zwischen 72,8 und 76,0 Gigawatt Leistung abfragten. Das öffentliche Leben brach 2017 während dieser kalten Dunkelflaute bloß deshalb nicht zusammen, weil genügend Strom aus Atom- und Kohlekraftwerken zur Verfügung stand. 2018 schlug das Wetter wieder zu. Diesmal nicht als Dunkelflaute im Januar, sondern als überraschende Frostperiode mit Temperaturen von bis zu minus 20 Grad Celsius zwischen Mitte Februar und Anfang März. Vom 17. bis zum 23. Februar lieferten in der kritischen Zeit von 17 bis 19 Uhr erneuerbare Energien nur 11 Prozent der benötigten Stromleistung; wieder mussten vor allem Kohle- und Atomkraftwerke ran. Doch die sind inzwischen weitgehend abgeschaltet, da Deutschland als einziges Industrieland



aus:
VDE dialog,
Heft 01/2022

DER STROMMIX IN DEUTSCHLAND 2021 [NETTO]

Anteil der Energieträger an der Stromerzeugung

Konventionelle Energien: 266 TWh

Sonstige

Erneuerbare Energien: 224 TWh
Anteil am Strommix: 45,7 %
Anteil 2020: 50,5 %

Kernenergie

65,3 TWh
+7 % zu 2020

Erdgas

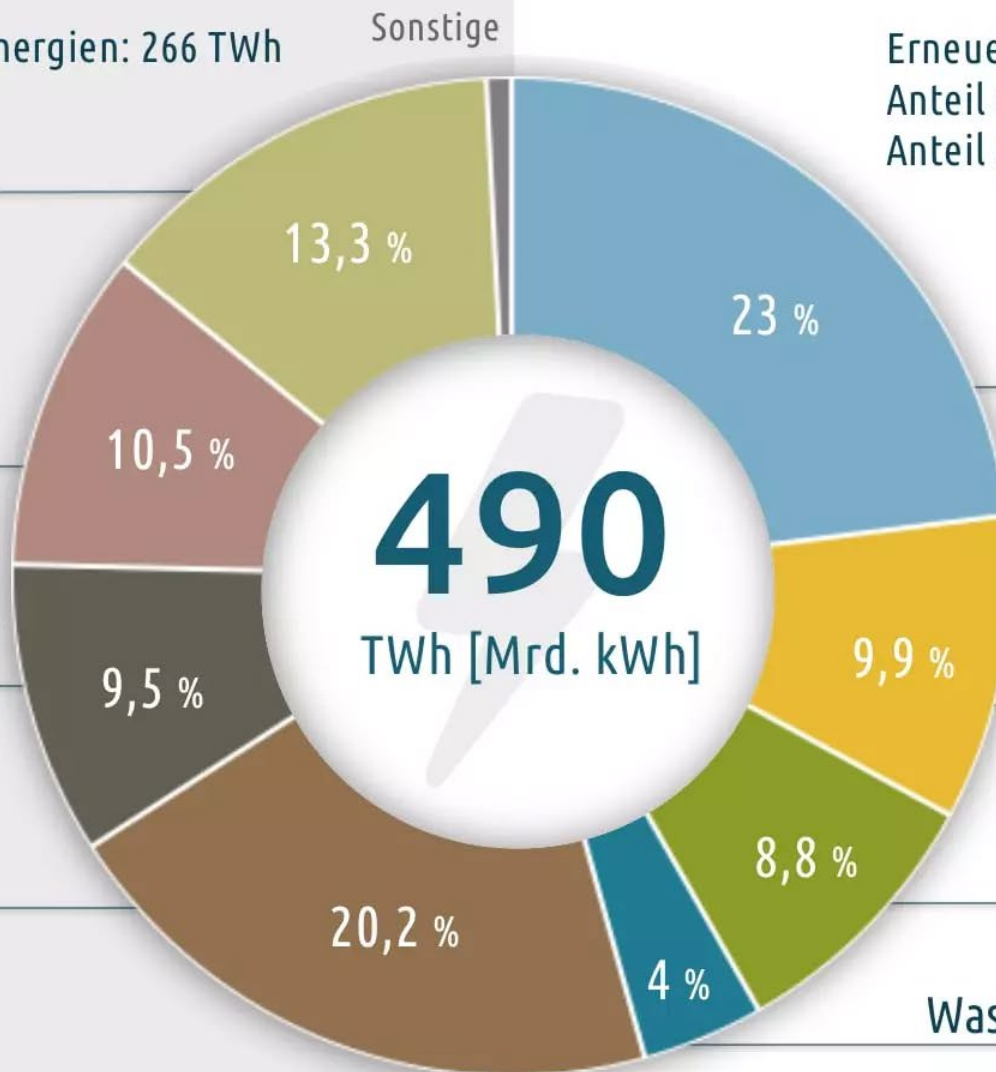
51,1 TWh
-10,5 % zu 2020

Steinkohle

46,4 TWh
+30,8 % zu 2020

Braunkohle

98,9 TWh
+20,4 % zu 2020



Windkraft

112,7 TWh
-14,5 % zu 2020

Photovoltaik

48,4 TWh
-5 % zu 2020

Biomasse

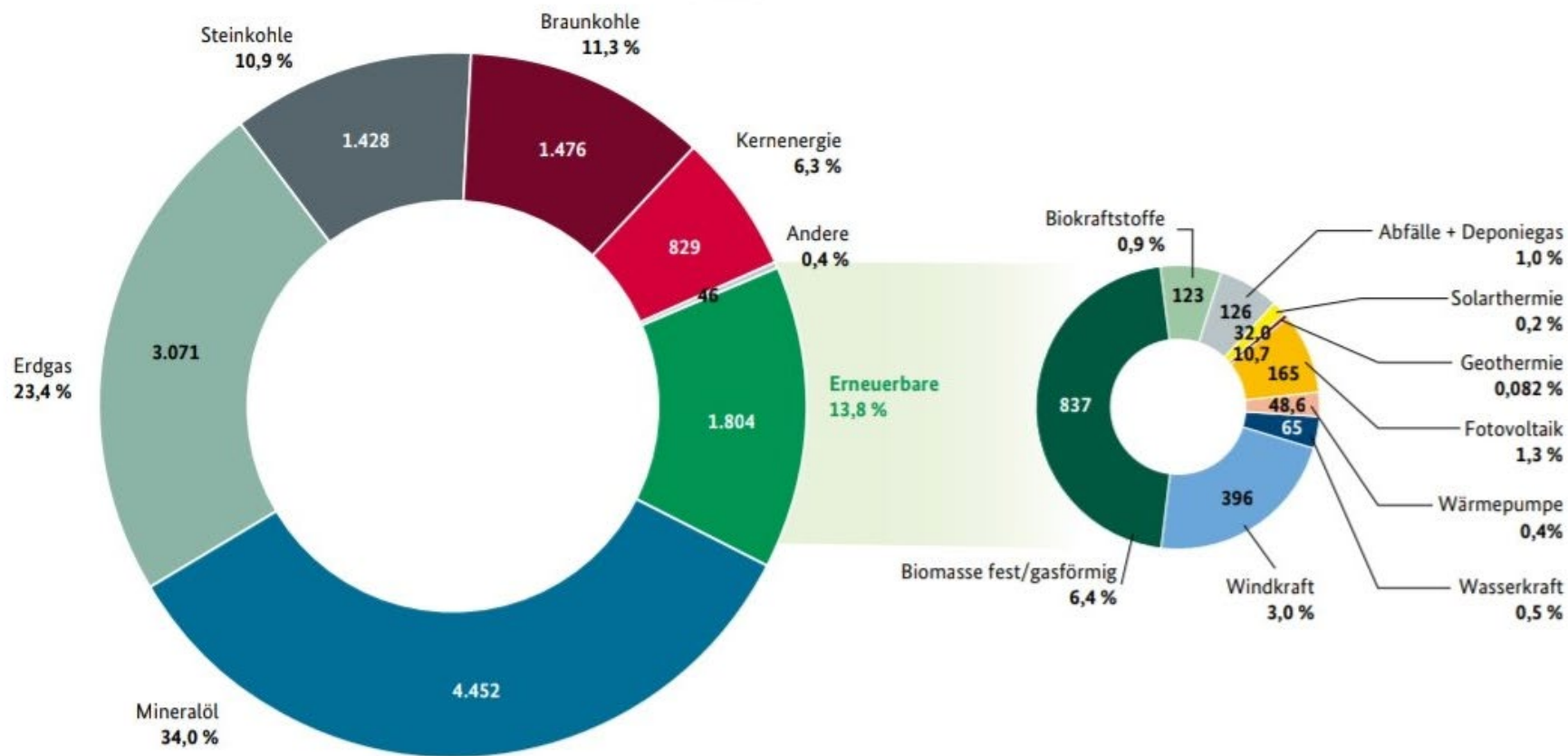
43,1 TWh

Wasserkraft

19,3 TWh

Es wird die Nettoproduktion aller Kraftwerke dargestellt.

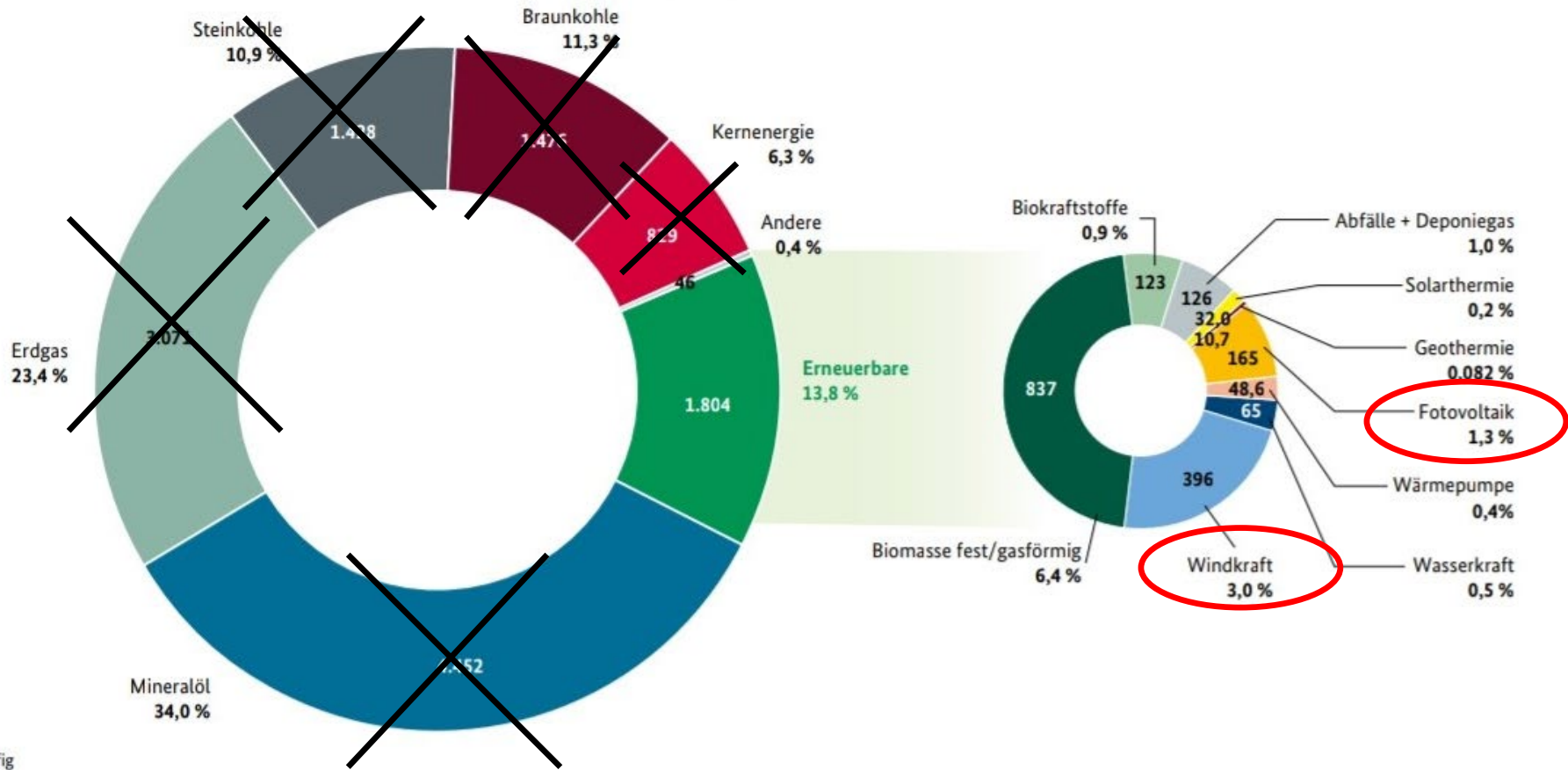
3. Primärenergieverbrauch in Deutschland 2018 (13.106 PJ*)



* vorläufig

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Stand: August 2019, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)

3. Primärenergieverbrauch in Deutschland 2018 (13.106 PJ*)



* vorläufig

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Stand: August 2019, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat)