Energieverbrauch, Stromerzeugung, CO_2-Emissionen

in Deutschland und anderen Ländern

Günter Specht und Rolf Schuster[1]

März 2019

Gliederung

1. Vorbemerkung und Problemstellung

2. Begriffliche Grundlegung

3. Energieverbrauch, Stromerzeugung, CO_2-Emissionen in Deutschland

3.1 Der Energieverbrauch in Deutschland

3.2 Die Stromerzeugung in Deutschland

3.2.1 Die Struktur der Stromerzeugung

3.2.2 Integration von Strom aus Wind- und Solarenergieanlagen in das Stromversorgungssystem

3.2.3 Ausstieg aus der Stromerzeugung mit Kernenergie und Kohle

3.3 Die Entwicklung der CO_2-Emissionen

4. Energieverbrauch, Stromerzeugung, CO_2-Emissionen in anderen Ländern

4.1 Vorbemerkung zur Zahl der Menschen und zur Wirtschaftskraft

4.2 Der Energieverbrauch in anderen Ländern

4.3 Die Stromerzeugung in anderen Ländern

4.4 Die Entwicklung der CO_2-Emissionen in anderen Ländern

5. Fazit aus der Beschreibung der Entwicklungen in den Ländern

6. Die Lösung

1. Vorbemerkung und Problemstellung

Immer wieder betonen Politiker, ganz gleich ob in der Regierung oder in der Opposition, Deutschland sei Vorreiter, sei ein Modell für andere. Ist vielleicht das Gegenteil eher zutreffend, wie viele ernst zu nehmende Kritiker meinen? Es gibt zu denken, wenn z.B. das Wall Street Journal am 30. Januar 2019 von der „World´s dumpest energy policy" oder in Deutsch: „von der dümmlichsten bzw. dämlichsten Klimapolitik der Welt" spricht. Bei der letzten Weltklimakonferenz des IPPC in Kattowitz teilten die Umweltorganisationen Germanwatch, CAN Europe und das NewClimate Institute mit, dass Deutschland im Jahr 2018 im Klimaschutz-Index auf Rang 27 abgerutscht sei. Deutschland läge damit hinter der Slowakei, hinter Rumänien und Indien. Die vordersten Plätze nähmen Schweden, Marokko und Litauen ein.[2] Nun sollte man bei Studien derart politisch orientierter Organisationen vorsichtig sein, zumal in dieser Studie auch kaum quantifizierbare und wahrscheinlich sogar falsche Indikatoren eingehen. So geht z.B. in diesen Index die Klimaschutzpolitik der Staaten ein, wobei Deutschland in diesem Bereich besonders kritisiert wird, weil der Ausbau der Erneuerbaren Energien nicht schnell

[1] Rolf Schuster, Konstrukteur, hat mehrere Grafiken zur Verfügung gestellt. Prof. Dr. Günter Specht ist für den Text verantwortlich.

[2] Vgl. https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/20531. pdf, S. 11, 21.02.2018.

genug geht. Selbst wenn nicht so viele Windräder gebaut werden wie sich dies die Promotoren wünschen, so ist damit nicht gesagt, dass dies ein auf das Klima negativ wirkender Faktor ist, denn es fehlen derzeit wesentliche Erfolgsbedingungen für den schnelleren Ausbau der Stromerzeugung mit Wind- und Sonnenenergie wie z.B. Speicher und geeignete Netze.

Dennoch fragt es sich angesichts der vorherrschenden Euphorie für den schnelleren Bau von Wind- und Sonnenenergieanlagen, ob Deutschland wirklich ein nachahmenswertes oder vielmehr ein abschreckendes Beispiel ist. Von einem Land mit Führungsanspruch muss man vor allem Kompetenz in der Sache erwarten, d.h. die ergriffenen Maßnahmen müssen im Blick auf Effektivität und Effizienz vorbildlich sein. Man muss sich die ökonomische, ökologische, soziale und technische Situation in anderen Ländern nicht nur vorstellen können; man muss sich hineinfühlen können. Man müsste glaubwürdig sein und ein konsequentes Handeln ohne Widersprüche erkennen lassen. Man müsste vor allem bei unvermeidbaren Fehlern Selbstreflexion und ein Lernen aus den Fehlern vermitteln. Sieht unsere Regierung die Ziele problemangemessen oder sind gar die gesetzten Ziele kontraproduktiv? Handeln wir folgerichtig? Ist unser Land in der Politik zur Stromversorgung auf dem richtigen Weg oder hinterlassen wir wirklich den Eindruck, dass sich unser Land auf dem Holzweg, in einer Sackgasse befindet?

In diesem Artikel wird nicht problematisiert, ob CO_2-Emissionen der Lebensweise der Menschen die dominante Ursache für den Temperaturanstieg auf der Erde seit fast 170 Jahren sind, oder ob der Anstieg des Anteils von CO_2 in der Atmosphäre zum größeren Teil auf natürliche Ursachen zurückzuführen ist. In diesem Beitrag wird die Auffassung einer weit überwiegenden Mehrheit unter den Klimaforschern der Welt als zutreffend angenommen.[3] Die Vertreter dieser bisher nicht überzeugend widerlegten Hypothese betonen, dass die Fachliteratur des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) begutachtet ist und als zuverlässig anzusehen ist.[4] Klimaveränderungen sind Folge eines komplexen Zusammenwirkens von Einflussgrößen. Wegen der außerordentlichen Komplexität der Ursachen dürfte eine Falsifizierung der Hypothese außerordentlich schwer sein. Nur wenn die vergangene Klimaentwicklung auch über lange Zeiträume zuverlässig erklärt werden kann, kann entschieden werden, ob die Hypothese mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit richtig ist. Mit Simulationsmodellen, die auf Wetteraufzeichnungen beruhen, kann dies kaum gelingen, weil ein systematische Beobachtung mit Aufzeichnung von Werten global erst vor etwa 200 Jahren begonnen hat. In den verschiedenen Erdzeitaltern davor hat es starke, schnell sich ändernde Temperaturveränderungen gegeben, die nicht auf den Menschen zurückzuführen sind. Die heute üblichen Klimamodelle sind lediglich Szenariomodelle, aus denen sich nicht automatisch Prognosen ergeben. Da aber nicht ausgeschlossen ist, dass der Mensch tatsächlich die Hauptursache der Temperaturerhöhungen heute ist und globale Temperaturerhöhungen einige ernste Risiken für die Menschen mit sich bringen können, sollten wir „vorsichtig“ handeln, soweit dies unter Berücksichtigung anderer sozialer und wirtschaftlicher Ziele möglich sowie technisch mit vertretbaren Kosten vertretbar ist. Dabei kommen sowohl Maßnahmen anpassender als auch beeinflussender Art in Betracht.

Kritiker verweisen häufig auf die Erdgeschichte mit ihren Temperaturschwankungen. Angeführt werden z.B. Einflussfaktoren wie die Veränderung der Sonneneinstrahlung, der Erdachse in Relation zur Sonne, der Wasserdampf oder die Wolken sowie die Absorptionsfähigkeiten der Ozeane. Von dem emeritierten Physiker Prof. Dr. Horst-Joachim Lüdecke von der Universität Heidelberg wird z.B. auf der Basis von Modellrechnungen mit real beobachteten Daten die Hypothese vertreten, dass der Treibhauseffekt aus physikalischen Gründen schon heute nahe bei „Null“ liegt und letztlich mit einer Sättigung der Erdatmosphäre mit CO_2 bei nahezu „Null“ zu rechnen ist. Durch CO_2-Emissionen derzeit hervorgerufene Temperaturerhöhungen seien nur eine vorübergehende Reaktion.[5] Letztlich ist dies

[3] Schönwiese, Christian: Klimawandel kompakt, Stuttgart 2019, S. 5.
[4] ebenda, S. 5.
[5] https://www.horstjoachimluedecke.de/publikationen.

eine Äußerung eines Außenseiters. In der wissenschaftlichen Diskussion hat sich diese Auffassung nicht durchgesetzt. Da wir aber aus der Vergangenheit wissen, dass Außenseiter gelegentlich wissenschaftliche Revolutionen ausgelöst haben, sollte man auf Kritik von Außenseitern sachlich antworten. Die Mehrheit hat nicht immer Recht. Keinesfalls sollten die Außenseiter aus der Wissenschaft als Klimaleugner oder gar Teufel verunglimpft werden, wie dies unter interessierten Vertretern der These eines von Menschen verursachten Klimawandels oft geschieht. Allerdings sind dies meist keine Wissenschaftler. Solche Äußerungen sind alles andere als ein Beitrag zu einer kritisch-rationalen Diskussion. Damit werden Kritiker des Mainstreams in der Wissenschaft semantisch in die Nähe von Kriminellen und Ketzern gerückt.

In diesem Beitrag gehen wir von den Zielen der Bundesregierung aus, die den CO_2-Anstieg verhindern und zurückführen will. Die Frage ist, ob der Bund und die Länder eine ihren Zielen entsprechende, international vergleichsweise effektive und effiziente Politik betreiben. Es wäre vorschnell, IPPC-Reports wie dem erwähnten Beitrag von Germanwatch, CAN Europe und dem NewClimate Institute kritiklos zu folgen. Es gab immer wieder Studien mit wissenschaftlichem Anspruch, die ihre Leser nicht überzeugen und deshalb im Laufe der Zeit durch bessere Studien ersetzt werden.

In einem ersten Schritt wird im Folgenden die Ausgangssituation einer Wende in der Energiepolitik beschrieben. Ohne eine Darstellung der Ausgangssituation und der Merkmale der gigantischen gesellschaftlichen Aufgabe würde man die Aufgaben nicht verstehen. Deshalb stehen am Anfang Zahlen und Fakten zur aktuellen Situation des Energieverbrauchs und der Stromerzeugung. Dabei werden speziell die letzten zugänglichen bzw. in Veröffentlichungen gefundenen Grafiken und Tabellen berücksichtigt. Zum Jahr 2018 liegen allerdings kaum veröffentlichte Zahlen vor. In die Beschreibung einbezogen werden der Energieverbrauch sowie die Stromerzeugung und der Stromverbrauch von Deutschland und die entsprechenden Werte einiger Nachbarländer sowie ausgewählter großer Länder der Welt. Dabei wird immer die Frage gestellt, ob und inwieweit Deutschland bessere Resultate nachweisen kann als die anderen ausgewählten Länder.

Diese Arbeit erhebt keinen wissenschaftlichen Anspruch. Es geht lediglich darum, gründlich zu recherchieren, einen für das Thema relevanten Teil der Realität, soweit er bereits in zugänglichen Texten erfasst ist, zu beschreiben und daraus Schlüsse für eigenes Verhalten zu ziehen. Dabei wird auf eigene Wertungen und Stellungnahmen politischer Art nicht verzichtet. Die Beschreibung der Realität soll wertfrei bleiben. Freilich ist die Auswahl des betrachteten Ausschnitts der Realität (das Erfahrungsobjekt) immer mit Wertungen grundlegender Art verbunden.

2. Grundlegende Begriffe

Wer Grundbegriffe der Elektrotechnik kennt, der kann diesen Abschnitt überspringen. Für andere Leser sind die wichtigsten international standardisierten Begriffe, die im Text auftreten, definiert.

Für den Erfolg einer Klimaschutzpolitik ist der Energieverbrauch von zentraler Bedeutung. Nur wenn es gelingt, den Energieverbrauch zu senken, kann die Politik im Blick auf Klimaziele erfolgreich sein. Zweckmäßig ist es, zunächst den gesamten Primärenergieverbrauch und seine Aufteilung auf die verschiedenen Energieträger zu beschreiben. Damit kann die Größe der Aufgabe verdeutlicht werden.

Dabei wird unter dem *Primärenergieverbrauch* der Verbrauch unter Einbeziehung jener Energie verstanden, die zur Erzeugung von Endenergie (z.B. elektrischer Strom) erforderlich ist. Dieser Verbrauch wird in Petajoule (PJ) gemessen. Ein Petajoule sind ungefähr gleich 278 Gigawattstunden. 8760 Gigawattstunden sind ein Gigawatt-Jahr, das 31,536 Petajoule entspricht. Giga bedeutet dabei so viel wie Milliarde. Ein Vergleich soll verdeutlichen, was diese Zahlen bedeuten. So hat z.B. ein typischer Steinkohle-Kraftwerksblock eine installierte elektrische Leistung von 1000 Megawatt oder einem Gigawatt. Liefert dieses Kraftwerk kontinuierlich bzw. permanent 1 Gigawatt über das ganze Jahr hinweg, dann entspricht dies einem GW-Jahr = 8760 Stunden. Teilweise wird auch der Begriff

Steinkohleeinheiten (SKE) verwendet. Dabei entsprechen 1 Mio. Tonnen Steinkohleeinheiten 29,308 Petajoule.

Auch bei der Stromerzeugung sind Brutto- und Nettogrößen zu unterscheiden. Die Bruttostromerzeugung erfasst die von Kraftwerken erzeugte Strommenge ohne Abzug von Eigenverbrauch und Leitungsverlusten. Bei der Nettostromerzeugung werden der Eigenverbrauch und Leitungsverluste von der Bruttostromerzeugung abgezogen. Es handelt sich also um jene Menge Strom, die bei den Verbrauchern ankommt.

Wichtig ist, dass im Blick auf die Stromversorgung zwischen der installierten Leistung einer Anlage und der in einer Zeiteinheit umgesetzten bzw. gelieferten Leistung unterschieden wird. Dazu folgende begriffliche Erläuterungen. *Watt* ist die im internationalen Einheitensystem (SI) verwendete Maßeinheit für die Leistung (Energieumsatz pro Zeitspanne). Diese Einheit ist nach dem Erfinder der Dampfmaschine, James Watt, benannt. Das dezimale Vielfache sind z.B. Kilo-, Mega-, Giga-, Tera- oder Petawatt. Dabei entspricht eine *Wattstunde* einer Leistung von 1 Watt, die von einem System in einer Stunde aufgenommen oder abgegeben wird. Bei einer Kilowattstunde handelt es sich um das Tausendfache, also 1000 Watt in einer Stunde. Eine Megawattstunde (MWh) sind 1000 Kilowattstunden (kWh) oder 1.000.000 Wattstunden (Wh).

Oft werden im Folgenden auch die Begriffe Joule und speziell Petajoule verwendet. Ein Joule ist eine physikalische Einheit für Energie, Arbeit und Wärmemenge. Ein Petajoule sind 1.000.000 Gigajoule. Ein 2-Personen-Haushalt verbraucht pro Jahr z.B. 3.500 kWh Strom. Das sind 3.500.000 Wattstunden bzw. 3,5 Megawattstunden (MWh) pro Jahr oder 0,0035 Gigawattstunden (GWh) pro Jahr. Bei einem Petajoule à 278 Gigawattstunden wären dies $1{,}25899280575^{-5}$ Petajoule ($^{-5}$ entspricht dem Exponent -5). Der Energieverbrauch und die Stromerzeugung von Ländern werden oft in Petajoule angegeben. Dies werden wir im Folgenden sehen.[6]

3. Energieverbrauch, Stromerzeugung, CO-Emissionen in Deutschland

3.1 Der Energieverbrauch in Deutschland

Primärenergieverbrauch

In der Abbildung 1 ist der für 2017 vorläufig geschätzte Verbrauch von Primärenergie in Deutschland mit 13.525 Petajoule angegeben. Dieser Verbrauch entspricht rechnerisch 461,148 Millionen Tonnen Steinkohleeinheiten.

35 % davon entfallen auf Mineralöl, das vor allem für die Mobilität und das Heizen eingesetzt wurde. Auch Gase spielen mit 24 % eine relativ große Rolle. Braun- und Steinkohle zusammen kommen auf 22 %. Die Kernenergie ist noch mit 6 % vertreten. Kernenergie und Erneuerbare Energien werden in erster Linie zur Stromerzeugung eingesetzt. Der Anteil der Erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch lag 2017 bei 13,1 %. Im Jahr 1990 lag dieser Anteil noch bei 1 %. Die Sonstigen Energieträger sind in der Abbildung 1 mit 0,4 % nicht berücksichtigt. Dazu gehören Nichterneuerbare Abfälle, Abwärme und der Außenhandelssaldo von Fernwärme und Strom.

Der Primärenergieverbrauch ist seit 2015 in Deutschland wieder gestiegen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gibt diesen Verbrauch für das Jahr 2017 im August 2018 mit 13.594 Petajoule an, also höher als die Schätzung vom Dezember 2017 wie sie in Abbildung 1 angegeben wird. Gestiegen ist der Verbrauch vor allem bei Mineralöl, Erdgas und Erdölgas.

[6] Zu den grundlegenden Definitionen der Elektrotechnik vgl. z.B. Wikipedia.

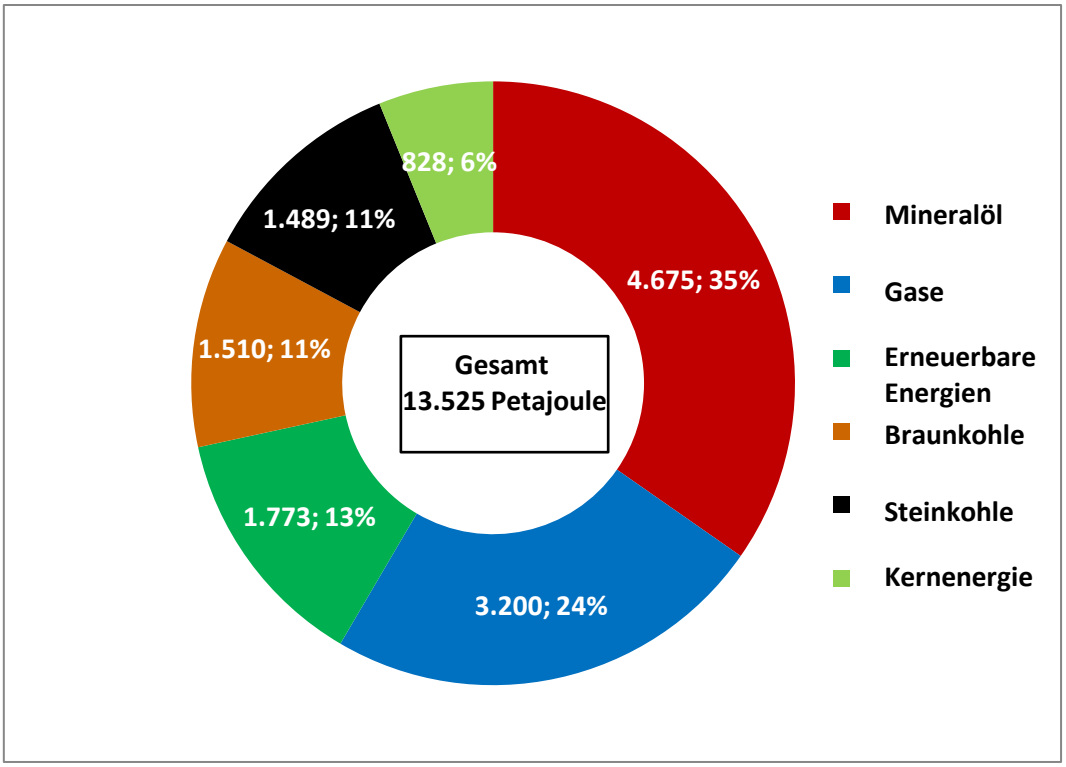


Abb. 1: Primärenergieverbrauch Stand 12/2017
Quelle: AG Energiebilanzen Primärenergieverbrauch
(Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt. Alle Zahlen sind vorläufig/geschätzt.)

Endenergieverbrauch

Die folgenden Überlegungen betreffen die Aufteilung des *Endenergieverbrauchs* in Deutschland nach Wirtschaftssektoren (vgl. Abb. 2), also den Verbrauch, der nicht jene Energie in die Berechnung einbezieht, die unmittelbar zur Erzeugung von Endenergie (z.B. elektrischer Strom) erforderlich ist.

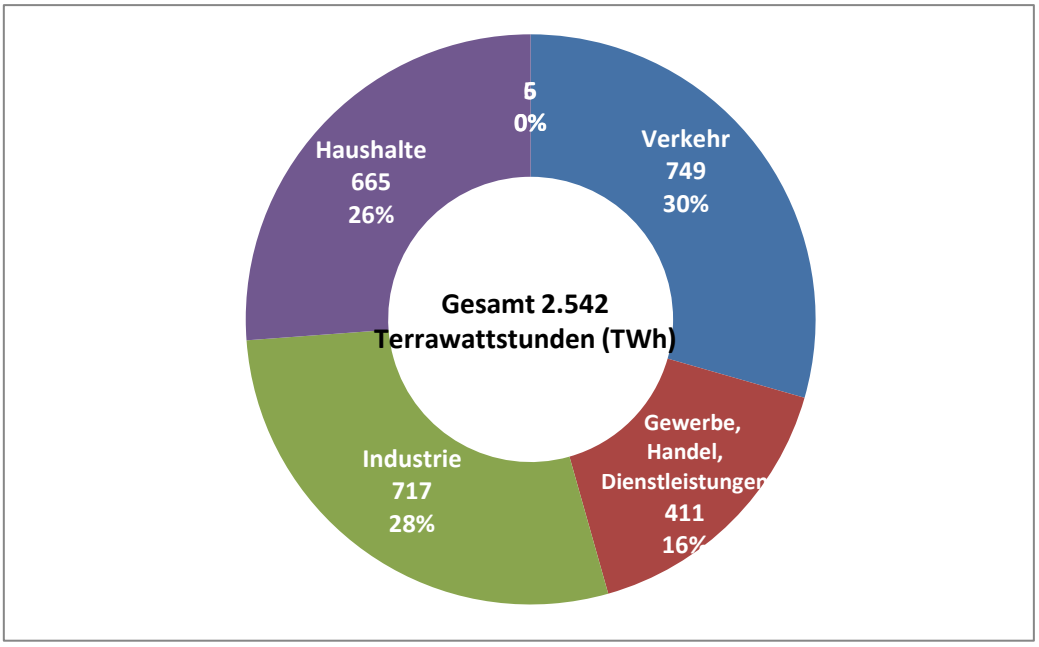


Abb. 2: Endenergieverbrauch nach Sektoren 2016 (vorläufige Angaben)
Quelle: AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen, 1990 bis 2016, Stand 09/2017

Dieser von der Art der Erzeugung der Energie abhängige Verbrauch ist z.B. bei Kohlekraftwerken höher als bei Wind- oder Solarenergieanlagen. Eine genaue Rechnung müsste im Prinzip alle Energieverbräuche, die im Lebenszyklus der Anlagen anfallen, berücksichtigen. Die üblichen statistischen Jahresberichte liefern dazu keine Informationen. Die vorhandenen Studien sind für einigermaßen genaue Vergleiche aller Energieerzeugungsarten nicht genügend aussagefähig. In die vorhandenen Berechnungen von externen Effekten, also jenen Chancen und Risiken von technischen Anlagen, die alle Mitglieder der Gesellschaft, manchmal sogar die ganze oder große Teile der Welt betreffen, sind ebenfalls wegen großer Unsicherheiten und kompakter Werturteile einer rationalen Diskussion kaum zugänglich.

Der Verkehrssektor lag im Jahr 2016 mit 29,5 % des Endenergieverbrauchs an der Spitze. Auf Platz zwei folgte die Industrie mit 28,2 %. Platz drei nahmen die Haushalte mit 26,2% ein. Es folgten das Gewerbe, der Handel und die Dienstleistungen mit 16,2 % des Endenergieverbrauchs.

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs insgesamt und die Aufteilung dieses Verbrauchs auf die verschiedenen Wirtschaftssektoren zeigt die Abbildung 3.

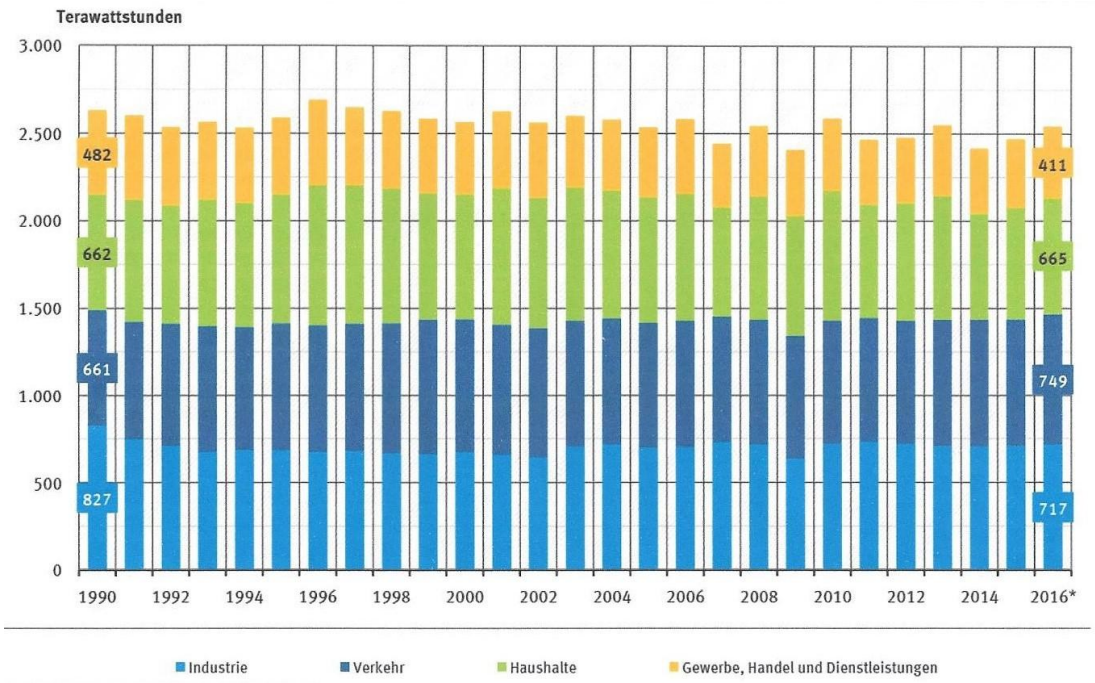


Abb. 3: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren bis 2016
Quelle: AG Energiebilanzen Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 – 2016, Stand 09/2017

Interessant ist, dass der gesamte Endenergieverbrauch von 2015 bis 2016 wieder leicht gestiegen ist. Letztlich ist erkennbar, dass der Endenergieverbrauch seit 1990 bis etwa 2006 auf ähnlichem Niveau lag. Danach trat im Durchschnitt eine geringe Verbrauchssenkung ein. Die Lehman-Pleite Ende 2008 mit der folgenden Finanzkrise führte in 2009 zu einem kleinen Einbruch, der aber schnell in 2010 wieder mehr als kompensiert wurde.

Eine Gesamtdarstellung zum Energieaufkommen in Deutschland ist im Energieflussbild der Abbildung 4 zu sehen. Es zeigt neben den Verbrauchergruppen der Endenergie, für die die Erzeugung von Strom letztlich gedacht ist, auch sonstige Minderungen des Verbrauchspotenzials wie z.B. Umwandlungsverluste. Der Primärenergieverbrauch ist im Jahr 2017 im Vergleich mit dem Jahr 2016 in einer Höhe von 13.594 PJ praktisch gleich geblieben ist. Dabei entfielen 2017 vom Endenergieverbrauch auf die

Industrie etwa 29 %, auf den Verkehr 30 %, auf Haushalte 26 % und auf das Gewerbe, Handel, Dienstleistungen 15%.

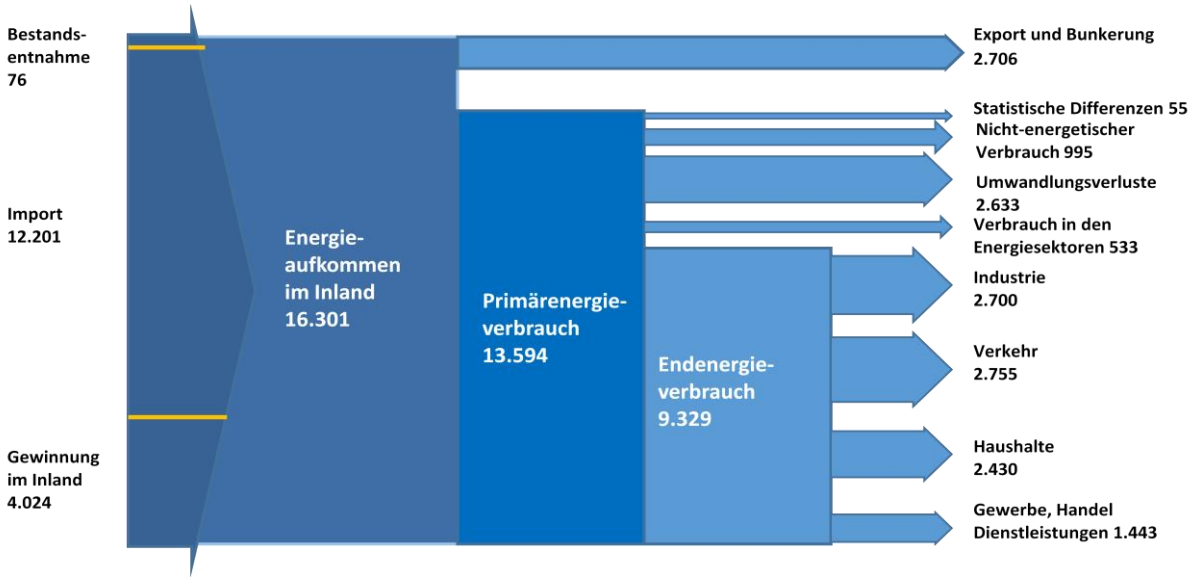


Abb. 4: Energieflussbild 2017 für Deutschland in Petajoule (PJ)
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Nr. 5/2018 , (AGEB) 07/2018
Zahlen vorläufig geschätzt

Am 19.12.2018 teilte die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) erste Zahlen zum Primärenergieverbrauch in Deutschland 2018 mit. Der Verbrauch sank in 2018 gegenüber 2017 etwas überraschend um 5 % auf 12.900 Petajoule (PJ). Alle fossilen Energieträger wurden weniger als im Vorjahr verbraucht; der Verbrauch erneuerbarer Energien wuchs. Verantwortlich für den relativ geringeren Verbrauch waren gestiegene Preise für fossile Energieträger, die milde Witterung und die gestiegene Energieeffizienz speziell in der Industrie[7].

3.2 Die Stromerzeugung in Deutschland

3.2.1 Die Struktur der Stromerzeugung

Bruttostromerzeugung

In Abbildung 5 ist die Bruttostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2017 zu sehen. Sie betrug 654 TWh. Die Bruttostromerzeugung ist 2017 gegenüber 2016 minimal gestiegen ist. 2018 ist die Bruttostromerzeugung in Deutschland wieder geringfügig auf 649 Mrd. gefallen und hatte damit wieder den Stand von 2016 erreicht.[8]

Auf die Erneuerbaren Energien entfielen 2017[9] von der Bruttostromerzeugung auf Wasserkraft 3,0%, Wind onshore 13,3%, Wind offshore 2,8%, Photovoltaik 6,1%, Biomasse 7% und Siedlungsabfälle 0,9%. Der Anteil der Erneuerbaren Energien ist 2018 auf 35% gestiegen.[10]

[7] https://ag-energiebilanzen.de/Primaerenergie-verbrauch.html
[8] Vgl. BDEW-Schnellstatistikerhebung, Stat. Bundesamt, EEX, VGB, ZSW; Stand: 12/2018.
[9] Vgl. BDEW-Schnellstatistikerhebung, Statistisches Bundesamt, EEX, VGB, ZSW; Stand: 12/2017.
[10] Vgl. BDEW–Schnellstatistikerhebung, Stat. Bundesamt, EEX, VGB, ZSW; Stand: 12/2018.

Nettostromerzeugung

Die Abbildung 6 zeigt die Nettostromerzeugung in Deutschland im Jahr 2017. Auffallend sind im Vergleich mit den vorangegangen Darstellungen die Unterschiede zwischen Brutto- und Nettorechnung, die auf die unterschiedlichen Wirkungsgrade der verschiedenen Kraftwerkstypen und Umwandlungsverluste hinweisen. So ist z.B. der Wirkungsgrad von fossilen Kraftwerken deutlich geringer als jener von Windenergie- oder Photovoltaikanlagen. Die unterschiedlichen Wirkungsgrade sind zum Teil auf die Altersstruktur der fossilen Kraftwerke zurückzuführen.

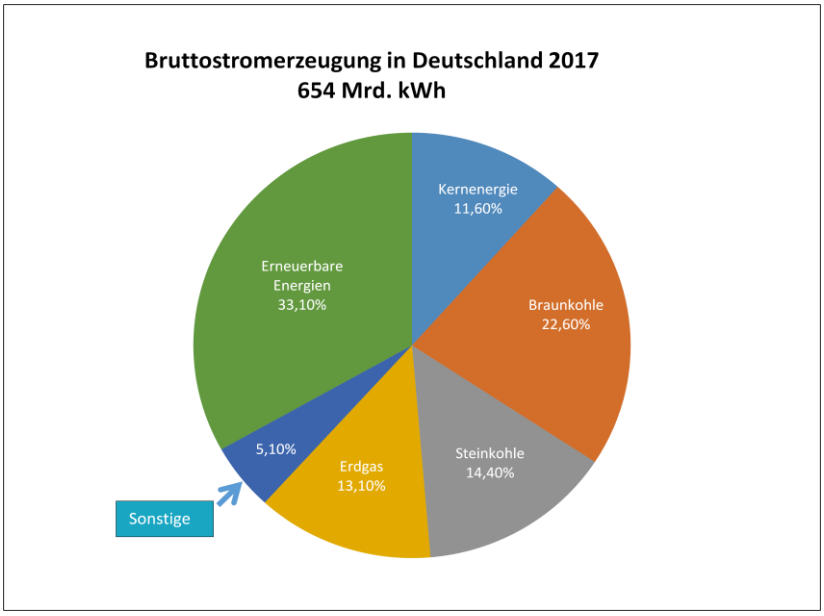


Abb. 5: Bruttostromerzeugung in Deutschland 2017
Quelle: BDEW-Schnellstatistikerhebung, Statistisches Bundesamt, EEX, VGB, ZSW; Stand: 12/2017

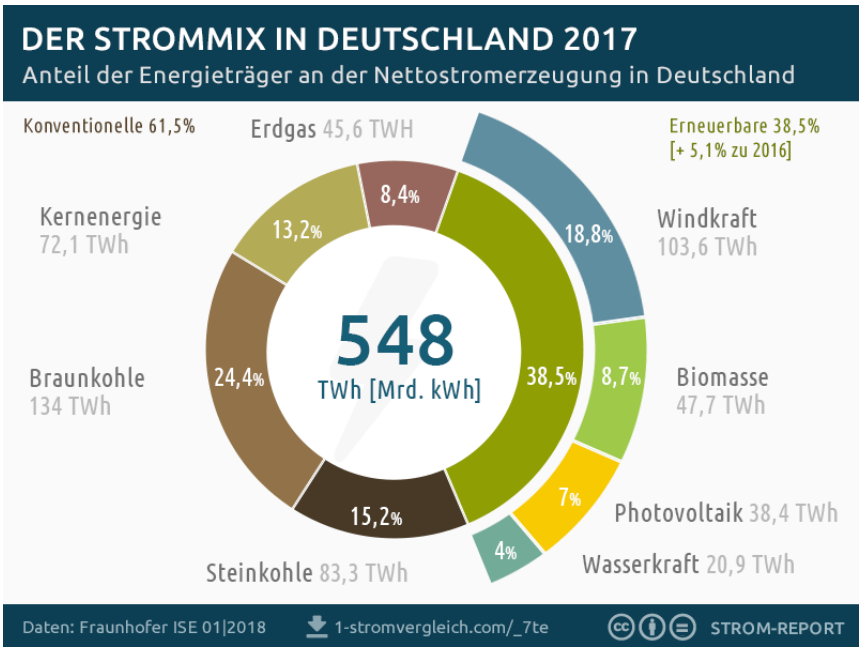


Abb. 6: Nettostromerzeugung 2017 nach Energieträgern (Quelle laut Bild: Fraunhofer ISE 01/2018)

In Abbildung 7 ist die Verteilung des Stromverbrauchs in Deutschland nach Verbrauchergruppen im Jahr 2017 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass auf die Industrie 46,9%, auf Gewerbe, Handel und Dienstleistungen 26,6%, auf Haushalte 24,3% und auf den Verkehr 2,2% entfallen. Diese Aufteilung muss man sich immer vor Augen halten, wenn - wie oft geschehen - überlegt wird, von einer bedarfsorientierten Stromversorgung zu einer angebots- und bedarfsorientierten Versorgung zu wechseln. Dies würde bedeuten, dass bei Engpässen in der Stromversorgung Verbraucher vom Stromnetz zu nehmen wären. Die Haushalte könnten dabei nur einen untergeordneten Beitrag leisten. Betroffen wären wie schon bisher die Großverbraucher im Sektor Industrie. Der Sektor Verkehr fällt für die Steuerung des Stromnetzes praktisch aus, weil dort etwa 94 % des Energieverbrauchs auf Mineralöl entfallen (2016).

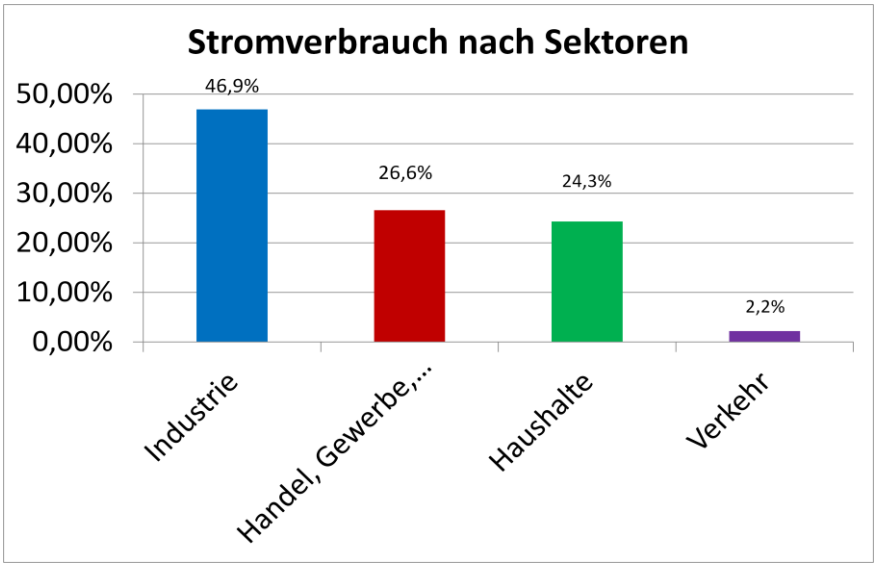


Abb. 7: Verteilung des Stromverbrauchs in Deutschland nach Verbrauchergruppen im Jahr 2017*
https://de.statista.com/statistik/daten/studie/236757/umfrage/stromverbrauch-nach-sektoren-in-deutschland/

Die folgende Abbildung 8 betrifft die Entwicklung des Stromverbrauchs. Insgesamt hat der Stromverbrauch seit 1990 relativ stark zugenommen. Erkennbar ist auch, dass der Stromverbrauch in den letzten Jahren seit etwa 2004 nahezu stabil geblieben ist.

Der Minderverbrauch in 2008 ist auf die Pleite der Lehman-Bank und die nachfolgende Finanz- und Wirtschaftskrise zurückzuführen, die relativ schnell überwunden wurde. Speziell 2014 bis 2016 wies der Stromverbrauch nur minimale Unterschiede auf. Er liegt etwa auf dem gleichen Niveau. Interessant ist aber die Entwicklung der Anteile der Wirtschaftssektoren. Die Anteile der Haushalte und der Industrie sind relativ stabil geblieben. Der relativ stärkste Anstieg ist im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen zu verzeichnen.

Die Tabelle 1 dokumentiert die Entwicklung der Last von 2013 bis 2018 in Deutschland. Dabei wird der Begriff Last (engl. Load) als die Menge der zu einem bestimmten Zeitpunkt in die Übertragungsnetze oder die Verteilnetze eingespeisten Energie definiert, abzüglich des Verbrauchs von Pumpspeicherwerken für das Hochpumpen, abzüglich des Verbrauchs von Hilfseinrichtungen der Kraftwerke, einschließlich der Netzverluste[11]. Die E-Netz Südhessen definiert die Einspeiseleistung als „die maximale Leistung, mit der eine Erzeugungsanlage am Netzverknüpfungspunkt einspeist." Die Einspeiseleistung enthält infolgedessen sowohl die abgegebene Leistung sämtlicher direkt mit den Über-

[11] Vgl.: European Network of Transmission System Operators for Electricity, Glossar, www. 11.02.2019

tragungsnetzen verbundenen Kraftwerke, als auch die Einspeisung aus regenerativer Erzeugung, abzüglich der Netzverluste.[12]

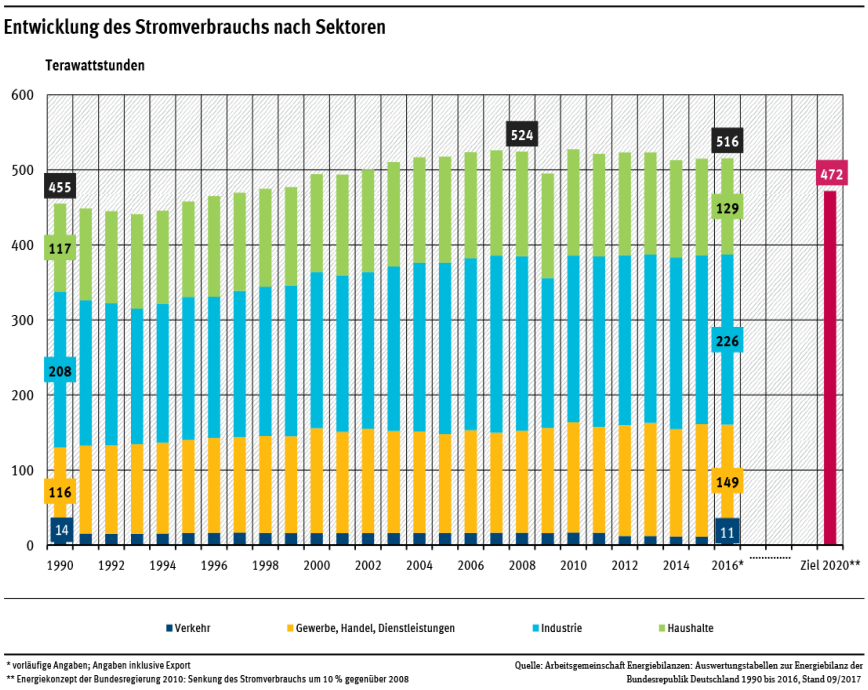


Abb. 8: Entwicklung des Stromverbrauchs nach Sektoren 1990 bis 2016
Quelle: AG Energiebilanzen, Auswertungen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland,

Last					
Jahr	Last Jahressumme	Last Maximum	Last Mittelwert	Last Minimum	Last Standard- abweichung
2013	459,8 TWh	73.283 MW	52.494 MW	26.791 MW	9.008 MW
2014	457,8 TWh	73.218 MW	52.264 MW	31.281 MW	8.787 MW
2015	478,0 TWh	76.636 MW	54.561 MW	29.834 MW	10.014 MW
2016	481,1 TWh	75.811 MW	54.768 MW	31.298 MW	9.816 MW
2017	493,2 TWh	79.481 MW	56.311 MW	29.453 MW	10.290 MW
2018	508,6 TWh	78.793 MW	58.061 MW	29.848 MW	9.919 MW

Tab. 1: Last bzw. Einspeiseleistung beim Endnutzer des Stroms 2013 bis 2018
Quelle: Rolf Schuster, E-Mail 09.01.2019

[12] Vgl.:www.enetzsuedhessen.de/fileadmin/user_upload/download/anlage_3_netznutzungsvertrag_begriffsbestimmungen; vgl. auch www.50hertz.com/de/Transparenz/Kennzahlen/Gesamtlast.

Derzeit entspricht die Last dem Strombedarf bei den Endnutzern. Bei einem evtl. erforderlichen Übergang von einer bedarfsorientierten zu einer bedarfs- und angebotsorientierten Netzsteuerung könnte sich dies ändern. Aus der Tabelle ist erkennbar, dass der Strombedarf in den letzten Jahren zugenommen hat. Dabei sind die Streuungen zwischen der maximalen und der minimalen Last erheblich. Dies hat z.T. mit den Erneuerbaren Energien zu tun, aber auch mit klimatischen Unterschieden zwischen den einzelnen Jahren.

3.2.2 Integration von Strom aus Wind- und Solarenergieanlagen in das Stromversorgungssystem

In Abbildung 9 zur Einspeiseleistung und zur installierten Leistung von Wind- und Solarenergieanlagen von März 2011 bis Ende Oktober 2018 ist deutlich erkennbar, dass diese installierte Leistung stark gewachsen ist und im Oktober des Jahres 2018 bereits über 104 Gigawatt betrug. Damit geht die installierte Leistung bereits weit über den maximalen Bedarf an Strom hinaus. Außerdem wird in Abbildung 9 klar gezeigt, dass die Einspeiseleistungen von Wind- und Solarenergieanlagen wegen deren Volatilität (Schwankungen der Einspeiseleistung) nicht dem Verbrauch (Last) entsprechen.

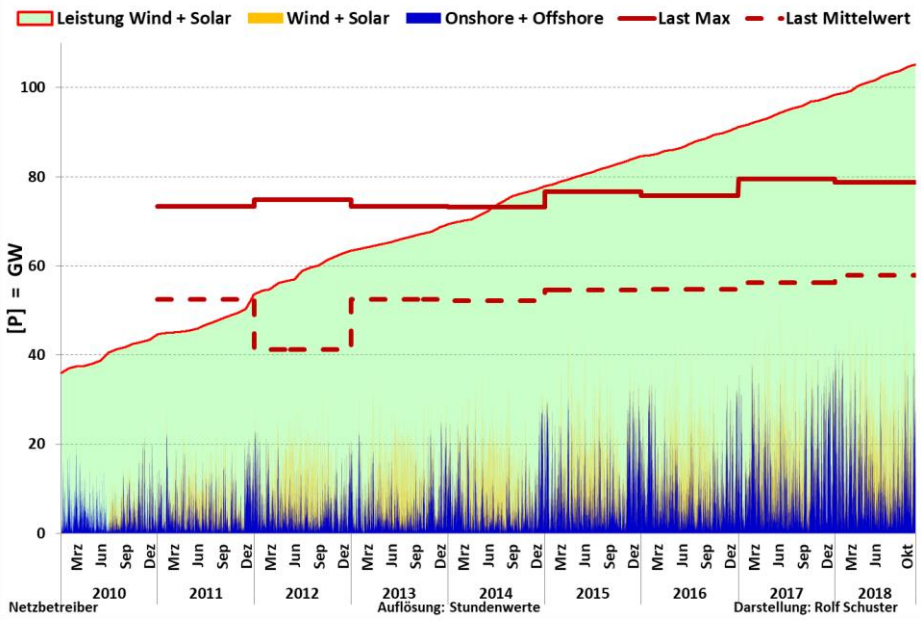


Abb. 9: Einspeiseleistung und installierte Leistung von März 2011 bis Ende Oktober 2018
Quelle: Grafik von Rolf Schuster

Oft müssen nahezu 100 % des Stromverbrauchs durch andere Kraftwerke gedeckt werden, die zudem im relativ ineffizienten Reservebetrieb laufen müssen, um die Volatilität von Wind und Sonne auszugleichen, soweit dies damit überhaupt möglich ist.

Sehr deutlich macht die die Abbildung 10 zur addierten Leistung von Windenergieanlagen in den Jahren 2011 bis 2016 in Deutschland in Summen der Stunden pro Jahr in 1%-Schritten bezogen auf die durchschnittliche installierte Leistung. Meist kann nur ein geringer Anteil der installierten Leistung zur Erzeugung von Strom genutzt werden. Daraus kann geschlossen werden, dass auch durch eine noch so starke Erhöhung der Zahl von Windenergieanlagen in Deutschland keine Änderung dieser schiefen Verteilung eintreten kann. Ahlborn schreibt in einer statistisch-mathematischen Analyse unter Berücksichtigung realer Leistungsdaten von Windenergieanlagen in Deutschland: „Wir kommen also zu dem überraschenden Schluss, dass wir die gesamte Fläche Deutschlands von Flensburg bis nach Berchtesgaden, von Aachen bis nach Görlitz im Abstand von durchschnittlich 8 km mit

Windparks zubauen müssen, um ein Viertel der Stromversorgung Deutschlands mit Windkraftanlagen sicherzustellen.“[13]

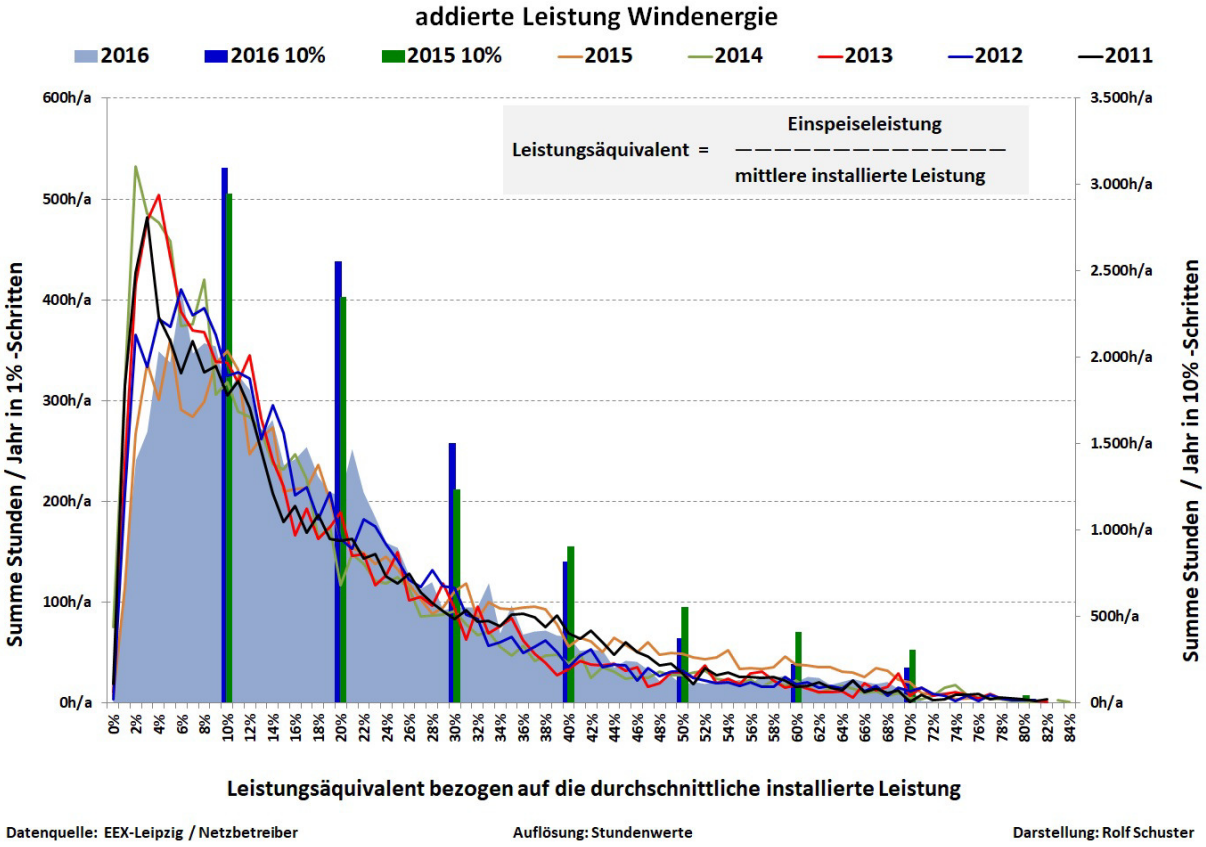


Abb.10: Leistungs-Histogramm der Windleistung in Deutschland
Quelle: Ahlborn, Detlev und Schuster, Rolf: Volatilität und Stochastik der Windstromerzeugung in Deutschland und Westeuropa

Die Abbildungen 9, 10 und 11 machen die Komplexität einer Netzsteuerung bei einem Strom-Mix mit Erneuerbaren Energien ausreichend deutlich, obwohl Darstellungen zu einzelnen Tagen teils noch schnellere und zum Teil extreme Schwankungen aufweisen. Die installierte Leistung (Kapazität) von Wind- und Solaranlagen kann niemals voll für die Erzeugung von Strom genutzt werden. Wenn Sonne und Wind nicht zur Verfügung stehen, dann spricht man von einer „Dunkelflaute“.

Hinzu kommen jahreszeitlichen Unterschiede. Im Winter unterschreiten die Einspeiseleistungen den Strombedarf in höherem Maße als im Sommer. Dies gilt verstärkt für die Photovoltaik, weil die Sonne im Winter mehrere Monate kaum scheint. Hinzu kommt, dass die Leistung einer Photovoltaikanlage nachts immer gleich „null“ ist. Zu ergänzen ist, dass es schon wiederholt vorgekommen ist, dass in den Wintermonaten Wind und Sonne mehrere Wochen nahezu keinen Strom geliefert haben. Man spricht dann von der sogenannten Dunkelflaute. Um Versorgungssicherheit unter Berücksichtigung von unvorhergesehenem Reparaturbedarf und von regulären Instandhaltungsleistungen an fossilen Reserveanlagen sicherzustellen, muss die installierte Leistung aller konventionellen Kraftwerke deutlich über 105 Gigawatt liegen, obwohl die maximale Last in Deutschland zwischen 70 und 80 Gigawatt beträgt.

Bereits im Jahr 2000 ist im ersten Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) zur Zeit der Kanzlerschaft von Gerhard Schröder in der ersten rot-grünen Koalition mit Umweltminister Jürgen Trittin durchgesetzt

[13] Vgl. Dr. Ing. Detlef Ahlborn: https://www.vernunftkraft.de/dreisatz/

worden, dass Strom aus Wind- und Sonnenenergieanlagen bevorzugt ins Stromnetz eingespeist werden muss. Dabei wurde den Erzeugern eine feste Einspeisevergütung über 20 Jahre garantiert, wobei die Vergütungssätze heute von der Erzeugungsart, dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme und bei Windenergieanlagen von der Standortregion abhängig sind.

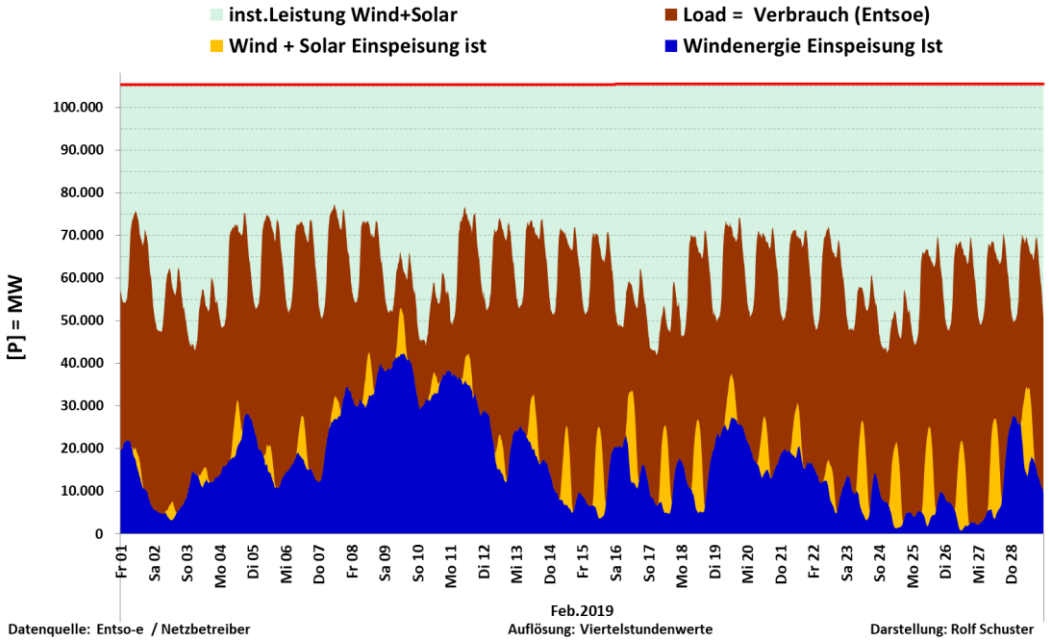


Abb. 11: Installierte Leistung Wind und Solar, Einspeisung und Last im Februar 2019
Quelle: Rolf Schuster, 02.03.2019

Für größere Anlagen gilt allerdings seit 2014 mit Veränderung ab 2016 das Marktprämienmodell mit Direktvermarktung. Von einer Marktlösung kann nicht gesprochen werden, weil der Staat für bestimmte Anlagentypen bei Ausschreibungen die Anlagenmengen vorgibt. Über die Zeit hinweg sinken die Grundvergütung und die Boni degressiv nach dem Jahr der Inbetriebnahme um 1% pro Jahr.

Feb 2019	Load D	Wind	Solar	Wind + Solar	Proz. der Nennleist.
inst. Nennleistung		58.830MW	46.618MW	105.448MW	
Max	77.264MW	42.370MW	23.509MW	52.972MW	50,24%
Mittelwert	60.822MW	16.633MW	3.270MW	19.903MW	18,87%
Min	41.900MW	801MW	0MW	2.173MW	2,06%
Summe Monat	40.873GWh	11.177GWh	2.198GWh	13.375GWh	18,87%

Tabelle 2: Stromverbrauch (Last), Installierte Nennleistung, Viertelstunden-Maxima und –Minima, Mittelwert und Summe der Leistung von Wind- und Solarenergieanlagen im Februar 2019 in Deutschland; Quelle: Rolf Schuster, 02. März 2019 auf Basis von Entso-e / Netzbetreiber

Zusätzlich gibt es außerdem bestimmte Prämien. Bei Windenergieanlagen gilt für die Vergütung der Grundsatz, je schwächer der Wind am Standort weht, desto höher ist der Vergütungssatz. Auch bei den zwingend notwendigen, immer häufiger vorkommenden Abschaltungen von Erzeugungsanlagen wegen der Gefahr bedarfsübersteigender Strommengen im Netz wird der nicht gelieferte Strom ver-

gütet. Es ist an nicht möglich, alle Details der ständigen Gesetzesänderungen darzustellen.[14] Es bleibt jedoch festzuhalten, dass durch verschiedene Änderungen des Gesetzes die Risiken für Investoren gestiegen sind. Dies gilt zurzeit eher für die Windenergie- als für Photovoltaikanlagen.

Die Tabelle 2 für den Februar 2019 zeigt den Stromverbrauch bzw. die Last, die installierte Nennleistung bzw. Kapazität von Wind- und Solarenergieanlagen, die tatsächlich erreichten Viertelstunden-Maxima und -Minima, ihrem Mittelwert und die Summe der Produktion von Strom durch Wind- und Solarenergieanlagen in Deutschland.

Die monatlichen 15-Minuten-Minima der Summe der Strommenge aus Wind- und Sonnenstrom liegen in nahezu jedem Monat etwa zwischen 1% und 2,5% der installierten Leistung der Anlagen. Das Monatsminimum lag bei Strom aus Wind- und Solarenergieanlagen im Februar 2019 bei 2,06% der installierten Leistung (vgl. Tab. 2).

Infolgedessen müssen kontinuierlich verfügbare, konventionelle Reservekraftwerke für etwa 80 % des Bedarfs zur Verfügung stehen. Der Rest kann i.d.R. von Biomasse- oder Flusswasserkraftanlagen übernommen werden. Die Leistungen von Pumpspeicherkraftwerken können als Reservestrom fast vernachlässigt werden; sie können bestenfalls als Minutenreserve bis zum Hochfahren konventioneller Kraftwerke dienen. Auch bei einer sehr schmerzhaften Verbrauchssenkung kann die Wende in der Stromversorgung in Deutschland ohne neue Speicher und neue Netze nicht funktionieren.

Inzwischen wissen wir auch, dass schwache Winde im Binnenland nicht durch Offshore-Anlagen auf See ausgeglichen werden können. Ja sogar im Blick auf das europäische Verbundnetz mit den 15 wichtigsten Ländern gibt es keinen Ausgleich von Maxima und Minima bei Stromeinspeisungen von Offshore- und Onshore-Windenergieanlagen. Auch dies hat Rolf Schuster in Grafiken sehr klar belegen können (vgl. Abb. 12).

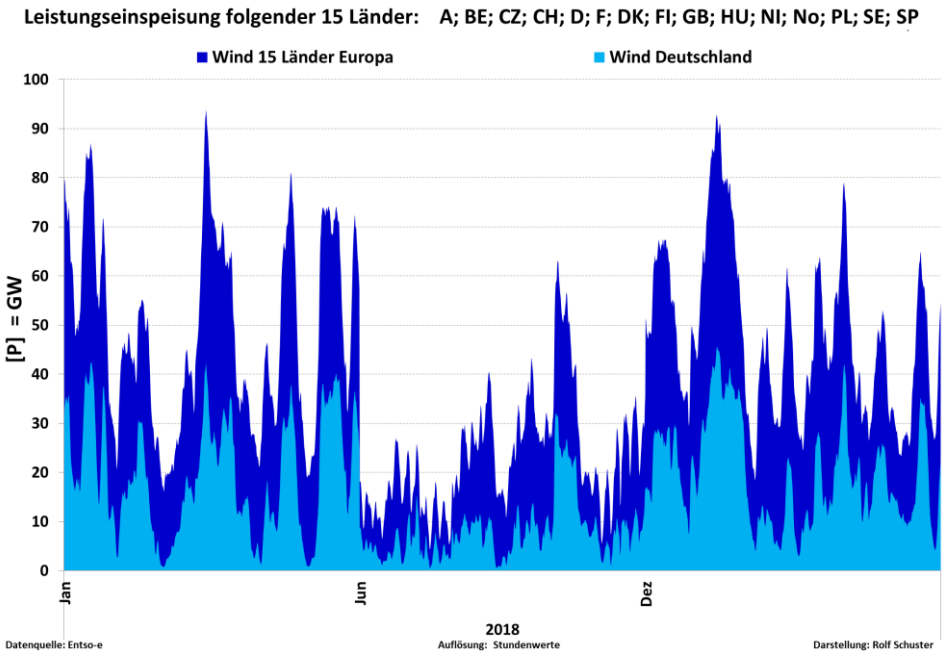


Abb. 12: Windstromeinspeisung in 15 europäischen Ländern; Quelle: Rolf Schuster

[14] Vgl. dazu Wagner, Eberhard: https://klauseberhardwagner.wordpress.com/2019/02/25/eeg-umlage-2019-eine-kritische-betrachtung/.

Damit widersprach er speziell den Aussagen des IWES Fraunhofer-Instituts an der Universität in Kassel, das jahrelang von einem Ausgleich sprach, wenn nur genügend Anlagen errichtet werden. Offensichtlich sind es Großwetterlagen, die das Gesamtgeschehen bei der Erzeugung von Wind- und Sonnenstrom dominieren. Hinzu verstärken Photovoltaikanlagen die Tag-Nacht-Unterschiede nahezu zur gleichen Zeit in Europa. Großräumiger Ausfall der Erzeugung von Wind- und Sonnenstrom sind also durchaus keine Seltenheit. Die Abbildung 12 zeigt eine Auflösung nach Stundenwerten und betrifft die Leistungseinspeisung im Jahr 2018. Diese 15 Länder zeigen in den vergangenen Jahren annähernd die gleichen Leistungsspitzen und –minima.

Fraglich ist, ob in Zukunft in Deutschland der Stromverbrauch wie geplant sinken kann. Die Elektrifizierung von Autos, Fahrrädern und Rollern sowie die Digitalisierung in allen Bereichen der Wirtschaft, die ein zentrales strategisches Ziel der Bundesregierung ist, werden den Endenergieverbrauch im Bereich des elektrischen Stroms in absehbarer Zeit weiter steigern. Nur eine drastische Effizienzsteigerung und/oder ein drastisches Schrumpfen der Wirtschaft durch Verbrauchsminderungen können den Stromverbrauch senken. Ob die Bürger z.B. einen Verzicht auf ein privates Auto oder auf Flugreisen und vieles andere ohne Zwang mitmachen, ist höchst zweifelhaft. Nur mit solch drastischen Verbrauchseinschränkungen wäre das Ziel der Senkung des Stromverbrauchs bis 2050 um 25% gegenüber 2008 erreichbar (so das Energiekonzept vom 28. September 2010).

Eine kritische Anmerkung am Rande sei an dieser Stelle erlaubt. Wenn Stromversorgungsunternehmen und der Bundesverband Windenergieanlagen (BWE) meist anlässlich der Einweihung einer neuen Windenergieanlage mit irreführendem Gehalt z.B. sagen, „mit dieser Anlage können 3500 Haushalte ein Jahr mit Strom versorgt werden“, dann sind dazu zwei Anmerkungen zu machen: Erstens geht es nicht primär um Haushalte mit ihrem relativ kleinen Anteil am gesamten Energie- und Stromverbrauch. Zweitens kann weder mit einem Windrad, noch mit einer Photovoltaikanlage stetig Strom erzeugt werden. Letztlich können mit Windrädern und Photovoltaikanlagen allein keine Haushalte versorgt werden. Beide Formen der Erneuerbaren Energien erfordern immer auch die ständige Verfügbarkeit anderer Anlagen wie Biomasse- oder Flusswasserkraftwerke und vor allem konventionelle fossile und/oder nukleare Anlagen. Für die im Beispiel genannten 3500 Haushalte stünden pro Jahr stets nur unter 1900 Volllaststunden Strom aus Wind zur Verfügung. Ein Jahr hat aber 8760 Stunden. Die Versorgung könnte nur dann erfolgen, wenn der Wind ausreichend weht. Dies wird leider in der Regel verschwiegen, und zwar nicht nur von der einschlägigen Industrie, sondern auch in den öffentlich-rechtlichen Medien. Dazu im nächsten Abschnitt mehr.

Festzuhalten ist weiterhin, dass Windenergie- und Solarenergieanlagen keineswegs CO_2-frei die Stromversorgung sichern können, wie dies immer wieder von Lobbyisten, Medien und Politikern suggeriert wird. Es muss stets das gesamte Stromversorgungssystem gesehen werden, das auch den Betrieb von fossilen Kraftwerken einschließt. Wenn auf CO_2-freie Kernkraftwerke verzichtet wird, dann sind auf absehbare Zeit zwingend fossile Kraftwerke im Reservebetrieb erforderlich. Dieser Reservebetrieb wird dann zu mehr CO_2-Emissionen führen als durch die Vermeidung von CO_2 mit dem Betrieb von Windenergie- und Solaranlagen eingespart wird. In allen Kraftwerkstypen kommen die CO_2-Belastungen aus dem gesamten Lebenszyklus der Kraftwerke einschließlich Produktion, Betrieb und Recycling/Entsorgung hinzu, die i.d.R. geflissentlich verschwiegen werden.

3.2.3 Ausstieg aus der Stromerzeugung mit Kernenergie und Kohle

Ausstieg aus der Stromerzeugung mit Kernkraft

Während ein Ausstieg aus der Kohle in der Stromerzeugung unstrittig zu weniger CO_2-Emissionen führen kann, ist ebenso unstrittig, dass ein Ausstieg aus der Kernkraft im Blick auf das Klima ver-

mutlich das Gegenteil bewirkt oder ohne Einfluss bleibt, weil Kernkraftwerke keine Abgase emittieren.

Der Ausstieg aus der Kernenergie in Deutschland ist ohne die deutsche Anti-Atomkraft-Bewegung und die Entstehung der Partei der Grünen nicht zu verstehen. Etwa zu Beginn der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts wuchs der Widerstand. Die Katastrophe von Tschernobyl im Jahr 1986 in der UdSSR gab dieser Bewegung verstärkten Auftrieb. Die erste rot-grüne Regierung unter der Kanzlerschaft von Gerhard Schröder mit Umweltminister Jürgen Trittin führte durch Verhandlungen mit den Betreibern von Kernkraftwerken im Jahr 2000 zu einem ersten Ausstiegsbeschluss, der einen zeitlich gestaffelten Ausstieg vorsah. Geregelt wurde dieser Ausstieg durch die Festlegung von Restlaufzeiten mit Reststrommengen. Die letzten Kernkraftwerke sollten 2020 vom Netz genommen werden; der Neubau wurde untersagt. Schon damals machten die Kraftwerksbetreiber und die CDU darauf aufmerksam, dass dieser Beschluss auch wieder zurückgenommen werden kann.

Die schwarz-gelbe Koalition ab 2009 mit Kanzlerin Angela Merkel und Umweltminister Norbert Röttgen (bis 2012 und danach Peter Altmaier) nahm den ersten Ausstiegsbeschluss im Jahre 2010 teilweise zurück. Dies sollte zu einer Laufzeitverlängerung um durchschnittlich 12 Jahre führen.

Ein erneuter Ausstiegsbeschluss in Deutschland fiel unmittelbar nach dem Tsunami in Fukushima. Bereits drei Tage nach dem Tsunami und der dadurch verursachten Explosion im Kernkraftwerk wurde von Kanzlerin Merkel ein Atommoratorium verkündet. Dieser Unfall setzte eine große Menge Radioaktivität frei. Bereits drei Monate danach wurde ein neues, noch heute gültiges Ausstiegsgesetz beschlossen, dass die Abschaltung der letzten Kernkraftwerke in Deutschland bis zum Jahre 2022 vorsieht. 2018 waren noch sieben Kernkraftwerke mit einer Bruttoleistung von 10.013 MWe in Betrieb.[15] Mit MWe ist Megawatt elektrisch gemeint, d.h. die elektrische Leistung des Generators einer Energieumwandlungsanlage, hier eines Kernkraftwerks.

Dennoch wurde und wird dieser Beschluss von vielen Kernphysikern und Energieexperten aus der Industrie und von den Universitäten als überhastet und vorschnell bezeichnet. Die etwa 16.000 Toten durch die Flutwelle im Raum Fukushima waren für sie keine überzeugende Begründung. Der Tsunami löste allerdings Explosionen von Reaktorblöcken aus, die zu einer Freisetzung von Radioaktivität führte und die Umwelt in einem größeren Gebiet unbewohnbar machte. Durch die Freisetzung der Radioaktivität kam niemand direkt ums Leben. In japanischen Zeitungen wurde berichtet[16], dass bereits vier Jahre danach durch die Folgen des harten Lebens als Evakuierte über 1.300 Menschen gestorben seien, z.T. wegen Selbstmorden.

Eine Katastrophe dieser Art kann in deutschen Kernkraftwerken nicht vorkommen, obwohl ein grösserer Unfall niemals ausgeschlossen werden kann. Deutsche Kraftwerke gelten noch immer als sehr sicher und entsprechen immer dem neuesten Stand der Sicherheitstechnik. Modernisierungen werden nahezu jedes Jahr durchgeführt. Außerdem gibt es die systematischen Instandhaltungsmaßnahmen mit Abschaltungen von etwa einem Monat im Jahr. Ein Gau ist in Deutschland sehr unwahrscheinlich. Insgesamt ist die Kernkraft in Deutschland statistisch sicherer als die Gewinnung und das Verbrennen von Kohle in Deutschland. Bisher gab es keine ernsten Unfälle mit Kernkraftwerken in Deutschland. Der Ausstieg in Deutschland entsprach und entspricht aber nach wie vor dem Willen einer großen Mehrheit der Bürger in Deutschland.

Zu fragen ist allerdings, ob Deutschland die Forschung & Entwicklung (F&E) auf diesem innovativem technischen Feld derart vernachlässigen darf wie dies heute der Fall ist. Während man sich im Ausland speziell in F&E auch um die Weiterentwicklung der Kernkrafttechnologie kümmert, sind wir

[15] Vgl. kernenergie.de, Deutsches Atomforum DAtF.
[16] Vgl. Nachricht der NZZ am 10.03.2015.

in Deutschland aus dem Aufbau technologischer Kompetenz sowie der Entwicklung von Prototypen für neue Kraftwerke zur friedlichen Nutzung der Kerntechnik an den Universitäten (z.B. an der Technischen Universität Darmstadt) und an den großen Forschungsinstituten in Jülich und Karlsruhe weitgehend ausgestiegen. An den früheren Kernforschungsanstalten in Jülich und Karlsruhe sind heute nur noch etwa 15% der Mitarbeiter mit Themen aus dem Bereich der Kernkraft beschäftigt. Im Ausland wurden z.B. inzwischen kleine Kernreaktoren und atomgetriebene Blockheizkraftwerke wieterentwickelt, die ohne Kühlung inhärent sicher sein werden. Zugleich wurde an der Verminderung der langen Strahlungsdauer, an Wiederaufbereitungstechnologien und an Endlagerproblemen weiter geforscht, die die Welt vermutlich verändern werden. Deutschland betreibt zwar Endlagerforschung; auf den anderen Gebieten der Kerntechnik spielen wir, anders als in der Kernphysik, nur noch eine sehr geringe Rolle. Es ist nicht erstaunlich, dass in einem solchen Umfeld auch deutsche Unternehmen wie die Siemens AG die Kerntechnik als Geschäftsfeld aufgegeben haben. Schon heute sind wir mangels kompetenten Nachwuchses kaum noch in der Lage, den kerntechnischen Service in eigenen Anlagen und kerntechnisches Personal für internationale Aufsichtsgremien bereit zu stellen.

Ausstieg aus der Stromerzeugung mit Kohle

Bereits in den letzten zehn Jahren sind in Deutschland hauptsächlich aus politischen Gründen kaum noch neue fossile Kraftwerke ans Netz gegangen. Dies ist auf die vielfältige Förderung Erneuerbarer Energien zurückzuführen, die eine rentable Produktion mit fossilen Kraftwerken nahezu unmöglich machten. Infolgedessen wurden fast keine Modernisierungen mehr vorgenommen; die Betrreiber beschränkten sich meist auch wegen der politischen Unsicherheiten in Deutschland auf die notwendigsten Reparaturen. Das schwedische Unternehmen Vattenfall hat sich aus der Stromproduktion mit Kohlekraftwerken in Deutschland völlig zurückgezogen.

Moderne Steinkohlekraftwerke haben heute weitaus höhere Wirkungsgrade und damit geringere CO_2-Emissionen als die in Deutschland in Betrieb befindlichen Steinkohlekraftwerke.[17] Alte Kraftwerke haben teilweise nur einen Wirkungsgrad von 30% bis 35%, neue dagegen bis zu 45%. Mit Kombikraftwerken, die Wärme und Strom liefern, werden Wirkungsgrade bis 50% erreicht. Ein modernes Kraftwerk für die Stromerzeugung wäre z.B. die im Bau befindliche Anlage in Datteln, die aber wegen des Kohleausstiegsbeschlusses und der Verzögerungen beim Bau kaum noch in Betrieb genommen werden dürfte.

Eine Kohlekommission, offiziell beschönigend „Kommission für Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ genannt, hat im Februar 2019 (!) den Abschlussbericht vorgelegt, der vorsieht, dass bis zum Jahr 2038 alle Kohlekraftwerke in Deutschland stillzulegen sind. In dieser von der Bundesregierung erst am 6. Juni 2018 (!) eingesetzten Kommission hatten Energieexperten von den großen Erzeugern konventionellen Stroms gegenüber der überwältigenden Mehrheit von Vertretern mehrerer Nichtregierungsorganisationen (NGO), von Verbänden Erneuerbarer Energien und von politischen Parteien von vornherein keine Chance, ihren technischen und ökonomischen Sachverstand ausreichend zur Geltung zu bringen. Klimaforscher und Nichtregierungsorganisationen in der Kommission wollten einen schnelleren Ausstieg; technische und ökonomische Experten konventioneller Kraftwerke warnten vor dem frühen Ausstieg. Die Oppositionsparteien waren in der Kommission nicht vertreten. Zweckmäßigerweise wurden mehrere Prüfzeitpunkte empfohlen, an denen Korrekturen vorgenommen werden können.

Vom Ausstieg aus der Kernkraft und dem Kohleausstieg zusammen sind 28% des Primärenergieverbrauchs und 39,6% der Nettostromerzeugung des Jahres 2017 betroffen. Zu fragen ist, ob auf diesen Anteil bis 2038 verzichtet werden kann, wenn auch technische, soziale und ökonomische As-

[17] Vgl. http://www.energiewelten.de/elexikon/lexikon/seiten/htm/010307_verschiedene_Konzepte_fuer_-Steinkohlekraftwerke.htm, 08.03.2018.

pekte ausreichend berücksichtigt werden. Dabei muss beachtet werden, dass die konventionellen Kraftwerke unabhängig von Wind und Sonne rund um die Uhr Strom zur Verfügung stellen können. Der Ausstieg aus Kernkraft und aus Kohle zugleich ist also eine gigantische Aufgabe, die im Prinzip nur dann zu schaffen ist, wenn zugleich der Stromverbrauch radikal gesenkt wird.[18] Über das notwendige Maß der Verbrauchssenkung wird aus nachvollziehbaren Gründen kaum diskutiert.

Derzeit gibt es in Deutschland etwa 130 Braun- und Steinkohlekraftwerke. Ein Teil davon wird als Reservekraftwerke weiterhin betrieben werden müssen, weil es nicht gelingen kann, rechtzeitig Gasturbinenkraftwerke zu bauen und die geeigneten Netze zu schaffen. Der Ausstieg aus der Kohle in Deutschland wird in der Industrie der Branche die gleichen Folgen wie der Ausstieg aus der Kernkraft mit sich bringen. Der Wegfall der Kunden bei den Kraftwerksherstellern und den Lieferanten von Komponenten und Teilen wird dafür sorgen, dass auch in diesen Wirtschaftszweigen die Arbeitsplätze in Deutschland stark reduziert werden oder wegfallen müssen. Kein Unternehmen im exportabhängigen Deutschland kann allein von Kunden aus dem Ausland nachhaltig bestehen. Die Bundesregierung traut sich zu, durch eine quasi-planwirtschaftliche Industrieförderung und -politik die sich bereits abzeichnenden ökonomischen, sozialen und technischen Probleme auffangen zu können. Speziell die technischen Probleme wurden kaum diskutiert, weil in dieser Kommission der technische Sachverstand schwach vertreten war. Man muss sich auch bei aller Wertschätzung der Mitglieder nur die Zusammensetzung der Kommission ansehen, um zu diesem Ergebnis zu kommen.

3.3 Die Entwicklung der CO_2-Emissionen

Die Diskussion um die CO_2-Emissionen des Energieumsatzes und des Treibhauseffekts betreffen bei trockener Luft einen Anteil von Kohlendioxyd von 0,0405% der Luft oder 405,0 ppm. 78,084% der Luft sind Stickstoffmoleküle und 20,946% sind Sauerstoffmoleküle.[19] Der Rest sind Stickstoff- und Schwefelverbindungen, diverse Edelgase, Wasserdampf und Staub, speziell Feinstaub.

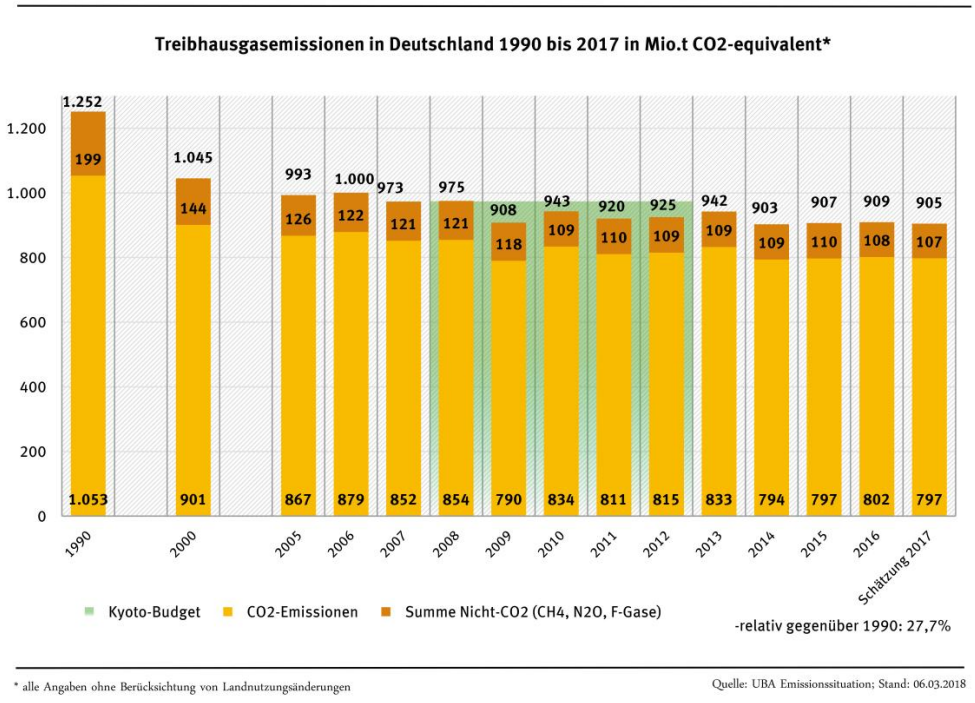


Abb. 13: Treibhausgasemissionen in Deutschland von 1990 bis 2017 in Mio. Tonnen CO_2-equivalent
Quelle: UBA Emissionssituation; Stand 06.03.2018, Pressemitteilung

[18] Vgl. dazu Abb. 1: Primärenergieverbrauch, Stand 12/2017.
[19] Vgl. Schönwiese, Christian: Klimawandel kompakt, Stuttgart 2019, S. 11.

In der Abbildung 13 sind die Treibhausgasemissionen in Deutschland von 1990 bis 2017 in Millionen Tonnen CO_2-equivalent dargestellt. In den Jahren 2014 bis 2017 sind diese Emissionen relativ stabil geblieben. Von einem CO_2-Äquivalent („equivalent“) wird dann gesprochen, wenn der relative Beitrag zum Treibhausgaseffekt bzw. das relative Treibhausgaspotential gemeint ist. Mit der grün unterlegten Fläche ist eine Restmenge von CO_2-Emissionen gemeint, mit der definierte Temperaturziele eingehalten werden können. Darauf wird nicht näher eingegangen (vgl. z.B. Wikipedia). Von den 797 Mio.t CO_2-Emissionen sind 748,7 Mio.t auf den Energieverbrauch zurückzuführen. Auch diese CO_2-Emissionen lassen in Deutschland eine relativ stabile Entwicklung erkennen. Gegenüber 2016 sanken diese CO_2-Emissionen um 0,7%.

Den größten Beitrag zur Senkung der CO_2-Emissionen lieferte in 2017 gegenüber 2016 mit 12,7% die Steinkohle, während die schmutzigere Braunkohle in der gleichen Zeitspanne nur ein Minus von 0,6% aufwies. Dies lag vor allem daran, dass die Braunkohle zu niedrigeren Stromerzeugungspreisen führt als die Steinkohle. Hinzu kommt, dass die flexible Anpassung der Erzeugung von Strom die konventionellen Kraftwerke zu niedrigeren Effizienzgraden zwingt. Dies liegt wiederum an der absoluten Priorität der Einspeisung Erneuerbarer Energien in das Stromnetz durch die gesetzliche Regelung im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).

Es ist nicht sehr zweckmäßig und es wäre irreführend, auf die durch die Erneuerbaren Energien aus Wind und Sonne in Deutschland vermiedenen CO_2-Emissionen einzugehen, und zwar aus zwei Gründen: Erstens verursachen Wind- und Sonnenenergieanlagen direkt keine CO_2-Emissionen; sie wirken direkt CO_2-mindernd, wenn die Emissionen während des gesamten Lebenszyklus unberücksichtigt bleiben. Allerdings muss elektrischer Strom in konventionellen Kraftwerken erzeugt werden, wenn der Wind nicht weht und die Sonne nicht scheint. Es kommt letztlich auf den Strom-Mix an, ganz gleich ob elektrischer Strom in Deutschland oder im Ausland erzeugt wird. Ein Teil des Kohlestroms kommt zwangsläufig in einer Strombedarfssituation in Deutschland aus Nachbarländern (z.B. Polen und Tschechien), denen dann die CO_2-Emissionen statistisch zugerechnet werden, obwohl diese durch Deutschland verursacht werden. Wirklich aussagefähige Statistiken zu den Transfereffekten dieser Art sind nicht leicht zu finden. In den Veröffentlichungen der Medien dominieren die Erfolgsberichte zum Ausbau der Erneuerbaren Energien. Zweitens werden in manchen veröffentlichten Zahlen die volatilen Stromquellen Wind und Sonne und nicht volatilen Stromquellen wie Wasserkraft und Biomasse mit dazu gerechnet, obwohl dies ein falsches Bild vermittelt.

In einem Rückblick auf das Jahr 2018 hat der sogenannte Thinktank Agora laut Spiegel über einen Rückgang der CO_2-Emissionen in Deutschland 2018 gegenüber 2017 in Höhe von 5,7% berichtet. Es wird aber in Frage gestellt, ob dieser Rückgang nachhaltig ist. Vermutet wird, dass die relativ milde Witterung in 2018 eine wesentliche Rolle gespielt hat. Tatsächlich dürfte auch die Verteuerung der Erzeugung von Kohlestrom durch den erheblichen Anstieg der Preise für CO_2-Zertifikate in 2018 eine Rolle gespielt haben.

4. Energieverbrauch, Stromerzeugung, CO_2-Emissionen in anderen Ländern

4.1 Vorbemerkung zur Zahl der Menschen und zur Wirtschaftskraft

Vorab zunächst ein paar Informationen zur aktuellen Zahl der Menschen auf der Welt und die Entwicklung der Weltbevölkerung. Die Bevölkerungsuhr der Deutschen Stiftung Weltbevölkerung hat am 19. Februar 2019, um 09:53 Uhr die Zahl der Menschen auf der Welt mit 7.686.732.396 angegeben.[20] Die Wachstumsrate der Bevölkerung sinkt zwar augenblicklich, aber die Zahl der Menschen wächst weiter. Bis 2050 wird die Bevölkerung nach Angaben des Population Reference Bureaus (PRB) auf der

[20] dort mit Bezug auf Prognosen der UN: https://www.dsw.org/weltbevoelkerung/.

Erde um 29 % bzw. 2,3 Milliarden Menschen auf 9,9 Mrd. steigen.[21] Von PRB wird geschätzt, dass sich die Weltbevölkerung erst gegen Ende des 21. Jahrhunderts stabilisiert.

Davon leben etwa zwei Drittel in Entwicklungsländern. Diese Länder wachsen überproportional, während die Industrieländer eine relativ stabile Bevölkerungszahl aufweisen, wobei die Entwicklung nach unten zeigt. In Deutschland betrug 2017 die Einwohnerzahl 82,79 Mio.[22]

Laut PRB sinkt in Deutschland die Zahl der Menschen mit einer Rate von -0,17 %. Um die Bevölkerungszahl stabil zu halten, müssten in den nächsten Jahren jährlich etwa 250.000 Menschen zuwandern. Der Anteil Deutschlands an der Weltbevölkerung betrug im Jahr 2018 nach Angaben der gleichen Quelle 1,11 %.[23] Wegen unterschiedlicher Angaben verschiedener Organisationen zur Bevölkerungszahl sind diese Zahlen oft nur Schätzungen.

Wesentlichen Einfluss auf den Energie- und Stromverbrauch hat vor allem die Wirtschaftsentwicklung. In 2017 wuchs die Wirtschaft der G20-Länder um 3,7%. Damit hat sich das Wirtschaftswachstum in 2017 gegenüber 2016 beschleunigt.[24] Es wurde wieder eine Wachstumsrate erreicht, die dem Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2015 entsprach. Die OECD-Länder erzielten dieses Wachstum in 2017 nicht. Die USA verzeichneten Steigerungsraten von 2,3%, Europa 2,6% und Japan 1,7%. Höheres Wachstum gab es in China und Indien mit rund 6-7%. Russland und Brasilien sind auf dem Weg, sich von einer zweijährigen Rezession zu erholen.[25]

Global gesehen spielt Deutschland im Blick auf die Bevölkerungszahlen also eine relativ geringe Rolle. Gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) sehen die Relationen anders aus. Deutschland hatte 2018 einen Anteil von etwa 3,24 %. 2017 kam China auf einen Anteil am kaufkraftbereinigten BIP in Höhe von 18,76%. Dieser Anteil wird in den kommenden Jahren weiter wachsen. Der Anteil der USA am kaufkraftbereinigten BIP in 2018 lag geschätzt bei rund 15,12%; 2008 lag dieser Anteil noch bei 17,61%.[26] Damit liegt China im Blick auf das bereinigte BIP vor den USA. Diese Entwicklung in der Welt ist im Prinzip positiv zu sehen. Wenn Entwicklung- und Schwellenländer höhere Wachstumsraten aufweisen, dann muss der Anteil der hoch entwickelten Länder gegenüber den weniger entwickelten Ländern tendenziell sinken.

4.2 Der Energieverbrauch in anderen Ländern

Das Wirtschaftswachstum beeinflusst die Energienachfrage unmittelbar. Im Jahr 2017 hat sich der Energieverbrauch in der Welt mit + 2,3% nach + 1,1% in 2016 beschleunigt.[27] Auf die G20-Länder entfallen 80% des globalen Energieverbrauchs. Das Geschehen dort bestimmt in hohem Maße die Entwicklung in der Welt. In den G20-Ländern stieg die Energienachfrage um 2,1%. Auch dies bedeutet eine Verdopplung gegenüber 2016. In China verdoppelte sich das Wachstum des Energieverbrauchs (2,9%). In Europa wuchs er um 1%, in Indien um 4,4% und in Russland 5,7%. Auch in den USA wuchs der Energieverbrauch um 0,3%.

---

[21] Vgl. https://www.prb.org/2018-world-population-data-sheet-with-focus-on-changing-age-structures/am 19.02.2018.
[22] https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2861/umfrage/entwicklung-der-gesamtbevoelkerung-deutschlands/.
[23] Vgl. ebenda.
[24] Vgl. dazu und für die folgenden Zahlenangaben: Enerdata https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1662290/umfrage/ranking-der-20-laender-mit-dem-groessten-anteil-am-welt-weiten-bruttoinlandsprodukt/.
[25] Vgl. ebenda.
[26] Vgl. Statista am 04.03.2018 https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167632/umfrage/ die entsprechenden Seiten für die USA und für China.
[27] https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html,_12.02.2019.

Die Energieintensität, das Verhältnis von Energieverbrauch zum Bruttoinlandsprodukt, wuchs schneller als die zunehmende Energieeffizienz beim Einsatz von Energie. Die Energieeffizienz hat sich in China und Japan verlangsamt, in den USA und Europa hat sie zugenommen; in Russland wuchs sie mit über 4%.[28] Während die Verbesserung der Energieeffizienz in Europa (+0,4%) und in den USA (-2,1%) die Nachfrage nach Energie begrenzt hat, war das Wachstum in China (+5,9%), Indien (+5,35) und in Japan mit erstmaligem Wachstum seit 2013 in Höhe von +7,2% relativ hoch.[29]

Das Wachstum des Energieverbrauchs hat bei allen Energiearten zu einem wachsenden Einsatz geführt. Der Kohleverbrauch wuchs um +1%, nach einer dreijährigen Abwärtsphase. Gefördert durch die Entwicklung in Indien und in der Türkei sowie durch die hohe Nachfrage nach elektrischem Strom (hauptsächlich in Asien) wuchs der Kohleeinsatz in 2017. In China betrug die Steigerung bei der Kohle +0,4% und zwar trotz einer starken Umweltschutzpolitik und des damit verbundenen Übergangs zu Gas und Erneuerbaren Energien.[30] (vgl. Enerdata ebenda).

In Europa ging der Energieverbrauch um -2,7% zurück und in den USA sank der Energieverbrauch zum vierten Mal in Folge 2017 um -0,4%. In den USA wird zunehmend schneller Kohle durch Gas und Erneuerbare Energien ersetzt.[31]

Der Verbrauch von Erdöl stieg 2017 in den G20-Ländern beschleunigt um +1,8%. Diese Wachstumsrate wurde speziell durch das Wachstum der petrochemischen Industrie und durch die zunehmende Mobilität gefördert. Auch hier gab es in China Steigerungsraten von + 5,4% und in Indien von 5%. In Europa wuchs die Nachfrage nach Erdöl um +1,4 und in den USA um +0,6%. Erholt haben sich Brasilien und Russland auch im Sektor Erdölverbrauch.[32]

Relativ stark wuchs zum dritten Mal in Folge der Gasverbrauch mit +3,3%. Dazu haben Russland mit +8% und Indien mit +4,9% vor allem durch den Ersatz von Kohle durch Erdgas beigetragen. Sehr stark wuchs der Erdgasverbrauch in China mit +15%. Damit verursachte China 30% des Anstiegs der globalen Nachfrage nach Erdgas. In Europa wuchs der Erdgaseinsatz um +3,8% wegen der wirtschaftlichen Erholung, wegen des niedrigen Wasserstands in Flüssen und wegen Instandhaltungsmaßnahmen bei den Kernkraftwerken.[33]

China ist seit 2009 der größte Energieverbraucher der Welt. Außerdem wuchs der Verbrauch in den meisten Ökonomien Asiens wie z.B. in Indien, Indonesien, Malaysia, Japan aber auch in Europa wie z.B. in Deutschland, Frankreich, Italien (mit Ausnahme von Groß-Britannien), in Russland und Kanada. Der Energieverbrauch in den USA blieb in 2017 zum zweiten Mal nacheinander stabil. Dagegen stieg in Brasilien der Verbrauch, während er in Mexiko und Argentinien fiel. Insgesamt soll der weltweite Primärenergieverbrauch in 2019 nach Prognosen etwa 14.000 Mio. Tonnen Steinkohleeinheiten betragen. Dabei ist eine Steinkohleneinheit gleich 8,14 Kilowattstunden (kWh). Bis 2040 soll der Primärenergieverbrauch auf der Welt auf fast 16.000 Mio. Tonnen Steinkohleeinheiten steigen.[34]

---

[28] Vgl. Enerdata https://d1owejb4br3l12.cloudfront.net/sites/default/files/about-us/press-release/2018-press-release-world_energy-news.pdf, Paris (France) – May 30, 2018.

[29] Vgl.: Enerdata, https://d1owejb4br3l12.cloudfront.net/sites/default/files/about-us/pressrelease2018-pressrelease-world_energy-news.pdf, Paris (France), 30. 05. 2018).

[30] Vgl. ebenda Enerdata.

[31] Vgl. ebenda Enerdata.

[32] Vgl. ebenda Enerdata.

[33] Vgl. ebenda Enerdata.

[34] Vgl. https://www.enerdata.net/publications/energy-outlook-tool.html 12.02. 2019.

Der Anteil Erneuerbarer Energien soll in 2017 nach einer Statistik von BP vom Juni 2018 3,6 % des Energieverbrauchs in der Welt betragen haben. Dominierend sind mit fast 85 % die Ressourcen Öl, Kohle und Gas. Die Kernkraft kommt auf 4,4 %. In China lag die Kohle mit 60,5 % des Verbrauchs 2017 in der Spitzengruppe der Länder. Erwartet wird, dass die Kohle in China 2020 bei 58% des Verbrauchs an Energie liegen wird.[35]

Australien setzt seit 2017 wieder verstärkt auf die heimische Kohle. Die Kraftwerke sollen deutlich sauberer werden. Ziel ist eine verlässliche Versorgung. Die Subventionen für emissionsfreie Energie wie die Erzeugung von Strom aus Sonnen- und Windenergie soll ab 2020 wegfallen.[36] Das Handelsblatt schrieb am 04.10.2018 … „weltweit boomt die Kohle. Aus Daten von 29 Umwelt- und Klimaschutzorganisationen ergibt sich, dass „aktuell knapp 1.400 neue Kohlekraftwerke in 59 Ländern mit etwa 670 Gigawatt Leistungskapazität in Planung oder im Bau sind. Dies entspräche einem Drittel der aktuell installierten Kapazitäten. (so das Handelsblatt).

Es sollte aber nicht übersehen werden, dass generell Kohlekraftwerke von 1990 bis heute sehr viel sauberer geworden sind. In Europa sanken z.B. die Schwefeldioxidemissionen (SO_2) nach Angaben der European Environment Agency (EEA) zwischen 1990 und 2011 um 74 %. „Die Stromversorgung trägt hier zu 58 % der Emissionen bei und kann auf eine Minderung von 1990 bis 2011 in Höhe von 76 % verweisen.“ Auch die Stickoxidemissionen von Kohlekraftwerken sind in diesem Zeitraum in Europa fast um die Hälfte zurückgegangen.[37] Es ist davon auszugehen, dass auch in Asien die Kohlekraftwerke sauberer geworden sind und weiter modernisiert werden.

Diese wenigen Hinweise zum Energieverbrauch in anderen Teilen der Welt sollen genügen; es geht in diesem Artikel darum, die völlig anders geartete Situation in anderen Ländern anzudeuten. Dabei schält sich der Eindruck heraus, dass auch andere Länder erhebliche Anstrengungen zum Schutz der Luft vor Verschmutzung unternehmen, ganz gleich ob sie dem Klimaschutzabkommen von Paris beigetreten sind oder nicht.

4.3 Die Stromerzeugung in anderen Ländern

Bei der Länderauswahl wird im Folgenden speziell auf Länder eingegangen, die in der Studie von Germanwatch, CAN Europe und dem NewClimate Institute im Dezember 2018 bei der IPPC-Konferenz in Katowitz schlechter oder deutlich besser platziert wurden als Deutschland.

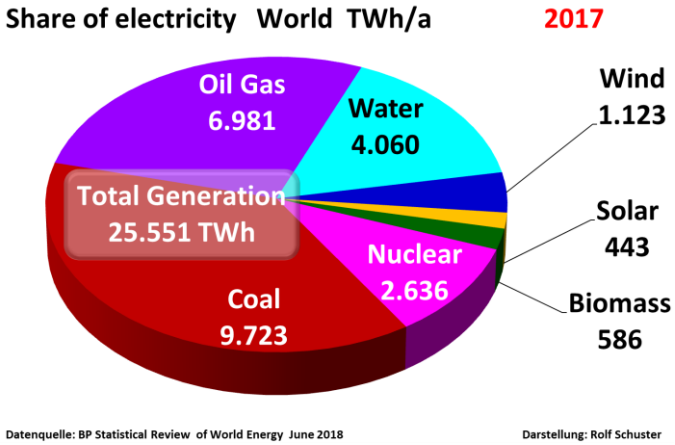


Abb. 13: Anteil der Energieträger bei der Stromerzeugung in der Welt 2017
Quelle: Rolf Schuster und BP Statistical Review of World Energy June 2018

[35] Vgl. Vortrag mit Daten von Rolf Schuster an der Universität von Xuzhou in China im Oktober 2018.
[36] Vgl. FAZ 18.10.2017.
[37] Vgl. Internationaler Fachverband für die Erzeugung und Speicherung von Strom und Wärme VGB PowerTech e.V., mit Bezug auf: European Environment Agency (EEA), Pressemitteilung vom 23.11.2018.

Die gegenwärtige Stromerzeugung in der Welt beruht nach Informationen von BP aus dem Juni 2018 in erster Linie auf Kohle, Öl und Gas (vgl. Abb. 13). Von der zusätzlichen Nachfrage nach elektrischer Energie wurden in 2017 25% durch nicht karbonisierte Energien bereitgestellt. Erneuerbare Energien kamen in 2017 auf +23%, wobei die Windenergie +19% und die Solarenergie +20% erreichten. In den 20G-Ländern kamen 2017 die Erneuerbaren Energien auf rund 10% des globalen Energie-Mix. Die Gewinnung von Strom aus Wasserkraft blieb in 2017 stabil. Dies ergab sich vor allem wegen eines Anstiegs in Nordamerika und eine Verminderung um 16% in Europa (vgl. ebenda).

Auch in 2017 stieg die globale Stromerzeugung deutlich an. Drei Viertel des Anstiegs ist auf die drei Länder China, Indien und Japan zurückzuführen.[38]

In China (vgl. Abb. 14 und 15) ist wegen der großen Kohlevorkommen, der Größe der Bevölkerung und der Entwicklungsgeschichte der Energieversorgung der Kohleanteil in der Stromerzeugung relativ hoch. Allerdings hat China auch einen relativ hohen Anteil „grüner“ Energien.

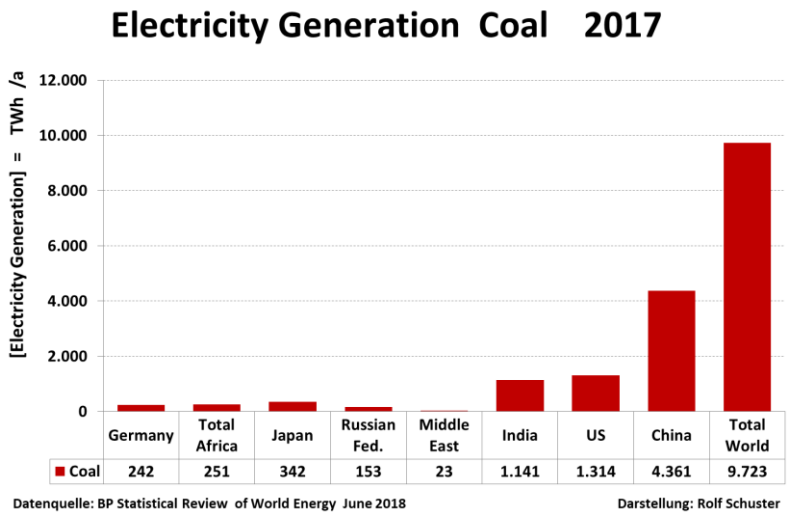


Abb. 14: Anteil des Energieträgers Kohle an der Stromerzeugung in der Welt 2017
Quelle: Rolf Schuster und BP Statistical Review of World Energy June 2018

Wenn vor allem China die Elektromobilität vorantreibt, dann nützt dies dem Klima wegen des gegenwärtig hohen Anteils fossiler Energien bei der Stromerzeugung vorerst relativ wenig. Von zurzeit 400.000 Elektrobussen in der Welt sind 99 % in China auf den Straßen.[39] Die führenden Anbieter sind BYD und Yutong. Allein in Shenzhen sind 16.400 Elektrobusse im Einsatz. Für die zahlreichen Millionenmetropolen in diesem Land und deren starker Luftverschmutzung war die starke Förderung Erneuerbarer Energien durch gesetzliche Zwänge naheliegend. Die großen Kohlereserven in China führen dazu, dass zurzeit hunderte neuer Kohlekraftwerke mit besserem Wirkungsgrad in China gebaut werden. Alte Kraftwerke werden zunehmend durch neue ersetzt. Dabei führt dies im Laufe der Zeit auch zu einer Verlagerung der Kohlekraftwerke in den weniger dicht besiedelten Westen Chinas, weil dort die größten Kohlevorräte zu finden sind.

Dort erreichen Windenergieanlagen wegen der günstigen Seewinde eine Nutzung der Kapazität in Höhe von 3.189 Stunden von 8.760 Stunden im Jahr. Sodann folgen die USA (speziell in Kalifornien), Australien und Dänemark. In all diesen Ländern liegen die Anlagen relativ küstennah. Deutschland lag mit einer Volllaststundenzahl von 1.908 mit China und Frankreich in dieser Statistik bei den Onshore-

[38] Ggl. https://energiestatistik.enerdata.net/strom/welt-elektrizitaet-produktion-statistik.html.
[39] FAZ Dezember 2017.

Windenergieanlagen mit auf den letzten Plätzen. Im Blick auf die Effizienz der Anlagen nimmt Deutschland höchst wahrscheinlich den letzten Platz ein, weil wir wegen der im EEG geregelten Fördersätze weltweit höchst wahrscheinlich bis in die jüngste Zeit die höchste finanzielle Förderung hatten. Eine Folge davon ist in Deutschland, dass unser Land in der Europäischen Union die höchsten Strompreise aufweist.

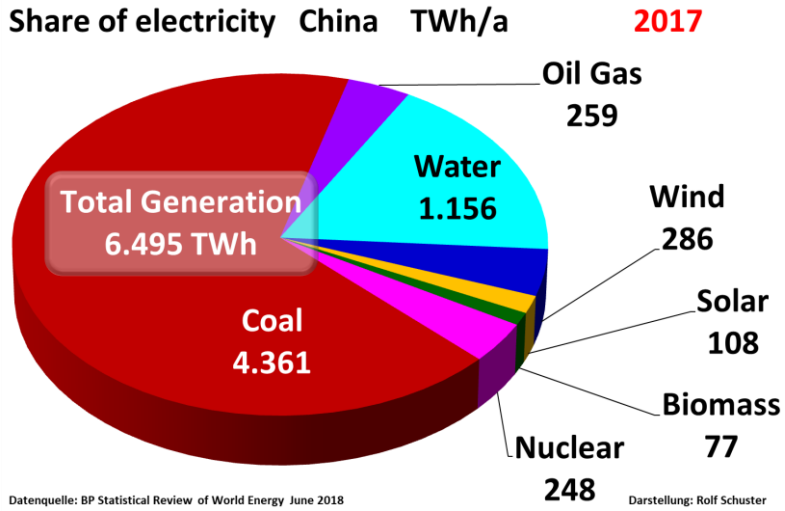


Abb. 15: Anteil der Energieträger bei der Stromerzeugung in China 2017, Grafik von Rolf Schuster

Mit den höchsten Anteil an Kohleverstromung hat mit über 80% Polen. Polen hat wohl vor, den Ausbau Erneuerbarer Energien nicht mehr voranzutreiben (mündliche Informationen aus Polen). Angesichts der Erfahrungen mit der Windenergie in Polen und der Kohleförderung im eigenen Land sowie der Geschichte dieses Landes ist dies nicht erstaunlich. So negativ diese Perspektive im Blick auf die CO_2-Emissionen wäre, so positiv wäre dies für Deutschland. Polen stünde weiterhin mit seinen Kraftwerken als Reserve zur Verfügung.

Im Blick auf die Versorgung mit Strom aus Windenergieanlagen lag Neuseeland im Jahr 2017 an der Spitze (vgl. Abb. 16).

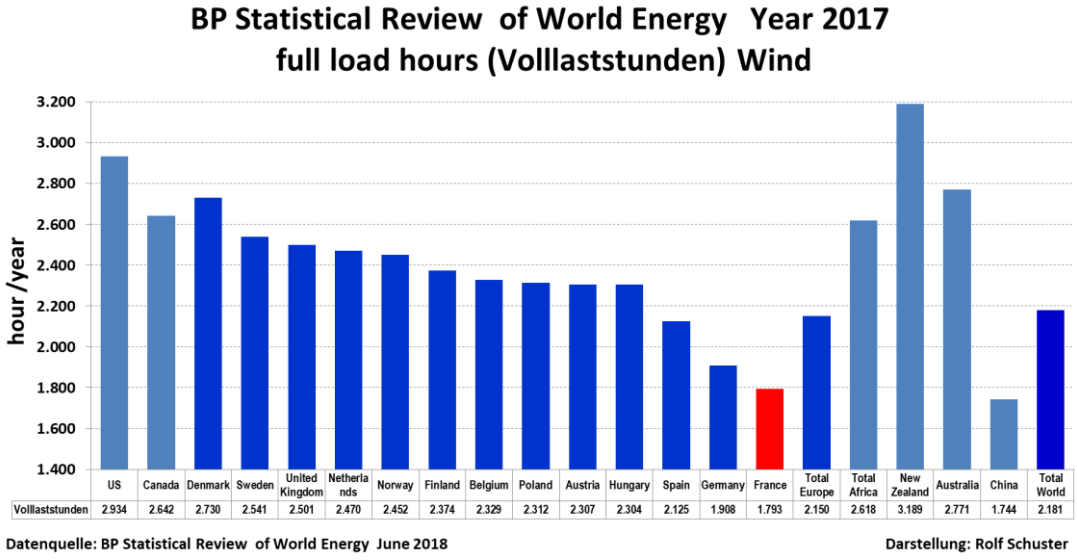


Abb. 16: Volllaststunden der Windenergieanlagen in verschiedenen Ländern 2017
Quelle: Rolf Schuster und BP Statistical Review of World Energy June 2018

Da Deutschland laut Germanwatch u.a. in der Klimaschutzpolitik 2018 hinter Rumänien rangiert, fragt es sich, was die Rumänen anders machen als wir. Sie haben mit einem Anteil erneuerbarer Energien von 20 % einen geringeren Anteil als Deutschland. Andererseits betreibt Rumänien ein Kernkraftwerk mit zwei Blöcken in Cernavoda, das im Jahr 2015 einen Anteil von 18% des Strombedarfs des Landes erreichte. Die Blöcke 3 und 4 sind noch in der Planungsphase. Einmal in Betrieb ist zu erwarten, dass die Kombination der Einheiten 1, 2, 3 und 4 eine Abdeckung von 40% des Energiebedarfs in Rumänien erzielt. Damit will man den Anteil fossiler Brennstoffe reduzieren. Vermutlich ist es die Kernkraft, die zur besseren Positionierung Rumäniens als Deutschland geführt hat.[40] Es könnten aber auch andere Gründe z.B. wirtschaftlicher, sozialer oder klimatischer Art gewesen sein.

Die gleiche Frage stellt sich im Blick auf die Slowakei. Dieses Land betrieb 2017 vier Reaktoren an zwei Standorten, die 2017 54,01 Prozent der Stromerzeugung des Landes lieferten.[41] Erneuerbare Energien hatten einen Anteil von 11,8% an der Stromerzeugung. Dabei haben es die Erneuerbaren Energien zurzeit in der Slowakei wegen der Netzprobleme nicht leicht. Also wird auch hier letztlich die Kernenergie als gute Lösung angesehen.

Warum speziell Indien in der Klimaschutzpolitik bei Germanwatch u.a. vor Deutschland rangiert, ist unklar, denn der Anteil Erneuerbarer Energien ist von 1990 bis in die letzten Jahre ständig gesunken und lag 2015 inklusive Wasserkraft bei 36 %. Fossile Energieträger lagen dagegen 2015 bei 71,5 % des Gesamtverbrauchs. Kernkraft spielte mit 1,6 % nur eine geringe Rolle.[42] Indien setzt weiterhin auf Kohle. Bis 2022 wird von der Internationalen Energieagentur laut einer Mitteilung vom Dezember 2017 eine Stagnation auf hohem Niveau erwartet. 2016 lag der Anteil von Kohle bei 57 % des Energieverbrauchs.

Wie sieht es mit den besten Plätzen im Klimaschutzindex aus? Die ersten beiden Plätze wurden von Germanwatch u.a. 2018 nicht vergeben, weil kein Land der Welt aus Sicht der Autoren eine ausreichende Klimaschutzpolitik betreibt.

An der Spitze aller Länder rangiert Schweden. Das Land produziert Strom in erster Linie mit Wasserkraft. Auf Platz 2 oder 3 (je nach Differenzierung der Technologien) liegt die Kernenergie. In Schweden lag der Anteil der Wasserkraft im Jahr 2015 bei 40,9 %. Die Erneuerbaren Energien kamen auf 30 %. Die Atomkraft hatte einen Anteil von 24,3 %. Mit 6,3 % spielten 2015 fossile Energieträger keine bedeutsame Rolle. Für die Wasserkraft spielt in Schweden die Natur die zentrale Rolle. Nur Norwegen hat naturbedingt einen noch höheren Wasserkraftanteil. Ebenfalls auf hohe Anteile der Wasserkraft an der Stromversorgung kommen die Alpenländer Österreich und die Schweiz.

Auf den nächsten Spitzenplätzen rangieren nach Schweden die Länder Marokko und Litauen. In Marokko sinkt der Anteil Erneuerbarer Energien ständig. Er lag 2015 bei 12,5 %. Passend dazu stiegen die CO_2-Emissionen mehr oder weniger stetig an. Dies liegt zum Teil an dem mit 67,5 % relativ hohen Anteil fossiler Energien. Die Wasserkraft ist mit 16,2 % ebenfalls relativ bedeutend. In Marokko gibt es ebenso wie in Litauen keine Kernkraftwerke.

Der Anteil der fossilen Energieträger lag in Litauen 2015 bei 59,9 %. Damit lag er deutlich höher als in Deutschland. Wasserkraft spielt in Litauen keine große Rolle. Die Erneuerbaren Energien lagen bei 18,6 %. Der Anteil sonstiger Energieträger lag bei 18,6 %.[43]

---

[40] Vgl. https://kernenergie.technology/kernkraftwerk/rumaenien/cernavoda-1.html.
[41] Vgl. https://www.global2000.at/atomkraft-der-slowakei, 23.02.2018.
[42] Vgl. https://www.laender-daten.info/Asien/Indien/energiehaushalt.php, 23.01.2018.
[43] (https://www.laenderdaten.info/Europa/Litauen/energiehaushalt.php, 23.02.2019).

Interessant sind speziell die Daten aus Frankreich. Dort sieht die Situation strukturell völlig anders aus als in Deutschland. Wenn z.B. Frankreich im Jahr 2017 angekündigt hat, aus der Kohle völlig auszusteigen, dann ist dies nicht erstaunlich, denn der Anteil der Kohle an der Stromproduktion lag dort im Jahr 2016 ohnehin nur bei 0,9 % der Stromerzeugung (vgl. Abb. 17). Langfristig will Frankreich die Erneuerbaren Energien ausbauen und den Anteil der Nuklearenergie in der Stromversorgung auf etwa 50 % reduzieren. Die Einhaltung von Klimazielen fällt Frankreich deutlich leichter als Deutschland.

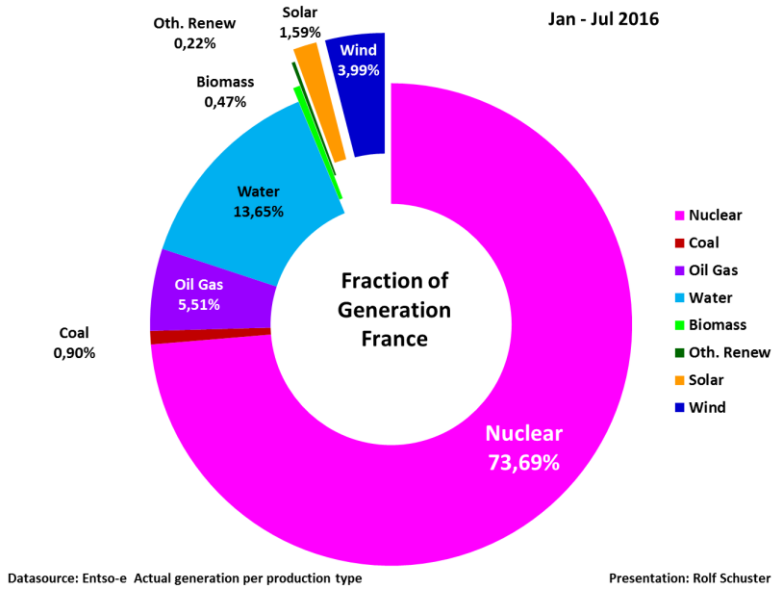


Abbildung 17: Anteile verschiedener Energieträger an der Stromerzeugung in Frankreich
Quelle: Rolf Schuster, ENTSOE

4.4 Die Entwicklung der CO2-Emissionen in anderen Ländern

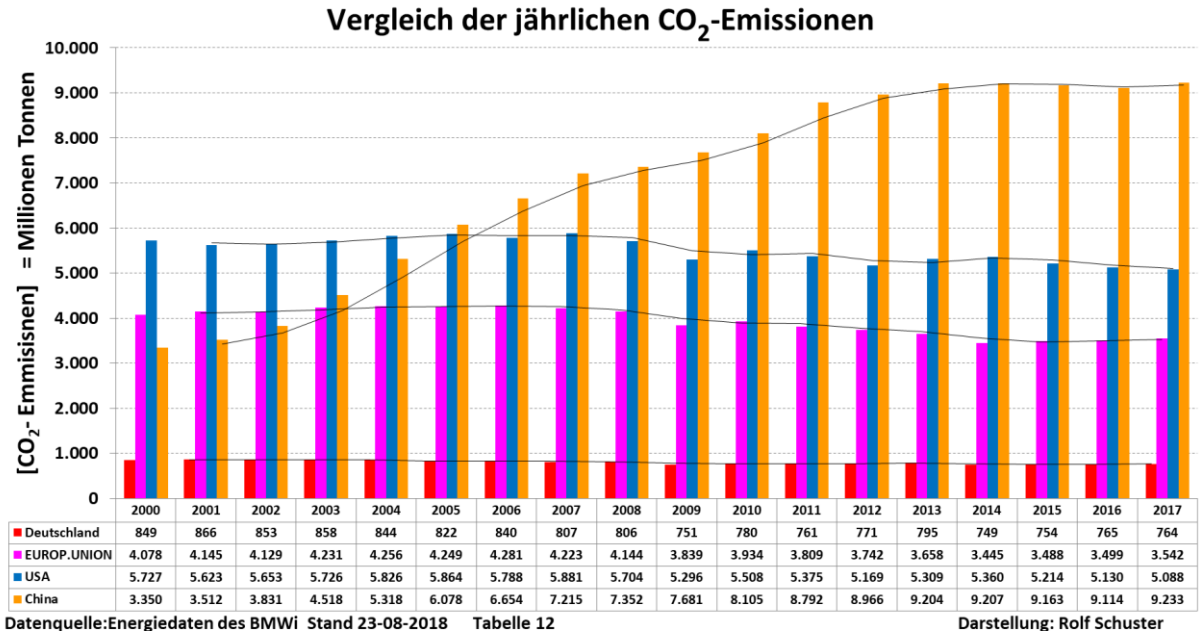
Es wird immer schwieriger, die im Pariser Klimaabkommen vereinbaren CO_2-Emissionsziele zu erreichen. Nach einer dreijährigen stabilen Phase erhöhten sich wachstumsbedingt in 2017 die CO_2-Emissionen in den G20-Ländern um 2% auf 27 Gigatonnen. In den USA stagnierten die Emissionen; in Europa (einschließlich Deutschland) stiegen sie vor allem wegen niedrigeren Leistungen von Wasserkraftwerken und wegen der reduzierten Verfügbarkeit von Strom aus Kernenergie. In Asien stiegen die CO_2-Emissionen wieder an, und zwar vor allem in China und Indien.

In der Abbildung 18 von wird die Entwicklung in wesentlichen Teilen der Welt sehr transparent dargestellt. Das erste Jahr mit „normalen“ Wachstumsraten nach der weltweiten Krise im Anschluss an die Lehman-Pleite von 2008 bis 2009 war 2011. Das Jahr 2010 war ein Jahr der starken Erholung und somit kein Normaljahr. Seit 2011 sind in Deutschland die CO_2-Emissionen praktisch nicht gesunken. Dagegen gab es im gleichen Zeitraum eine Minderung in der Europäischen Union und in den USA. In China stiegen die CO_2-Emissionen im Durchschnitt weiter an. Dabei ließen die Jahre 2015 und 2016 ein Sinken erkennen.

Auf China entfallen rund ein Viertel der globalen Emissionen. Dahinter rangiert Amerika mit 50% der Emissionen Chinas. Es folgt die EU mit 9%. Dabei hat Deutschland einen Anteil von rund einem Viertel der EU. Indien kommt auf 7%.[44] In China hat sich die Energieintensität signifikant verbessert. Die Reduktion des Anteils der Kohle zugunsten erneuerbarer Energien ist aber nicht genügend, um die dortigen Klimaziele erreichen zu können. Dennoch: Die Wasserkraft ausgenommen entfallen auf

[44] Vgl. Mihm, Andreas: 53500000000 Tonnen Kohlendioxid, in FAZ, 28.11.2018.

China 2017 von den G20-Ländern 40% des Wachstums der Erzeugung Erneuerbarer Energien.[45] China hat sich als Mitglied des Klimaabkommens verpflichtet ab 2030 die CO_2-Emissionen zu reduzieren. China gilt inzwischen wegen des schnellen Ausbaus Erneuerbarer Energien und der Kernkraft bei vielen Klimaschützern als Vorbild.[46] Dagegen werden die USA oft zu Unrecht kritisiert, nur weil sie wie auch Russland dem internationalen Klimaabkommen nicht beigetreten sind. In beiden Ländern wird verstärkt Kohle durch Erdgas ersetzt.



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Deutschland	849	866	853	858	844	822	840	807	806	751	780	761	771	795	749	754	765	764
EUROP.UNION	4.078	4.145	4.129	4.231	4.256	4.249	4.281	4.223	4.144	3.839	3.934	3.809	3.742	3.658	3.445	3.488	3.499	3.542
USA	5.727	5.623	5.653	5.726	5.826	5.864	5.788	5.881	5.704	5.296	5.508	5.375	5.169	5.309	5.360	5.214	5.130	5.088
China	3.350	3.512	3.831	4.518	5.318	6.078	6.654	7.215	7.352	7.681	8.105	8.792	8.966	9.204	9.207	9.163	9.114	9.233

Abb. 18: Entwicklung der CO2-Emissionen in aus gewählten Regionen der Welt
Quelle: Rolf Schuster nach Energiedaten des BMWi vom 23.08.2018

Selbstverständlich sind in China die CO_2-Emissionen pro Kopf mit 7,5t CO_2 pro Kopf deutlich geringer als in Deutschland mit 9,9% CO_2 pro Kopf. Bei einem Pro-Kopf-Vergleich liegen die USA mit 17,0 Tonnen CO_2 an der Spitze, gefolgt von Russland mit 11,0 Tonnen.[47] Deutschland nimmt in diesem Vergleich 2017 den beachtlichen Platz drei in der Welt ein. Nicht zuletzt ist dieser Anteil höchst wahrscheinlich auch auf den hohen Exportsaldo zurückzuführen.

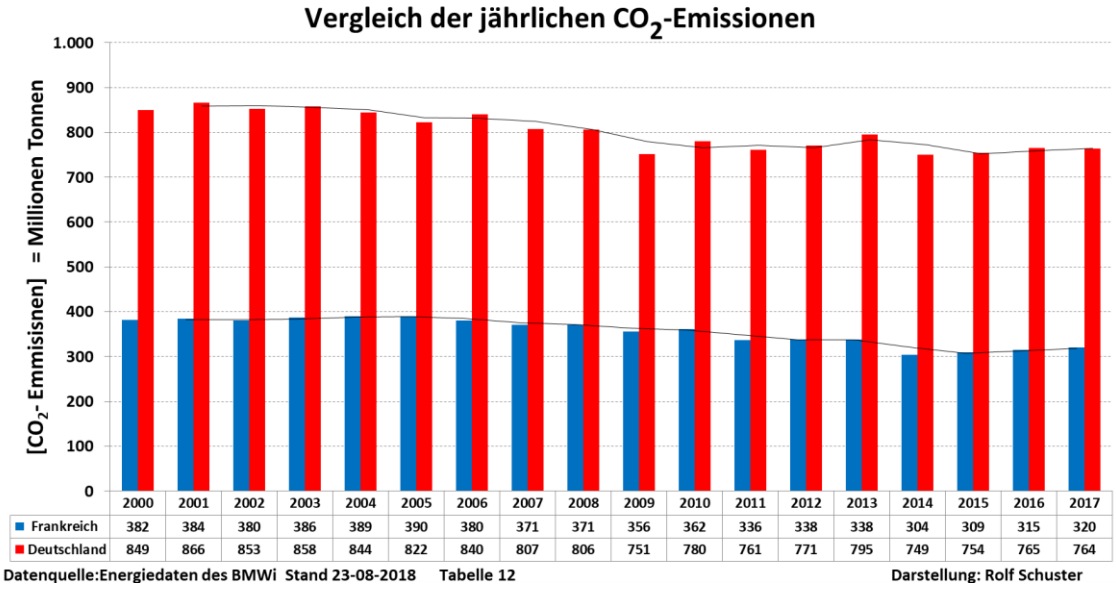
In Europa hat sich der Anteil Erneuerbarer Energien im gesamten Energie-Mix von 2010 bis 2017 verdoppelt. Positiv ist vor allem die Entwicklung in Groß-Britannien und Schweden zu sehen, was in beiden Ländern auf einen sehr günstigen Stromressourcen-Mix zurückzuführen ist. Die Emissionen und die Energieintensität wurden reduziert; Erneuerbare Energien wurden implementiert.

Großbritannien hat einen relativ geringen Kohle-, einen relativ hohen Gas- und Erdölanteil sowie einen Kernkraftanteil von rund 24% an der Stromerzeugung. Dieser Anteil soll weiter steigen. Großbritannien muss man zu den Spitzenländern im Blick auf die Minderung von CO_2-Emissionen rechnen. Auch in Schweden sind die CO_2-Emissionen im Laufe der Jahre stetig gesunken.[48] Positiv ist auch die Entwicklung in der Slowakei. In den letzten Jahren sind dort deutlich sinkende CO_2-Emissionen festzustellen.[49]

---

[45] Vgl. Enerdata, https://d1owejb4br3l12.cloudfront.net/sites/default/files/about-us/press-release/2018-press-release-world_energy-news.pdf Paris (France) – May 30, 2018.
[46] Vgl. Ankenbrand, Hendrik: China kehrt zur Kohle zurück, in: FAZ, 10.12.2018.
[47] Vgl. https://de.statista.com/infografik/9658/laender-mit-den-hoechsten-co2-emissionen-pro-kopf/.
[48] Vgl. https://www.laenderdaten.info/Europa/Schweden/energiehaushalt.php.
[49] Vgl. https://www.laenderdaten.info/Europa/Slowakei/energiehaushalt.php).

Interessant ist auch hier wiederum der Vergleich von Deutschland und Frankreich mit der Grafik in Abbildung 19. In Deutschland laufen die verstärken Anstrengungen zur CO_2-Minderung offensichtlich in Leere. Auch in Frankreich ist seit 2014 ein leichter Anstieg festzustellen. Frankreich hat übrigens ebenfalls den Ausstieg aus der Kohle angekündigt hat. Dies kann nicht erstaunen, denn Frankreich fällt der Kohleausstieg mit 1 % Anteil der Kohle an der Stromerzeugung relativ leicht.



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Frankreich	382	384	380	386	389	390	380	371	371	356	362	336	338	338	304	309	315	320
Deutschland	849	866	853	858	844	822	840	807	806	751	780	761	771	795	749	754	765	764

Abb. 19 : Entwicklung der CO2-Emissionen in Frankreich und Deutschland,
Quelle: Rolf Schuster Rolf Schuster nach Energiedaten des BMWi vom 23.08.2018

5. Fazit aus der Beschreibung der Entwicklungen in den Ländern

Wenn man sich die Entwicklung der Umweltschutzmaßnahmen in anderen großen Länder wie z.B. in den USA und China aber auch in Großbritannien und Frankreich sowie in den kleineren Ländern Österreich, Schweiz, Schweden oder Norwegen ansieht, dann bekommt man den Eindruck, dass wir in den Medien ein völlig verzerrtes Bild der Realität vermittelt bekommen. Die Entwicklungen dort sind im Blick auf den Klimaschutz jedenfalls deutlich positiver als in Deutschland zu bewerten. Dabei spielen die natürlichen Unterschiede eine wichtige Rolle, aber nicht nur diese Unterschiede.

Deutschland hat zwar weltweit kaum eine Bedeutung für die Entwicklung des Klimas, zumal auch in Deutschland ein Fortschritt im Blick auf Klimaziele trotz aller Erfolgsberichte[50] kaum erkennbar ist. Dennoch sollten wir die Emissionen von Treibhausgasen soweit wie ökonomisch, sozial vertretbar und technisch machbar vermindern. Pro Kopf liegt Deutschland, wie schon erwähnt, auf Platz drei der Luftverschmutzer mit CO_2. Außerdem gehören wir auch absolut gesehen zu den größten CO_2-Emittenten.

Von einer Vorreiterrolle kann bestenfalls im Blick auf die 70er und 80er Jahre des letzten Jahrhunderts gesprochen werden. Schon damals wurde im Raum Freiburg intensiv die Photovoltaik-Technologie von dem dortigen Fraunhofer-Institut vorangetrieben. Von vielen Akteuren wurde dort auch die Umsetzung in Angriff genommen. Investitionen in entsprechende Anlagen wurden durch die Bundesregierung in hohem Maße finanziert. Es entstanden große Fabriken (z.B. in Freiberg), die einem internationalen Wettbewerb aber nicht gewachsen waren. Zu bequem ist es, statt im Wettbewerb handeln zu müssen die Wohltaten von Subventionen und Quasi-Subventionen zu genießen. Die hohen Förderungen von Solar- und Windenergieanlagen haben einen intensiven

[50] Vgl. z.B. die Erfolgsbilanz des Bundesverbands Windenergie, BEW.

Wettbewerb unter den Herstellern verhindert. Infolgedessen sind diese Unternehmen heute entweder in Konkurs gegangen, oder sie spielen nur noch eine relativ geringe Rolle. Es gibt nur wenige Ausnahmen von Bedeutung. Vor allem China hat die Chancen genutzt und mit staatlichen Krediten die Erstellung von Solar- und auch Windenergieanlagen sowie den Aufbau einer entsprechenden Industrie unterstützt. Die in Deutschland verbauten standardisierten Solarpanels kommen heute fast ausschließlich aus China.

Mit dem EEG wurde in Deutschland das falsche Pferd gesattelt. In der Bundesregierung weiß offensichtlich niemand, was die Energiewende kosten wird, so eine Kritik des Bundesrechnungshofs. Außerdem gibt es keine systematischen Chancen-Risiko-Analysen, die jeder größeren Investition vorausgehen sollten. Allein für das Jahr 2017 geht der Bundesrechnungshof von Kosten in Höhe von 34 Mrd. Euro aus.[51] Das sind pro Einwohner Deutschlands 414 Euro pro Jahr. Kein Wunder, dass Minister Altmaier einmal von einem Billionen-Projekt gesprochen hatte.

Es kann also keinesfalls davon gesprochen werden, dass Deutschland ein Art Vorreiter[52] oder Modell für andere Länder ist oder sein kann. Germanwatch, CAN Europe und das NewClimate Institute kamen zwar in ihrer Studie 2018 zum gleichen Ergebnis; deren Länderranking vermittelt aber einen falschen Eindruck. Wie die Länderanalyse in unserem Artikel zeigt, ist nicht primär die Klimaschutzpolitik für die unterschiedlichen Ergebnisse in den Ländern der Grund für den Reifegrad der Klimaschutzpolitik; in erster Linie sind es die klimatischen, sozialen, ökonomischen und technischen Besonderheiten der Länder, die dazu führen, dass ihre Klimapolitik unterschiedlich gestaltet wird. Vernünftigerweise werden die Klimaschutzmaßnahmen maßgeblich durch die Ländereigenarten bestimmt. Wo zu wenig Wind weht, sollte z.B. auch keine Windenergieanlage gebaut werden, wie dies in Deutschland der Fall ist.

Ein sachlich gebotener methodischer Ansatz für eine ländervergleichende Studie wäre es, im ersten Schritt Ländertypen zu bestimmen und sodann den Vergleich innerhalb dieser Gruppen vorzunehmen. Germanwatch u.a. haben, salopp gesprochen, Äpfel mit Birnen verglichen. Hätten die Autoren wirtschaftswissenschaftliches Grundwissen gehabt, wäre dies nicht passiert. Bei Betriebsvergleichen werden erst vergleichbare Typen definiert und sodann werden im Blick auf Effektivität und Effizienz Vergleiche durchgeführt, um daraus etwas zu lernen.

Die Nachbarländer und die Länder im europäischen Stromverbund beklagen sich zunehmend über die mangelnde Abstimmung der deutschen Politik mit den Regelungen zum europäischen Strommarkt, denen auch Deutschland interessanterweise jeweils zugestimmt hat. Konträr dazu macht Deutschland, was es selbst für richtig hält.

So wird z.B. der europäische Handel mit CO_2-Zertifikaten durch das mit dem EEG verbundene Umlagesystem (d.h. mit Subventionen) unterlaufen und damit einem großen Teil seiner möglichen Wirkungen beraubt.[53] Zudem schädigen wir die Stromproduzenten in den Nachbarländern und damit auch deren sichere Stromversorgung durch den deutschen „Flatterstrom“ aus Wind und Sonne. Wenn in Deutschland der mit Wind und Sonne erzeugte Strom mangels Nachfrage nicht benötigt wird, dann wird der Strom mit Verkaufspreisen unter den Stromerzeugungskosten, gelegentlich sogar mit „negativen“ Preisen im Ausland „entsorgt“. Negative Preise bedeuten, dass der Käufer zum abgenommenen Strom auch noch ein Geldgeschenk erhält. Eine absurde Konsequenz, die in Deutschland wie selbstverständlich in Kauf genommen wird! Um ihr Stromnetz vor den durch Deutschland verursachten schwankenden Spannungen im Verbundstromnetz zu schützen, haben Nachbarn bereits große Phasenschieber-Transformatoren errichten müssen. Österreich diskutiert

[51] Vgl. http://www.sonnenseite.com/de/politik/bundesrechnungshof-energiewende-droht-zu-scheitern.html
[52] Vgl. z.B. https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/was-bringt-was-kostet-die-energiewende-394146
[53] Vgl. Weimann, Joachim: Die deutsche Klimapolitik-Katastrophe, 2. Aufl., Marburg 2009.

z.B. darüber, sich mit seinem Netz ganz vom deutschen Netz abzukoppeln, was aber die Konsequenz steigender Strompreise bei Endverbrauchern zur Folge hätte.

Deutschlands Politik überzeugt weder die Nachbarländer, noch den Rest der Welt. Es ist beruhigend zu wissen, dass sich die anderen Länder in Europa bei der Wende in der Stromversorgung nicht oder nur in sehr geringem Maße an dem Aktionismus in Deutschland orientieren. Es wäre z.B. schlimm für uns, wenn Frankreich seinen Anteil volatiler Energien wie geplant ausbaut und seinen Kernkraftanteil von 72% herunterfährt. Derzeit ist Frankreich ebenso wie Polen und Tschechien für Deutschland eine Art Kraftwerksreserve, für die keine unmittelbaren Kosten anfallen. Wird jedoch z.B. wegen einer „Dunkelflaute" ohne Wind und Sonne Strom knapp, dann muss Deutschland zu relativ hohen Preisen Strom importieren. Wenn immer wieder von sogenannten grünen Experten darauf verwiesen wird, dass Deutschland immer mehr Strom exportiert, dann muss man dazu anmerken, dass es nicht auf Mengenströme, sondern auf Mengen multipliziert mit ihren Preisen ankommt. Richtig gerechnet ergibt sich aus dem zurzeit positiven Mengensaldo aus Export und Import kein Gewinn, sondern ein Verlust.

Die meisten Länder planen den weiteren Ausbau der Kernenergie. Ein wesentlicher Grund ist für diese Länder neben dem wachsenden Strombedarf der neutrale Einfluss der Kernenergiekraftwerke auf das Klima. Selbst in Japan wird nach der Tsunami-Katastrophe von Fukushima die Atomenergie weiter ausgebaut, weil nahezu alle Rohstoffe für die Stromerzeugung eingeführt werden müssen. China hatte den Ausbau nur kurzfristig gestoppt, um zu prüfen, was nach dem Unfall von Fukushima verbessert werden kann. Aktuell wird der Ausbau wieder forciert.

Österreich ist das einzige Land der Welt, das bereits aus der Kernkraft ausgestiegen ist. Dabei ist Österreich aber kein Nachahmer; es ging Deutschland in dieser Politik voraus. Der Verzicht auf Kernenergie ist in Österreich in der Verfassung verankert. In Italien wurden von Anfang an keine Kernkraftwerke gebaut. Nur sehr wenige Länder haben den Ausbau der Kernenergie zumindest vorläufig oder ohne zeitliche Begrenzung gestoppt. Dazu gehören die Schweiz und Belgien. Beide Länder haben vor, derzeit keine weiteren Kernkraftwerke zu bauen. In Schweden wurde der Beschluss wieder aufgehoben, den Anteil der Kernkraft zurückzubauen.

Langfristig werden höchst wahrscheinlich auch in Deutschland wieder Kernkraftwerke gebaut, wenn Kernkraftwerke der 4. oder gar der 5. Generation zur Verfügung stehen. Solche Kraftwerke sollen die höchsten Ansprüche an Sicherheit, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit mit deutlich reduziertem Uraneinsatz sowie mit weniger und kurzlebigeren Abfällen erfüllen. Die neuen Kernkraftwerke sind vermutlich wesentlich kleiner als der Meiler der 3. Generation, der zurzeit als European Pressure Reactor (ERP) in Finnland gebaut wird. Außerdem soll der Missbrauch der friedlichen Nutzung der Kernkraft technisch verhindert werden. An dem Forschungsverbund GIF sind Argentinien, Brasilien, China, Frankreich, Großbritannien, Japan, Kanada, Russland, die Schweiz, Südafrika, Südkorea, die USA und die Europäische Atomgemeinschaft EURATOM beteiligt. Deutschland wird nicht explizit genannt.[54] Kernkraftwerke dieser Art dürften nach Schätzung von Experten etwa ab 2050 in Serie einsatzreif sein.[55]

Die Schritte in Deutschland gelten als ideologisch fixiert, spontan und nicht ausreichend durchdacht. Dies zeigen seit vielen Jahren alle relevanten Stellungnahmen neutraler wissenschaftlicher Gutachterkommissionen, wie die Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundeswirtschaftsministerium und die Expertenkommission für Forschung und Innovation bei Deutschen Bundestag. Sogar der von der Bundesregierung beauftragte jährliche Monitoring-Bericht von McKinsey kommt immer wieder zu einer negativen Stellungnahme zu den Grundelementen des EEG. Der Bundesrech-

[54] Vgl. http://de.atomkraftwerkeplag.wikia.com/wiki/Generation_IV_International_Forum_(GIF)
[55] Vgl. dazu www.nukeklaus.de.

nungshof kritisiert vor allem die Effektivität und Effizienz und speziell die enormen Kosten. Auch der jüngste Sonderbericht des Klimapanels der Vereinten Nationen kommt zum gleichen Ergebnis. Kein Wunder, dass auch die Spitzenverbände der deutschen Industrie wie der BDI oder der DIHT kritisieren und immer wieder sagen, dass es so nicht weitergehen kann. Wobei insbesondere die zurzeit jährlich 34 Mrd. € Kosten für nahezu „Null" Wirkung auf die CO_2-Emissionen als eine Gefährdung der deutschen internationalen Wettbewerbsfähigkeit angesehen wird.[56]

6. Die Lösung

Die Lösung der Probleme in Deutschland ist im Vergleich mit der bisherigen Vorstellung von einer Problemlösung relativ einfach. Das EEG und die Folgegesetze müssen endlich durch effektive und effiziente staatliche Rahmenbedingungen abgelöst werden, die technologische Innovationen belohnen, die auch dem Naturschutz und anderen Zielen ökonomischer und sozialer Art wieder gerecht werden. Nur mit unter Wettbewerbsbedingungen erzieltem technischem Fortschritt ist der Wohlstand zu erhalten und gleichzeitig umweltgerecht zu handeln. Derzeit ist der Technologiewettbewerb in Deutschland weitgehend durch die staatliche Planwirtschaft im Energiesektor mit ihren Subventionen für die relativ reifen Technologien für Wind- und Sonnenenergie außer Kraft gesetzt. Wie die Praxis zeigt, sind auch Verbrauchsverbote für Konsumenten keine Lösung des Problems. Für die Grundlagenforschung an den Universitäten wäre auch weiterhin in erster Linie eine staatliche Förderung erforderlich.

Seit mehr als 40 Jahren verlangt der amerikanische Nobelpreisträger William Nordhaus, dass CO_2-Emissionen einen Preis bekommen, der die Umweltschäden (externe Effekte) möglichst weitgehend den Verursachern in Rechnung stellt. Diese Forderung von Nordhaus ist nahezu zu 100% Konsens unter den Wissenschaftlern in den Wirtschaftswissenschaften. Dies könnte auch der europäische CO_2-Zertifikatehandel leisten, und zwar dann, wenn weitere Verursachergruppen in das Handelssystem einbezogen werden und die Kontingente für CO_2-Zertifikate allmählich in kleinen Schritten nach Tragfähigkeitsaspekten angehoben werden. Offensichtlich ist inzwischen in der deutschen Politik das Vertrauen in die Wirksamkeit von Märkten abhanden gekommen.

Gerade kürzlich haben sich in den USA über 3300 Ökonomen aus verschiedenen Ländern an die Öffentlichkeit mit einem Appell gewandt, eine CO_2-Steuer mit einer Kompensation der Belastung der Bürger zu erheben. In der Tat wäre auch in Deutschland eine ergänzende CO_2-Steuer eine gute Lösung, die aber wegen ihrer sozialen Schlagseite eine Korrektur im Steuersystem an anderer Stelle erfordert. Dazu ist vermutlich eine Reduzierung der Umsatzsteuer auf Nahrungsmittel, speziell auf Frischeprodukte, geeignet. Damit würden Bezieher kleiner Einkommen und Renten mit einem hohen Anteil der Ausgaben für Nahrungsmittel bevorzugt werden. Eine öffentliche Diskussion darüber gibt es derzeit nicht. Man könnte diese Änderung im Steuersystem auch mit einem Steuersenkungspaket verbinden, das zum Inflationsausgleich schon lange fällig wäre. Damit könnte auch ein Ankündigungsfehler wie der in Frankreich im vergangenen Jahr verhindert werden.

Nichts, das die Probleme an der Wurzel anpackt, tut sich in Deutschland. Deutschland erreicht die selbst gesteckten Ziele bei weitem nicht. Die Anstrengungen müssten vervielfacht werden. Es bleibt dabei: Die Wende in der Stromversorgung wird entweder technisch oder ökonomisch scheitern. Das sich anbahnende Versorgungs- und Kostendilemma zeichnet sich ab, wenn es in der Politik bei einer Politik des „Weiter so wie bisher" bleibt. Jedes Unternehmen hätte längst die Reißleine gezogen, wenn die Qualität der Leistung derart viele Fehler aufweist. Wer zieht die Reißleine?

[56] Vgl. z.B. Plickert, Philip: Mit dem kühlen Blick der Ökonomen, in: FAZ, 08.10.2018.