

grenzenlose Freiheit?

„Würden Flugreisen – die bekanntlich den maximalen Klimaschaden verursachen, den ein einzelnes Individuum auf legale Weise erzeugen kann – entsprechend ihrer tatsächlichen Kosten besteuert, könnte wohl nur noch ein sehr kleiner Personenkreis fliegen.“

Niko Paech, Wirtschaftswissenschaftler



Das Fliegen hat Nebenwirkungen

Fliegen lässt die Welt zusammenrücken. Doch leider hat das Nebenwirkungen: Aus den Triebwerken der Flugzeuge entweichen neben Kohlenstoffdioxid auch Wasserdampf, Stickoxide sowie Aerosole: Partikel aus Ruß oder Schwefel, sowie weitere Abgase. Stickoxide bewirken, dass in der Atmosphäre vermehrt das Treibhausgas Ozon entsteht. Sie führen zwar auch zum Abbau des Treibhausgases Methan, der Ozoneffekt überwiegt aber. An den Aerosolen kann Wasserdampf aus den Abgasen bzw. mit Feuchtigkeit gesättigte Umgebungsluft kondensieren, es entstehen dadurch Kondensstreifen bzw. hohe, faserige Eiswolken, die Zirruswolken (Abb. 1). Beide strahlen von der Erde kommende Wärmestrahlung zurück und verstärken so den Treibhauseffekt (Station 5). Laut Weltklimarat IPCC muss der reine CO₂-Ausstoß der Flugzeuge mit einem Faktor zwischen 1,9 und 4,7 multipliziert werden um ein realistisches Bild von der Erwärmungswirkung eines Fluges zu bekommen. Das Flugzeug ist das klimaschädlichste aller Verkehrsmittel (Abb. 2).



Abb. 1: Kondensstreifen und Zirren, einmal vom Erdboden, einmal vom Weltall aus gesehen.

Foto: Bareis / Foto Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=223762>

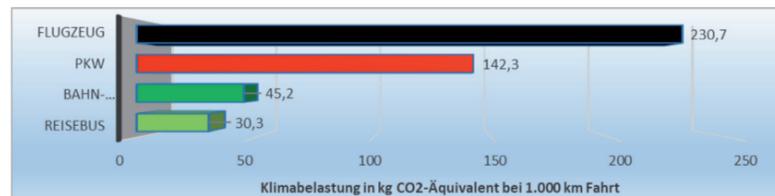


Abb. 2: Klimawirkung verschiedener Verkehrsmittel.

Legt man eine Strecke von 1.000 km zurück, ergibt sich pro Fahrgast eine Klimabelastung, die der abgebildeten Menge an CO₂ entspricht (bei durchschnittlichen Besetzungen, im Pkw bspw. 1,5 Personen).

Quelle: Eigenes Schaubild anhand von Daten des Umweltbundesamts UBA 2012 <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4364.pdf> S. 32, 33)

Die Emissionen eines Flugs nach New York:

Die Emissionen für den Hin- und Rückflug einer Person in der Economy-Class von Frankfurt nach New York entsprechen laut Klimaschutzorganisation Atmosfair der Klimawirkung von knapp 3.000 kg CO₂. Der Lufthansa-Emissionsrechner kommt nur auf 925 kg CO₂. Denn der berücksichtigt nicht die indirekten Klimawirkungen des Fliegens. Zum Vergleich: Soll es höchstens zwei Grad wärmer werden, dürfen pro Mensch ab dem Jahr 2017 noch etwa 100 t CO₂ und geringe Mengen anderer Treibhausgase emittiert werden (Station 24) – nicht pro Jahr, sondern insgesamt.

Fliegen – Grenzenlose Freiheit?

Fliegen ist für viele Menschen der Inbegriff von Freiheit (Abb. 3). Heute hier, morgen dort: Das Flugzeug macht es möglich, das Leben immer ortsungebundener zu führen. Es gibt auch kaum noch eine weiterführende Schule, die ihren Schülern nicht Studienfahrten oder Austausch in - ganz einfach per Flugzeug erreichbaren - fernen Ländern anbietet. Dabei verleiht kein anderes Mittel einem Individuum eine derartige Hebelwirkung beim CO₂-Ausstoß.



Abb. 3: Über den Wolken grenzenlose Freiheit?

von Luis Argerich from Argentina (Flickr) [CC BY 2.0], via Wikimedia Commons

Gewimmel am Himmel - ein paar Fakten:

- ▶ Obwohl kaum ein Zehntel der Weltbevölkerung jemals geflogen ist, lag der Anteil des Flugverkehrs an der globalen Erwärmung 2005 bei ca. 5% (2% - 14%).
- ▶ Bis 2035 könnte sich der weltweite Luftverkehr nahezu verdoppeln.
- ▶ Mit alternativen Antrieben (außer Biosprit) ist bis 2050 nicht zu rechnen. Wollte man den gesamten Kerosinbedarf in der EU mit Biosprit aus Algen decken, bräuchte man dafür eine Fläche so groß wie Portugal!
- ▶ Im Jahr 2016 starteten insgesamt 112 Millionen Fluggäste von deutschen Flughäfen, 3,4% mehr als im Vorjahr. Ein Fünftel der Passagiere war innerhalb Deutschlands unterwegs.
- ▶ Bei der Luftfracht rechnet man für das Jahr 2050 global nahezu mit einer Versechsfachung gegenüber 2010. Pro transportierter Tonne Ware und Kilometer verursacht der Lufttransport mehr als 50 Mal so viel Treibhausgas wie der Transport per Schiff.

Fazit:

Tipps:

- ▶ Beachten Sie: Das Flugzeug ist das klimaschädlichste Verkehrsmittel.
- ▶ Vermeiden Sie Kurzstreckenflüge, nutzen Sie stattdessen besser die Bahn.
- ▶ Wenn Sie fliegen: Kompensieren Sie Ihre Treibhausgasemissionen z. B. mit atmosfair.de. Die Emissionen werden dann an anderer Stelle eingespart.
- ▶ Setzen sie sich für den Abbau der Subventionen im Bereich der Luftfahrt ein! 2010 wurde der Flugverkehr in Deutschland mit gut zehn Milliarden Euro begünstigt, weil Kerosin steuerfrei ist und auf internationale Flüge keine Mehrwertsteuer erhoben wird – zum Nachteil der klimafreundlichen Bahn.



„ Die Klimagasemissionen des Verkehrs liegen mittlerweile zwei Millionen Tonnen über dem Wert von 1990. Wenn sich im Verkehrssektor nicht bald etwas bewegt, werden wir unsere Klimaschutzziele verfehlen. Die Effizienzsteigerungen bei Fahrzeugen sind durch das Verkehrswachstum auf der Straße verpufft.

Maria Krautzberger,
Präsidentin des Umweltbundesamts, 2017 zum Verkehr in Deutschland



■ Pkw: Immer effizienter und immer klimaschädlicher

Die Energieeffizienz (pro PS) der Pkw konnte von 2008 bis 2015 um 8% gesteigert werden. Doch gleichzeitig ist die Motorleistung um 10% und die Anzahl der Pkw um 9% angestiegen. Der CO₂-Ausstoß der Pkw-Flotte in Deutschland ist so um fast 5% angestiegen, ein Beispiel für den »Rebound-Effekt« (Station 27). Inzwischen ist jeder fünfte in Deutschland verkaufte Neuwagen ein SUV oder Geländewagen (Abb. 1). Führt man mit einem Geländewagen (Mercedes G 500) im Jahr 25.000 km, erreicht man den durchschnittlichen Pro-Kopf-CO₂-Ausstoß eines Deutschen von zehn Tonnen allein schon beim Autofahren. Stark zugenommen hat auch der Güterverkehr, besonders auf den Straßen.



Abb. 1: Auf Deutschlands Straßen fahren immer mehr SUV. Foto: Bareis

■ Die Treibhausgasemissionen von Neuwagen begrenzen

Die EU hat eine Emissionsrichtlinie beschlossen, wonach der durchschnittliche CO₂-Ausstoß von Neuwagen bis 2021 auf 95 g pro km sinken muss. Die Wochenzeitung Zeit hat rekonstruiert, wie die deutsche Automobilindustrie die Bundeskanzlerin 2013 dazu gebracht hat, Klimaschutz und diplomatische Umgangsformen im Kontakt mit anderen Regierungen hintanzustellen, zu locken und zu drohen und damit im Sinne der Automobilwirtschaft Einfluss auf Entscheidungen der EU zu nehmen - ein Lehrbuchbeispiel für Lobbyismus. Die Kanzlerin forderte u. a. das Inkrafttreten der neuen Grenzwerte um vier Jahre zu verschieben. Erreicht hat sie ein Jahr Aufschub.

■ Die Autokäufer über Emissionswerte informieren

Autohändler müssen Neuwagen mit einem farbigen Energieeffizienzlabel (Klassen von A+ bis G) kennzeichnen. Die Fahrzeuge werden dabei nach CO₂-Ausstoß und Gewicht bewertet. Schwere Fahrzeuge werden bevorzugt und landen oft in einer besseren Klasse als Kleinwagen. Die - nur im Kleingedruckten zu findenden - Herstellerangaben zum CO₂-Ausstoß pro km weichen immer stärker von der Realität ab, im EU-Mittel bereits um 42 Prozent. Klarheit schaffen würde eine Kennzeichnung in der Art: »Dieses Fahrzeug stößt 180 g CO₂ pro km aus. Bei einer durchschnittlichen Fahrleistung (14.000 km) sind das 2,5 t pro Jahr. Soll die Erde sich höchstens um zwei Grad erwärmen, steht bis zum Jahr 2050 pro Mensch und Jahr ein Budget von ca. 3 t CO₂ zur Verfügung, danach nichts mehr.«

■ Tempolimit?

Der CO₂-Ausstoß ist bei Tempo 170 etwa doppelt so hoch wie bei 100 km/h, der Stickoxidausstoß steigt sogar auf das Vierfache. Bei einem Tempolimit fließt der Verkehr gleichmäßiger, weniger Staus und Unfälle sind die Folge. Zudem könnte ein Tempolimit den Anreiz für die Anschaffung immer PS-stärkerer PKW verringern.



Abb. 2: Verkehrs-Trassen verschandeln Stadt und Land Foto: Bareis

Steueranreize und Ausgaben, die den Verkehr in die falsche Richtung steuern:

- ▶ Dienstwagen werden steuerlich bevorzugt, was den Staat jährlich 4,6 Milliarden Euro kostet. Bei Spritfressern ist die Steuerersparnis besonders groß.
- ▶ Die Pendlerpauschale fördert CO₂-Emissionen und zudem den Landschaftsverbrauch der immer weiter ins Umland hinauswachsenden Städte.
- ▶ Beim Autoverkehr gibt es viele versteckte Kosten: Z. B. Ausgaben für den Bau und Unterhalt von Straßen und Parkplätzen. Die Kommunen decken weniger als die Hälfte dieser Ausgaben durch direkte Einnahmen.
- ▶ Verkehrssteuern erfassen kaum die externen Kosten des Verkehrs für die Umwelt und die Gesundheit.

■ Fahrzeuge schädigen die Gesundheit und die Umwelt

Der Verkehr verursacht neben CO₂ auch Feinstaub, Stickoxide, flüchtige Kohlenwasserstoffe und indirekt Ozon. An verkehrsbedingtem Feinstaub und Ozon sterben laut einer Studie in Deutschland pro Jahr etwa 7000 Menschen, doppelt so viele wie direkt bei Verkehrsunfällen. Problematisch sind auch die Belastungen durch Lärm, Flächenverbrauch und Zerschneidung von Naturräumen (Abb. 2).

■ Verkehr verlagern und vermeiden

Kritische Verkehrsexperten sagen schon lange: Wer Straßen sät, erntet Verkehr. Die Fahrzeugzahl steigt an, Engpässe werden oft nur zur nächsten Schwachstelle verlagert. Eine Citymaut oder Nahverkehrsabgabe und die konsequente Förderung von Nah-, Rad- und Fußgängerverkehr sind klimaverträglicher. Intelligente Stadtplanung kann dazu beitragen, dass Verkehr gar nicht erst entsteht.



Abb. 3: Stau in Stuttgart: Wer Straßen sät, erntet Verkehr Foto: Bareis

Fazit:

Wie jeder selbst im Verkehr das Klima schützen kann

- ▶ Steigen Sie um auf Busse, Bahnen, das eigene Rad oder gehen Sie zu Fuß.
- ▶ Wenn Sie ein Fahrzeug benötigen, achten Sie beim Kauf auf den CO₂-Ausstoß: Die VCD-Umweltliste und <https://www.dat.de/uploads/media/LeitfadenCO2.pdf> helfen weiter.
- ▶ Fahren Sie kraftstoffsparend: <https://www.vcd.org/themen/auto-umwelt/spritsparen/>



„ Mir ist es eingefallen, während ich Fahrrad fuhr.

Albert Einstein, deutsch-schweizerischer Physiker und Nobelpreisträger, 1879 – 1955, über die Relativitätstheorie



Die neue Auto-Mobilität

Automobil sein bedeutet »selbst-beweglich« sein. Immer mehr Menschen entdecken: **Der Mensch ist auto-mobil - ganz ohne Automobil.** Mobilität gelingt ohne teuren, Klima, Umwelt und Gesundheit schädigenden Treibstoff ganz einfach mit dem Rad oder zu Fuß. **Radfahrer und Fußgänger sind auto-mobil.** Das Automobil macht den Menschen dagegen immobil. Und das sogar im doppelten Sinn: Der in das Auto eingezwängte Mensch ist immobil, weil er während der Fahrt auf seinem Sitz nahezu bewegungslos verharren muss. Und zusätzlich wird er immer öfter immobil, weil das Automobil gerade im Stau steckt.

Radfahren und zu Fuß gehen haben viele Vorteile:

Beides

- ▶ spart Energie und ist dabei fast zu 100% klimaneutral
- ▶ verursacht keine Abgase, praktisch keinen Feinstaub und kaum Lärm
- ▶ benötigt wenig Verkehrsfläche und vermeidet Stau
- ▶ entspannt
- ▶ hält körperlich fit, fördert die Gesundheit und stärkt die Abwehrkräfte



Abb. 1: Noch ohne Pedale: Das vor 200 Jahren erfundene Lauftrad, hier ein Nachbau von 1820.

Von Gun Powder Ma - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4406665>

Klimafreundliche Mobilität

Im Jahr 2017 feiert das Fahrrad seinen 200. Geburtstag (Abb. 1). Am 12. Juni 1817 fuhr Karl Drais, der Erfinder des Lauftrads, von Mannheim nach Neckarau. Heute kann das Fahrrad **Mobilität klima-, stadtverträglich und menschenfreundlich gestalten.** Kein Verkehrsmittel braucht weniger Energie als das Rad. Um einen Kilometer zurückzulegen, braucht man auf dem Rad 0,3 Wattstunden, als Fußgänger schon das Dreifache, im Omnibus etwa das 25-fache und im Auto (ohne Beifahrer) mit 17,4 Wattstunden mehr als das 50fache. Mit **Elektorrädern** sind auch steile Strecken kein Problem. Beim **Pedelec** unterstützt ein Elektromotor das In-die-Pedale-Treten, E-Bikes und **Elektroroller** fahren rein elektrisch. Die mit unterstützendem Elektroantrieb ausgestatteten **Lastenräder** ermöglichen Warentransporte. In vielen Städten kann man sie übers Internet leihen.

Radpolitik

Vorausschauende Städte, Länder und Staaten fördern den **Radverkehr** und erhöhen die **finanziellen Mittel** dafür **kräftig.** **Weltweite Vorbilder** sind die Niederlande und Kopenhagen. Während in Deutschland im Schnitt nur 13 Prozent aller Strecken mit dem Rad zurückgelegt werden, sind es in der Hauptstadt Dänemarks bereits über 40 Prozent. **Ein Mix an Maßnahmen bringt die Menschen aufs Rad,** z. B. der Ausbau von Fahrradwegen und -straßen und Radschnellwegen zu einem durchgängigen Wegenetz (Abb. 2 zeigt ein Beispiel für Nachholbedarf), der Ausbau von Abstellmöglichkeiten, Servicestationen und Leihsystemen, die Vernetzung mit Bussen und Bahnen, die Erhöhung der Verkehrssicherheit und die Akzeptanzförderung für das Radfahren (Abb. 3).



Abb. 2: Radwege in Stuttgart: oft noch holprig und im Nichts endend. Foto: Bareis



Abb. 3: Radfahren sichtbar machen: Die Critical Mass findet einmal im Monat in vielen Städten weltweit statt, wie hier in Stuttgart. Foto: Bareis

Fazit:

Radfahren und zu Fuß gehen halten fit und gesund, entspannen, machen Städte lebenswerter und haben praktisch null CO₂-Emissionen. Das Rad – 2017 schon 200 Jahre alt – erfährt mit neuen Modellen, z. B. Elektro- und Lastenrädern, immer wieder eine Auffrischung. Moderne Städte investieren kräftig in den Radverkehr.



„ Wenn es falsch ist, durch Verbrennen fossiler Rohstoffe Klima, Gesundheit, Natur, Heimat und Menschenrechte zu zerstören, dann ist es auch falsch, von dieser Zerstörung zu profitieren.“

Aktivisten der Divestment-Bewegung für den Abzug von Investitionen aus fossilen Energien



■ Kohleverbrennung ist äußerst klimaschädlich

In Deutschland stammt ein Viertel aller Treibhausgasemissionen von den 30 größten Kohlekraftwerken. Kohle zu verstromen ist die klimaschädlichste Art der Stromerzeugung (Abb. 1). Doch die Bundesregierung hat auch 2017 keinen Kohle-Ausstiegplan vorgelegt, anders als z. B. Großbritannien, das bis 2025 den Ausstieg geschafft haben will. Vielmehr sind in den Jahren von 2012 bis 2015 in Deutschland noch sieben neue Kohlekraftwerke in Betrieb gegangen, darunter 2015 ein Kraftwerksblock in Mannheim. Er ist für einen mindestens 40jährigen Betrieb ausgelegt und verursacht pro Jahr mehr CO₂, als der Klimaschutzplan des Landes Baden-Württemberg im Jahr 2035 für alle Kohlekraftwerke des Landes zusammen vorsieht. Ein baugleicher Kohlekraftwerksblock ist übrigens im Jahr davor in Karlsruhe in Betrieb gegangen – beides gigantische Fehlinvestitionen!

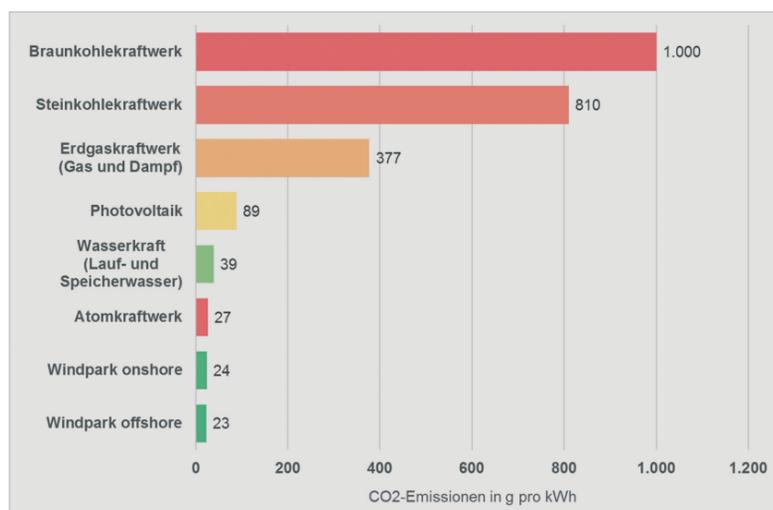


Abb. 1: CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung in Deutschland nach Art der Erzeugung im Jahr 2010 (in Gramm pro Kilowattstunde).

Bei der Nutzung von Sonne, Wind und Wasser entstehen die Emissionen bei der Herstellung, Wartung und Entsorgung der Anlagen.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/233868/umfrage/co2-emissionen-bei-der-stromerzeugung-nach-erzeugungsort/>

Weitere Argumente für den Kohleausstieg:

1.) Kohleverbrennung schadet der Gesundheit

Allein in Deutschland sterben jährlich etwa 3.000 Menschen, weil die Luft durch Kohleverbrennung verschmutzt wird (Abb. 2). Deutschlands Kohlekraftwerke stoßen z. B. pro Jahr rund 7000 kg hochgiftiges Quecksilber aus. In Europa verursachen die Gesundheitsfolgen von Kohlekraftwerken jährlich volkswirtschaftliche Schäden in Höhe von über 40 Mrd. Euro.

2.) Kohleförderung zerstört die Natur und die Heimat vieler Menschen

Allein der Braunkohletagebau in Deutschland hat bislang eine Fläche doppelt so groß wie Berlin verbraucht (Abb. 4). 110.000 Menschen mussten umsiedeln.

3.) Kohleförderung beeinträchtigt die Menschenrechte

Fast ein Drittel der im Jahr 2011 in Deutschland importierten Steinkohle stammte aus Kolumbien. Der Bergbaukonzern Drummond hat eine paramilitärische Einheit finanziert, die für den Tod Hunderter Menschen in Kolumbien verantwortlich ist. Bewohner der Abbaugelände wurden zum Teil gewaltsam vertrieben.



Abb. 2: Die schmutzigsten Kraftwerke sind Braunkohlekraftwerke, hier im Rheinland. Foto: Bareis



Abb. 3: Der Braunkohletagebau, hier im Rheinland, frisst sich durch die Landschaft. Foto: Bareis

■ Erdöl und Erdgas fördern gefährdet ebenfalls Klima, Mensch und Umwelt

Auch Erdöl und Erdgas setzen beim Verbrennen CO₂ frei. Die Erdölförderung ist zudem mit hohen Unfallrisiken verbunden. Im Jahr 2010 explodierte im Golf von Mexiko die Ölplattform Deep Water Horizon und die bisher größte Ölkatastrophe in den Meeren nahm ihren Lauf. Im Nigerdelta in Nigeria werden durch ständige Ölleckagen Grund- und Trinkwasser in gigantischem Ausmaß verschmutzt.

■ Investitionen in fossile Energien sind vom Ruin bedroht

Will man die Erderwärmung auf 2°C beschränken, müssen etwa 80% der fossilen Rohstoffe im Boden bleiben. Die Investitionen in Kohle, Erdöl und Erdgas werden deshalb voraussichtlich stark an Wert verlieren. Auch aus Gründen des Klimaschutzes empfiehlt es sich, Gelder aus der Förderung fossiler Energien abzuziehen (= Divestment). Das fordert die Divestment-Bewegung, die an US-Universitäten ihren Anfang genommen hat. Diese hatten ihr milliardenschweres Vermögen u. a. in fossile Energien investiert. Als Studenten dagegen protestierten, zog z. B. die Stanford University ihre Gelder aus der fossilen Energiewirtschaft ab. Zahlreiche Institutionen beteiligen sich inzwischen am Divestment, von der Rockefeller-Stiftung über den milliardenschweren norwegischen Pensionsfonds bis zu Städten wie Münster, Berlin und Stuttgart.

Fazit:

Industrielländer wie Deutschland sollten rasch aufhören, die besonders klimaschädliche Kohle zu nutzen und hierfür Kohleausstiegspläne erarbeiten. Noch deutlich vor 2050 sollten sie sich auch weitgehend von der Nutzung von Erdöl verabschieden und schließlich auch ohne Erdgas auskommen. Dabei wird man mit mächtigen Gegnern aus den fossilen Industrien rechnen müssen. Ein Festhalten an der fossilen Energienutzung wäre jedoch aus Gründen des Klimaschutzes nicht zu verantworten und kann zudem hohe finanzielle Verluste bedeuten – das Divestment, der Rückzug von Investoren aus fossilen Energien hat bereits begonnen.



„ Die Mehrkosten für die Erneuerbaren Energien von heute sind vermiedene Umweltschäden und niedrige Energiekosten von morgen.“

Hermann Scheer, Energiepolitiker, 2004



Ist Energieversorgung mit 100% Erneuerbaren Energien möglich?

Die Sonne liefert uns ein Vieltausendfaches des Energiebedarfs der Menschheit (Abb. 1). Sollte es da nicht möglich sein, unseren Energiebedarf weltweit zu 100% aus erneuerbaren Energien zu decken? Physikalisch spricht jedenfalls nichts gegen eine solche Energiewende (Abb. 2).

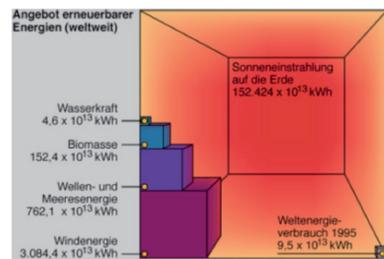


Abb. 1: Vergleich des Weltenergieverbrauchs mit der uns von der Sonne gelieferten Energie. Der kleine dunkle Würfel unten rechts in der Abbildung stellt den Weltenergieverbrauch für 1995 dar. Der große Würfel veranschaulicht, dass uns die Sonne etwa 15.000 Mal mehr Energie liefert als wir damals brauchten.

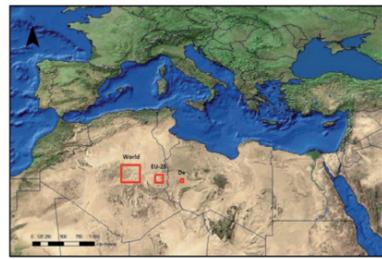


Abb. 2: Theoretischer Platzbedarf für Solarkollektoren (rote Quadrate), um in Solarthermischen Kraftwerken den Strombedarf der Welt, Europas (EU-25) oder Deutschlands zu erzeugen.

https://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare_Energien#/media/File:Fullneed.jpg

Die Vielfalt erneuerbarer Energien

Erneuerbare oder Regenerative Energiequellen erschöpfen sich in menschlichen Zeiträumen nicht. Sie sind weitgehend oder völlig klimaneutral. Man unterscheidet

- ▶ direkte Sonnenenergie: Photovoltaik, Solare Wärme
- ▶ indirekte Sonnenenergie: Wind- und Wasserkraft, Wellenenergie, Biomasse
- ▶ andere: Geothermie (Erdwärme) und Gezeitenkraft.

Erneuerbare Energien – weltweit auf dem Vormarsch

Im Jahr 2013 wurde global erstmals mehr Kraftwerkskapazität aus erneuerbaren Energien neu installiert als aus fossilen und nuklearen Kraftwerken zusammen. Von 2004 bis 2014 stieg die globale Kapazität der Windkraft auf das Achtfache, die von Photovoltaikanlagen sogar auf das 50fache. Im Jahr 2015 gab es in 173 Ländern Ausbauziele für Erneuerbare Energien.

Energiewende: eine Erfolgsgeschichte aus Deutschland

Deutschland hat die Energiewende, den Ausbau erneuerbarer Energien, früher als viele andere Staaten begonnen. Das lag am Erfindergeist vieler Tüftler und am Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das 2000 in Kraft getreten ist. Es regelt die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen ins Stromnetz und garantiert feste, kostendeckende Einspeisevergütungen. Die Vergütungssätze werden mindestens jährlich abgesenkt, orientiert an den sinkenden Herstellungskosten für Windräder, Photovoltaikanlagen etc. Seit Einführung des EEG ist der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch von 6 % im Jahr 2000 auf 31 % im Jahr 2015 gestiegen, der Anteil am Bruttoendenergieverbrauch, der neben Strom auch Wärme und Verkehr umfasst, von 4% auf 15 % (Abb. 3). Dies hat den Treibhausgasausstoß von Deutschland 2015 um etwa ein Siebtel gesenkt. In Deutschland sind inzwischen deutlich höhere Kapazitäten an erneuerbaren als an konventionellen Energien installiert.

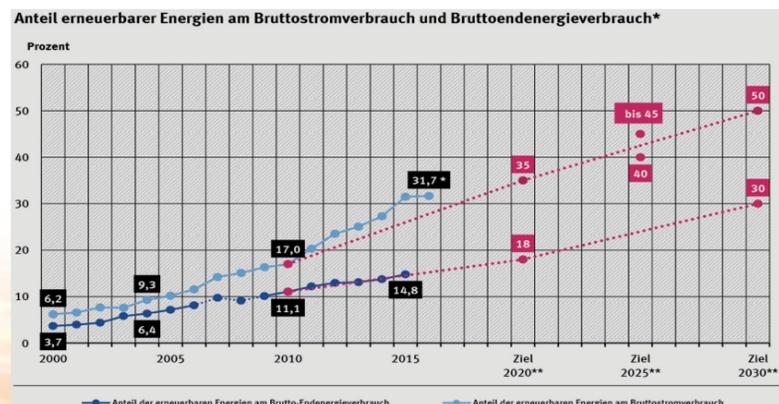


Abb. 3: Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch und Bruttoendenergieverbrauch. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch stieg zwischen 2000 und 2016 von 6,2 % auf 31,7 %. Beim Endenergieverbrauch stieg der Anteil von 3,7 % (2000) auf 14,8 % (2015). Rot: Ausbauziele der Bundesregierung.

<https://www.umweltbundesamt.de/indikator-erneuerbare-energien#textpart-1>

Gerät die Energiewende in Deutschland ins Stocken?

Doch ausgerechnet jetzt, wo der weitere Zubau nicht mehr kostet als Investitionen in Kohlekraftwerke, bremst Deutschland den Ausbau der Erneuerbaren Energien ab und beendet so auch das Jobwunder dort. So sank 2015 der Photovoltaik-Zubau im Vergleich zu 2012 auf ein Fünftel. Das Ziel der Bundesregierung, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2020 um 40% im Vergleich zu 1990 zu senken und erst recht die Klimaziele von Paris rücken in weite Ferne: 2016 lagen die CO₂-Emissionen wieder auf dem Niveau von 2009 (Abb. 4). Deutschland wird, setzt es das jetzige Ausbautempo für die Erneuerbaren Energien fort, nach Einschätzung des Energieexperten Volker Quaschnig erst im Jahr 2150 bei 100% Erneuerbaren landen!

Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland

in der Abgrenzung der Sektoren des Aktionsprogrammes Klimaschutz 2020*

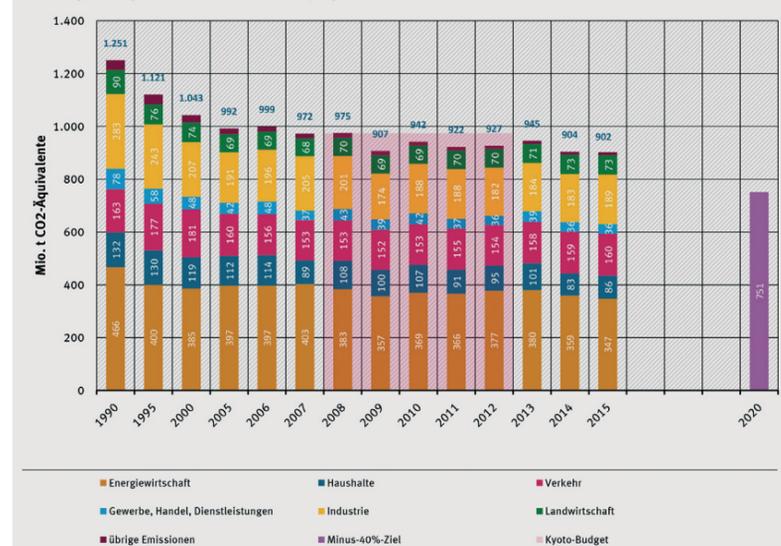


Abb. 4: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren.

Die Schätzung des Umweltbundesamtes für 2016 beläuft sich auf 906 Mio. t. <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-2015-im-zweiten-jahr-in>

Zu klärende Fragen zur Energiewende:

1. Welche Energien? (Sonne und Wind gelten als besonders aussichtsreich)
2. Welche Ausbaugeschwindigkeit? (Die Zeit läuft uns beim Klimaschutz davon)
3. Zentral oder dezentral? (In der Sahara und an der Nordsee oder bei uns?)
4. Welche Akteure? (Energiekonzerne oder Bürger, Energiegenossenschaften, Landwirte und Stadtwerke)
5. Welcher Schwankungsausgleich? (U. a.: Welche Speichertechnologien?)
6. Welche Finanzierung? (Einspeisevergütung oder Ausschreibungen? Kapazitätsmärkte für Stromspeicher etc.?)

Die Energiewende umfasst insbesondere die **Elektrizitätsversorgung, Wärme und Verkehr** (Kap. 28 und 32). Auch unabhängig von der Speicherfrage ist deren **Verknüpfung** sinnvoll. Gebäude können in Zukunft mit Wärmepumpen beheizt werden, Fahrzeuge elektrisch angetrieben werden. In allen drei Bereichen müssen die erheblichen Einsparpotenziale genutzt werden, damit die Energiewende gelingen kann.

Fazit:

Erneuerbare Energien sind die Energieform der Zukunft, da sie weitgehend klimaneutral sind. Ihr Ausbau hat weltweit ein beachtliches Tempo erreicht. In Deutschland wurde die Energiewende in den letzten Jahren ausgebremst. Hier und weltweit ist eine Beschleunigung beim Ausbau Erneuerbarer Energien unabdingbar, soll die Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad begrenzt werden. Für den Ausgleich der schwankenden Energiemengen bei Erneuerbarer Energien müssen verstärkt Speichertechnologien gefördert und entwickelt werden.



„Die dauerhafte Wirtschaft muss ausschließlich auf die regelmäßige Benutzung der jährlichen Strahlungsenergie [der Sonne] begründet werden. Die Kohle verhält sich wie eine unverhoffte Erbschaft [...], welche den Erben veranlasst, die Grundsätze einer dauerhaften Wirtschaft vorläufig aus den Augen zu setzen und in den Tag hinein zu leben.“

Wilhelm Ostwald, Träger des Chemie-Nobelpreis, 1909.

Staunen Sie:

Das Spielzeugauto fährt allein mit der Energie des Lichts!

Unerschöpfliche Energie nutzen

Sonnenenergie ist praktisch unerschöpflich. Das immense Dargebot an Sonnenenergie (Kap. 35) kann auf zweierlei Weise **direkt genutzt** werden:

- ▶ als **Solarenergie** zum Heizen, zur Warmwasserbereitung oder in solarthermischen Kraftwerken zur Gewinnung von elektrischer Energie.
- ▶ als **Photovoltaik** zur direkten Umwandlung in elektrische Energie (Abb. 1). Solarzellen in Photovoltaikanlagen besitzen zwei spezielle Silizium-Schichten: Treffen Lichtstrahlen auf die obere Schicht, dann werden Elektronen aus dieser Schicht gelöst. Ist ein Stromverbraucher angeschlossen, wandern die Elektronen durch ihn hindurch: Es fließt Strom (Abb. 2).



Abb. 1: Schüler installieren am Ferdinand-Porsche-Gymnasium in Stuttgart eine Photovoltaikanlage. Foto: Bareis.

Die Vorteile der Photovoltaik (PV) sind immens:

- ▶ PV-Anlagen sind also **klimafreundlich**. Den Energieaufwand für ihre Herstellung holten PV-Anlagen in etwa drei Jahren wieder herein.
- ▶ PV-Anlagen brauchen **keinen Brennstoff**, der knapp werden kann, importiert werden muss und Abhängigkeiten schafft.
- ▶ Um Sonnenenergie werden anders als um Erdöl **keine Kriege** geführt.
- ▶ PV-Anlagen verursachen im Betrieb anders als z. B. Kohlekraftwerke oder Pkw **keinen Ausstoß an Luftschadstoffen**.
- ▶ PV-Anlagen haben eine **lange Lebensdauer**, weil sie nicht aus beweglichen, sich abnutzenden Teilen bestehen.
- ▶ Sonnenenergie kann **dezentral** beim Verbraucher gewonnen werden und **verringert die Abhängigkeit von mächtigen Energiekonzernen**.
- ▶ In Entwicklungsländern können die Menschen mit Photovoltaikanlagen ohne aufwändigen Ausbau des Stromnetzes mit Elektrizität versorgt werden.

Die Nachteile der Photovoltaik

fallen weniger ins Gewicht:

- ▶ Das Angebot an Sonnenenergie schwankt im Tages- und Jahresverlauf sowie wetterabhängig. Speichertechnologien werden dies ausgleichen.
- ▶ Sonnenenergienutzung hat aufgrund der geringeren Energiedichte einen höheren Flächenbedarf als die Nutzung fossiler Energieträger, z. B. Erdgas.

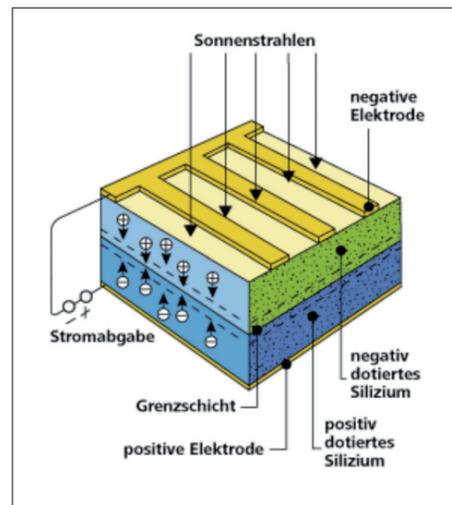


Abb. 2: Energiegewinnung mit einer Solarzelle

Sonnenstrom wird immer günstiger

Die Preise für Photovoltaik sind in den letzten Jahren in atemberaubendem Tempo gesunken, weil die Solarfabriken immer effizienter arbeiten und die Stromausbeute der PV-Anlagen immer höher wird (Abb. 3). Ausschreibungen ergaben 2016 in der chilenischen Atacama-Wüste Preise von 2,6 Cent und in Dänemark von 5,4 Cent pro Kilowattstunde. **In mehr als 30 Ländern war der Strom aus Sonne oder Wind im Jahr 2016 genauso günstig wie der Strom aus neuen konventionellen Energieanlagen – oder sogar billiger.** Schon 2025 könnte die Nutzung von Solarenergie weltweit preiswerter sein als der Einsatz von Kohle.

Ganz anders verläuft die Preisentwicklung dagegen bei den atomar-fossilen Energien. Für das britische Atomkraftwerk Hinkley Point C verlangen die AKW-Investoren Einspeisevergütungen von 13 Cent pro Kilowattstunde. In Deutschland verursacht Kohlestrom betriebswirtschaftliche Kosten von vier (Braunkohle) bis acht Euro-Cent (Steinkohle).

Am Horizont zeichnet sich ab, dass die klimafreundlichen Erneuerbaren Energien sich selbst dann rechnen werden, wenn man die Folgeschäden der fossil-atomaren Energiewirtschaft nicht mit einbezieht. Für den Klimaschutz könnte das den endgültigen Durchbruch bedeuten!

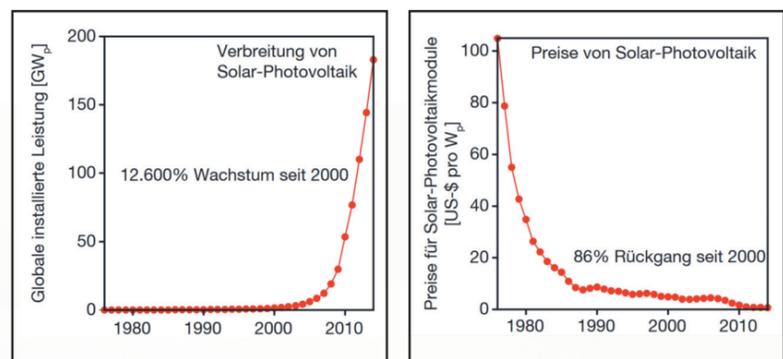


Abb. 3: Die Entwicklung bei Solarenergie und Photovoltaik. Das Wachstum an installierten Kapazitäten hat die Erwartungen weit übertroffen. Gleichzeitig sind die Kosten rapide gefallen: Seit dem Jahr 2000 um 86%. http://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu.de/templates/dateien/veroeffentlichungen/sondergutachten/sg2016/wbgu_sg2016.pdf S.16

Fazit:

Die Sonne ist eine schier unerschöpfliche Energiequelle. Die Kosten für Sonnenstrom sind in der Vergangenheit unerwartet stark gefallen und sinken aufgrund von Fortschritten in Forschung, Entwicklung und Produktion (Lernkurve) auch weiterhin. Für den globalen Klimaschutz könnte dies den Durchbruch bedeuten!

