

26.02.2021 | Hintergrund

## Wie sieht der Weg zur treibhausgasneutralen Energieversorgung aus?

### Grundschule, Sekundarstufe

Erneuerbare Energien wie Wind und Sonne sollen künftig den Energiebedarf in Deutschland decken. Bisher bildeten hauptsächlich fossile Energieträger, aber auch Atomenergie die Basis der Energieversorgung. Um die Energiewende zu ermöglichen, muss die Stromerzeugung dekarbonisiert werden. Auch der Ausbau der Stromnetze und die Speicherung von Energie gehören dazu.

### Gehört zu:

Thema des Monats: Erneuerbare Energien, fossile Brennstoffe, Atomkraft – welche Rolle spielen sie bei der Energiewende?

Unterrichtsvorschlag: Die Zutaten der Energiewende (SEK)

Unterrichtsvorschlag: Woher kommt in Zukunft der Strom? (GS)

Im Jahr 2015 wurde in Paris Geschichte geschrieben. Auf der internationalen Klimakonferenz wurde das Pariser Abkommen beschlossen. Damit verpflichten sich alle Staaten, die Weltwirtschaft auf klimafreundliche Weise zu verändern.

Ziel ist es, die globale Erwärmung zu begrenzen. Im Vergleich zum Temperaturniveau vor Beginn der Industrialisierung soll die globale Durchschnittstemperatur um deutlich weniger als zwei Grad Celsius steigen. Idealerweise soll der Anstieg auf 1,5 Grad Celsius begrenzt werden. So sollen die Auswirkungen des Klimawandels möglichst gering gehalten werden.

Um das zu erreichen, muss die Menschheit in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts treibhausgasneutral wirtschaften. Das heißt: Es dürfen nicht mehr klimaschädliche Gase ausgestoßen werden, als der Atmosphäre durch sogenannte Senken wieder entzogen werden. Senken sind zum Beispiel Wälder, weil Bäume Kohlenstoff speichern. Als Senken können künftig aber auch technologische Entwicklungen dienen, mit deren Hilfe CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre ferngehalten und dauerhaft gelagert wird. Treibhausgasneutralität kann nur dann erreicht werden, wenn die fossilen Brennstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas nicht mehr zum Einsatz kommen.

Auch die Europäische Union und Deutschland sind dem Pariser Abkommen beigetreten. Dessen Ziele sind sowohl Grundlage für die europäischen als auch für die nationalen Klimaschutzziele. Im Klimaschutzplan 2050 hat die Bundesregierung Ziele für die Verringerung der Treibhausgasemissionen gesetzt. Im Klimaschutzprogramm 2030 [<https://www.bmu.de/publikation/klimaschutzprogramm-2030/>] hat sie die Ziele konkretisiert und Maßnahmen beschrieben, mit denen die Ziele erreicht werden sollen.

Ein wesentlicher Schritt zur Umsetzung ist das Bundes-Klimaschutzgesetz [<https://www.bmu.de/gesetz/bundes-klimaschutzgesetz/>], das der Bundestag Ende 2019 beschlossen hat. Im Bundesklimaschutz-Gesetz wurde als langfristiges Ziel festgeschrieben, dass bis 2050 Treibhausgasneutralität erreicht werden soll. Bis zum Jahr 2030 sollen die Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um mindestens 55 Prozent sinken. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden für alle relevanten Sektoren Jahresemissionsmengen festgelegt, die kontinuierlich herabgesetzt werden. Die Sektoren sind: Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft. Werden in diesen Sektoren zu viele Treibhausgase ausgestoßen, müssen Sofortprogramme aufgelegt werden, um die Emissionen zu senken.

# In welchen Bereichen müssen Treibhausgasemissionen eingespart werden?

Von zentraler Bedeutung für den Klimaschutz sind die sogenannten energiebedingten Emissionen. Sie machen etwa 85 Prozent der deutschen Treibhausgasemissionen aus. Überall dort, wo fossile Energieträger wie Kohle, Erdgas oder Mineralöl in elektrische und/oder thermische Energie (Strom- und Wärmeproduktion) umgewandelt werden, werden Treibhausgase freigesetzt, hauptsächlich Kohlendioxid.

Hauptverursacher mit gut 40 Prozent der energiebedingten Treibhausgas-Emissionen ist die Energiewirtschaft, also die Strom- und Wärmeerzeugung. Danach folgen die Sektoren Verkehr mit 20 Prozent, Industrie (15 Prozent), private Haushalte (10 Prozent) und der Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungssektor mit fünf Prozent.

## Herausforderung Energiewende

Die Energiewende beinhaltet den Umbau der Energieversorgung hin zu einer nachhaltigen Energieerzeugung mithilfe von erneuerbaren Energien wie Wind und Sonne. Bisher bildeten hauptsächlich fossile Energieträger, aber auch Atomenergie die Basis der Energieversorgung.

Erneuerbare Energien ermöglichen eine klimaneutrale Energieversorgung. Kernstück der Energiewende ist die sogenannte Dekarbonisierung des Stromsektors, das heißt der Verzicht auf die Nutzung von kohlenstoffhaltigen Energieträgern. Das beinhaltet insbesondere den Ausstieg aus der Nutzung von Kohle und den Ausbau der erneuerbaren Energien. Die Dekarbonisierung des Stromsektors ist zugleich ein wichtiger Schritt für die Klimaschutzmaßnahmen in anderen Sektoren, die mit diesem Strom auf Basis erneuerbarer Energien versorgt werden – zum Beispiel die Industrie und der Verkehr.

Mit einer Reihe von politischen Entscheidungen wurden in Deutschland die Weichen für diesen Umbau gestellt. Mit dem Kohleausstiegsgesetz wurde beschlossen, die Stromerzeugung aus Kohle bis spätestens 2038 zu beenden. Das Gesetz wurde im Juli 2020 von Bundestag und Bundesrat verabschiedet. Grundlage waren die Empfehlungen der Kommission "Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung". Gleichzeitig wird der Ausbau der erneuerbaren Energien vorangetrieben. So wird gegenwärtig bereits rund die Hälfte des in Deutschland verbrauchten und erzeugten Stroms auf Basis erneuerbarer Energien bereitgestellt.

Der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien macht Anpassungen im Stromsektor erforderlich. So wird die Energie oft an anderen Orten als den Standorten der bisherigen Kraftwerke erzeugt. Daher müssen die überregionalen Stromnetze ausgebaut werden, um zum Beispiel Strom, der durch Windkraftanlagen im Norden erzeugt wird, in die Zentren Süddeutschlands zu bringen.

Zudem ist die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien von der Verfügbarkeit von Wind und Sonne abhängig. Daher muss Ausgleich geschaffen werden für Situationen, wenn aufgrund der Wetterlage durch Wind- und Sonnenenergie zu wenig Strom erzeugt wird. Andererseits kann es dazu kommen, dass erneuerbare Energien zeitweise mehr Strom erzeugen, als gebraucht wird. Daher müssen auch Lösungen zur Speicherung überschüssigen Stroms sowie zur Umwandlung in andere Energieträger wie beispielsweise Wasserstoff geschaffen werden. All dies birgt Herausforderungen sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Hinsicht.

## Ausstieg aus der Atomkraft

In Deutschland werden bis Ende 2022 die noch verbliebenen Atomkraftwerke abgeschaltet. Vor dem Hintergrund des Unfalls im japanischen Atomkraftwerk Fukushima im März 2011 hat der Bundestag den deutschen Ausstieg aus der kommerziellen Stromerzeugung mithilfe von Atomkraftwerken bis spätestens 2022 beschlossen.

Der Atomkraftausstieg ist gesetzlich verankert. Atomkraft ist zwar vergleichsweise CO<sub>2</sub>-arm, aber nicht emissionsfrei und auch nicht sauber. So werden unter anderem bei der Uranförderung Treibhausgase freigesetzt, zudem schädigt die Förderung die Umwelt. Die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist aufwändig,

langwierig und teuer. Die Endlagerfrage ist offen. Darüber hinaus bestehen die bekannten Risiken der Atomkraft weiterhin fort. Auch neue kerntechnische Entwicklungen sind immer mit einem Restrisiko verbunden.

Atomkraftwerke sind überdies nicht geeignet, einen entscheidenden Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen zu leisten: Um nur zehn Prozent der globalen Treibhausgasemissionen einzusparen, müsste bis 2050 die Anzahl der bestehenden Atomkraftwerke verdreifacht werden.

Dennoch diskutieren einzelne Regierungen kontrovers, Atomkraft als Brückentechnologie oder Übergangstechnologie auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität zu nutzen und diese auch finanziell zu begünstigen. Auch in den Medien finden sich entsprechende Positionen. Dagegen spricht, dass auch moderne Atomkrafttechnologien Gefahren für Mensch und Umwelt in sich bergen. So haben die schweren Reaktorunfälle in Tschernobyl und Fukushima gezeigt, dass die Risiken schwerer Unfälle niemals völlig ausgeschlossen werden können.

Die entstehenden radioaktiven Abfälle sind eine Belastung für die Ewigkeit: Drei Generationen haben Atomkraft genutzt, 30.000 müssen mit ihren Hinterlassenschaften leben. Denn die Abfälle müssen für eine Million Jahre sicher gelagert werden. Es ist eine große gesellschaftliche Herausforderung, einen Standort für ein Endlager für die hochradioaktiven Abfälle zu finden, dieses zu bauen und in Betrieb zu nehmen.

Hinzu kommt, dass diese Altlasten den Staat und damit auch die Bürgerinnen und Bürger viel Geld kosten werden, obgleich die Betreiber der Atomkraftwerke in den vom Bund eingerichteten Entsorgungsfonds einen Betrag von rund 24 Milliarden Euro zur Entsorgung ihrer radioaktiven Abfälle eingezahlt haben.

Überdies ist Atomenergie teuer und deren kommerzielle Nutzung nicht rentabel. Sie gilt nur aufgrund massiver staatlicher Förderung als "wirtschaftlich". Das gilt für Forschung und Entwicklung der Atomtechnik ebenso wie für den Bau von Atomkraftwerken.

Die Bundesregierung ist auch skeptisch gegenüber kleinen, modularen Nuklearanlagen (sogenannte Small Modular Reactors, SMR), die derzeit erforscht werden. Auch dort sind viele Fragen zu Entwicklung, Bau, Betrieb, Stilllegung und Entsorgung offen. Versprechen wegen der höheren nuklearen Sicherheit von SMR sind bisher nicht belastbar belegt. Überdies beunruhigt die Möglichkeit missbräuchlicher Verwendungen von Kernbrennstoffen, die in SMR gegebenenfalls eingesetzt werden.

Vor diesem Hintergrund lehnt die Bundesregierung deshalb auch (fortgesetzte) Subventionierungen von Atomkraftwerken durch öffentliche Mittel sowie jedwede Förderung des Neubaus von Atomkraftwerken durch die EU ab.

## Welche Ziele sind im deutschen Klimaschutzplan und im Klimaschutzgesetz verankert?

Im Klimaschutzplan 2050 und im Bundes-Klimaschutzgesetz sind Ziele beziehungsweise Emissionsmengen für alle Sektoren festgelegt. Von zentraler Bedeutung ist die Energiewirtschaft. Hier sollen die Emissionen bis 2030 um 62 Prozent sinken (im Vergleich zu 1990). Das entspricht einer Menge von 175 Millionen Tonnen Treibhausgasen im Jahr 2030.

Im Gebäudebereich sollen die Emissionen bis 2030 um 66 bis 67 Prozent gesenkt werden, auf 70 Millionen Tonnen Treibhausgase. Für den Sektor Verkehr ist eine Senkung um 40 bis 42 Prozent auf 95 Millionen Tonnen Treibhausgase festgelegt.

Zu den Säulen des Umbaus der Energieversorgung gehören auch die Verbesserung der Energieeffizienz und die Senkung des Energiebedarfs. Das soll insbesondere durch die Sanierung von Gebäuden erreicht werden sowie durch effizientere Beleuchtung, verbrauchsarme Geräte und Effizienzgewinne im Verkehr durch Elektrifizierung. Außerdem sollen zunehmend Wärmepumpen zur Erzeugung von Raumwärme und

Warmwasser eingesetzt werden. So werden weniger Brennstoffe benötigt.

Das Stromsystem soll deutlich flexibler werden: durch mehr Batteriespeicher, den flexiblen Einsatz von Wärmepumpen, die Nutzung von Wasserstoff und die Elektromobilität sowie einen intensiveren Stromhandel mit dem Ausland. So kann ein räumlicher und zeitlicher Ausgleich geschaffen werden. Das heißt: Die Stromversorgung durch erneuerbare Energien kann sichergestellt werden, auch wenn der Bedarf sich ändert oder das Angebot der Quellen fluktuiert.

## Wie hat sich die Energieversorgung bereits verändert?

In den vergangenen Jahren hat sich die Energieversorgung in Deutschland bereits verändert. Insgesamt wurden im Jahr 2020 bereits 19,3 Prozent des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien gedeckt. Im Jahr 2004 lag der Anteil noch bei 6,2 Prozent.

Zwischen den einzelnen Sektoren gibt es jedoch große Unterschiede beim Anteil der erneuerbaren Energien. Beim Stromverbrauch hat sich der Anteil der Erneuerbaren innerhalb von zehn Jahren mehr als verdoppelt und lag im Jahr 2020 bereits bei 45,4 Prozent, während es 2010 rund 50 Prozent waren. Im Bereich Wärme lag der Anteil bei 15,2 Prozent, im Sektor Verkehr bei 7,3 Prozent. Bei Wärme und Verkehr liegt der Anteil der erneuerbaren Energien seit einigen Jahren auf annähernd konstantem Niveau. In diesen beiden Sektoren entstehen etwa drei Viertel des gesamten Endenergieverbrauchs.

Den größten Beitrag zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien leistete im Jahr 2019 die Windenergie (52,2 Prozent), gefolgt von Photovoltaik (20,2 Prozent) und Biomasse (20,7 Prozent) und Wasserkraft (7,4 Prozent).

Im Bereich der Wärmeenergie gab es in den vergangenen Jahren kaum Veränderungen beim Anteil erneuerbarer Energien. Er lag 2020 bei 15,2 Prozent. In diesem Bereich liefert Biomasse den größten Teil der Energie, das bedeutet vor allem: Holz in Form von Holzhackschnitzeln und Pellets. Der Anteil von Solarthermie (4,8 Prozent), Umweltwärme und Geothermie (9,7 Prozent) hat in den vergangenen Jahren kontinuierlich an Bedeutung gewonnen.

## Studien: Eine klimaneutrale Energieversorgung ist möglich

Dass es möglich ist, die Energieversorgung Deutschlands in Zukunft vollständig klimaneutral sicherzustellen, belegen mehrere Studien. Dazu gehören die Studien "Klimaneutrales Deutschland [[https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2020/11/2020\\_KNDE\\_Zusammenfassung\\_DE\\_WEB.pdf](https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2020/11/2020_KNDE_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf)]" (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2020) sowie "Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität" (Umweltbundesamt 2019). In den folgenden Ausführungen werden Eckpunkte der Untersuchung "Klimaneutrales Deutschland" vorgestellt.

Um Klimaneutralität zu erreichen, müssen die heute bereits verfügbaren oder weit entwickelte Technologien konsequent angewendet werden, so die Studie "Klimaneutrales Deutschland". Die Studie geht davon aus, dass das Stromsystem komplett auf erneuerbaren Energien basiert. Auch Straßenverkehr und Wärmeversorgung steigen weitgehend auf strombasierte Lösungen um. Gebäude müssen energieeffizient saniert werden. Zudem spielt auf Basis von erneuerbarem Strom erzeugter Wasserstoff eine wichtige Rolle – sowohl in der Energiewirtschaft als auch für die Industrie und den Schiffs- und Flugverkehr.

Konkret sieht die Studie "Klimaneutrales Deutschland" bis 2030 einen vollständigen Kohleausstieg sowie einen Anteil der erneuerbaren Energien am Strom von 70 Prozent vor. Im Verkehrssektor beispielsweise wird eine deutliche Steigerung des Anteils an Elektrofahrzeugen vorausgesetzt. Die Menschen fahren überdies mehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln, außerdem werden mehr Wege mit dem Rad und zu Fuß zurückgelegt. Der Güterverkehr erfolgt verstärkt mit der Bahn oder auf den Straßen mit elektrischen LKW.

Auch in der Wärmeversorgung spielt Elektrizität eine Rolle, denn hier können Wärmepumpen eingesetzt

werden.

Außerdem setzt die Studie voraus, dass alle Sektoren zwischen 2030 und 2050 zunehmend elektrifiziert werden. Dabei gewinnt Wasserstoff als Energieträger und Rohstoff eine zunehmende Bedeutung. Der größte Teil des Wasserstoffbedarfs entfällt auf die Stromerzeugung. In Zeiten eines erhöhten Energiebedarfs wird Wasserstoff in Gaskraftwerken als Brennstoff genutzt. Zum Teil erfolgt dies in Kraft-Wärme-Kopplung, sodass auch ein Teil der Fernwärme auf Wasserstoff basiert.

Manche Emissionen von Treibhausgasen, wie in der Landwirtschaft und in der Zementindustrie, werden sich dennoch nicht vollständig vermeiden lassen. Diese Restemissionen sollen laut Studie weitgehend durch CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -lagerung neutralisiert werden (englisch: carbon capture and storage, CCS).

## Umbau der Energieversorgung: Jeder Beitrag zählt

Die Bundesregierung hat den Klimaschutzplan 2050 im November 2016 beschlossen. Im Herbst 2019 folgten das Klimaschutzprogramm 2030 sowie das Bundes-Klimaschutzgesetz. Zentrale Bestandteile haben Eingang in weitere Gesetzgebungsprozesse gefunden, zum Beispiel in das Kohleausstiegsgesetz, das Erneuerbare-Energien-Gesetz und das Brennstoffemissionshandelsgesetz.

Die oben genannten Studien belegen, dass eine klimaneutrale Energieversorgung möglich ist. Jedoch wird auch deutlich, dass die Weichen sehr schnell und wirksam gestellt werden müssen. Andernfalls wird ein Punkt überschritten, jenseits dessen das Ziel nicht mehr erreicht werden kann, dass Deutschland bis 2050 klimaneutral wird, so die UBA-Studie. Jeder Beitrag ist demnach wichtig – nicht nur in der Politik, sondern auch in der Produktion und beim Konsum.

## Weiterführende Links

Umweltbundesamt: Erneuerbare Energien in Zahlen <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>

[<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>]

Umweltbundesamt: Klimaschutz- und Energiepolitik in Deutschland

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland>

[<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland>]

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland

[https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2020/11/2020\\_KNDE\\_Zusammenfassung\\_DE\\_WEB.pdf](https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2020/11/2020_KNDE_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf)

[[https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2020/11/2020\\_KNDE\\_Zusammenfassung\\_DE\\_WEB.pdf](https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2020/11/2020_KNDE_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf)]

[<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>] *Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.* [<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>]

*Sie dürfen diesen Text unter anderem ohne besondere Genehmigung verwenden und bearbeiten, z.B. kürzen oder umformulieren, sowie weiterverbreiten und vervielfältigen. Dabei müssen [www.umwelt-im-unterricht.de](http://www.umwelt-im-unterricht.de) [<http://www.umwelt-im-unterricht.de/>] als Quelle genannt sowie die oben genannte Creative Commons-Lizenz verwendet werden. Details zu den Bedingungen finden Sie auf der Creative Commons-Website [<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>].*

[<http://www.unesco.de/oer-faq.html>] *Umwelt im Unterricht unterstützt die Erstellung von Bildungsmaterialien unter offenen Lizenzen im Sinne der UNESCO* [<http://www.unesco.de/oer-faq.html>].

## Material herunterladen

Wie sieht der Weg zur treibhausgasneutralen Energieversorgung aus? - GS / SK (PDF - 0 B)

## Unterrichtsvorschläge

Die Zutaten der Energiewende - SK (PDF - 81 KB)

Woher kommt in Zukunft der Strom? - GS (PDF - 120 KB)

---

## **Zielgruppe**

Grundschule | Sekundarstufe

---

## **Fächer**

Politik, SoWi, Gesellschaft | Arbeit, Wirtschaft, Technik | Sachunterricht | Physik | Chemie

---

## **Schlagwörter**

Wasserstoff | Erneuerbare Energien | Energieversorgung | Windenergie | Energiewende | Kohleenergie | Kohleausstieg |  
Stromerzeugung | Interessenkonflikt | fossile Energieträger | Atomenergie | Atomkraftwerk

---