



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license



Zukunftsbild Fokussiert – Energie, Güter und Dienstleistungen Version 1.0

Andreas Pfennig, Bernadette Menacher, Regine Rehaag, Paul C. Sommerhoff

Wissenschaftliches Review: Kerstin Kremer, Jan Pollex
Sprachliche Durchsicht und Satz: Lea Musiolek, Isabel Schmittknecht

Scientists For Future (S4F) ist ein überparteilicher und überinstitutioneller Zusammenschluss von Wissenschaftler:innen, die sich für eine nachhaltige Zukunft engagieren. Scientists for Future bringt als Graswurzelbewegung den aktuellen Stand der Wissenschaft in wissenschaftlich fundierter und verständlicher Form aktiv in die gesellschaftliche Debatte um Nachhaltigkeit und Zukunftssicherung ein. Mehr Informationen unter de.scientists4future.org.

Zitervorschlag:

Pfennig, A., Menacher, B., Rehaag, R., Sommerhoff, P. C. (2022) Energie, Güter und Dienstleistungen – Version 1.0, Zukunftsbild Fokussiert, DOI 10.5281/zenodo.6421506

2040 – Wir haben schon viel erreicht

Globale Perspektive: Trotz aller Anstrengungen bei der globalen Energiewende werden noch rund 40 % der Primärenergie fossil gedeckt. Durch die Beschleunigung der Energiewende werden jedes Jahr weitere etwa 2,5 % des globalen Primärenergiekonsums durch erneuerbare Ressourcen ersetzt, sodass die Energiewende spätestens 2055 abgeschlossen sein wird.

ERKLÄRUNG: Die zugrundeliegenden Szenarien basieren auf Bilanzen beispielsweise für Energie, CO₂ und Landfläche (1), die die globale Entwicklung der Vergangenheit in die Zukunft fortschreiben, dabei aber eine gezielte Veränderung ausgewählter Parameter erlauben, um deren Einfluss zu bewerten. Basis für die Energieberechnung ist dabei die Substitutionsmethode (BP-Methode), bei der Energie auf dem Niveau heutiger fossiler Energieträger bewertet wird. Für das Energieszenario ist angenommen, dass der globale Ausbau von Wind- und Sonnenenergie um 20 % pro Jahr zunimmt, was der mittleren Entwicklung zwischen 2010 und 2020 entspricht (2). Da der Ausbau nicht immer weiter zunehmen kann, ist eine Obergrenze des Ausbaus bei einer Substitution von 3 % des Primärenergiekonsums pro Jahr angenommen. Dies entspricht der Rate, mit der Solaranlagen und Windkraftträder jährlich ausgetauscht werden müssen, da sie das Ende ihrer Lebensdauer von heute etwa 30 Jahren erreicht haben. Das ist also die Rate, die nach der Energiewende benötigt wird, um die dann vorhandenen Anlagen funktionsfähig zu halten. Eine höhere Substitutionsrate würde bedeuten, dass Überkapazitäten bei der Herstellung von Solaranlagen und Windkraftträdern nach der Energiewende abgebaut werden müssten, was wirtschaftlich nur bedingt sinnvoll ist (3). Dies ist zwar keine harte Grenze, beschreibt aber einen zügigen Ausbau, der herausfordernd ist, wenn er global bis 2055 durchgehalten werden soll. Zudem wird angenommen, dass der globale mittlere Primärenergiekonsum von heute 21 500 kWh bis 2070 linear bis auf 27 400 kWh pro Kopf und Jahr zunimmt, da dies nach Arto et al. (4) ein entwickeltes Leben in Wohlergehen zulässt. Ein Mehrbedarf an Energie für eine CO₂-Ökonomie ist nicht berücksichtigt, da diese deutlich teurer wäre als eine Bioökonomie, die beim Zukunftsbild Fokussiert realisiert wird (5).

Deutschland: Die Verringerung des jährlichen Primärenergie-Konsums pro Kopf in Deutschland von etwa 45 000 kWh um 2020 auf die angestrebten etwa 30 000 kWh ist noch nicht vollständig erreicht, soll aber bis 2060 vollzogen sein. Die Einsparungen wurden durch einen Abbau von vermeidbarer übermäßiger Energienutzung erreicht, die durch die Bepreisung von CO₂-Emissionen angestoßen wurden. Dazu gehören

- Wärmedämmung von Gebäuden,
- sparsamere Pkw,
- Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h auf Autobahnen,
- Verlagerung des Warenverkehrs von der Straße auf die Schiene
- Reduzierung von Fernreisen,
- mehr digitale Treffen statt persönlicher,
- energiesparsamere Geräte

Die meisten dieser Entwicklungen schrieben lediglich das fort, was 2020 bereits erkennbar war.



ERKLÄRUNG: Das Szenario für Deutschland ergibt sich ausgehend vom heutigen Stand bei einer Entwicklung des Ausbaus mit gleichen Annahmen wie bei der globalen Entwicklung (2). Dabei ist Deutschland der globalen Entwicklung etwa 10 Jahre voraus. Der Pro-Kopf-Energiekonsum wird sich dem Wert von 30 000 kWh pro Kopf und Jahr bis 2060 annähern (1). Dies liegt etwas oberhalb des globalen Mittelwertes, da davon auszugehen ist, dass die zur Gebäudeheizung benötigte Energie vom jeweiligen Breitengrad abhängt und in Deutschland daher ein gegenüber dem globalen Mittelwert leicht erhöhter Energiebedarf resultiert. Bis 2040 wird der Pro-Kopf-Energiekonsum im Vergleich zu 2020 um 15 % abnehmen. Die großen Beiträge zum Energiekonsum, bei denen Bürger:innen durch Sparmaßnahmen direkt nennenswert zu einer Verringerung beitragen können, sind die Bereiche Heizen und Warmwasser im Haushalt mit 21,3 % des Endenergiekonsums und der Personenverkehr, der 21,4 % zum Endenergiekonsum beiträgt (6; 7). Darüber hinausgehende Energiesparmaßnahmen werden nicht benötigt, da die wesentliche Reduktion des CO₂-Ausstoßes durch die Beschleunigung der Energiewende bewirkt wird. Zur Stabilisierung des Klimas müssen in der Größenordnung von 2 000 Gt CO₂ wieder aus der Atmosphäre entfernt werden (8). Bezogen darauf bewirken viele weitere in der Literatur vorgeschlagene Energiesparmaßnahmen nur kleine Reduktionen (siehe zum Beispiel (9; 10; 11)). Wenn die Energiewende abgeschlossen ist, hat der Pro-Kopf-Energiekonsum auch keinen Einfluss mehr auf den Klimawandel. Es wird beim Zukunftsbild fokussiert daher davon ausgegangen, dass nur wesentliche Energieeinsparungen realisiert werden, die sich auch im Geldbeutel der Konsument:innen positiv bemerkbar machen. Darüber hinausgehende Sparmaßnahmen werden sich nur schwer allgemein durchsetzen lassen, insbesondere, da viele dieser Maßnahmen einen deutlichen Einfluss auf den Lebensstil hätten. Es ist allerdings davon auszugehen, dass sich auch zukünftig manche Menschen dafür entscheiden, individuell besonders energiesparfam zu leben.

Heizung und Kühlung der Gebäude erfolgt weitestgehend über Wärmepumpen und lokale Wärmenetze. Gebäude sind, soweit realisierbar, gut wärmedämmend. Wo möglich wird Geothermie genutzt, die aber auf relativ kleine Regionen begrenzt bleibt. Lediglich denkmalgeschützte Gebäude sind noch ungedämmt und werden teilweise noch mit Biogas oder Bio-Heizöl geheizt. Teilweise erfolgt auch die direkte Nutzung der Sonnenwärme über thermosolare Anlagen.

ERKLÄRUNG: Dies entspricht den Szenarien, die sich nach der ausführlichen Bewertung möglicher Optionen für Deutschland nach Gerhards et al. (12) ergeben. Die Energiewende verläuft im Zukunftsbild fokussiert etwas langsamer als von Gerhards et al. (12) vorgeschlagen.

Verbraucher:innen nutzen als Endenergie praktisch ausschließlich erneuerbaren Strom, teilweise steht ihnen Biogas zur Verfügung. Auf vielen Dächern wurden Photovoltaik in Kombination mit einem Speichersystem oder thermosolare Anlagen nachgerüstet.

ERKLÄRUNG: Auch dies entspricht den Szenarien nach Gerhards et al. (12).

OPTION/VARIANTE: Der Einkauf findet wie 2020 zu einem nennenswerten Teil noch persönlich in den Innenstädten statt, die damit immer noch Treffpunkte und Orte für das soziale Leben sind. Der stationäre Einzelhandel kann sich mit klugen Konzepten weiterhin im Stadtbild behaupten. Menschen schätzen auch beim Einkauf sinnliche Erfahrungen. Der während der Corona-Pandemie angestiegene Interneteinkauf ging deshalb danach wieder zurück. Dennoch wird auch 2040 noch ein großer Teil der Waren im Internet bestellt. Der Internethandel ist einerseits lokaler geworden, indem Händler:innen einer Stadt eine gemeinsame Handelsplattform betreiben, andererseits werden Versandverpackungen mehrfach verwendet. Dadurch wurde sogar Energie eingespart, da es weniger Energie kostet, die Waren auf optimierten Routen zum Kunden zu bringen, als benötigt wird, um alle Käufer:innen auf individuellen Routen in die Innenstadt zu bewegen. Lediglich Waren und Dienstleistungen, die digital vergleichbar erfahren werden können wie persönlich vor Ort, werden zu einem größeren Teil rein digital abgewickelt. Beispiele sind Angebote der Tourismusbranche, bei der digital mit Virtual-Reality-Videos sogar ein wesentlich lebendigerer Eindruck erzeugt werden kann als aus Broschüren.

ERKLÄRUNG: Dies entspricht den Szenarien, die sich nach der ausführlichen Bewertung möglicher Optionen für Deutschland nach Gerhards et al. (12) ergeben. Die Energiewende verläuft im Zukunftsbild fokussiert etwas langsamer als von Gerhards et al. (12) vorgeschlagen. Die Einsparungen durch den Internethandel wurden in Studien belegt (13; 14).

Beginn der 2020er Jahre – Die Maßnahmen, die uns auf den Weg brachten

Eine systematische Bepreisung der Emissionen führte zu ehrlicheren Preisen, das heißt externe Kosten wurden internalisiert, was die Energiewende in der Folge beschleunigte. Der CO₂-Preis wurde dabei einem geplanten Korridor angepasst, sodass er 2040 bei 200 € pro Tonne CO₂ liegt.



Durch diese Intensivierung der Energiewende ab 2020 wurden entsprechende Entwicklungen beim Endkunden und in der Wirtschaft angestoßen. Ziele waren dabei die schnelle Erhöhung des Anteils erneuerbar erzeugter Energie und der Abbau von übermäßiger Energienutzung. Der technische Fortschritt, der über die Bepreisung von Emissionen hinaus nicht weiter forciert wurde, führte zu einer weiteren Reduzierung des Energiekonsums. Darüber hinaus wurden keine gezielten Maßnahmen ergriffen.

ERKLÄRUNG: Der Preis von 200 € pro Tonne CO₂ in 2035 entspricht den erwarteten Entwicklungen, die zum Erreichen der Klimaziele führen (15; 16; 17). Dieser Betrag ist beispielhaft für die erwartete Größenordnung, denn ein genauer Wert lässt sich wissenschaftlich belastbar nicht vorhersagen.

BEISPIELE:

- Kiezkaufhaus Bad Honnef: badhonnef.kiezkaufhaus.de
- Pfandsystem für Verpackungen: repack.com
- Lokale Liste zum Online-Bestellen, Liefern und Abholen in Eupen: eupenlives.be



Literatur

1. Pfennig, A. Bilanz-basierte Welt-Szenarien (2021). URL <https://www.vision3000.eu/sustainability-en/scenario-explorer-en>.
2. BP. Statistical Review of World Energy June 2019. bp-stats-review-2019-all-data.xlsx (2020). URL <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
3. Pfennig, A. Sustainable Bio- or CO2 economy: Chances, Risks, and Systems Perspective. *ChemBioEng Reviews* **6**, 90–104 (2019). URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cben.201900006>.
4. Arto, I., Capellán-Pérez, I., Lago, R., Bueno, G. & Bermejo, R. The energy requirements of a developed world. *Energy for Sustainable Development* **33**, 1–13 (2016). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973082616301892>.
5. Keith, D. W., Holmes, G., Angelo, D. S. & Heidel, K. A Process for Capturing CO2 from the Atmosphere. *Joule* **2**, 1573–1594 (2018). URL [https://www.cell.com/joule/abstract/S2542-4351\(18\)30225-3](https://www.cell.com/joule/abstract/S2542-4351(18)30225-3).
6. Umweltbundesamt, U. Daten zum Verkehr. Ausgabe 2012. Statistik 1. Auflage 2012, UBA Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau (2012). URL <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/daten-verkehr>.
7. UBA Umweltbundesamt. Energieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren. Statistik, UBA Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau (2020). URL <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren>.
8. Hansen, J. *et al.* Target Atmospheric CO2: Where Should Humanity Aim? *The Open Atmospheric Science Journal* **2** (2008). URL <https://openatmosphericssciencejournal.com/VOLUME/2/PAGE/217/>.
9. HWG. *Energie Spar ebook. Geld sparen und Klima schützen!* (neobooks Self Publishing, 2017). URL <https://www.neobooks.com/ebooks/hwg-hwg-energie-spar-ebook-ebook-neobooks-AWAHBlURymV8rf8gNHtE?toplistType=undefined>.
10. Koschak, M. *Klimaschutz im Alltag. Kleine Taten - grosse Wirkung* (Buch-Verlag für die Frau, Leipzig, 2020). URL <https://buchverlag-fuer-die-frau.de/Unsere-Buecher/Natur-und-Gesundheit/Klimaschutz-im-Alltag--Kleine-Taten---grosse-Wirkung.html>.
11. Poortinga, W., Steg, L., Vlek, C. & Wiersma, G. Household preferences for energy-saving measures: A conjoint analysis. *Journal of Economic Psychology* **24**, 49–64 (2003). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016748700200154X>.
12. Gerhards, C. *et al.* Klimaverträgliche Energieversorgung für Deutschland – 16 Orientierungspunkte / Climate-friendly energy supply for Germany—16 points of orientation. Tech. Rep. 7, Scientists for Future, Berlin (2021). URL <https://zenodo.org/record/4409334>.
13. Weber, C. L. *et al.* Life cycle comparison of traditional retail and e-commerce logistics for electronic products: A case study of buy.com. In *2009 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology*, 1–6 (2009).
14. Weideli, D. *Environmental Analysis of US Online Shopping. Master Thesis Executive Summary.* Ph.D. thesis, MIT Center for Transportation & Logistics / Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne – EPFL Lausanne, Switzerland, Cambridge, MA, USA / Lausanne, Switzerland (2013). URL <https://ctl.mit.edu/pub/thesis/environmental-analysis-us-online-shopping>.
15. Umweltbundesamt, Burger, A., Lünenbürger, B. & Kühleis, C. CO2-Bepreisung in Deutschland - Ein Überblick über die Handlungsoptionen und ihre Vor- und Nachteile - UBA fact sheet. Tech. Rep., UBA Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau (2019). URL <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/co2-bepreisung-in-deutschland>.
16. BMU Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und nukleare Sicherheit & Schulze, S. Schulze: CO2-Preis kann sozial gerecht gestaltet werden - BMU-Pressemitteilung (2019). URL <https://www.bmu.de/PM8614>.
17. Edenhofer, O., Flachsland, C., Kalkuhl, M., Knopf, B. & Pahle, M. Optionen für eine CO2-Preisreform - MCC-PIK-Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Gutachten / Stellungnahme, Sachverständigenrat zur Begutachtung der Gesamtwirtschaftlichen Entwicklung / Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gGmbH / Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK) (2019). URL https://www.sachverstaedigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/Arbeitspapiere/Arbeitspapier_04_2019.pdf.