

Quellen und weitere Informationen

Hier finden Sie die Quellen zu den Zahlen und Fakten im Buch. Zusätzlich diskutieren wir für viele Themen weiterführende Gedanken und geben Links für Interessierte.

Zu den meisten Einträgen geben wir zum einen die entsprechende Hauptdomäne der Internetquelle an und zusätzlich die genaue Adresse der Webseite. Da viele Webadressen sehr lang sind und es praktisch unmöglich ist, diese abzutippen, haben wir die längeren Adressen in kurze Bitly-Adressen umgewandelt. Wenn Sie auf diese klicken (falls Sie ein E-Book vor sich haben) oder sie eintippen, dann landen Sie direkt auf den hinterlegten Webseiten.

Da genaue Webadressen häufig verschoben werden oder sich ändern, ist dieses Quellenverzeichnis auch auf unserer Webseite zu finden, wo wir die Adressen von Zeit zu Zeit aktualisieren können. Schauen Sie doch mal auf www.ohne-heisse-Luft.de vorbei!

Einleitung

- [1] Der Bundesverband Erdgas spricht von einer Reichweite von 140 Jahren für Erdöl und 260 Jahren für Erdgas.
www.bveg.de
<http://bit.ly/2H9a0GJ>
- [2] Moreau de Jonnès, M. A., „Untersuchungen über die Veränderungen, die durch die Ausrottung der Wälder in dem physischen Zustand der Länder entstehen“, 1828.
Insbesondere die ersten 30 Seiten sind sehr lesenswert und viele interessante Aspekte werden aufgezeigt. Zum Beispiel wurde der Wald im Mittelalter ironischerweise manchmal durch rücksichtslose

Monarchen geschützt, weil die Jagd eine vergnügliche Beschäftigung war. Sogar ganze Provinzen wurden zu diesem Zweck entvölkert, um sie in Wald zu verwandeln.

<https://books.google.de>

<http://bit.ly/2EjVR2T>

- [3] Die massive Erschließung der fossilen Energiequellen seit dem 19. Jahrhundert hat beträchtliche Folgen für die menschliche Zivilisation. Riesige Städte mit riesigen Fabriken entstehen, in denen Massenartikel hergestellt werden. Die Schlüsseltechnologie für die Entstehung der Fabriken ist die Dampfmaschine, die auch das Transportwesen revolutioniert. Dampfschiffe und das Eisenbahnsystem transportieren Menschen und Waren in zuvor unvorstellbarem Umfang zu massiv sinkenden Kosten. Betrieben wurden die Dampfmaschinen durch die Verbrennung von Kohle.

In der zweiten Stufe der fossilen Energieträger – nach Erschließung der Kohle – treten Erdöl und Erdgas als weitere Energiequellen hinzu. Der Verbrennungsmotor ersetzt die Dampfmaschine, weil er flexibel und für kleine Antriebe effektiver ist. Dadurch wird der motorisierte Individualverkehr ermöglicht, die Mechanisierung der Landwirtschaft und des Handwerks. Die Gasbeleuchtung erlaubt es, ganze Städte zu beleuchten. Das Lichtermeer der nächtlichen Großstädte wird zum Symbol des Fortschritts.

Eine dritte Stufe ist die Elektrifizierung. Fossile Energiequellen werden über Generatoren in Strom umgewandelt (interessanterweise ist die Stromerzeugung die letzte Bastion der Dampfmaschinen). Sehr schnell wird Gas als Lichtquelle durch Strom ersetzt. Extrem kleine Energiebedürfnisse aber auch sehr große können nun adäquat und komfortabel befriedigt werden. Lärm und Abgase entstehen nicht mehr dort, wo die Energie verbraucht wird, dadurch herrscht die Illusion einer völlig sauberen und unbegrenzten Energiequelle.

- [4] Die Daten zur CO₂-Konzentration stammen aus zwei Quellen: Für die Zahlen vor 1958 aus Eiskernbohrungen: Ethridge et. al., 1996; MacFarling Meure et al., 2006. Für die Zahlen nach 1958 vom „Scripps CO₂ program“, Scripps Institution of Oceanography (SIO), University of California, La Jolla, Kalifornien.

http://scrippsco2.ucsd.edu/data/atmospheric_co2

<http://bit.ly/2o1tiAx>

- [5] Die Daten zum CO₂-Ausstoß, zum Energieverbrauch, zur Bevölkerungszahl und zum Bruttosozialprodukt sind aus dem Jahr 2014 und stammen von TheGlobalEconomy.com. Neuere Zahlen sind für die große Bandbreite an Ländern nur schwer erhältlich und wir wollten nicht verschiedene Jahre miteinander vermischen. Allerdings ändern sich diese Daten nicht abrupt von einem zum anderen Jahr.
www.theglobaleconomy.com

Energieverbrauch in Deutschland

- [6] Das Umweltbundesamt gibt an: Der durchschnittliche Wirkungsgrad fossiler Kraftwerke liegt in Deutschland bei ca. 43%.
www.umweltbundesamt.de
<http://bit.ly/2Brgzz5>
- [7] Kleinhüchelkotten S., Neitzke H.-P. und Moser S., „Repräsentative Erhebung von Pro-Kopf-Verbräuchen natürlicher Ressourcen in Deutschland (nach Bevölkerungsgruppen)“. Diesen Bericht finden Sie beim Umweltbundesamt. Er ist über 100 Seiten lang und zeigt z. B., dass der Energieverbrauch mit dem Bildungsabschluss zunimmt. Akademiker verbrauchen um ein Drittel mehr Energie als Menschen mit Hauptschulabschluss. Ebenso nimmt er mit dem Einkommen zu. Und noch viele weitere Informationen finden Sie in diesem Bericht.
www.umweltbundesamt.de/publikationen
<http://bit.ly/2EnQvHW>
- [8] Bei der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. finden Sie viele Informationen zu Energieverbrauch und Energiebereitstellung in Deutschland. Zum Beispiel eine detaillierte Aufstellung, wie sich unser Primärenergiebedarf aufschlüsselt, samt Verlusten, oder darüber, wie sich die Stromerzeugung seit 1990 entwickelt hat.
<http://ag-energiebilanzen.de>
- [9] Die Wärmeproduktion aus Biomasse wird vor allem mit Hilfe von Holz bestritten.
www.umweltbundesamt.de
<https://bit.ly/2HrUBjG>

Geschichten aus Absurdistan

- [10] Der Artikel in Spiegel Online mit dem Titel „Mondlicht als Energiequelle. Lade, Auto, lade!“ spricht von der Möglichkeit, nicht nur mit Sonnenlicht, sondern auch mit Mondlicht Energie erzeugen zu können. Wir finden, dass die Story nicht gut recherchiert ist.
www.spiegel.de
<http://bit.ly/2DIutiU>
- [11] Eine ganze Reihe von Menschen sind der Meinung, dass sich die Bestellung einer Mondlicht-Kugel aus Spanien nicht gelohnt hat. Bevor Sie sich eine bestellen, schauen Sie mal bei den Kommentaren rein.
www.indiegogo.com
<http://bit.ly/2o06e52>
- [12] Die Energie zum Laden eines Handys könnte auch mit Solarzellen in der Kleidung erzeugt werden, wie die Bild Zeitung mit dem vielsagenden Titel „Handys laden mit Popo-Power!“ feststellt.
www.bild.de
<http://bit.ly/2splwpz>
- [13] Die Energie zum Laden eines Handys ist extrem klein, aber die Angst vor einem leeren Smartphone umso größer. Das nutzen Marketingfachleute aus und suggerieren, dass man mit Solarhandys auch noch die Umwelt schützen würde. Im Artikel „Mobilfunk mit grünem Gewissen“ auf Spiegel Online wird das thematisiert.
www.spiegel.de
<https://bit.ly/2qCQE1e>
- [14] Die Idee, Handys im Fitnessstudio aufzuladen, finden wir nicht so schlüssig. Viel Investition, wenig Energieertrag. Trotzdem berichtet das Online Magazin von Vattenfall begeistert davon im Artikel „Energiequelle Mensch: Cardio für den Smartphone-Akku“.
<https://elife.vattenfall.de>
<http://bit.ly/2EmfTxN>
- [15] Die folgende Quelle gibt z.B. für den Energieaufwand für die Produktion eines Handys 220 kWh an. Worauf sich diese Zahlen stützen wird aber nicht klar. Googeln Sie doch auch mal nach Zahlen.
www.useitsmartly.com
<http://bit.ly/2EXo80b>

- [16] Urin als Energiequelle für das Handy, diese Idee wird beschrieben im Spiegelartikel „Günstige Stromquelle, Urin liefert Energie fürs Handy“.
www.spiegel.de
<http://bit.ly/2o2ikL4>
- [17] Die Blogger von Rheinenergie berichten über die Idee, Energie aus den Schritten von Menschen zu gewinnen: „Mini-Kraftwerke im Rasen – Kicken und dabei Strom erzeugen“.
<http://blog.rheinenergie.com>
<http://bit.ly/1qZSRJE>
- [18] Im Artikel des Energy Harvesting Journals zum Pavegen-Fußballplatz in Brasilien („Turning on the football pitch with kinetic energy“) wurde am 22. September 2014 über das Pavegen-Projekt berichtet. In einer Grafik wurden die folgenden Zahlen genannt: Für das ganze Spielfeld wird mit 200 Schritten pro Minute gerechnet, jeder Schritt liefert einen Ertrag von 5 Joule. Das macht eine Leistung von 17 Watt und eine gewinnbare Energiemenge von 90 000 Joule pro Match, was 0,025 kWh sind. Eine beachtlich kleine Energiemenge, finden wir.
Auch die Zeitschrift Stadionwelt Inside von der EnergieAgentur NRW berichtet in der „Sonderausgabe Greener Arena“ mit einigen Zahlen.
www.energyharvestingjournal.com
www.stadionwelt.de
<http://bit.ly/2o0zIQn>, <http://bit.ly/2G8rvRk>
- [19] Auch Scientific America berichtet wohlwollend im Artikel „Energy-Harvesting Street Tiles Generate Power from Pavement Pounder“ über die Platten von Pavegen.
www.scientificamerican.com
<http://bit.ly/2HbbuL0>
- [20] Auf der Homepage der Firma Pavegen selbst wird der Energieertrag ihrer Platten gar nicht so arg in den Vordergrund gestellt. Aus unserer Sicht wäre das auch keine gute Idee.
www.pavegen.com/
- [21] Die Süddeutsche Zeitung berichtet über Solarzellen, die in Straßen eingelassen sind: „Ein Radweg als Kraftwerk“.
www.sueddeutsche.de
<http://bit.ly/107zNcZ>

- [22] Stadtwerke München, Pressemitteilung vom 06.02.2013. Gesamtstromverbrauch in München rund 7,5 Mrd. kWh pro Jahr mit einem Ökostromanteil von 2,4 Mrd. kWh. Bis zu Jahr 2020 sollen es aber 3,6 Mrd. kWh sein, also fast 50 %.
- [23] Viele Informationen u. a. zu bestehenden Geothermie-Anlagen finden Sie bei den Stadtwerken München.
www.swm.de
<http://bit.ly/2CgG038>
- [24] Mankins, John C., „SPS-ALPHA: The First Practical Solar Power Satellite via Arbitrarily Large PHased Array“, 2014.
www.nasa.gov
<http://go.nasa.gov/2BYNzzy>
- [25] Mankins, John C., „SPS-ALPHA: The First Practical Solar Power Satellite via Arbitrarily Large Phased Array“, 2012.
www.nasa.gov
<http://go.nasa.gov/2o3ENqT>
- [26] „What’s Next for Solar Energy? How About Space“, ein Zeitungsbericht über die Idee, Photovoltaik im Weltraum zu installieren und die Leistung zur Erde zu übertragen im Smithsonian Magazin.
www.smithsonianmag.com
<http://bit.ly/2BW23Re>
- [27] Zitat aus einem Informationsportal der chemischen Industrie: „In der chemischen Industrie nimmt das Erdöl eine bedeutende Stellung ein. Die meisten chemischen Erzeugnisse lassen sich aus ca. 300 Grundchemikalien aufbauen. Diese Molekülverbindungen werden heute zu ca. 90 % aus Erdöl und Erdgas gewonnen. Zu diesen gehören: Ethen, Propen, Butadien, Benzol, Toluol, o-Xylol, p-Xylol (diese stellen den größten Anteil dar).
Aus der weltweiten Fördermenge des Erdöls werden ca. 6–7 % für die chemischen Produktstambäume verwendet, der weitaus größere Anteil wird einfach in Kraftwerken und Motoren verbrannt. Die Wichtigkeit dieser Erdölerzeugnisse liegt auf der Hand: Gibt es kein Erdöl mehr, müssen diese Grundchemikalien über komplizierte und kostenintensive Verfahren mit hohem Energieverbrauch hergestellt werden. Der chemische Baukasten des Erdöls wird verwendet, um fast jedes chemische Erzeugnis zu produzieren. Dazu gehören Farben und Lacke, Arzneimittel, Wasch- und Reinigungsmittel, um nur einige zu nennen.“
www.chemie.de
<http://bit.ly/2Cfx9B>

Sonne

- [28] Informationen zur Strahlungsenergie der Sonne findet man z. B. bei „Welt der Physik“, aber auch auf anderen Seiten.
www.weltderphysik.de
www.solarthermie.net
<http://bit.ly/2BvcU3D> <http://bit.ly/2EEoXgG>
- [29] Die dargestellten Zahlen gehören zur Messstation Stuttgart-Hohenheim, Sie finden diese unter untenstehendem Link.
 Dieselbe Quelle gibt für Stuttgart Mitte ein langjähriges Mittel von $119 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ an. Die Diskrepanz kommt wohl daher, dass sich durch die Kessellage in der Mitte Stuttgarts Dunst und Nebel deutlich länger halten. Im Jahr 2016 z. B. lag die Globalstrahlung in Stuttgart Mitte bei $122 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$, in Stuttgart-Hohenheim bei $143 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.
 Interessant ist auch zu sehen, dass die jährlichen Zahlen stark schwanken, im Zeitraum 1987 bis 2016 in Stuttgart Mitte z. B. zwischen 95 und $144 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.
www.stadtklima-stuttgart.de
<http://bit.ly/2soQXQF>
<http://bit.ly/2EzQ109>
- [30] Bei Wikipedia finden wir die Information, dass wir auf der Welt eine Globalstrahlung von durchschnittlich 165 Watt pro Quadratmeter haben.
<https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenenergie>
- [31] Informationen zum Wirkungsgrad einer Solaranlage zur Warmwassererzeugung finden Sie unter untenstehendem Link. Der Wirkungsgrad hängt maßgeblich auch von der Außentemperatur ab und bewegt sich zwischen 75 % und 50 %.
www.solaranlagen-portal.com
<http://bit.ly/2EXBPfB>
- [32] Das Buch „Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation“ von Prof. Dr. Volker Quaschnig ist ein Standardwerk wenn es um die Technik der Erneuerbaren geht. Herr Quaschnig betreibt auch eine Internetseite mit vielen Informationen.
www.volker-quaschnig.de
- [33] Zahlen aus 2015 zum Energiebedarf von Privathaushalten finden Sie beim Umweltbundesamt.
www.umweltbundesamt.de
<http://bit.ly/2nUPf50>

- [34] Wie kommen wir auf eine Zahl von 17 m^2 Dachfläche pro Person? Dazu müssen wir grob abschätzen, wie viel Dachfläche es in Deutschland gibt. Pro Person beträgt in Deutschland die Wohnfläche ca. 45 m^2 (Pressemitteilung Nr. 9/2013 des Bundesinstituts für Bevölkerungsforschung). Wenn wir annehmen, dass die durchschnittliche Geschosshöhe bei 2 bis 3 liegt und Dächer etwas größer als Grundflächen der Häuser sind, kommen wir grob geschätzt auf ca. 20 m^2 Dachfläche pro Person.

Da unsere Dächer meist geneigt sind (im Mittel ca. 35°) ist nur die Hälfte der Fläche (südliche Richtung $\pm 90^\circ$) für Solaranlagen geeignet. Aufgrund der Neigung zur Sonne erhöht sich aber wiederum die effektive Fläche und zwar um den Faktor $1 / \cos(35^\circ) = 1,2$. Somit erhalten wir $20 \text{ m}^2 \cdot 0,5 \cdot 1,2 = 12 \text{ m}^2$ pro Person nutzbar für Sonnenenergie.

Unberücksichtigt blieben aber bisher Dächer von landwirtschaftlich oder industriell genutzten Gebäuden. Das Fraunhofer IWES spricht von einem Kollektorpotenzial von $965\text{--}1516 \text{ km}^2$, oder $12\text{--}19 \text{ m}^2$ pro Person (IWES: „Vorstudie zur Integration großer Anteile Photovoltaik in die elektrische Energieversorgung“). Wir wollen hier mit 17 m^2 rechnen. Fühlen Sie sich frei, andere Werte zu verwenden.

<http://publica.fraunhofer.de/documents/N-389582.html>

- [35] Eine Gradtagszahlentabelle z. B. für Stuttgart als Excel Datei:

www.iwu.de

<http://bit.ly/2bG3bfz>

- [36] Beim Versuch „Solar-Sterling“ zur Erzeugung elektrischer Energie aus Warmwasser wurde ein Wirkungsgrad von ca. 15% erreicht, siehe Keck, T., Schiel, W., „Envirodisch and Eurodisch – System and Status“, Schlaich Bergermann und Partner (SBP GmbH), 2002.

Anmerkung: Der Parabolspiegel hatte einen Durchmesser von $8,5 \text{ m}$ und somit eine Fläche von $56,7 \text{ m}^2$. Da der Spiegel der Sonne nachgeführt wurde, betrug die Sonneneinstrahlung bei optimalen Bedingungen $1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$. Der Sterlingmotor lieferte dann ca. $8,5 \text{ kW}$ elektrische Leistung und hatte somit eine Effizienz von ca. 15%. Dabei handelte es sich aber um einen Solarkonzentrator und es stand Wasser mit sehr hohen Temperaturen zur Verfügung. Mit Warmwasser im Bereich von $60\text{--}100^\circ\text{C}$ liegen die Wirkungsgrade deutlich niedriger. Nehmen wir einfachheitshalber 5% an, mit der man Wärme in Strom verwandeln könnte.

<http://www.springer-vdi-verlag.de>

<http://bit.ly/2nV56QN>

- [37] Der Weltrekord für die Effizienz einer Photovoltaikzelle beträgt 46 %, nähere Informationen finden Sie unter nachfolgendem Link. Hierbei handelt es sich um eine sogenannte Mehrschicht-Solarzelle, wobei unterschiedliche Materialien übereinander geschichtet sind, damit die Energie von verschiedenen Farbbereichen in Strom umgewandelt werden kann. Eine Einschicht-Solarzelle ist auf eine Effizienz von 33,2 % limitiert, die sogenannte Shockley-Queisser-Grenze, benannt nach den beiden Wissenschaftlern, die diese Grenze berechnet haben.
www.ise.fraunhofer.de
<http://bit.ly/2Ga5q5c>
- [38] Informationen zu Hybridkollektoren (Module, die sowohl Warmwasser als auch Strom erzeugen) finden Sie z. B. unter nachfolgendem Link.
www.energieheld.de
<http://bit.ly/2BVP6Ha>
- [39] Das Datenblatt eines Hybridkollektors der Firma 3F Solar Technologies GmbH gibt z. B. eine Effizienz von 15 % für Photovoltaik und 57 % für Solarthermie an.
<http://www.3f-solar.at>
<http://bit.ly/2Bprklz>
- [40] Wenn Photovoltaikanlagen heiß werden, verlieren sie an Effizienz. Siehe hierzu z. B. Wikipedia im Artikel „Photovoltaik“.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik>
- [41] In einer Pressemitteilung des Fraunhofer ISE wird von einem interessanten Projekt zum Thema „Agrophotovoltaik“ berichtet. Dort wird die Kombination von Photovoltaik und dem gleichzeitigen Anbau von z. B. Kartoffeln auf derselben Fläche getestet. Ca. 13 % der Fläche werden mit PV-Modulen in 5 m Höhe belegt, der Agrarertrag reduziert sich um maximal 20 %. Für den Ausbau von Freilandanlagen ist das sicherlich hilfreich.
www.ise.fraunhofer.de
<https://bit.ly/2JTxxZS>
- [42] Der Deutsche Wetterdienst (DWD) veröffentlicht Karten mit Monats- und Jahreswerten für die Globalstrahlung und die direkte Strahlung. Im Jahr 2016 zum Beispiel betrug die direkte Strahlung in Deutschland durchschnittlich $520 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$, die Globalstrahlung $1079 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$.
www.dwd.de
<http://bit.ly/2o2fmWP> <http://bit.ly/2o1U0c9>

Wind

- [43] Für Windenergieanlagen werden vom Hersteller Leistungsbeiwert-Kennlinien angegeben. Z. B. gibt Enercon für das Modell E-126 an, dass bei einer Windgeschwindigkeit von $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ der Leistungsbeiwert 0,352 ist. Das bedeutet, dass 35,2 % der auf der Rotorfläche angebotenen Energie in elektrische Energie verwandelt wird. Bei dieser Anlage kommt man für Windgeschwindigkeiten zwischen 6 und $11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ auf Effizienzen von über 45 %. Enercon gibt übrigens an, dass die angegebenen Zahlen „höchst zuverlässig und realistisch“ sind.
www.enercon.de
<http://bit.ly/2Cgp90E>
- [44] Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen, Prandtl L., Betz, A., darin S. 118, „Untersuchung von vier Windrädern“, von Seyfert, R., 1932.
- [45] Schaffarczyk, A., „Einführung in die Windenergietechnik“, Carl Hanser Verlag, 2016.
- [46] Geiss, C., „Untersuchungen zum vertikalen Windprofil in Sachsen“, Technische Universität Chemnitz, 2012. Am untersuchten Standort betrug die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in 25 Metern Höhe $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. In 85 Metern Höhe war man bei $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. In 150 Metern Höhe war man bei $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. In 200 Metern Höhe war man bei $8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
<http://bit.ly/2nmsd6Q>
- [47] Die Firma Max Bögl bietet Türme für Windkraftanlagen an und ist somit ein Zulieferer in der Windkraftindustrie. Ein Konzept sieht einen integrierten Pumpspeicher rund um den Turm vor. Der Speicher kann bei entsprechendem Speicherbecken im Tal so viel Energie speichern, wie die Windkraftanlage in 4 Stunden produziert. Außerdem stabilisiert das Becken den Turm und höhere Nabenhöhen werden möglich. Es wird angegeben, dass jeder zusätzlich Meter Nabenhöhe den Ertrag um 0,5 % bis 1 % steigert.
www.max-boegl.de
<http://bit.ly/2o2asKr>
- [48] Man kann Offshore Windkraftanlagen auch mit Seilen am Boden befestigen, anstatt eine starre Verbindung vom Meeresboden zur Windkraftanlage zu benutzen. Allerdings befinden wir uns hier noch im Entwicklungsstadium. Der Vorteil wäre insbesondere, dass man Anlagen auch in tieferes Wasser stellen könnte, nicht alle Meere sind so flach wie die Ost- und Teile der Nordsee.
<http://bit.ly/2EZYyYr>

- [49] Bei der Bundesnetzagentur finden Sie eine Vielzahl von Informationen. Unter anderem stellt man Ihnen im Marktstammdatenregister Daten zu allen Kraftwerken in Deutschland zur Verfügung.
www.bundesnetzagentur.de/
- [50] Daten zum Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Leistung des Windrads nach dem Enercon Produktblatt, Juni 2015.
www.enercon.de
<http://bit.ly/2Cgp90E>
- [51] Die Zahlen zur installierten Leistung für Windkraftanlagen am Ende des Jahres 2017 finden Sie beim Fraunhofer Institut.
www.ise.fraunhofer.de
<http://bit.ly/2o29igQ>
- [52] Es gibt eine Studie vom Bundesverband WindEnergie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land. Die Abschätzung dort ergibt einen Ertrag von 390 TWh pro Jahr bei Nutzung von 2% der Fläche Deutschlands, was einem Ertrag von $6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ entspricht, also das Doppelte von unserer Abschätzung und den Ergebnissen bestehender Anlagen! Der Grund dafür ist neben dem geringeren Abstand von vier Rotordurchmessern in Windparks vor allem, dass für viele Einzelwindräder kein Flächenbedarf von vier Rotordurchmessern angesetzt wird, sondern deutlich weniger, was durchaus angemessen ist. Entscheidend ist sowieso eher die Anzahl der benötigten Windräder.
<http://www.wind-energie.de>
<http://bit.ly/2o29r3S>
- [53] Der Nabu positioniert sich deutlich kritischer zum Thema Windkraft, als es z. B. der Bund für Umwelt und Naturschutz in Deutschland tut. Bedenken zu Offshoreparks finden Sie z. B. unter dem dritten Link.
Der BUND (Bund für Umwelt- und Naturschutz) vertritt eher eine abwägende Haltung (ganz unten).
www.nabu.de
<http://www.bund-rvso.de>
<http://bit.ly/2Bs06Jt>
<http://bit.ly/2BWaf3S>

- [54] Hötker, H., Krone, O. und Nehls, G., „Greifvögel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge. Schlussbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit“, Michael-Otto-Institut im NABU, Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung, BioConsult SH, Bergenhusen, Berlin, Husum, 2013.
Lachmann, L., „Rotmilan und Windenergie – ein Faktencheck“, Naturschutzbund Deutschland (NABU) e.V., 2016.
Hötker, H., Thomsen K.-M., und Köster H., „Auswirkungen regenerativer Energiegewinnung auf die biologische Vielfalt am Beispiel der Vögel und der Fledermäuse – Fakten, Wissenslücken, Anforderungen an die Forschung, ornithologische Kriterien zum Ausbau von regenerativen Energiegewinnungsformen“, Michael-Otto-Institut im NABU, 2004.
www.nabu.de
www.bfn.de
<http://bit.ly/2F2UrLa>
<http://bit.ly/1TjopeQ>
<http://bit.ly/2EoGbvK>
- [55] Der BUND (Bund für Umwelt- und Naturschutz) Regionalverband Südlicher Oberrhein hat am 01.01.2018 eine Reflexion über das Thema Vogelschlag veröffentlicht. Das Problem wird angesprochen und ins Verhältnis zu anderen problematischen Quellen gesetzt. Dort zitiert wird die Zahl von 10 000 bis 100 000 toten Vögeln pro Jahr durch die Windkraft, was 0,5 bis 5 toten Vögeln pro Jahr und Windkraftanlage entspricht.
<http://bit.ly/2BWaf3S>

Wasser

- [56] Den Text zur Wasserknappheit und zur daraus resultierenden Not für Mühlen zitieren wir aus: Schmitz, H. J., 1968, „Faktoren der Preisbildung für Getreide und Wein in der Zeit von 800 bis 1350“.
<https://books.google.de>
<http://bit.ly/2EnH7QK>

- [57] Der Deutsche Wetterdienst bietet eine Vielzahl von Dateien zum Download an. Zum einen ist die Datei mit den Informationen zu den Wetterstationen relevant, aus dieser kann man u. a. die Höhe über Normalnull der Stationen entnehmen. Zum anderen gibt es eine Datei mit den Durchschnittsniederschlägen für die zwölf Kalendermonate (ermittelt aus den Zahlen für die Jahre 1981–2010) und den Jahresdurchschnitt zu jeder Wetterstation.
www.dwd.de
<http://bit.ly/2CgdVch>
- [58] Wasserbilanzen für Deutschland und weitere Informationen wurden im Forschungsprojekt „Wasserflüsse in Deutschland“ (gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung) zusammengetragen. Zum Beispiel finden Sie Informationen zu den Niederschlägen, zu den Zuflüssen (wie der Elbe) und den Abflüssen (wie dem Rhein) und auch die Information, dass knapp zwei Drittel des Niederschlags verdunstet.
www.wasserfluesse.de
- [59] Die Studie „Potentialermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland“ im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finden Sie beim ministeriumseigenen Informationsportal „Erneuerbare Energien“. Sie gibt als technisches Potenzial auf Seite 11 einen Korridor von 33,2 bis 42,1 TWh pro Jahr an. Stephan Heimerl, einer der Autoren, ist übrigens auch Mitautor des Buches „Wasserkraftanlagen“ von Giesecke, J., Heimerl, S. und Mosonyi, E. Dieses Buch ist ein Standardwerk und beschäftigt sich mit allen denkbaren Aspekten und Varianten von Wasserkraftwerken.
<http://www.erneuerbare-energien.de>
<http://bit.ly/2BrP0G2>
- [60] Livedaten der Windgeschwindigkeiten und der Wellenhöhe in der Ostsee werden von den Forschungsplattformen Fino1 (dritter Link), Fino2 und Fino3 geliefert. Eine Übersicht zu einem ganzen Jahr finden Sie beim Fraunhofer Institut (unterster Link).
www.fino1.de
<http://windmonitor.iwes.fraunhofer.de>
<http://bit.ly/2EYQ0pH>
<http://bit.ly/2CintUp>

- [61] Der Aufsatz „World Energy Resources, Marine Energy, 2016“, vom World Energy Council beschäftigt sich, wie wir, mit allen Optionen der erneuerbaren Energien und nennt auf Seite 7 als theoretisches Potenzial für Energie aus Wellen für West- und Nordeuropa 2800 TWh und für das Mittelmeer und die atlantischen Archipele 1300 TWh pro Jahr (vierter Link).
Auch interessant ist der Report „Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Summary for Policymakers and Technical Summary“ aus dem Jahr 2011. Auf Seite 88 findet sich die Grafik zum weltweiten Potenzial der Wellenenergie (fünfter Link). Inhaltlich basieren die Zahlen auf einem Aufsatz von Cornett, A. M., „A Global Wave Energy Resource Assessment“, (unterster Link).
www.worldenergy.org
www.ipcc.ch
www.researchgate.net
<http://bit.ly/2F09LZ4>
<http://bit.ly/2He0wFu>
<http://bit.ly/2ssiReH>
- [62] In dem Aufsatz „Resource Mapping of Wave Energy Production in Europe“ von Schlütter, F., Petersen, O. S., Nyborg, L. findet man auf der fünften Seite ein detailliertes Bild für das Potenzial der Wellenenergie in Europa. In Zahlen wird von einem Potenzial von 1456 TWh gesprochen, womit das theoretische Potenzial gemeint ist. Tatsächlich in elektrische Energie umsetzen lassen sich davon laut dem Artikel 408 TWh. Das ist etwas weniger als der Verbrauch elektrischer Energie in Deutschland.
www.dhigroup.com
<http://bit.ly/2Em7ExH>
- [63] In der Berliner Zeitung vom 14.10.2004 war zu lesen: „1995 zermalmte ein Orkan den Prototyp eines Wellenkraftwerkes namens Osprey vor der schottischen Küste, bevor es auch nur eine Kilowattstunde Strom ins Netz einspeisen konnte. Und in 2003 demolierte heftiger Seegang in einem dänischen Fjord den so genannten Wave Dragon, kaum dass seine Erbauer ihn zu Wasser gelassen hatten.“ Einen weiteren Artikel der Berliner Zeitung aus dem Jahr 2009 zum Thema Wellenkraftwerke finden Sie unter nachfolgendem Link. Aber die damals „neuen, aufregenden Erfindungen“ wurden inzwischen längst wieder aufgegeben.
<http://www.berliner-zeitung.de>
<http://bit.ly/2BumN1u>

- [64] Der Wave Dragon ist ein Wellenkraftwerk. Beim Betreiber unter nachfolgendem Link gibt es Informationen zum Wave Dragon. Wenn man die Zahlen richtig durch einander teilt, dann kommt man auf eine Effizienz von höchstens 1,2 %.
www.wavedragon.net
<http://bit.ly/2F27Y5R>
- [65] Informationen zur Bay of Fundy finden Sie bei Wikipedia. Schöne Dokumentationen mit eindrücklichen Bildern finden Sie bei Youtube. Normalerweise beträgt der Tidenhub in der Bay of Fundy bei Nipptide 13 m und bei Springtide 16 m. Bei Stürmen kann es vereinzelt zu über 21 m kommen.
http://de.wikipedia.org/wiki/Bay_of_Fundy
www.youtube.de
- [66] Gezeitenfisch ist eine Internetseite, wo man viele tagesgenaue Informationen zu den Gezeiten an vielen Orten in Europa findet, unter anderem die Tiefst- und Höchststände an jedem einzelnen Tag.
www.gezeitenfisch.com
<http://bit.ly/2F31rrq>
- [67] Informationen zur Gezeitenlagune in der Swansea Bay finden Sie mit dem dritten Link unten. Informationen zu den verschiedenen Varianten in der Swansea Bay, die im Lauf der letzten Jahre und Jahrzehnte diskutiert wurden, finden Sie mit dem Link darunter.
www.tidallagoonpower.com
<http://en.wikipedia.org>
<http://bit.ly/2jSDCDC>
<http://bit.ly/2o2Ugrm>
- [68] Informationen zum Gezeitenkraftwerk in St. Malo an der Mündung der Rance finden Sie bei Wikipedia.
<https://de.wikipedia.org>
<http://bit.ly/2CiipPL>
- [69] In einem Artikel bei Ingenieur.de mit dem Titel „Gezeitenkraftwerke als günstige Alternative zu Windparks“ von 2014 wird die finnische Consulting-Gruppe Pöyry zitiert mit einer Schätzung von 12 Cent pro Kilowattstunde für Lagunen-Kraftwerke.
www.ingenieur.de/
<http://bit.ly/2F0T0x7>

[70] Im Projekt „Strategic Initiative for Ocean Energy (SI OCEAN)“ werden rund um Großbritannien detailliert Stellen mit mindestens 2 Metern pro Sekunde Strömungsgeschwindigkeit identifiziert. Es gibt gar nicht so viele Stellen, wo man diese Geschwindigkeiten hat. In der Summe wird ein technisch realisierbares Potenzial von 30 TWh pro Jahr genannt.

In „IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, Chapter 6, Ocean Energy“ werden als Mindestströmungsgeschwindigkeit $1,5 \frac{m}{s}$ genannt und evtl. für Anlagen mit sehr großem Durchmesser auch $1,0 \frac{m}{s}$ Mindestströmungsgeschwindigkeit in Aussicht gestellt. Dann würde sich das Potenzial natürlich erhöhen. Außerdem wird in diesem Aufsatz über das Potenzial des Golfstroms zur Energieerzeugung gesprochen. Als technisches Potenzial werden 25 GW genannt, was 220 TWh pro Jahr entspricht.

In „Wasserkraftanlagen, Planung, Bau und Betrieb“ von Giesecke, J., Heimerl, S. und Mosonyi, E. werden 50 TWh pro Jahr für die europäischen Küstengewässer genannt.

In „CEC (1996): Wave Energy Project Results: The Exploitation of Tidal Marine Currents“ werden in Europa 106 vielversprechende Stellen für ein Meeresströmungskraftwerk ausgemacht. Die Strömungsgeschwindigkeiten liegen bei den genannten Standorten zwischen $0,6 \frac{m}{s}$ und $2 \frac{m}{s}$, wobei die große Meerheit :-)) zwischen $1,0$ bis $1,3 \frac{m}{s}$ liegt. An diesen Standorten würde man dann nicht nur eine einzige Turbine aufstellen, sondern man würde Parks mit vielen Turbinen errichten, ähnlich den großen Windparks. Die Parks würden sich auf eine Fläche von insgesamt 2322 km^2 erstrecken, also grob 50 km mal 50 km. Das macht dann ca. $2,5 \frac{W}{m^2}$ durchschnittliche Leistung.

[71] Bei Tidalenergytoday.com (erster Link) finden Sie aktuelle Nachrichten zum Thema „Energie aus den Gezeiten“. Bei Atlantisresourcesltd.com (zweiter und dritter Link) finden Sie von den Projektentwicklern Informationen speziell zum Meygen-Projekt.

<http://tidalenergytoday.com/>

www.atlantisresourcesltd.com

<http://bit.ly/2EqfdAL>

[72] 2007 hat die Firma Statkraft angekündigt, ein Osmosekraftwerk zu bauen. Pressemitteilung 03.10.2007.

www.statkraft.com

<http://bit.ly/2o4CLH9>

- [73] 2013 hat die Firma Statkraft das geplante Osmosekraftwerk wieder abgeblasen. Pressemitteilung 20.12.2013.
www.statkraft.com
<http://bit.ly/2EEKExe>
- [74] Stenzel, P., „Potentiale der Osmose zur Erzeugung und Speicherung von Elektrizität“, LIT Verlag, 2012.

Biomasse

- [75] Das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) hat 2012 das Buch „Energiepflanzen“ in der 2. Auflage herausgegeben. Hier finden sich viele Informationen zu Energiepflanzen. Es wendet sich in erster Linie an Landwirte, die diese Pflanzen anbauen wollen. Eine Leseprobe finden Sie unter folgendem Link:
www.ktbl.de
<http://bit.ly/2EqIVMC>
- [76] Proplanta ist ein Informationszentrum für die Landwirtschaft und veröffentlicht unter anderem Zahlen zur Anbaufläche von Raps im Jahr 2016.
www.proplanta.de
<http://bit.ly/2BWCZtc>
- [77] Das statistische Bundesamt ist der Herausgeber der Schrift „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung“, erschienen am 18.11.2016. Aus dieser Quelle kann man für Deutschland ersehen, wie sich die Fläche aufteilt in Gebäudeflächen, Betriebsflächen, Landwirtschaftsflächen, Waldflächen und viele weitere Kategorien. Interessant sind auch die Veränderungen im Lauf der Zeit. So nimmt die versiegelte Fläche in Deutschland anhaltend zu. Aber auch die Waldfläche nimmt zu. Die landwirtschaftlichen Flächen nehmen hingegen ab. Für unsere Abschätzungen sind diese Veränderungen aber nicht relevant.
www.umweltbundesamt.de
<http://bit.ly/2BWEhoe>
- [78] Das Umweltbundesamt informiert zum Primärenergiebedarf des verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2013.
www.umweltbundesamt.de
<http://bit.ly/2Ep7rh9>

- [79] Es gibt vom Umweltbundesamt ein „Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für die Herstellung anorganischer Grundchemikalien: Ammoniak, Säuren und Düngemittel“ vom August 2007. Für uns interessant ist die Information, dass für die Herstellung von Düngemitteln weltweit ca. 2 % bis 3 % des Energiebedarfs benötigt werden. In Westeuropa liegt der entsprechende Anteil bei etwa 1 %.
www.umweltbundesamt.de
<http://bit.ly/2o5pRbJ>
- [80] Auf die Mitteilung von Exxon zu den neuen Entwicklungen zur Produktion von Energie aus Algen (dritter Link) folgt eine kritische Würdigung (unterster Link).
<http://news.exxonmobil.com>
www.greentechmedia.com
<http://exxonmobil.co/2rwcphy>
<http://bit.ly/2vCVWe7>
- [81] Eine kritische Würdigung zur Geschichte der Energiegewinnung aus Algen hat Eric Wesoff zusammengestellt.
www.greentechmedia.com
<http://bit.ly/2ssh5Kl>
- [82] Informationen zum Kraftstoffbedarf für die Mobilität auf der Straße finden Sie beim Umweltbundesamt.
www.umweltbundesamt.de
<http://bit.ly/2ChsQTL>
- [83] Insgesamt werden 13 % der Agrarflächen für Energiepflanzen verwendet.
www.fnr.de
<https://bit.ly/2qDFs54>
- [84] Für die Nahrungsmittelproduktion für Deutschland werden viele Agrargüter im Ausland angebaut und importiert. Insgesamt werden für Ernährungsgüter 19,4 Mio Hektar benötigt, Deutschland selbst besitzt aber nur 16,7 Mio Hektar, die zum Teil aber für Biomasseproduktion verwendet werden.
www.destatis.de
<https://bit.ly/2voqeV0>
- [85] Wenn wir die Zahlen aus dem Kapitel „Windenergie“ nehmen und moderate $2,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ ansetzen, dann kommen wir für ein Windrad mit 137 m Durchmesser auf einen Jahresertrag von $(5 \cdot 137 \text{ m})^2 \cdot 2,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 365 \cdot 24 \text{ h} = 10 \text{ GWh}$, was z. B. in Gaildorf (BW) auch den Angaben der Betreiber entspricht. Um mit einem Flächenertrag von $0,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ auf denselben Ertrag zu kommen,

benötigt man die fünffache Fläche, also $5 \cdot (5 \cdot 137 \text{ m})^2 = 2\,350\,000 \text{ m}^2$, oder 235 ha, was einem Quadrat mit Kantenlänge 1,5 km entspricht.

Müll

- [86] Viele Informationen von Greenpeace zum Thema Müll und seiner Verwertung finden Sie unter nachfolgendem Link.
<http://www.greenpeace-magazin.de>
<http://bit.ly/2tWmMfw>
- [87] Zahlenwerte der Gemeinschafts-Müll-Verbrennungsanlage Niederrhein GmbH finden Sie unter nachfolgendem Link. Dort werden Strom und Fernwärme produziert.
www.gmva.de
<http://bit.ly/2EofSp9>
- [88] Zahlen zur Menge des Mülls in den verschiedenen Kategorien (z. B. Glas, Hausmüll, Baggergut) finden Sie beim Umweltbundesamt.
www.umweltbundesamt.de
<http://bit.ly/2BsWg4z>
- [89] Im Artikel in der Süddeutschen Zeitung vom 10.9.2014 mit dem Titel „Wettkampf um den Müll“ beschäftigt sich der Autor mit der Tatsache, dass in Deutschland viel Plastikmüll nicht wiederverwertet wird. Mehr als die Hälfte des eingesammelten Plastiks wird nämlich verbrannt (was aus energetischer Sicht aber auch nicht schlecht ist). Es besteht großes Potenzial nach oben beim Recycling, so dass wir auch hier optimistisch sein und davon ausgehen wollen, dass in Zukunft irgendwann der Großteil des Plastiks doch recycelt wird.
www.sueddeutsche.de
<http://bit.ly/1q8Nisi>

Geothermie

- [90] Informationen zur tiefsten jemals durchgeführten Bohrung auf der russischen Halbinsel Kola finden Sie bei Wikipedia im Artikel Kola-Bohrung.
<https://de.wikipedia.org/wiki/Kola-Bohrung>

- [91] Geschätzt sind $12 \cdot 10^{30}$ J in Form von Wärme in der Erde gespeichert (Kaltschmitt, M. , „Energie aus Erdwärme“, Springer Spektrum Akademischer Verlag, 1999, S. 265). Bei einem momentanen Energieverbrauch von $550 \cdot 10^{18}$ J würde dies für 22 Mrd. Jahre reichen. In den oberen 10 km sind 10^{26} J gespeichert, das würde für 200 000 Jahre reichen.
- [92] Viele Informationen zu den Grundlagen der Geothermie finden Sie beim Bundesverband Geothermie.
www.geothermie.de
<http://bit.ly/1M9Kms5>
- [93] Die Zahlen zum Primärenergieverbrauch der Menschheit stammen vom „BP Statistical Review of the World Energy“, Juni 2017.
www.bp.com
<http://on.bp.com/2ssvjKo>
- [94] Eine Simulation für den Bereich München zeigt z.B., dass nach einer 50-jährigen Wärmeentnahme aus einem Wärmereservoir die thermische Regeneration mindestens 2000 Jahre benötigt: Wenderoth F., et al., „Numerische 3D-Modellierung eines geohydrothermalen Dublettenbetriebs im Malmkarst“, Geothermische Energie 48/2005, S. 16-21.
- [95] Paschen H., Oertel D. und Grünwald R., „Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland“, Büro für Technikfolgen-Abschätzungen beim Deutschen Bundestag.
Im Bericht wird klar hervorgehoben, dass es sich bei der erwähnten Zahl von 300 TWh Strom pro Jahr um eine Obergrenze handelt, und die technische Erschließung kaum möglich sein wird. Wirtschaftlich wird das Ganze wohl nur im Zusammenspiel mit Kraft-Wärme-Kopplung, also gleichzeitiger Nutzung der Wärme, die allerdings nicht weit transportiert werden kann.
Wenn man sehr optimistisch ist, einen großen Ausbau der Fernwärmenetze voraussetzt und 100 % dieser Wärme über Geothermie abdecken würde (700 TWh pro Jahr), dann könnte man damit zusätzlich 66 TWh pro Jahr Strom produzieren. Siehe Seite 54.
<http://www.tab-beim-bundestag.de>
<http://bit.ly/2Btdn6n>
- [96] Zahlen aus 2017 zum Ausbaustand der oberflächennahen Geothermie finden Sie beim Bundesverband Geothermie.
www.geothermie.de
<http://bit.ly/2kKgE5r>

- [97] Zahlen zur Energiestatistik von Island finden Sie mit dem untenstehenden Link von der nationalen Energiebehörde „Orkustofnun“.
<http://nea.is>
<https://bit.ly/2IEMRan>
- [98] Zitiert aus: „Aus den Tagebüchern von Philipp Matthäus Hahn. In Erwartung der Königsherrschaft Christi“. Verlag Ernst Franz Metzgingen/Württemberg. Philipp Matthäus Hahn war ein schwäbischer Pfarrer und Erfinder. Tagsüber war er mit ganzem Herzen Pfarrer, nach Feierabend hat er sich u. a. der Erfindung von Rechenmaschinen gewidmet. Dem Herzog gefiel das und er förderte seine Tätigkeit.
- [99] Viele detaillierte Informationen zu Erdreich-Wärmepumpen finden Sie beim BINE Informationsdienst (Bürger-Information Neue Energietechniken).
www.bine.info
<http://bit.ly/2GaHP4i>
- [100] Miara, M. et al, „Wärmepumpen Effizienz“, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Mai 2011.
<https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de>
<http://bit.ly/2EparWU>
- [101] Informationen zur Bodentemperatur im Jahresverlauf in unterschiedlichen Tiefen vom Potsdam-Institut für Klimaforschung.
<http://www.pik-potsdam.de>
<http://bit.ly/2EpaFgI>
- [102] Wie viel Leistung strahlt ein Quadratmeter Boden ab, wenn er wärmer ist als die Luft, und wie viel nimmt er auf, wenn er kälter ist? Das lässt sich grob abschätzen mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz: $P = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_{\text{Boden}}^4 - T_{\text{Luft}}^4)$
 Dabei ist ϵ der Emissionsgrad, und wir nehmen einen Wert von 0,9 an. Ein Wert von 1 beschreibt einen idealen Strahler.
 σ ist die sogenannte Stefan-Boltzmann-Konstante und hat den Wert $5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$.
 A ist die Fläche des Bodens, also für uns einfach 1 m^2 .
 T ist die Boden- bzw. Lufttemperatur, aber in Kelvin und nicht $^{\circ}\text{C}$. Wenn nun im Winter der Boden 0°C hat und die Luft -10°C , dann strahlt ein Quadratmeter Boden mit einer Leistung von immerhin 40 W. Zusätzlich gibt es noch Wärmeaustausch über Konvektion, aber die Strahlungsleistung dominiert.
<https://de.wikipedia.org/wiki/Stefan-Boltzmann-Gesetz>

- [103] Wenn man im Stefan-Boltzmann-Gesetz die Bodentemperatur T_{Boden} um ein Kelvin reduziert und die Lufttemperatur T_{Luft} unverändert lässt, sieht man, dass sich die Energieaufnahme im Sommer um 5 Watt erhöht und die Energieabgabe im Winter um 5 Watt reduziert. Diese Leistung können wir dann im Jahresdurchschnitt dem Boden entnehmen.
- [104] Flächenspezifische Entzugsleistungen für einen Erdwärmekollektor nach VDI 4640.
<http://www.effiziente-waermepumpe.ch>
<http://bit.ly/2ssA0tx>
- [105] Informationen zur Energiewende von der Bundesregierung.
www.bundesregierung.de
<http://bit.ly/2hfEwjb>

Energiespeicher

- [106] Daten zur gelieferten Leistung für Wind und Sonne aus 2017 finden Sie unter dem ersten Link bei Netztransparenz.de, die gemeinsame Informationsseite der vier deutschen Netzbetreiber. Daten für die benötigte Leistung im deutschen Netz (also den Stromverbrauch) aus 2017 finden Sie mit dem Link darunter, der offiziellen Informationsseite aller 43 europäischen Netzbetreiber. Der Verbrauch berechnet sich aus der **Netto**-Stromerzeugung (also die Stromproduktion abzüglich Eigenverbrauch der Kraftwerke) von ca. 550 TWh in 2017, abzüglich Netto-Exportüberschuss (ca. 50 TWh in 2017), abzüglich Einspeisungen in Energiespeicher.
www.netztransparenz.de
<https://transparency.entsoe.eu>
- [107] Bei der Bundesnetzagentur finden Sie eine Kraftwerksliste am Strommarkt 2017, inklusive ins deutsche Stromnetz einspeisende Kraftwerke aus Luxemburg, Österreich und der Schweiz.
www.bundesnetzagentur.de
<http://bit.ly/2F0du94>
- [108] Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2017) § 14 Einspeisemanagement, § 15 Härtefallregelung.
http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/EEG_2017.pdf
<http://bit.ly/2Ga7E4k>
- [109] Bundesnetzagentur, „EEG in Zahlen 2016“.
www.bundesnetzagentur.de
<https://bit.ly/2sbzgis>

- [110] Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages, „Entwicklung der Stromspeicherkapazitäten in Deutschland von 2010 bis 2016“, Aktenzeichen WD 8 – 3000 – 083/16, 23.01.2017. Diese Quelle spricht sogar von über 11 GW Leistung aller Pumpspeicherkraftwerke.
www.bundestag.de
<http://bit.ly/2o2kwDd>
- [111] In der Tat produziert Norwegen fast den gesamten selbstbenötigten Strom von ca. 145 TWh aus Wasserkraft (zum Vergleich: Netto-Stromverbrauch in Deutschland ca. 500 TWh). Mit einem guten Netzanschluss nach Norwegen könnte man überschüssigen Strom aus Deutschland dorthin exportieren und zumindest solange die Wasserkraftwerke abschalten, also Wasser „sparen“. Oder man baut viele Pumpspeicherkraftwerke.
 Ein Ausbau an Pumpspeicherkraftwerken in Norwegen ist aber wahrscheinlich politisch genauso schwierig wie in Deutschland, erst recht wenn er für „fremde“ Länder passieren soll, die Ihre eigenen Täler lieber nicht zubetonieren.
 Ein gewisser Beitrag ist zwar sicherlich auch durch Ausbau bestehender Anlagen möglich, aber dass damit unsere Probleme gelöst werden könnten – vor allem in europäischer Dimension – ist wohl Wunschdenken. Es ist eher ein Baustein einer komplexen Gesamtlösung.
 Die Diskussion ist interessant, benötigt aber einen guten Überblick über die Faktenlage, der den Rahmen hier sprengen würde. Hier ein Hinweis auf die aktuelle Diskussion: Die Argumentation, warum Norwegen nicht als Speicher Europas dienen kann, finden Sie unter dem zweiten Link und die Antwort darauf von Norwegischen Wissenschaftlern, warum es doch ginge, finden Sie mit dem Link darunter.
www.greentechmedia.com
<http://bit.ly/2mkgstX>
<http://bit.ly/2npvHEl>
- [112] Informationen zum geplanten und dann doch nicht gebauten adiabatischen Druckluftspeicher in Straßfurt finden Sie bei Wikipedia im Artikel Druckluftspeicherkraftwerk Straßfurt.
<https://de.wikipedia.org/>
<http://bit.ly/2Hf7cmU>

- [113] Ein Pilotprojekt zum Thema Druckluftspeicher wird z.B. von der Firma Hydrostor durchgeführt.
<https://hydrostor.ca/>
- [114] Informationen zum Projekt StEnSEA finden Sie beim Fraunhofer IEE Institut.
www.iee.fraunhofer.de
<https://bit.ly/2GTUVYv>
- [115] Sterner, M., Jentsch, M. und Holzhammer, U., „Energiewirtschaftliche und ökologische Bewertung eines Windgas-Angebotes“, Fraunhofer IWES, Februar 2011.
www.greenpeace-energy.de
<http://bit.ly/2BYw8j6>
- [116] Eine lesenswerte Studie: Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften, „Sektorkopplung, Optionen für die nächste Phase der Energiewende“, November 2017. Kurzversion unter dem dritten Link, Langversion darunter.
www.akademienunion.de
www.leopoldina.org
<http://bit.ly/2nX6IcR>
<http://bit.ly/2EEptv7>
- [117] Informationen aus persönlicher Korrespondenz mit den entsprechenden Entwicklern.
- [118] Für Elektroautos ist der Energiebedarf von 15 kWh auf 100 km im Grunde ein sehr optimistischer Wert, der nur für kleine Fahrzeuge gilt. Bei größeren Autos ist man eher im Bereich 20 – 30 kWh pro 100 km. Verwenden Sie ruhig mal den größeren Wert und erhalten Sie dann eine neue Abschätzung.
www.heise.de
<http://bit.ly/2BtfpU3>
- [119] Einen Bericht zur Steuerung eines Kühlschranks über die Netzfrequenz finden Sie bei dynamicDemand. Es wurde untersucht, ob es gelingt, den Kompressor des Kühlschranks nur dann anzuwerfen, wenn die Netzfrequenz über dem Zielwert liegt und somit zu viel Energie im Netz ist.
www.dynamicdemand.co.uk
<http://bit.ly/2BtGUNj>

- [120] In einer Studie der Deutschen Energie Agentur wurde das Potenzial für Regelleistung in Deutschland detailliert analysiert: Dena – Deutsche Energieagentur, dena-Netzstudie II, 2010.
www.dena.de
<http://bit.ly/2o5jR2W>
- [121] Um einen Kubikmeter Wasser um einen Grad zu erwärmen, benötigt man 1,2 kWh Energie. Wenn wir nun einen Wasserspeicher mit 30 m² Grundfläche und 2,50 m Höhe im Sommer auf 85 °C aufheizen und ihn im Winter auf 35 °C abkühlen, dann benötigen wir hierfür 4375 kWh Energie. Verliert man nun trotz Isolierung unkontrolliert die Hälfte der Energie (man geht also nicht mehr mit 85 °C in die Heizsaison), dann kann man 2250 kWh Heizenergie damit abdecken.
 Ein Latentwärmespeicher nutzt die folgende physikalische Eigenschaft aus: Um Eis mit einer Temperatur von 0 °C in Wasser mit 0 °C zu verwandeln, muss man ähnlich viel Energie zuführen, wie wenn man Wasser von 0 °C auf 80 °C bringen will. Nun nutzt man nicht Wasser als Medium, sondern z. B. Hartparaffin, dessen Schmelztemperatur 60 °C beträgt. Im Sommer lädt man den Speicher auf und hat dann flüssiges Hartparaffin mit einer Temperatur von 60 °C. Nun kann man dem Paraffin Wärme entziehen und es erstarrt im Lauf der Zeit. In einem Kubikmeter Paraffin kann man damit in etwa gleich viel Wärme speichern, wie bei Wasser mit 50 °C Temperaturdifferenz.
- [122] Meißner, R., „Wie groß dürfen Solarspeicher sein?“ Heizungsjournal, Heft 4-5, April 2009, und „Wie groß müssen Wärmespeicher sein?“, Sonne Wine & Wärme, April 2013.
<http://ritter-xl-solar.com>
<http://bit.ly/2BWHrIq>

Wie geht es weiter?

- [123] Hummel, P., „Wie Forscher aus einem Klimakiller Treibstoff machen“, Welt, 21.10.2016.
www.welt.de
<http://bit.ly/2lvJDLR>
- [124] Daten zur energetischen Amortisationszeit von Windkraft- und Photovoltaikanlagen finden Sie z.B. bei Volker Quaschnig.
<http://www.volker-quaschnig.de>
<https://bit.ly/2jmhPNb>

- [125] Im „Umweltbericht 2001/2002 – Mobilität und Nachhaltigkeit“ von Volkswagen findet sich auf S. 27 Information zur Sachbilanz von Fahrzeugen, also eine Lebenszyklusanalyse.
<https://bit.ly/2HfdENL>
- [126] Viele Informationen zum Thema „Graue Energie“ finden Sie auf Wikipedia im Artikel „Graue Energie“.
https://de.wikipedia.org/wiki/Graue_Energie
- [127] Einen Überblick über viele Studien zum Thema Energieverbrauch, Effizienz und Ökobilanz eines Elektroautos finden Sie auf Wikipedia im Artikel „Elektroauto“.
<https://de.wikipedia.org/wiki/Elektroauto>
- [128] Das Umweltbundesamt gibt Zahlen für den spezifischen Energieverbrauch im Personen- und Güterverkehr aus dem Jahr 2014 an.
www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr
<http://bit.ly/2HeA3aC>
- [129] Informationen zum Strombedarf der Rechenzentren in Deutschland finden Sie beim Borderstep Institut.
www.borderstep.de
<http://bit.ly/2BYrUI7>
- [130] Wir haben noch ein viertes Fazit zu bieten, das von Leo Lässig: „Mein Chef ist Produktionsleiter in unserem Stahlwerk. Er hat mir gestern erzählt, dass sein Vorschlag zur Modernisierung des Stahlwerks vom CEO abgelehnt wurde, das hätte 3 Mio kWh pro Jahr gespart. Schade. Wobei es mir mehr darum ging, meinen Kollegen loszukriegen, der wäre bei einer Umstrukturierung wieder nach Toronto zurückgegangen. Er hat übrigens seinen Swimmingpool aufgegeben und kommt jetzt mit dem Fahrrad zur Arbeit, mal sehen, wie lange er das macht, er war auch mal ein halbes Jahr lang Vegetarier, ist aber wieder vorbeigegangen. Also mir macht der Klimawandel nichts – wenn das nicht sowieso alles übertrieben ist. In den 80er-Jahren ist der Wald gestorben, und heute steht er immer noch. Das Klima hat sich immer schon gewandelt. Vor 200 Jahren war’s vielen in Europa zu kalt – und sie sind ausgewandert. Mir gehen die kalten Winter nicht ab. Da braucht’s weniger Heizen. Gut, zum Skifahren muss man jetzt höher hinauf und der Schnee ist härter, der Kunstschnee ist halt dichter, aber dafür sind die Pisten perfekt präpariert. Und wenn man in den Alpen nicht fahr’n kann, dann fahr ich halt nach Kanada oder Alaska, zum Heli Skiing im Deep Powder, bis über die Halskrause. Oder sie soll’n die Antarktis erschließen, da gibt’s

phantastische Berge und genug Schnee, auf Jahrhunderte. Ich bin jetzt nur noch ein paar Wochen im Winter in Mallorca, so um Fasching rum, oder wenn zwei Wochen Regen am Stück angesagt sind. Vielleicht kann ich bald bis Mitte Dezember mit meinem Cabrio offen fahren – an schönen Tagen. Und ab Anfang März dann wieder regelmäßig. Früher hat sich ein Cabrio ja gar nicht richtig rentiert. Aber bald bin ich das ganze Jahr gerüstet. Und Sie glauben gar nicht, wie oft man fahren kann, bloß mal auf einen Kaffee oder eine Brotzeit ins Gebirge, oder an den Gardasee.

Dass das Erdöl so schnell ausgeht, glaub ich auch nicht. Die haben bloß noch nicht überall gesucht. Und vor dem Ende des Erdöls fällt ihnen schon wieder was Neues ein.

Im Mittelalter hat die Pest gewütet, da ist die Bevölkerung fast ausgestorben, ganz ohne Klimawandel. Oder uns trifft ein Asteroid auf die Schnelle, so ganz unverhofft in den nächsten vier Jahren. Dann ist die ganze Erde auf einmal ein Trümmerhaufen und die Zivilisation ist weg. Und wir hätten die ganze Zeit Energie gespart, für nichts und wieder nichts.“

- [131] Trieb F. und Müller-Steinhagen H., „Europe – Middle East – North Africa cooperation for sustainable electricity and water“, Sustainable Science, Oktober 2007, Volume 2, Issue 2, Seiten 205-219.
<http://citeseerx.ist.psu.edu>
<http://bit.ly/2Hf4Mo7>
- [132] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, „Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2016“.
www.bmwi.de
<http://bit.ly/2BrWzww>

Energiebedarf von Autos

- [133] Rüdiger Cordes hat auf seiner Homepage für viele Modelle den c_w -Wert und die Stirnfläche gelistet.
<http://rc.opelgt.org//indexcw.php>
- [134] Sehr fundierte Informationen zum Rollwiderstand bei Fahrrädern finden Sie bei Schwalbe, einem Reifenhersteller für Fahrräder.
www.schwalbe.com/de/rollwiderstand.html
- [135] Eine Tabelle zu verschiedenen Rollwiderstandskoeffizienten finden Sie z. B. bei Wikipedia.
<https://de.wikipedia.org/wiki/Rollwiderstand>

- [136] Die Dekra gibt Ihnen Tipps zum Spritsparen, wenn das Auto schon gekauft ist und der Fahrstil nicht das Thema sein soll.
www.dekra.de/de/1304

Bildverzeichnis

Zu den Bildern finden Sie hier die entsprechenden Nachweise. Bitte beachten Sie, dass die meisten Bilder unterschiedlichen, separaten Lizenzen unterliegen und zum Teil nicht ohne Genehmigung verwendet und vervielfältigt werden dürfen! Für sie gelten andere Nachnutzungsbedingungen als etwa für die Textinhalte und nicht markierten Bilder.

Wie und ob Sie die Bilder verwenden dürfen, entnehmen Sie bitte der jeweiligen Lizenz zu jedem einzelnen Bild. Bilder, für deren Verwendung wir eine Erlaubnis erhalten haben, unterliegen dem Copyright des Urhebers und dürfen nicht ohne dessen Genehmigung weiterverwendet werden.

Ein Teil der Bilder sind auch als „Public Domain“ bzw. mit CC0-Lizenz versehen und sind dementsprechend markiert. Das sind Bilder, die man frei verwenden darf. Man findet eine große Menge an sehr schönen Fotos mit CC0-Lizenz z. B. auf den Seiten <https://pixabay.com> oder <https://unsplash.com/>, bei denen wir uns hier herzlich bedanken wollen. Bei Bildern, die keinen Quellennachweis enthalten, handelt es sich um eigene Fotos und Grafiken.

Im Folgenden finden Sie Links zu den verschiedenen Creative Commons Lizenzvereinbarungen der einzelnen Bilder. Die Quelle des jeweiligen Bildes gibt dann nur noch die Bezeichnung an, z. B. CC-BY-SA 3.0:

- CC0 1.0:
<https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/deed.de>
- CC-BY 2.0 Generic:
<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/deed.de>
- CC-BY 2.5 Generic:
<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5/deed.de>

- CC-BY 3.0:
<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/>
- CC-BY 3.0 Unported:
<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.de>
- CC-BY-SA 2.0 Generic:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/deed.de>
- CC-BY-SA 2.5 Generic:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/deed.de>
- CC-BY-SA 3.0:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/>
- CC-BY-SA 3.0 Unported:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>
- CC-BY-SA 3.0 Germany:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/deed.en>
- CC-BY-SA 4.0 International:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Quellen und Lizenzen der einzelnen Bilder

- [b0] Dieses Bild unterliegt der CC0-Lizenz. Wir sind nicht Urheber dieses Bildes.
- [b1] Public Domain. Wir sind nicht Urheber dieses Bildes.
- [b2] Copyright © 2017 by Ritter Sport. Mit freundlicher Genehmigung von Ritter Sport.
- [b3] Copyright © by SETE – Photopointcom. Mit freundlicher Genehmigung von Societe d’Exploitation de la tour Eiffel.
- [b4] Bild aus „Monographien zur Deutschen Kulturgeschichte, VI Band: Der Bauer in der deutschen Vergangenheit“. Von Adolf Bartels, Leipzig, 1900. Mit freundlicher Genehmigung der School of Languages, Linguistics and Film, Queen Mary University of London.
- [b5] Feldheim-Treuenbrietzen. Von Molgreen unter CC-BY-SA 4.0 International.
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=49256753>

- [b6] Copyright © 2017 by Andreas Petschke. Mit freundlicher Genehmigung von Andreas Petschke.
- [b7] Copyright © 2017 by Solaroad. Mit freundlicher Genehmigung von Solaroad.
www.solaroad.nl/beeldbank/
- [b8] Geothermiekraftwerk Sauerlach, betrieben von den Stadtwerken München (SWM). Von Gexi unter CC-BY-SA 4.0 International.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geothermiekraftwerk_Sauerlach.jpg
- [b9] Copyright © by John C. Mankins. SPS-ALPHA (Solar Power Satellite by means of Arbitrarily Large Phased Array) concept by John C. Mankins / Mankins Space Technology, Inc. Mit freundlicher Genehmigung von John C. Mankins.
- [b10] Das 100-Meter Radioteleskop in Effelsberg, Luftaufnahme 2011. Von Dr. G. Schmitz unter CC-BY-SA 3.0 Unported. Das Radioteleskop Effelsberg in der Nähe von Euskirchen war fast 30 Jahre lang das weltweit größte bewegliche Radioteleskop der Welt.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radioteleskop_20110820.jpg
- [b11] Mathieu Flamini playing in UEFA Champions league play-off against Besiktas JK. Von Ronnie Macdonald unter CC-BY 2.0 Generic.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flamini_2014_v_Besiktas.jpg
- [b12] Copyright © 2001 by NASA. Mit freundlicher Genehmigung.
<https://images.nasa.gov/details-PIA03149.html>
- [b13] Tokamak a Configuration Variable (TCV): inner view, with the graphite-claded torus. Courtesy of CRPP-EPFL, Association Suisse-Euratom. Von unknown unter CC-BY-SA 2.5 Generic.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tcv_int.jpg
- [b14] Copyright © 2015 by Deutscher Wetterdienst. Mit freundlicher Genehmigung des Deutschen Wetterdienstes (DWD).
<http://bit.ly/2HgHYnY>
- [b15] Copyright © 2014 by Fraunhofer ISE/Foto Alexander Wekkeli. Mit freundlicher Genehmigung des Fraunhofer ISE.
<http://bit.ly/2Ga5q5c>
- [b16] Copyright © 2017 by NASA. NASA Earth Observatory image by Jesse Allen.
<http://bit.ly/2GgvIT4>
- [b17] iStock.com. Von Gary Kavanagh
<https://www.istockphoto.com/de>

- [b18] Copyright © 2015 by NASA. NASA Earth Observatory image by Jesse Allen.
<https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=85403>
- [b19] Parabolrinnenanlage in Almería (Südspanien). Vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unter CC-BY 3.0.
<http://bit.ly/2C14gea>
- [b20] Solares Turmkraftwerk in Almería. Vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unter CC-BY 3.0.
<http://bit.ly/2o9D1TZ>
- [b21] Copyright © by Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klima- und Umweltberatung, Offenbach 2004. Mit freundlicher Genehmigung des DWD.
<http://bit.ly/2o19xTk>
- [b22] Wind turbine at the German overwintering station Neumayer, Dronning Maud Land, Antarctic. Von Hannes Grobe/AWI unter CC-BY 3.0 Unported.
<https://bit.ly/2KN0Xsf>
- [b23] Copyright © by N-Ergie AG. Bild von Daniel Löb, N-Ergie. Mit freundlicher Genehmigung der N-Ergie AG.
- [b24] Teich für Schneekanonen und Windkraftanlage Gmd. Oberzeiring Steiner Kogel Rottenmanner und Wölzer Tauern. Von Mayer Bruno unter CC-BY 2.5 Generic.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kanonenwasser-windpark.JPG>
- [b25] Deutschland topographisch. Von GinkoMaps unter CC-BY 3.0.
<http://bit.ly/2C1YaKH>
- [b26] Regenkarte von Deutschland. Copyright © 2017 by Deutscher Wetterdienst. Mit freundlicher Genehmigung des Deutschen Wetterdienstes.
www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html
- [b27] Copyright © 2017 by Jenny Kögl. Mit freundlicher Genehmigung von Jenny Kögl.
- [b28] Die Grafik mit der Leistung der Wellen in den Weltmeeren stammt aus folgender Quelle: Figure TS.6.1a from IPCC, 2011: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Mit freundlicher Genehmigung (Schriftgröße der Legende modifiziert).

- [b29] A Wave Dragon wave power facility. Von Wave Dragon unter CC-BY 3.0 Unported.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WaveDragon.JPG>
- [b30] Motrico, vista del nuevo muelle de abrigo. Von Txo unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
<http://bit.ly/2HhJ4jf>
- [b31] Fundy Bay NB Hopewell Rocks. Von Peter C unter CC-BY 2.0 Generic.
www.flickr.com/photos/pchiu/3039406737/in/photostream/
- [b32] Copyright © 2017 by Tidallagoon. Mit freundlicher Genehmigung von tidallagoonpower.com (Schriftgröße modifiziert).
www.tidallagoonpower.com
- [b33] Der Gezeitenstrom Saltstraumen, Norwegen, im Juni 2005. Von Clemensfranz unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saltstraumen.jpg>
- [b34] (oben) The SeaGen tidal generator with rotors raised. Von Fundy unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ASeagenraised.jpg>
- [b35] (unten) The SeaFlow tidal stream generator prototype with rotor raised. Von Fundy unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ASeafLOW_raised_16_jun_03.jpg
- [b36] Stockausschlag einer im Winter beernteten Weidenplantage (rechts), links daneben 3-jährige Weidenplantage. Von Lignovis GmbH unter CC-BY-SA 4.0 International.
<http://bit.ly/2EF7s03>
- [b37] Miscanthus x Gigantheus auf einem Feld bei Firma Sieverdingbeck in NRW. Von Hamsterdancer unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Miscanthus_Bestand.JPG
- [b38] Horizontal-Photobioreaktor mit Zick-Zack-förmigen Vertiefungen. Von Emiliania Hacksley unter CC-BY-SA 4.0 International.
<http://bit.ly/2F9eGat>
- [b39] Moderne, schwere Bohranlage in der Nähe von Vechta, Niedersachsen. Von Markus Stahmann unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AModerne-bohranlage.jpg>
- [b40] Planet earth with core exposed. Von Mats Halldin unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jordens_inre.jpg

- [b41] Copyright © 2017 by KBB Underground Technologies. Mit freundlicher Genehmigung der KBB Underground Technologies GmbH.
www.kbbnet.de
- [b42] Copyright © 2017 by KBB Underground Technologies. Mit freundlicher Genehmigung der KBB Underground Technologies GmbH. Nach einer Grafik von ASUE (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V., www.asue.de)
- [b43] Copyright © 2017 Geothermie Kraftwerk Unterhaching. Mit freundlicher Genehmigung des Geothermie Kraftwerks Unterhaching.
<http://bit.ly/2F52ozN>
- [b44] Verlegen von Flächenkollektoren für eine Wärmepumpe. Von PBaeumchen unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:FlaechenkollektorWaermepumpe.jpg>
- [b45] Variation der Netzfrequenz über 48 Stunden in einigen europäischen und asiatischen Ländern. Von wdwd unter CC-BY 3.0 Unported.
<https://bit.ly/2rvmAuw>
- [b46] Wasserturm Flensburg-Mürwik, Foto 2011. Von Uwe Barghaan unter CC-BY 3.0 Unported.
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15861095>
- [b47] Copyright © by Gemeinde Goldisthal. Mit freundlicher Genehmigung der Gemeinde Goldisthal, Fotograf: Tobias Rosenbaum.
www.goldisthal.de/
- [b48] Copyright © 2017 by KBB Underground Technologies. Mit freundlicher Genehmigung der KBB Underground Technologies GmbH.
www.kbbnet.de/
- [b49] Copyright © by Fraunhofer IEE.
www.iee.fraunhofer.de/de/projekte/suche/laufende/stensea-storing-energy-at-sea.html
- [b50] Copyright © 2013 by Audi AG. Mit freundlicher Genehmigung der Audi AG.
<http://www.audi-mediacyber.com/de/audi-e-gas-audi-g-tron-240>
- [b51] Gyrobus G3, the only surviving gyrobus in the world (build in 1955) in the Flemish tramway, trolleybus and bus museum, Antwerp. Von Vitaly Volkov unter CC-BY 2.0 Generic.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gyrobus_G3-1.jpg
- [b52] Copyright © 2017 by IPP Max-Planck-Institut, Axel Griesch. Mit freundlicher Genehmigung.

- [b53] Copyright © by N-Ergie AG. Bild von Annette Kradisch. Mit freundlicher Genehmigung der N-Ergie AG.
- [b54] Energieversorgungssystem „Solare Nahwärme Ackermannbogen“, Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung. Mit freundlicher Genehmigung.
- [b55] Copyright © 2017 by Vortex. Eine Entwicklung von spanischen Ingenieuren für eine Windkraftanlage ohne Rotor: Vortex Bladeless. Mit freundlicher Genehmigung von Vortex Bladeless.
www.vortexbladeless.com
- [b56] Aufwindkraftwerk Prototyp Manzanares, Spanien. Sicht aus Süden, 8 km entfernt. von Widakora unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
<http://bit.ly/2F6XHFI>
- [b57] Copyright © 2007 by Franz Trieb und Hans Müller-Steinhagen, „Sustainable Electricity and Water for Europe, Middle East and North Africa“, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Darstellung geändert. Mit freundlicher Genehmigung.
<http://bit.ly/2Hf4Mo7>
- [b58] Carl Benz' Patent-Motorwagen Nummer 1. Von DaimlerChrysler AG unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
<http://bit.ly/2C30H72>
- [b59] Streaklines over a model car. Von Rob Bulmahn unter CC-BY 2.0 Generic.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aerodynamics_of_model_car.jpg
- [b60] VW Golf 7 Blue. Von Robert Basic unter CC-BY-SA 2.0 Generic.
<http://bit.ly/2F6e6d1>
- [b61] Fennek 2014 am Shell Eco-Marathon in Rotterdam. Von Martinkogler unter CC-BY-SA 4.0 International.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fenek_2014.JPG
- [b62] Mercedes-Benz CLA 180 Urban (C 117). Von M 93 unter CC-BY-SA 3.0 Germany.
<http://bit.ly/2F4vRJY>
- [b63] Toyota Aygo. Von Matthias93 unter CC-BY-SA 3.0 Unported.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toyota_Aygo_front.JPG
- [b64] Copyright © 2018 Landkreis München, mit freundlicher Genehmigung.