

2. Umweltauswirkung der Energienutzung

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Historie der Menschheitsentwicklung, Bevölkerungswachstum, technologische Möglichkeiten und deren Umweltauswirkungen. Die Zusammenhänge zwischen Energienutzung, Klimawandel, Artensterben, industrielle Landwirtschaft, Fleischkonsum, Biodiversität, Ökosystemleistungen und Wirtschaft werden dabei beleuchtet.

Im Anschluss werden die Nutzung der fossilen Energieträger, deren Gewinnung und deren Umweltauswirkungen betrachtet. Es wird aufgezeigt, wie sich Energieförderungen und Klimazielerreichung von fossilen und erneuerbaren Energien aufteilen.

Bei der angestrebten Dekarbonisierung unseres Energiesystems wird der Ausbau von erneuerbaren Energieträgern angestrebt. Wie dies einzuschätzen ist und mit welchen Umweltauswirkungen dabei zu rechnen ist, wird aufgezeigt.

Abschließend wird auf die Notwendigkeit von Energieeinsparungen und veränderten Werten in Bezug auf Wirtschaft und Gesellschaft eingegangen und die Sustainable Development Goals (SDG) vorgestellt.

Menschheitsgeschichte und Energiegebrauch

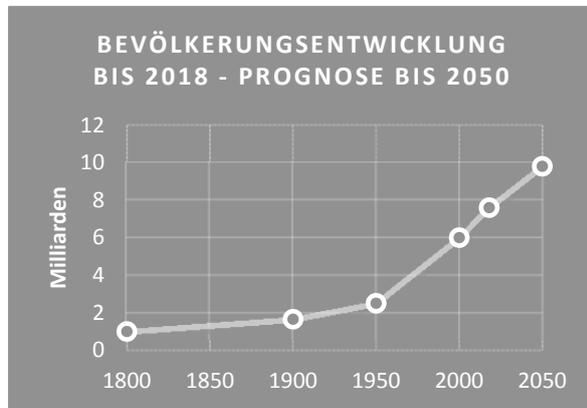
Ein Blick in die Menschheitsgeschichte zeigt: Innovationen haben zu größeren Möglichkeiten der Energienutzung geführt. Die damit einhergehende Verbesserung der Überlebenschancen lies die Population und die Mengen an Energieverbrauch ansteigen. Untenstehende Abbildung gibt einen groben Überblick über Meilensteine der Menschheitsentwicklung, technologische Entwicklung, Energienutzung und Bevölkerungsentwicklung: 1

Menschheitsentwicklung vor 1,5 Mio Jahren	Muskelkraft durch Nahrung = Energiequelle; Erhöhung Muskelkraft durch Werkzeuge
vor 500.000	Feuernutzung erstmals nachgewiesen
vor 400.000	selbst Feuer machen können -> Verwendung von Holz
vor 13.000	Erfindung Speer
vor 10.000	landwirtschaftliche Revolution : Anbau Nutzpflanze; Nutzen tierischer Muskelkraft ; -> Sesshaftigkeit; Entstehung von Städten
vor 10.000	Beginn der Herstellung von Metallen
	0 170 Mio Menschen
ab 400 n.Chr.	forcierte Holznutzung für Bauten, Wärme, Metallschmelze -> Abholzung der Wälder
ab 600	Nutzung mechanischer Energie (Wasser, Wind, Segelboote)
ab 1300	Verstärkte Verwendung von Kohle für Manufakturen, da Holzknappheit
ab 1492	Entdeckung Amerikas; europäische Expansion mit Kolonialreichen
ab 1712	Erfindung der Dampfmaschine -> industrielle Revolution ; Maschinenzeitalter -> Erweiterung der Grenzen des Machbaren
	1800 1 Milliarde Menschen
ab 1825	Transport durch Dampfeisenbahn -> neue Dimension von Handel und Ausbeutung von Rohstoffen
ab 1850	Beginn Erdölnutzung
ab 1886	Erfindung Motorwagen -> neue Dimension von Mobilität
ab 1950	Nutzung der Kernenergie zur Stromproduktion
ab 1953	erste Solarzellen
ab 1970	Folgen der Nutzung von Rohstoffen auf das Ökosystem Erde (Ozonloch, Klimawandel, ...) zeigen sich
ab 1985	Zusammenbruch des Ostblocks -> weitere Globalisierung
ab 1995	jährliche UN Klimakonferenzen
	2000 6 Milliarden Menschen
seit 2015	Pariser Klimaabkommen; weitere Steigerung des weltweiten Energieverbrauchs
	2018 7,6 Milliarden Menschen
	2050 9,8 Milliarden Menschen (mittlere Prognose)

Abbildung 1: Menschheitsentwicklung und Energienutzung; Darstellung DIE UMWELTBERRATUNG

Bevölkerungsentwicklung

Wie Abbildung 1 zeigt, ist eine exponentielle Beschleunigung der Dynamik zu beobachten. Während es für die 1. Milliarde Menschen ca. 200.000 Jahre gebraucht hat, ist die Menschheit innerhalb von 200 Jahren um weitere 5 Milliarden angewachsen. 2018 erreichte die Weltbevölkerung 7,6 Milliarden. Ein Kreislauf mit steigenden Bevölkerungszahlen, steigendem Konsumverhalten (besonders der Menschen in Industriestaaten), steigendem Ressourcen- und Energieverbrauch und Klimaerwärmung stellen die Stabilität der Ökosysteme auf die Probe.



Es wird mit einem weiteren drastischen Anstieg der Weltbevölkerung gerechnet. Schätzungen der UNO (2017) gehen von 9,8 Milliarden Menschen bis zum Jahr 2050 aus. Die Menschheit steht damit vor einer großen Herausforderung, alle Menschen in Zukunft mit den benötigten Ressourcen versorgen zu können.

Abbildung 2: Bevölkerungsentwicklung 1800 bis 2015; Darstellung DIE UMWELTBERATUNG

Zeitalter des Anthropozän

ForscherInnen sprechen heute vom Zeitalter des „Anthropozän“ (altgriechisch *anthropos* = Mensch), was bedeutet, dass so gut wie alle Prozesse auf der Erde vom Menschen beeinflusst bzw. verändert werden: die Atmosphäre, hydrologische, biologische und geologische Prozesse, Entscheidende Treiber dieser Beeinflussung sind u. a. industrielle Landnutzung, Nutzung fossiler Brennstoffe und das globalisierte ausbeuterische Wirtschaftssystem[1].

Klimawandel und Artensterben

Eine wichtige Rolle im Hinblick auf die Veränderungen spielt der Klimawandel. Vom Menschen verursachte Treibhausgasemissionen führen zum Anstieg der globalen Temperaturen und lösen eine Kette an Veränderungen der Ökosysteme aus. Veränderte Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse führen zur Verschiebung der Verbreitungsgebiete und zum Aussterben von Pflanzen- und Tierarten. Durch den Klimawandel verursachte häufigere Extremwetterereignisse wie Stürme, extreme Hitze oder Dürre, das Schmelzen der Polkappen und der damit einhergehende Anstieg des Meeresspiegels stellen eine Gefahr für die Lebensgrundlagen von Tieren, Pflanzen und uns Menschen dar.

Biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen

Die biologische Vielfalt (d. h. Vielfalt von Tieren, Pflanzen, Pilzen und Mikroorganismen) ist die Grundvoraussetzung für funktionierende Stoffkreisläufe, die verantwortlich für sauberes Wasser, saubere Luft und fruchtbare Böden sind. Neben dem Klimawandel gilt der Biodiversitätsverlust als die kritischste globale Umweltbedrohung. Etwa 60 % der Ökosysteme, 25 % der Säugetiere, 13 % der Vögel und 41 % der Amphibien sind weltweit gefährdet (IUCN, 2017), viele Arten sind bereits ausgestorben.

Auch aus ökonomischer Sicht ist der Verlust der biologischen Vielfalt sehr problematisch. Besonders betroffen ist beispielsweise der Sektor Landwirtschaft, da er sehr stark von Ökosystemleistungen abhängig ist, wie am Beispiel der Insektenbestäubung ersichtlich ist. Nach Schätzungen (Europäische Kommission, 2011) beträgt der ökonomische Wert der Insektenbestäubung in der EU 15 Milliarden Euro jährlich.

Industrielle Landwirtschaft und Fleischkonsum

Die industrielle Landwirtschaft ist, durch den Anbau von Monokulturen sowie den Einsatz von Pestiziden und synthetischen Düngemitteln, ein treibender Faktor für den Verlust der Biodiversität. Zusätzlich hat der hohe Fleischkonsum enorme Auswirkungen auf die Umwelt. Seit Anfang der 1960er Jahre ist der weltweite Fleischkonsum auf das Vierfache angestiegen (WWF, 2015

, womit ein stark erhöhter Flächenverbrauch verbunden ist. 4/5 der weltweiten Landwirtschaftsflächen werden für die Weidehaltung oder den Anbau von Futtermitteln verwendet.

Besonders problematisch ist der Import von Soja aus Südamerika für die Intensivtierhaltung. Die Auswirkungen auf das Klima sind beträchtlich: Etwa ein Fünftel der weltweiten Treibhausgasemissionen wird allein durch die Rodung von Flächen oder Abbrennen von Urwald für die Viehwirtschaft verursacht.

Die Produktion von Palmöl für die energetische Verwendung (Biotreibstoffe) erzeugt dabei eine zusätzliche Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion und ist dafür verantwortlich, dass großflächig Regenwald durch Brandrodung vernichtet und die Lebensgrundlagen von ansässiger Bevölkerung vernichtet wird. Absatzmarkt für Palmöl sind die reichen Industriestaaten, die durch die Beimischung von Agrotreibstoffen ihrer Mobilität einen „grünen“ Anstrich geben wollen. Außerdem Palmöl in großen Massen für industriell hergestellte Lebensmittel verwendet.

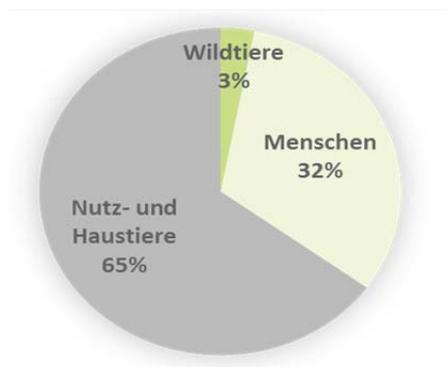


Abbildung 3 führt vor Augen, in welchem Ausmaß der Mensch die Erde als Lebensraum vereinnahmt hat: Nur 3% der tierischen Biomasse entfällt auf Wildtiere. 97% der tierischen Biomasse auf dieser Erde sind vom Menschen verursacht: Zu ca. 1/3 sind es die Menschen selber und zu ca. 2/3 sind es Nutz- und Haustiere des Menschen.

Abbildung 3: Biomasse von Nutztieren, Menschen und Wildtieren im Vergleich;
Datenquelle: Ron Patterson, 2014;
Darstellung: DIE UMWELTBERRATUNG

Zukunft der Ökosysteme und Wirtschaft

In den letzten Jahrzehnten hat sich bereits deutlich gezeigt, dass es durch die anthropogen verursachten Veränderungen der Ökosysteme zu globalen Konsequenzen kommt - ein Blick in die Zukunft unter einer Fortsetzung der aktuellen Trends zeigt dramatische Szenarien auf. Nach dem letzten Bericht „GEO 5“ des UN-Umweltprogramms UNEP (2012) wird vor Gefahren und Schäden für die Menschheit gewarnt. So stellen beispielsweise Klimaveränderungen durch erhöhte Durchschnittstemperaturen, das Auftreten von Dürren, Überschwemmungen usw. eine Gefahr für die menschliche Gesundheit, Ernährungssicherheit und den sozialen Frieden dar. Der Biodiversitätsverlust geht mit einer Beeinträchtigung der Ökosystemleistungen einher, wozu z. B. der Bezug von sauberem Wasser, sauberer Luft und die Bestäubungsleistung von Insekten gehören.

Die Grenzen unserer Welt und unseres Wirtschaftens werden immer deutlicher. In der wachstumsorientierten Logik des aktuellen Wirtschaftssystems wird als Lösung Effizienzsteigerungen durch technologische Entwicklungen forciert. Es bleibt allerdings zu bedenken, dass die Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Ressourcenverbrauch nicht möglich ist, also ein unbegrenztes Wachstum in einer begrenzten Welt ein unauflösliches Paradoxon ist.

Ein breitflächiges Umdenken in Richtung nachhaltigen Wirtschaftens und eine Veränderung des Lebensstils mit deutlich reduziertem Energieverbrauch (vor allem in den Industrieländern) wird unumgänglich sein, um das Ökosystem Erde langfristig als Lebensraum für unsere Mitgeschöpfe und damit auch für alle Menschen dieses Globus zu erhalten.

Nutzung fossiler Energieträger und Umweltauswirkungen

Als fossile Energieträger werden Erdöl, Erdgas und Kohle bezeichnet. Es handelt sich dabei um aus Biomasse entstandene Stoffe, die unter Luftabschluss nicht verrotten und deren chemische Energie erhalten bleibt (Deutsches Umweltbundesamt 2018).

Bei der Nutzung fossiler Energieträger werden durch Verbrennung große Mengen an CO₂ freigesetzt. Abgesehen vom CO₂-Ausstoß bringt die Gewinnung fossiler Energieträger weitere Umweltauswirkungen mit sich. Im Folgenden werden fossile Energieträger, unterschiedliche Fördermethoden und die damit verbundenen Folgen kurz beschrieben.

Braun- und Steinkohle

Sind vor rund 300 Millionen Jahren entstanden, als Teile vieler Kontinente vom Meer überflutet wurden. Abgestorbene Holz- und Pflanzenteile versanken im Wasser und Torf entstand. Die oberen Schichten wurden zu Braunkohle, tiefere Schichten zu Steinkohle (Deutsches Umweltbundesamt 2018).

10% des österreichischen Bruttoinlandsverbrauches wird durch Kohle gedeckt. Da keine heimische Kohleförderung mehr besteht, wird der gesamte österreichische Kohlebedarf importiert. (Österreichisches Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, 2018). Der Abbau von



Abbildung 4: Große Landflächen werden stark verändert; Tagebau Garzweiler / Deutschland; creative commons, Raimond Spekking

Kohle findet in offenen Gruben (Tagebau, wie Abbildung 4 zeigt) oder im geschlossenen Berg mittels Tunnelsystem (Bergbau) statt. Großflächige Abbaugelände gibt es in Deutschland, China, Russland, USA, Indonesien und Australien [1]. Neben dem Kohleverbrauch zu Heizzwecken kurbelt vor allem ihre Verwendung zur Stromerzeugung in Kohlekraftwerken den Abbau an. Entsprechende Infrastruktur zieht nach, so z. B. neue Schiffshäfen mit Kohle-Terminals an der Great Barrier Reef Küste in Australien, die die geschützten Korallenriffe gefährden. [2].

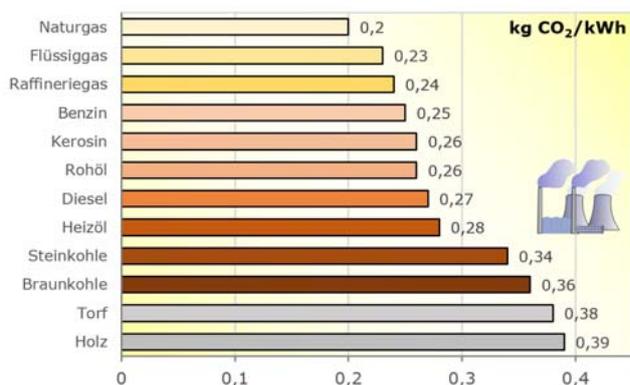


Abbildung 5 zeigt, dass die Verbrennung von Kohle besonders ungünstig in Bezug auf Ihren CO₂-Ausstoß ist.

Insgesamt wird etwa die Hälfte aller CO₂-Emissionen in Deutschland von der Energiewirtschaft verursacht - der größte Teil durch Kohle.

Abbildung 5: Spezifische direkte CO₂-Emissionen verschiedener Energieträger; © Volker Quaschnig [3]

Nicht nur die Verbrennung von Kohle, sondern auch ihr Tagebau führt zu einer hohen Feinstaubbelastung über große Gebiete hinweg und ist ein Gesundheitsrisiko. Beim Atmen dringen die Feinstaubpartikel in die Lunge ein und können zu einer Reihe von Atemwegs- und Herz-Kreislaufkrankungen führen. Laut Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz in Deutschland, konnte noch keine Feinstaub-Konzentrationsgrenze gefunden werden, unter der diese keine gesundheitlichen Auswirkungen hätte. Das heißt selbst eine geringe Feinstaub-Konzentration kann schädlich sein.



Abbildung 6: Schaufelradbagger und Mobilbagger im Tagebau Cottbus Nord; A. Gutwein CC BY-SA 3.0, Wikipedia

Erdgas und Erdöl

Erdgas und Erdöl sind vor etwa 70 Mio. Jahren aus Wassertieren und -pflanzen entstanden. Druck, Wärme und Zeit trugen zur Entstehung bei. Erdgas besteht vor allem aus Methan (CH₄) und entsteht oft auch bei der Bildung von Kohle (Deutsches Bundesumweltamt, 2018).

Methan ist als Treibhausgas 25-mal wirksamer als Kohlendioxid. Es entsteht dort, wo organisches Material ohne Luft abgebaut wird. Dieses Gas wird dann Erdgas genannt. Erdöl und -gas enthalten Verunreinigungen, wie etwa Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen. Diese Verunreinigungen werden nach der Rohstoffgewinnung herausgefiltert (Deutsches Umweltbundesamt 2018).

36% des österreichischen Bruttoinlandsverbrauches an Energie wurden 2015 durch Erdöl gedeckt. Somit ist Erdöl für Österreich der wichtigste Energieträger, gefolgt von Erdgas mit rund 20% Prozent. 2015 wurden über 8 Millionen Tonnen Erdöl importiert. Das Erdöl wurde aus unterschiedlichen Ländern, vor allem aus Kasachstan und Libyen, importiert. (Österreichisches Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, 2018)

Erdöl ist der weltweit am häufigsten eingesetzter Energieträger und ist, so wie alle anderen fossilen Energieträger in der Erdkruste ein endlicher Rohstoff. Die Erdölexploration eines Ölfeldes verläuft nach der Hubbart-Kurve. Ein Ölfeld wird nach dem Fund entwickelt und die Fördermenge steigert sich bis zu einem Maximum. Danach fällt die Kurve ab, bis das Ölfeld ausgebeutet ist. Die weltweiten Fördermengen aller Erdölfelder ergeben zusammen wieder eine Hubbart-Kurve wie in untenstehender Abbildung zu sehen ist.

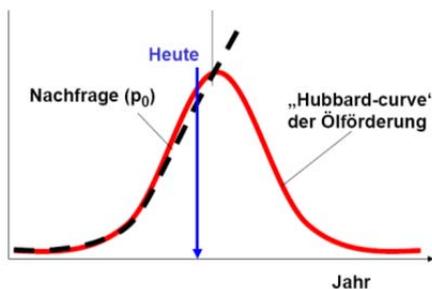
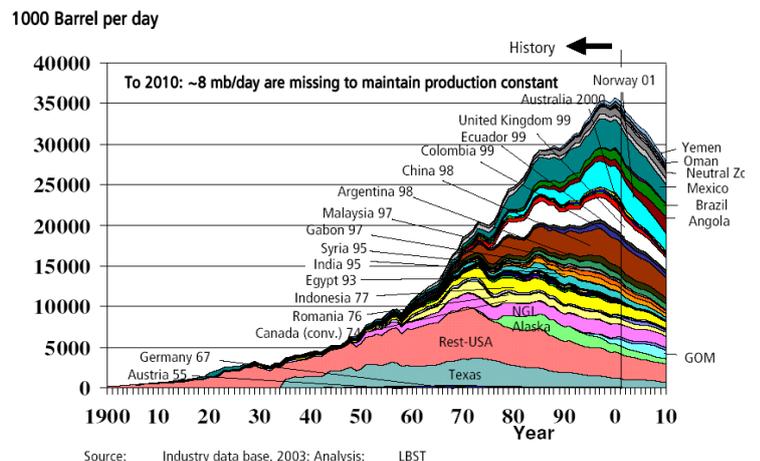


Abbildung 7: links: Hubbard-Kurve eines Ölfeldes und der für 2009 prognostizierte Peak Oil; rechts: weltweite Ölfördermengen; Quelle: Zukunft der Weltweiten Erdölversorgung (2007), Club NÖ



Source: Industry data base, 2003; Analysis: LBST

Die Internationale Energieagentur prognostizierte für 2009 das Maximum der weltweiten Fördermenge, also den Peak Oil. Es wurde eine radikale Ölpreiserhöhung aufgrund von auseinanderklaffendem Angebot und Nachfrage vorhergesagt.

Diese Preissteigerung trat 2008 auch tatsächlich ein. Massive Energie-Einsparungen auf Grund von Effizienzsteigerungen und dem Einsatz neuer Technologien sowie ein deutliches Bekenntnis zu erneuerbarer Energie wurden seitens der Umweltorganisationen erwartet, traten allerdings nur eingeschränkt auf. Im Gegensatz dazu kurbelte die Ölpreiserhöhung in der Folge die Erdölförderung, auch aus bislang nicht wirtschaftlich erschließbaren Ölfeldern (Ölsand, Ölschiefer) an. Die Erdölproduktion ging daher entgegen der Prognosen nicht zurück, sondern stieg, wie aus Abbildung 7 zu erkennen ist, bis auf einen kleinen Einbruch 2009 weiter an.

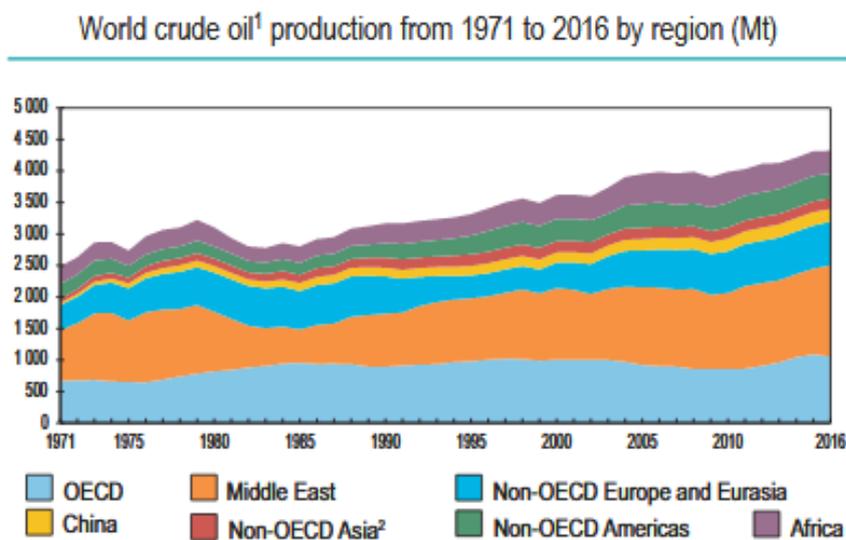


Abbildung 8: Weltweite Rohölproduktion, Quelle: IEA, Key World 2017;
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017>

Untenstehende Abbildung zeigt den Rohölpreis seit 1987. Erkennbar ist eine sehr starke Volatilität des Preises. Angetrieben von Prognosen über Verknappung und Spekulationen stieg der Rohölpreis 2008 auf über 140 US-Dollar pro Barrel. Seit 2015 ist der Preis sehr niedrig, das Angebot übersteigt zurzeit die Nachfrage.

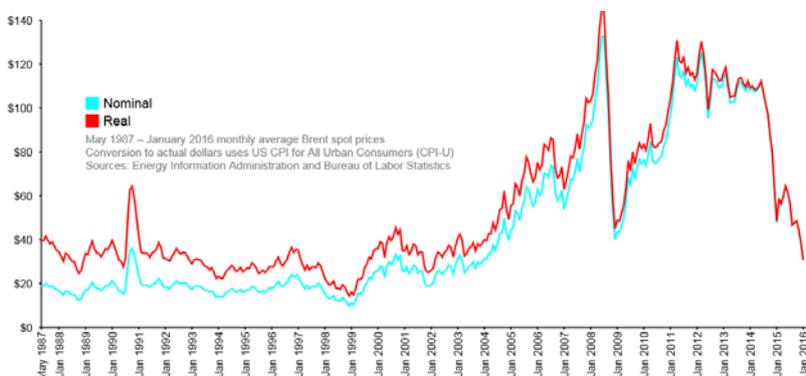


Abbildung 9: Brent Crude Oil Price 1988 bis 2016. Quelle: Wikimedia Commons, Autor: Tom TheHand

Es gibt verschiedene Arten der Erdöl-Förderung, wie beispielsweise Erdölpumpen an Land, Erdöl-Bohrinseln im Meer und Teersand-Extraktion.



Abbildung 10: Erdöl-Abbau durch extrahieren von Teersand in Alberta, Canada; gemeinfrei

Teersande sind eine mögliche letzte Quelle für Erdölgewinnung. Der Erdöl-Abbau über Teersande benötigt jedoch sehr große Landflächen für offenen Tagebau. Dies stellt eine große Konkurrenz für andere Landnutzungen, wie Landwirtschaft, Siedlungen, Naturschutz, etc dar. Ebenso benötigt der Teersandabbau viel Wasser und Energie im Vergleich zu anderen Ölquellen. Nach dem Teersand-Abbau bleiben verschmutzte Schlamm- und Sandreste zurück und gefährden das Trinkwasser in den Abbauregionen. (American Geoscience Institute, 2018)



Abbildung 11: Ölkatastrophe in Negev, Israel 2014, verursacht durch eine leckende Ölpipeline; © Reuters [4]

Über 750 Erdöl-Bohrinseln (Stand 2015) befinden sich etwa im Nordostatlantik. Diese verschmutzen durch ihren Betrieb Luft und Wasser. Jährlich gelangen mehr als 8000 Tonnen Öl und 220 000 Tonnen Chemikalien durch operatives Handling in das Meer. Zusätzlich gelangen etwa 30 Millionen Tonnen klimaschädliches Kohlendioxid in die Atmosphäre. Das ist so viel wie die jährlichen CO₂-Emissionen von Neuseeland. (Greenpeace, 2015)

Die Erdölförderung treibt den Bau von neuen Ölpipelines voran und bringt weitere negative Umweltauswirkungen, wie verschmutzte Flüsse durch kaputte, leckende Leitungen und Unfälle mit sich. Unfälle und Zwischenfälle an Pipelines und Öl-Tankern mit teils großen Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen gab es in den letzten Jahrzehnten etliche, die mehr oder weniger gut dokumentiert und publik gemacht wurden. Eine Sanierung und Schadensbegrenzung der Unfälle wird in manchen Fällen aus ökonomischen Gründen von den verursachenden Firmen nicht oder erst nach Druck der Öffentlichkeit übernommen.

Die Ölpest im Golf von Mexiko 2010 wurde durch die Explosion der Ölbohrplattform Deepwater Horizon am 20. April 2010 ausgelöst und ist eine der schwersten Umweltkatastrophen dieser Art. Die vom 20. April bis zum 16. Juli 2010 aus dem Bohrloch in den Golf von Mexiko ausgetretene Ölmenge wird auf 780 Millionen Liter geschätzt [5]. Aus Kostengründen hat BP das Öl nicht abgepumpt, sondern mit einer Chemikalie besprüht, damit es auf den Meeresgrund sinkt. Die negativen Umweltauswirkungen bestehen zum Teil bis heute (Fischbestand, Öklumpen an Land).

Der Öl-Tanker-Verkehr und Öl-Hafen-Bau steigt ebenso mit der Erdöl-Förderung an und bringt oft Verschmutzungen an Häfen und des Meeres mit sich (leckende Tanker, Ausspülen des öligen Laderaums mit Meerwasser, Tankerunfälle), (Greenpeace Canada, 2018).

Klimaziele versus Förderungen

Förderungen nicht erneuerbarer Energieträger stehen im Widerspruch zur Klimazielerreichung.

Klimaziele – Pariser Abkommen

Bei der **21. UN-Klimakonferenz (COP 21)** im Jahr 2015 bekannten sich 195 Staaten zum Klimaschutz. Als Ergebnis ging das **Pariser Abkommen** hervor, das als neuer Weltklimavertrag einen Weg zum Kampf gegen die fortschreitenden anthropogen verursachten Klimaveränderungen vorgibt. Das erklärte Ziel, die Erderwärmung auf deutlich unter 2°C zu begrenzen und möglichst unter 1,5°C zu halten, um eine Geringhaltung der prognostizierten Auswirkungen des Klimawandels zu gewährleisten, soll durch national festgelegte Maßnahmen erfolgen. (Anm.: mehr dazu im Kapitel 3 Klima)

Staatliche Förderungen auch für fossile Energie

Zur Erreichung der Klimaziele des Pariser Abkommens wird ein **umfassender Ausstieg aus fossilen Energieträgern angestrebt**. Viele Staaten fördern erneuerbare Energien, aber auch nicht erneuerbare Energieträger wie Atomkraft, Stein- und Braunkohle werden weltweit staatlich unterstützt: Förderungen, Steuervergünstigungen und Finanzhilfen kommen fossilen Energieträgern zugute, was der angestrebten Reduktion der Treibhausgasemissionen entgegenwirkt.

Verschiedene Organisationen haben staatlich geleistete Förderungen für fossile Energieträger ermittelt. Einer Studie der NGOs (Nichtregierungsorganisationen) Overseas Development Institute und Oil Change International aus dem Jahr 2014 kam zu dem Ergebnis, dass die G 20 (Gruppe der wichtigsten Industrie- und Schwellenländer) fast **4-mal so viel für Förderungen fossiler Energieträger** als für erneuerbare aufwenden, das sind 422 Milliarden Euro. Nach Berechnungen der Internationalen Energieagentur (IEA) aus dem Jahr 2016 gaben Staaten weltweit mit 260 Milliarden Dollar an Subventionen deutlich **mehr für Öl, Kohle und Gas** aus als für erneuerbare Energieträger (140 Milliarden Dollar). Auch der IWF (Internationaler Währungsfonds) mahnt, dass Regierungen den Verbrauch von Kohle, Öl und Gas nicht weiter subventionieren sollten, da die Staaten damit der eigenen Klimapolitik entgegenwirken.

Wieviel kostet Strom wirklich?

Ein bekannter Kritikpunkt an erneuerbarer Energie ist, dass diese zu teuer sei, im Gegensatz zur fossilen Energie nicht wettbewerbsfähig sei und staatlich gefördert werden müsse. Bei der Betrachtung der Energiekosten werden allerdings die **Folgekosten durch die Auswirkungen auf Klima und Umwelt** bzw. die damit verbundenen Schäden meist außer Acht gelassen.

Eine **Studie des Forums Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS)** im Auftrag von Greenpeace Energy hat die direkten und indirekten Förderungen von 1970 bis 2016 in Deutschland analysiert, wobei staatliche Gelder wie Förderungen und Steuervergünstigungen wie auch die gesamtgesellschaftliche Belastung, also die Umwelt- und Gesundheitsfolgen, die vom Staat getragen werden, berücksichtigt wurden. Bei einer Berechnung der Gesamtkosten kam die Studie der FÖS zu dem Ergebnis, dass die Gesamtkosten für Strom aus Wind- und Wasserkraft unter Einbeziehung der genannten Faktoren wesentlich geringer ausfallen würde, als dies bei Kohlekraftwerken oder Atomstrom der Fall ist.

Berechnete Gesamtkosten für Strom unter Einbeziehung von Förderungen und Folgekosten (FÖS, 2017):

- 1 Kilowattstunde Windstrom: 9,0 Cent
- 1 Kilowattstunde Wasserstrom: 8,9 Cent
- 1 Kilowattstunde Strom aus Braun- und Steinkohlekraftwerk: 14,3/ 14,4 Cent
- Atomstrom: mind. 15,1 Cent

Atomkraft

Befürworter der Atomkraft bezeichnen diese als „saubere“ Energie, die dem Klimawandel entgegenwirken soll. Betrachtet man jedoch den gesamten Produktionsablauf sowie die schwerwiegenden Risiken, zeigt sich, dass enorme Schäden für Mensch und Umwelt mit der Atomenergieerzeugung in Verbindung stehen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass es sich beim für die Atomstromerzeugung benötigten Uran, im Gegensatz zu den unbegrenzt verfügbaren erneuerbaren Energieträgern, um eine begrenzte Ressource handelt (GLOBAL 2000, 2014 und Umweltinstitut München e.V., 2008).

Umweltauswirkungen der Urangewinnung

Zur Gewinnung des benötigten Brennstoffes Uran werden große Mengen an Gestein abgebaut. Schäden entstehen durch das Austreten von Radon-Gas sowie radioaktiv und chemisch verseuchtes Wasser, das Flüsse und Grundwasser belastet. Freiwerdendes Radongas und kontaminierter Staub verbreiten sich über große Entfernungen. Eine gesundheitliche Gefährdung durch die Strahlenbelastung entsteht insbesondere für Grubenarbeiter, die beispielsweise ein erhöhtes Risiko haben, an Lungenkrebs zu erkranken. (GLOBAL 2000, 2014 und Umweltinstitut München e.V., 2008)

Endlagerung von Atommüll

Ein bislang ungelöstes Problem ist der in Atomkraftwerken produzierte radioaktive Müll: Bis heute konnten keine sicheren Endlagerstätten gefunden werden, in welchen das Hunderttausende bis Millionen Jahre lang strahlende Material verwahrt werden kann. So werden beispielsweise in Deutschland radioaktive Abfälle zwischengelagert, während nach geeigneten Endlagern gesucht wird (SPIEGEL ONLINE, 2017, Greenpeace, 2018)

Unfälle und Störfälle

Unfälle wie jener in Fukushima (Japan) 2011 und Tschernobyl (1986) zeigen deutlich, dass es keine absolute Sicherheit in Atomkraftwerken gibt. Bei der Katastrophe in Tschernobyl gehen Schätzungen von bis zu 60.000 Todesopfern durch eine Strahlenbelastung der Luft oder der Nahrung durch Krebserkrankungen aus (orf.at, 2011). Weitere Störfälle und Unfälle wie 2008 in Tricastin (Frankreich), 2006 in Forsmark (Schweden), 1999 in Tokaimura (Japan), 1979 auf Three Mile Island (Großbritannien) usw. verdeutlichen, dass der Betrieb von Atomkraftwerken mit erheblichen Risiken verbunden ist (GLOBAL 2000, 2018).

Nutzung von Atomstrom

Etwa 11 % des weltweiten Stromverbrauches werden durch Kernenergie gedeckt (Stand 2016, kernenergie.ch). Die Erzeugung von Atomstrom geht dabei tendenziell zurück: In den 90-er Jahren, den Jahren des höchsten Atomstromverbrauches, waren es noch 17%. China, Deutschland und Japan gewinnen mittlerweile mehr Strom aus erneuerbaren Energieträgern als aus Kernkraft (wiwo.de, 2013).

Der Wirkungsgrad (d.h. der tatsächlich erzeugte Strom abzüglich der Verluste wie Wärmeverlust) bei Atomstrom liegt bei etwa 30-40 %. Im Vergleich dazu haben beispielsweise Windkraftanlagen einen Wert von 45 %, Wasserkraftanlagen von 80% (energie-strom.com, 2018).

In Österreich ist kein Atomkraftwerk in Betrieb. Nichtsdestotrotz wird im Zuge von Stromimporten aus anderen Ländern (2015 waren das 16,4 Prozent) Atomstrom genützt. Die Importe stammen Großteils aus Tschechien und Deutschland. Auch in Deutschland, wo ein Ausstieg aus der Atomenergieproduktion bis 2022 beschlossen wurde, wurde diese Energieform in Form von direkten Finanzhilfen (z. B. Forschungsförderung, Kosten für Betrieb von Atommüllendlagern) und Steuerbegünstigungen gefördert (Greenpeace, 2010).

Erneuerbare Energien und Umweltauswirkungen, Klimaziele

Als „grüne Energie“ bezeichnet man erneuerbare Energie, die im Gegensatz zu fossilen Energieträgern (Erdöl, Erdgas, Kohle) theoretisch unbegrenzt zur Verfügung stehen oder sich nachhaltig erneuert. Da bei der Nutzung fossiler Energieträger große Mengen an CO₂ freigesetzt werden, soll in vielen Staaten ein Umstieg auf erneuerbare Energien angestrebt werden, um eine Verringerung der Treibhausgasemissionen zu erzielen. Auch im Sinne einer langfristigen Versorgungssicherheit ist der Umstieg auf unbegrenzt verfügbare Energieträger anzustreben.

Die wichtigsten erneuerbaren Energieträger und Technologien sind:

- Wasserkraft
- Biomasse
- Windkraft
- Solarenergie, Photovoltaik
- Erdwärme

Der Umstieg auf erneuerbare Energien ist ein wesentlicher Pfeiler für die Erreichung der Klimaziele des Pariser Abkommens (siehe Kap. 3 - Klima). Die Vorteile gegenüber den fossilen Energieträgern und der Kernenergie sind evident: Eine Reduktion der Treibhausgasemissionen, das Ausbleiben von Umweltkatastrophen (Unfälle in Atomkraftwerken, Ölkatastrophen, etc.) sowie eine nachhaltig gesicherte Energieversorgung gehen mit einer „Energiewende“ einher.

Energiewende und Auswirkungen auf die Umwelt

Die Errichtung von Kraftwerken, auch von Ökostromkraftwerken, ist ein Eingriff in die Natur. Das bedeutet Veränderung oder Zerstörung von Ökosystemen und Landschaften. Somit ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen einer notwendigen forcierten Steigerung von Ökostrom und zusätzlichen Eingriffen in die Natur und Landschaft. Ein Gelingen der sogenannten Energiewende ist abhängig von einer guten Abwägung von ökologischen, sozialen und versorgungstechnischen Interessen. Aus heutiger Sicht ist die Umstellung der gesamten Energieversorgung auf erneuerbare Energien bei gleichbleibendem oder sogar ansteigendem Energiekonsum nicht möglich.

Die Nutzung der erneuerbaren Energien in Bezug auf Gebäudenutzung wird im Kapitel 11 behandelt.

Wasserkraft

Wasserkraft gilt als saubere Energie. In Österreich trägt die Wasserkraft wesentlich zur nationalen Stromaufbringung bei – im Jahr 2015 waren es 64% der Brutto-Stromproduktion. Wasserkraftwerke führen aber auch zu Beeinträchtigungen der Lebensräume, etwa durch die Unterbrechung des natürlichen Wasserlaufes, Anstauen von Wasser sowie Wasserführungsschwankungen. Erhebliche negative Auswirkungen auf die Gewässerlebensräume können die Folge sein, indem Flora, Fauna und Wasserqualität beeinträchtigt werden. Innerhalb der EU wird der Gewässerschutz vor allem durch die Wasserrahmenrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG, WRRL) bestimmt. Diese gibt vor, dass alle natürlichen Oberflächengewässer bis 2027 durch die Mitgliedstaaten in einen „guten ökologischen Zustand“ zu bringen sind. Diese Vorgabe und das ebenfalls in der WRRL enthaltene Verschlechterungsverbot stehen in einem Spannungsverhältnis zum Ausbau der erneuerbaren Energiegewinnung durch Wasserkraft. Umweltschutzorganisationen empfehlen, besonders sensible und wertvolle Lebensräume aus einer Nutzung auszusparen und zu schützen.



Abbildung 12: Kleinwasserkraftwerk;
© DIE UMWELTBERATUNG

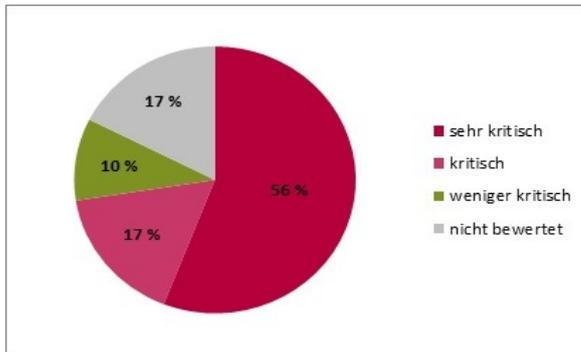


Abbildung 13: Kraftwerksplanungen in sehr kritischen, kritischen und weniger kritischen Gebieten. Quelle: Umweltdachverband [7]

So wird in einer Studie, im Auftrag des WWF [6] formuliert: „Die Wasserkraftnutzung ist in Österreich aus ökologischer und energiewirtschaftlicher Sicht auf 43.000 GWh (154.800 TJ) begrenzt. Derzeit (Stand 2014) sind davon bereits 41.010 GWh (147.635 TJ) ausgebaut. Um eine Übernutzung der lebenswichtigen Ressource Wasser und die Verschlechterung oder gar Zerstörung von zentralen Ökosystemen zu vermeiden, braucht es eine strenge Unterschutzstellung ökologisch wichtiger Fließgewässer.“

Der Umweltdachverband weist aus, dass zur Zeit österreichweit 359 Wasserkraftwerksplanungen vorliegen [7]. Abbildung 13 zeigt, dass sich 56% dieser Wasserkraftwerke in sehr kritischen Gebieten, wie z.B. ausgewiesenen Schutzgebieten (Nationalparks, Natura 2000-Gebiete und Naturdenkmäler, Landschaftsschutzgebiete, Biosphärenparks etc.) sowie auf Gewässerstrecken in einem (sehr) guten ökologischen Zustand nach EU-Wasserrahmenrichtlinie befinden.

Die Broschüre „Gewässer schützen – Wasserkraft nützen“ [8] wurde im Zuge eines Projekts: „Gemeingut Wasser im Spannungsfeld der Interessen“ vom Umweltdachverband und österreichischen Fischereiverband erstellt und widmet sich dem Interessenskonflikt zwischen Naturschutz und Wasserkraftnutzung.

Windkraft

Windkraft zählt zu den umweltfreundlichsten Arten der Erzeugung von Strom. Trotzdem bedeuten der Bau und der Betrieb von Windkraftanlagen einen Eingriff in Lebensräume. Besonders Vögel und Fledermäuse kommen durch Kollisionen mit Rotoren oder dem um die Rotorblätter herrschenden Unterdruck zu Tode.

In Niederösterreich wurde dem Rechnung getragen und ein Windkataster erstellt, der auch auf die Flugrouten der Vögel Rücksicht nimmt.

Ein kontrovers diskutiertes Thema ist der von Windkraftanlagen ausgehende Infraschall, der in Zusammenhang mit negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit gebracht wird. Als Infraschall bezeichnet man Schallwellen mit Frequenzen unter 20 Hertz (Hz); das sind sehr tiefe Töne, die nur bei sehr hohem Schallpegel vom menschlichen Ohr wahrnehmbar sind. Studien zu gesundheitlichen Auswirkungen geben unterschiedliche Empfehlungen für Mindestabstände zwischen Windkraftanlagen und Wohnsiedlungen.

Der Bau von Windkraftanlagen braucht Infrastruktur: Straßen, Stromleitungen und freie baumlose Flächen. Da auf Grund von Abstandsregeln zum Beispiel zu Wohnsiedlungen etc. die möglichen Standorte knapp werden, werden z.B. in Deutschland vermehrt Windkraftanlagen in Wäldern errichtet und stehen damit in Konkurrenz zu Naturschutzbelangen. Großflächige Rodungen von Waldflächen sind die Folge. In Österreich sind Windkraftanlagen in Waldgebieten ebenfalls Thema.

<http://www.umweltbundesamt.at/windenergieimwald>.



Abbildung 14: Windkraftanlage;
© Gabriele Pomper

Biomasse

Biomasse ist, wenn sie nachhaltig eingesetzt wird, eine sich ständig erneuernde Energieform. Durch die Photosynthese der Pflanze werden organische Kohlenstoffketten gebildet, die bei der Verbrennung Energie abgeben und wieder CO₂ freisetzen (siehe Abbildung 5). Biomasse wird jedoch mit sehr geringen CO₂-Emissionen bilanziert (siehe Kapitel 3 – Klima), da von einem geschlossenen CO₂-Kreislauf ausgegangen wird.

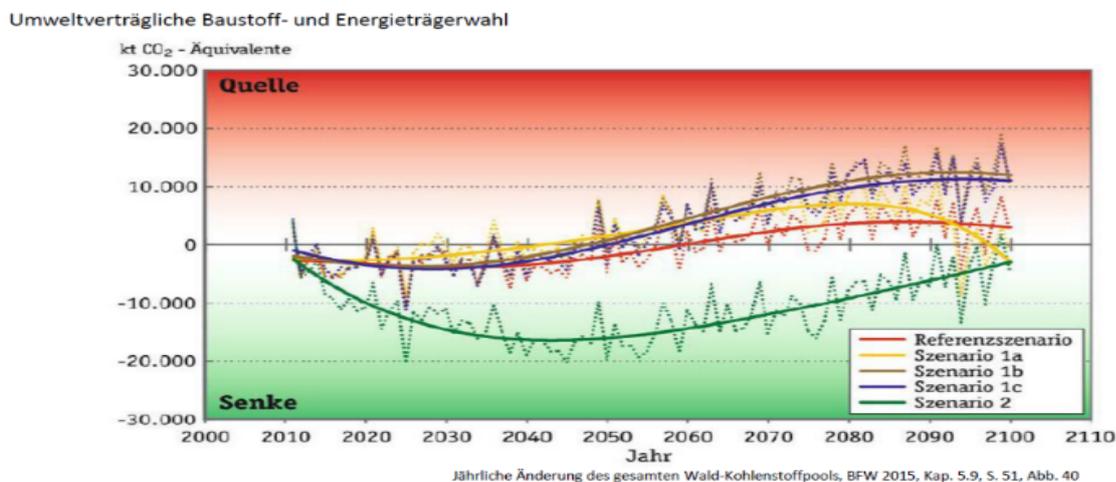
Durch eine nicht nachhaltige Bewirtschaftung von Waldflächen und konventionellen Anbau von Biomasse (Einsatz von Pestiziden, synthetischen Düngern und gentechnisch veränderter Organismen) kann es jedoch zu erhöhten CO₂-Emissionen und zur Beeinträchtigung von Ökosystemen kommen.

Weltweit sind 31% der Landflächen mit Wald bedeckt, das sind ca. 4 Milliarden Hektar. Seit Jahrzehnten nimmt die weltweite Waldfläche ab, der Verlust verlangsamt sich, jedoch geringfügig. In den Jahren 2000 bis 2016 betrug der Bruttoverlust 13 Mio. Hektar (entspricht ca. 3% der Waldfläche). Die Hauptursache waren die Umwandlung von Wald in Ackerland durch Brandrodung. Die Zuwächse an Waldfläche wurden durch natürliche Ausbreitung, Aufforstung und vor allem Waldplantagen erreicht (Quelle: Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, 2016; [9]).

Der Anteil der Biomasse an den erneuerbaren Energien ist in Österreich mit 56% hoch. 60% der Biomasse sind Holzprodukte.

Die Holzmasse in Österreich steigt, und es gibt Projekte, auch Kleinwaldbesitzer zur Durchforstung ihrer Waldflächen zu bewegen, um den Holzzuwachs einzuschränken und stattdessen nutzbar zu machen.

Interessant in diesem Zusammenhang ist eine Studie über die CO₂-Speicherfähigkeit des österreichischen Waldes vom Bundesforschungszentrums für Wald [10], welche verschiedene Wald-Bewirtschaftungsszenarien vergleicht wie in Abbildung 15 zu sehen ist:



- **Referenzszenario** bildet eine Fortschreibung des derzeitigen Trends der Waldbewirtschaftung ab. Die Szenariengruppe 1 bilden eine um 20% forcierte Waldbewirtschaftung und Holznutzung bis in Jahr 2100 ab.
- **Szenario 1a** mit forcierter energetischer Holznutzung
- **Szenario 1b** mit forcierter stofflicher Holznutzung
- **Szenario 1c** entspricht Szenario 1b mit zusätzlichen günstigeren Importbedingungen.
- **Szenario 2** bildet eine um 20% reduzierte Waldnutzung bis ins Jahr 2100 ab.

Abbildung 15: Jährliche Änderung des gesamten Wald-Kohlenstoffpools im Wald (ober- und unterirdische Biomasse, stehendes Totholz, Bodenkohlenstoff incl. Liegendes Totholz; BFW 2015)

Das Referenzszenario (rote Linie in Abbildung 15) – dem Trend folgend eine jährlich leicht erhöhte Nutzung von Holzmasse – zeigt vorerst eine leichte CO₂-Senke, ab ca. 2060 wird der Wald zu einer leichten CO₂-Quelle. Die Szenarien, denen eine wesentlich verstärkte Holznutzung zugrunde gelegt sind,

zeigen zuerst eine CO₂-Senke, und entwickeln sich ab ca. 2045 zu einer teils massiven CO₂-Quelle. Ein verminderter Holzeinschlag (grüne Linie in Abbildung 15) führt bis 2100 zu einer deutlichen CO₂-Senke.

In der Studie wird gezeigt, dass die Art der Holzbewirtschaftung ein entscheidender Faktor für die Treibhausgasbilanz ist. Es wird auch angemerkt, dass die langfristige Holznutzung und dauerhafte Holzverwendung einen noch stärkeren Effekt auf die Treibhausgasbilanz hat [10].

Waldbewirtschaftung unterscheidet sich in Altersklassenbewirtschaftung mit Kahlschlägen und Dauerwaldbewirtschaftung mit punktueller Entnahme von großen Bäumen, wobei unter ökologischen Gesichtspunkten die Dauerwaldbewirtschaftung deutlich besser abschneidet.

Österreich exportiert und importiert große Mengen an Holz. Insofern ist ausschlaggebend, woher das Holz kommt und welche Anbaumethoden verwendet werden. Nur Prüfsiegel, wie z.B. das FSC (Forest Stewardship Council) zertifiziert Holz dessen Erzeugung aus sozial- und umweltverträglicher Waldwirtschaft stammt. Der FSC wurde 1993 gegründet, ist unabhängig und verfolgt keine finanziellen Interessen.

Biokraftstoffe

Biokraftstoffe (auch Biotreibstoffe, Agrotreibstoffe) werden in Österreich als Beitrag zur Erreichung der Klimaziele und im Sinne der Energieautarkie eingesetzt – die Einhaltung von zwei EU-Richtlinien verpflichtet zu einem Einsatz der Biokraftstoffe (Biokraftstoffrichtlinie 2003/30/EG und Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2009/28/EG). Der Mindestgehalt der Beimengung beträgt seit 2010 5,75 %. Durch den Einsatz von Biokraftstoffen konnten im Jahr 2016 CO₂ Emissionseinsparungen im Verkehrssektor von über 1,7 Mio. Tonnen erreicht werden (BMLFUW, 2017). Biodiesel wird in Österreich vor allem aus Raps oder Sonnenblumenöl hergestellt. Bioethanol, das für die Beimengung zu Benzin hergestellt wird, wird aus Weizen, Mais, Zuckerrüben u.a. gewonnen.

Biokraftstoffe sind häufig Kritik unterzogen, da ihr Einsatz eine Konkurrenz zum Gebrauch der verwendeten Pflanzen als Nahrungs- und Futtermittel bedeuten kann. Der Einsatz von Palmöl für die Produktion der Biotreibstoffe führt zur Abholzung tropischer Wälder und zu infolge dazu auch zu Emissionen aus den Böden. Auch Österreich ist durch den Import von Agrotreibstoffen davon betroffen. Von den im Jahr 2012 in Österreich verbrauchten 441.000 Tonnen Agrodiesel wurden etwa 176.000 Tonnen importiert (Greenpeace, 2013).

Sonnenenergie: thermische Solaranlagen, PV-Anlagen

Siehe Kapitel 11.

Energieeinsparungen sind notwendig

Wenn die Energiewende gelingen soll, sind neben Effizienzsteigerungen vor allem massive Energieeinsparungen vonnöten, da die erneuerbaren Energien nicht den heutigen Energiebedarf decken können.

Es sind Anstrengungen auf allen Ebenen gefordert, vor allem eine wirksame Klima- und Energiepolitik, und eine Politik, die Naturschutz ernst nimmt und den sozialen Ausgleich zwischen den Menschen innerhalb einer Gesellschaft, aber auch der ganzen Welt fördert.

Neue Modelle des Wirtschaftens, wie sie in der Gemeinwohlökonomie formuliert sind, eröffnen dabei eine Alternative, wie Zukunft mit einem ethischen Wirtschaftsmodell ökologisch und sozial gerecht gestaltet werden kann. <https://www.ecogood.org/de/>

Sustainable Development Goals (SDG)

Die Vereinten Nationen (UN) haben in den Sustainable Development Goals (SDGs) 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung auf ökonomischer, sozialer sowie ökologischer Ebene formuliert, um die Entwicklung der Menschheit in Zukunft nachhaltig zu gestalten. Sie sind eine gute Diskussionsgrundlage für Maßnahmen und definieren einen Maßstab, an dem Aktivitäten ausgerichtet und gemessen werden können:

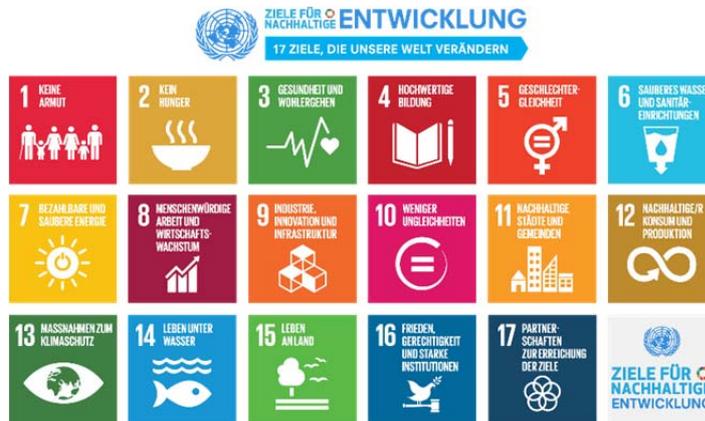


Abbildung 16: Quelle <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

Untenstehende Abbildung veranschaulicht die Wertigkeit der einzelnen Bereiche durch Clusterung: Basis unser aller Lebens ist die Biosphäre (großer Ring), darin kann sich die Gesellschaft entfalten (mittlerer Ring). Die Wirtschaft (kleiner Ring) ist nur ein Teil von Gesellschaft und Biosphäre, zusammen ergeben die Ringe ein Ganzes.



Abbildung 17: Sustainable Development Goals; Illustration: Azote Images for Stockholm

Von Wasser, Holz bis zu Nahrungsmitteln werden Ressourcen aus den Ökosystemen der Erde bezogen. Das Leben jedes Menschen hängt von dem Zugang zu sauberem Wasser, Nahrung und sauberer Luft ab. Energie wird u.a. benötigt, um die Produktion und den Transport von Gütern zu bewerkstelligen. Unsere soziale Entwicklung wie auch unsere Wirtschaft stehen in unmittelbarer Abhängigkeit von Ökosystemleistungen (Ziele 13, 14, 15, 6).

Insofern müssen Belange unseres Ökosystems in ihrer Wertigkeit vor wirtschaftlichen Belangen bereit werden und nicht umgekehrt, um sich nicht selber auf lange Sicht „das Wasser abzugraben“.

Literaturverweise

- [1] Wikipedia: https://de.wikipedia.org/wiki/Kohle/Tabellen_und_Grafiken
- [2] Greenpeace: <https://www.greenpeace.de/themen/meere/rote-karte-fuer-australien>
- [3] Volker Quaschnig; 6/2015 auf: <https://www.volker-quaschnig.de/datserv/CO2-spez/index.php>
- [4] Frankfurter Rundschau: <http://www.fr.de/panorama/oelpest-korallen-im-roten-meer-in-gefahr-a-524160>; zuletzt abgerufen am 17. 4. 2018
- [5] ORF News: <http://orf.at/stories/2006963/2006961/>; zuletzt abgerufen am 17. 4. 2018
- [6] WWF Österreich: Studie „Energiewende und Gewässerschutz in Oberösterreich“, Seite 32: <https://www.wwf.at/de/energiewende-und-gewaesserschutz/>; zuletzt abgerufen am 17. 4. 2018
- [7] Umweltdachverband: <http://www.umweltdachverband.at/themen/wasser/wasserkraft/wk-planungen/>; zuletzt abgerufen am 17. 4. 2018
- [8] Umweltdachverband GmbH: Gewässer schützen – Wasserkraft nützen; <http://www.umweltdachverband.at/assets/Umweltdachverband/Publikationen/Eigene-Publikationen/Wasserkraftbroschuere-final-WEB.pdf>; zuletzt abgerufen am 17. 4. 2018
- [9] Schutzgemeinschaft Deutscher Wald: <https://www.sdw.de/bedrohter-wald/wald-weltweit/index.html>
- [10] Bundesforschungszentrum für Wald: Klimaschutz in der Forstwirtschaft, Endbericht; https://bfw.ac.at/cms_stamm/050/PDF/holzkette/BFW_Klimaschutz_in_Forstwirtschaft-end.pdf; zuletzt abgerufen am 17. 4. 2018

Quellen und weiterführende Artikel

- Greenpeace Energy EG (2017): Was Strom wirklich Kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten von konventionellen und erneuerbaren Energien. https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/GPE_Studie_StromKosten_WEBV02_DS.pdf
- <https://diepresse.com/home/wirtschaft/international/1340849/Foerderung-fuer-Oel-und-Gas-als-Staatsfeind-Nummer-1>
- <https://www.welt.de/wirtschaft/energie/article141084514/Die-Welt-steckt-mehr-Geld-in-Oel-als-in-Gesundheit.html>
- <https://derstandard.at/2000025585751/G20-foerdern-fossile-Energien-viel-staerker-als-erneuerbare>
- <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Erneuerbare-Energien-Greenpeace-Energy-sieht-hohe-versteckte-Kosten-fuer-Strom-aus-Kohle-und-Atom-3858742.html>
- <https://www.global2000.at/news/oesterreich-gewaehrt-umweltschaedliche-subventionen>
- WIFO (2016): Subventionen und Steuern mit Umweltrelevanz in den Bereichen Energie und Verkehr https://www.global2000.at/sites/global/files/Klimafonds_Summary_0.pdf
- Klima- und Energie Fonds & Erneuerbare Energie Österreich (2016): FAKTENCHECK ENERGIEWENDE 2016/2017 http://www.faktencheck-energiewende.at/jart/prj3/erneuerbare-energien-2015-neu/data/Faktencheck_2016.pdf
- <https://derstandard.at/2000045794885/Billigstrom-fuehrt-zu-Rekordimporten-nach-Oesterreich>
- https://www.igwindkraft.at/?mdoc_id=1029355
- <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/20091013-Subventionen-der-Atomenergie-Deutschland.pdf>
- <http://www.lpb-bw.de/energiewende.html>
- <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/energietraeger/fossileenergie>
- <https://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/20130122-Studie-Point-Of-No-Return-Erderwaermung.pdf>
- <https://www.bmdw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Seiten/Kohle.aspx>

- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Surface_coal_mine_detail,_Gillette,_Wyoming.jpg (Abbildung unter creative commons Lizenz bei Autorennennung frei verfügbar)
- <https://www.bmdw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Seiten/Erdoel.aspx>
- <https://www.americangeosciences.org/critical-issues/faq/what-are-tar-sands>
- <http://www.greenpeace.org/canada/en/campaigns/Energy/tarsands/>
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tar_sands_in_alberta_2008.jpg (Abbildung unter creative commons Lizenz bei Autorennennung frei verfügbar)
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oiled_Bird_-_Black_Sea_Oil_Spill_111207.jpg (Abbildung unter creative commons Lizenz bei Autorennennung frei verfügbar)
- <https://www.polarstern-energie.de/magazin/5-erneuerbare-energien-die-die-energiewende-vorantreiben/>
- <https://www.e-control.at/konsumenten/oeko-energie/klima-und-umwelt/umweltauswirkungen>
- <https://www.welt.de/wirtschaft/energie/specials/strom/article8840239/Das-sind-die-Nachteile-und-Vorteile-von-Oekostrom.html>
- <https://stromliste.at/energiemarkt/erneuerbare-energien/vor-nachteile>
- <http://www.wirtschaft.at/topthema/datum/2017/03/29/die-vor-und-nachteile-von-erneuerbaren-energien/>
- https://www.greenpeace.org/austria/Global/austria/dokumente/Factsheets/urwaelder_agrotreibstoffe_2013.pdf
- <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/kraftstoffe/biokraftstoff1/>
- <http://www.umweltdachverband.at/assets/Umweltdachverband/Publikationen/Eigene-Publikationen/Wasserkraftbroschuere-final-WEB.pdf>
- <https://www.strom-magazin.de/ratgeber/windkraft-auswirkungen-umwelt/>
- https://www.energieland.hessen.de/pdf/faktenpapier_windenergie_und_infraschall_2015.pdf
- <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/biokraftstoffbericht.html>
- <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>
- <https://philosophenstuebchen.wordpress.com/2011/12/14/arbeit-energie-entropie/>

Fragen zu den Lernzielen

- Welche Meilensteine der menschlichen Entwicklung haben zu mehr Energieverbrauch geführt?
- Wie wird sich aller Voraussicht nach die Weltbevölkerung weiterentwickeln?
- Was versteht man unter Zeitalter des Anthropozän?
- Welches sind die fossilen Energieträger und welche Folgen hat ihr massenweiser Einsatz?
- Welches wichtige Ziel wurde im Pariser Klimaabkommen formuliert?
- Wie kann das 2-Grad Ziel erreicht werden und wer ist dafür zuständig?
- Nenne Förderungen für fossile Energieträger.
- Was sind erneuerbare Energieträger und warum werden sie vermehrt eingesetzt?
- Welche negativen Umweltauswirkungen können durch „grüne Energie“ entstehen?
- Kann unsere gesamte Energieversorgung, bei gleichbleibend hohem Energiekonsum auf erneuerbare Energieträger umgestellt werden?
- Was sind die Sustainable Development Goals?