



Das Feuerzeug der Steinzeit

(Quelle: K. Sklenar, Menschen und Tiere der Steinzeit, Müller Verlag 1991)

V. Der Mensch und sein Energieverbrauch

Die Geschichte der Menschheit ist bisher auch eine
Geschichte eines immer weiter zunehmenden
Energieverbrauchs

- 1 Die Entdeckung der Feuernutzung
- 2 Von der Muskelkraft zu mechanischen Energie
- 3 Die Energieträger der industriellen Entwicklung
- 4 Die Änderung der Energiepolitik
- 5 Der Energiewechsel

Hans Langer

2014

1 Die Entdeckung der Feuernutzung

Die Nutzung des Feuers als Energiequelle gilt als entscheidender Schritt in der Entwicklung der Menschheit. Vermutlich fing der *Homo erectus* vor etwa 1,8 Millionen Jahren damit an. Aber wahrscheinlich konnten die Menschen damals das Feuer noch nicht selber entzünden. Das Feuer natürlicher Brände wurde deshalb zunächst z.B. in Feuerstellen am Brennen erhalten. Doch bereits das setzte zielgerichtetes Denken und Handeln voraus sowie das Überwinden der natürlichen Angst vor dem Feuer. Feuer bot dann aber Wärme, Licht und Schutz. Durch Licht und Rauch waren außerdem die Lagerplätze über weite Entfernungen sichtbar und damit wurde auch die Kommunikation der vereinzelt lebenden Gruppen erleichtert. Die Entwicklung des Frühmenschen wäre ohne Feuer undenkbar gewesen, zumal das wachsende Gehirn hoch energetische Nahrung erforderte (TH. EWE 2009). Bei der Zunahme der fleischlichen Nahrung, die mit Veränderungen an Gebiss und Gehirn belegt ist, war daher die Verwertung dieser Nahrung durch Garen wesentlich effizienter. Denn der Garprozess verändert Fleisch grundlegend, die Nährstoffe können enzymatisch aufgeschlossen werden, das Fleisch wird bekömmlich und nahrhaft (R. N. CARMODY, R. W. WRANGHAM 2009; CHR. FUCHS 2014).

Inzwischen gibt es zahlreiche gesicherte Feuerstellenfunde. Für die Wonderwerk-Höhle in Südafrika wurde z.B. eine mehr als 1 Million Jahre alte Feuerstelle dokumentiert (P. B. BEAUMONT 2011; SPIEGEL online 03.04.2012). Eine als sicher geltende Feuerstelle mit verbrannten menschlichen Nahrungsresten liegt auch von Gesher Benot Ya'akov im Norden Israels vor, die mit *Homo erectus* in Verbindung gebracht wird und etwa 790.000 Jahre alt sein soll (N. GOREN-INBAR et al. 2004; CHR. FUCHS 2014). Das gleiche gilt z.B. auch für Feuerstellen aus der englischen Beeches Pit (R. C. PREECE et al. 2006) und dem niedersächsischen Schöningen (H. THIEME 1999). Es wird davon ausgegangen, dass die Besiedelung des nordalpinen Europas durch den späten *Homo erectus* in Europa nur mit Hilfe von Feuernutzung möglich war (J. A. J. GOWLETT 2006; CHR. H. WUNDERLICH 2006; CHR. FUCHS 2014; WIKIPEDIA (09.05.2014) - Neolithische Revolution).

Nicht nur die Nutzung sondern insbesondere die zunehmende Beherrschung des Feuers war ein weiterer wichtiger Schritt bei der Menschwerdung. Die Erzeugung von Feuer zählt zu den ältesten Kulturtechniken. Die Entdeckung, dass Funken ein Feuer entzünden können, ist wohl mehr dem Zufall zu verdanken. Möglicherweise entstanden bei der Steingeräteherstellung plötzlich Funken, weil der Schlagstein aus Schwefelkies bestand, und diese Funken konnten leicht brennbares Material entzünden. Feuerschlagen ist jedenfalls die einzige belegte Methode der steinzeitlichen Feuererzeugung in Europa (CHR. FUCHS 2014). Die aus einer Brandschicht der württembergischen Vogelherdhöhle beschriebene Schwefelkies-Knolle gilt vermutlich als Teil des ältesten steinzeitlichen Feuerbestecks, das dem Aurignacien zugeordnet und auf rd. 32.000 Jahre datiert wird (G. RIEK 1934; F. SEEBERGER 1977; J. WEINER, H. FLOSS 2004). Entsprechende altsteinzeitliche Belege gibt es z.B. auch aus Laussel (Schichtzuordnung Solutréen?) (D. STAPERT, L. JOHANSEN 1999) und aus dem belgischen Chaleux (Magdalénien) (J. WEINER, H. FLOSS 2004). Häufige Funde solcher „Feuerschlag-Sets“ stammen dann aus dem Mesolithikum (D. STAPERT, L. JOHANSEN 1999).

Eindeutig bestimmbare Feuerschlagsteine aus Feuerstein und Zunderfunde belegen eine ungebrochene Tradition des Feuerschlagens in Europa. Auch wenn der Schwefelkies als Funkenspender, der Feuerstein und auch der Funkenfänger später teilweise durch andere Materialien ersetzt wurden, blieb das Schlagfeuerzeug bis zur Erfindung der Streichhölzer 1827 und auch darüber hinaus in Benutzung (CHR. FUCHS 2014).

Die Verwendung von Flächenbrand als Hilfe bei Treibjagden kann nur vermutet werden, archäologische Indizien dafür gibt es nicht. Feuer als Flächenbrand wurde vermutlich erst ab dem Neolithikum gezielt zu Rodungszwecken eingesetzt, um Agrarflächen zu schaffen.

2 Von der Muskelkraft zur mechanischen Energie

2.1 Die menschliche Muskelkraft

Den größten Teil ihrer Geschichte war die Menschheit auf ihre **Muskelkraft** angewiesen. Vorgeschichtliche Jäger, Sammler und Fischer (Wildbeuter) waren fast ausschließlich von der Energie ihrer Nahrung und damit von der Wirksamkeit der menschlichen Muskelkraft abhängig. Diese wurde allerdings schon früh durch Werkzeuge/Waffen erhöht.

Erst nach dem Ende der Eiszeiten ging der Mensch in verschiedenen Gebieten der Erde zur Landwirtschaft über, zu einer neuen Form, sich die Erde nutzbar zu machen. „*Die ältesten Belege für Landwirtschaft stammen aus dem „fruchtbaren Halbmond“ in Vorderasien, unabhängig davon entstand die Landwirtschaft auch im westindischen Hochland, in China, Mittelamerika, den Anden und in Afrika*“ (J. PAEGER 2006-2013) (Abb. 1). Mit der Landwirtschaft konnten wesentlich mehr Menschen ernährt werden. Zugleich wurde diese zur Grundlage für die ersten großen Zivilisationen und des größten Teils der darauf folgenden Geschichte des Menschen. Sie war auch der Beginn der großräumigen Umweltveränderung durch den Menschen.

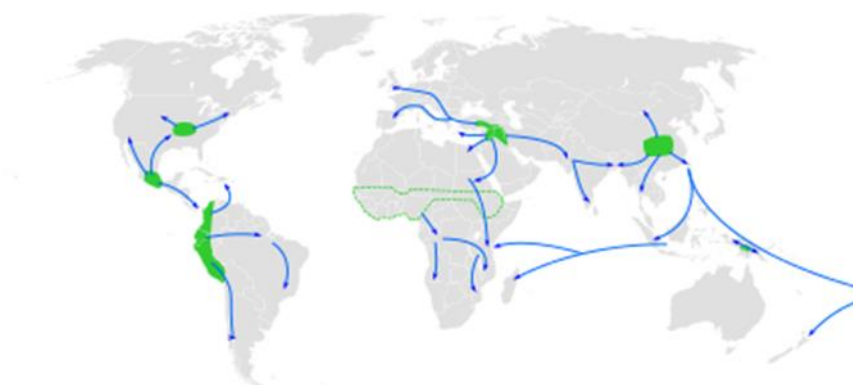


Abb. 1 Zentren der Landwirtschaft und ihre Ausbreitung

Die Karte zeigt die ungefähren Zentren der Landwirtschaft und ihre Ausbreitung: Fruchtbare Halbmond (9000 v. Chr.), China (7000 v. Chr.), Neuguinea (7000-6000 v. Chr.), Mexiko (3000-2000 v. Chr.), Südamerika (3000-2000 v. Chr.), Afrika südlich der Sahara (3000-2000 v. Chr., das genaue Gebiet ist unbekannt), Nordamerika (2000-1000 v. Chr.)

(Quelle: WIKIPEDIA (09.05.2014) - Neolithische Revolution)

Tiefgreifend waren die Auswirkungen der Landwirtschaft auf das Selbstverständnis des Menschen. Aus dem frei schweifenden Jäger wurde ein Mensch, der sich nun „*im Schweiß seines Angesichts*“ seine Nahrung erarbeiten musste; ein Mensch, der sich von der Aussaat bis

zur Ernte um seine Pflanzen sorgen musste, die er aber auch erbittert verteidigte (J. PAEGER 2006-2013).

2.2 Die Muskelkraft von Haustieren

Mit der Erfindung der Landwirtschaft machte der Mensch sich auch die **Muskelkraft von Haustieren** nutzbar. Sie wurde neben der menschlichen Arbeit zur wichtigsten Energiequelle in der Landwirtschaft und auch für den Transport von Waren. Für lange Zeit wurden Ochsen und Kühe bevorzugt, die als Wiederkäuer keine Nahrungskonkurrenten für den Menschen darstellten, die Zellulose nutzen, also von Gras und Stroh leben konnten. Ein Ochse lieferte außerdem Fleisch und Leder und konnte den Pflug ziehen. Das anspruchsvollere Pferd wurde erst mit der Erfindung und Verbreitung des Kummets ab dem 12. Jahrhundert zunehmend als Zugtier eingesetzt. In Südeuropa wurden bevorzugt die anspruchsloseren Esel und Maultiere genutzt (J. PAEGER 2006 - 2013).

2.3 Die mechanische Energie

Eine Weiterentwicklung ergab sich, als der Mensch seine eigene Arbeitskraft und die der Tiere durch andere Energieträger zu ersetzen begann. Denn im Laufe der Zeit nutzte er auch die **mechanische Energie des Wassers und des Windes**.

2.3.1 Die mechanische Energie des Wassers

Energie durch **Wasserkraft** wird durch fließendes Wasser erzeugt. Grundsätzlich gibt es zwei Arten der Energiegewinnung aus Wasserkraft: durch Laufkraftwerke und Speicherkraftwerke. Die Laufkraftwerke nutzen große Flüsse (kinetische Energie) und sind ständig in Betrieb. Speicherkraftwerke nutzen das große Höhengefälle (kinetische Energie) zwischen Stausee (potentielle Energie) und Wasserwerk.

Die Geschichte der Wasserkraft reicht zeitlich weit zurück. Historiker schätzen, dass die Wasserkraft in China schon vor 5.000 Jahren zur Anwendung kam. In anderen alten Kulturen, am Nil, Euphrat und Tigris sowie am Indus, wurden vor 3.500 Jahren Wasserschöpfpräder zur Bewässerung der Felder eingesetzt. Etwa im 2. Jh. v. Chr. wurde die Archimedische Schraube erfunden, die bis heute noch genutzt wird. Den Römern dienten Wasserräder schon um 100 n. Chr. zum Antrieb von Mahlmühlen. Nach dem unterschlächtigen Wasserrad folgte die nächste entscheidende Entwicklung mit der Nutzung des oberflächtigen Wasserrads. Hier wurde nicht nur die Bewegungsenergie des Wassers, sondern auch sein Gewicht genutzt (Abb. 2).

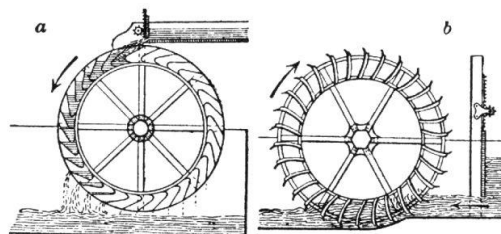


Abb.2 a) Oberschlächtiges b) Unterschlächtiges Wasserrad

(Quelle: BROCKHAUS' KLEINES KONVERSATIONS-LEXIKON, fünfte Auflage, Band 2. Leipzig 1911)

Bereits im 4. Jhd. n. Chr. lassen sich in Deutschland die ersten Wassermühlen nachweisen. Ab dem 12. Jahrhundert waren diese Wassermühlen, u.a. als Säge- und Mahlmühlen, in ganz Mitteleuropa weit verbreitet. Das erste Wasserrad aus Gusseisen stellte dann JOHN SMEATON 1767 her. Der Einsatz solcher Wasserräder ermöglichte eine höhere Belastbarkeit und auch größere Leistungen (W. MÜLLER 1899). Nach und nach wurde die Nutzung der Wasserkraft auch auf andere Produktionszweige ausgedehnt. Papier-, Säge-, Öl- und Schleifmühlen, Hammerwerke und wassergetriebene Pumpwerke entstanden. Der wirtschaftliche Aufschwung verschaffte dem Wasserrad bis zum 19. Jahrhundert eine herausragende Stellung als Antriebsquelle. Mit Beginn der Industrialisierung wurden Wasserräder dann zunehmend auch für den Antrieb von Maschinen, im Bergwerkswesen für Materialtransport und Entwässerung der Gruben benutzt. Im 19. Jahrhundert kamen erstmals auch Wasserturbinen zum Einsatz (H. HENNE 1903), wodurch immer größere Wassermengen und immer höhere Gefälle nutzbar wurden, was wiederum zu einer weiteren Steigerung der Leistungsfähigkeit im Vergleich zu Wasserrädern führte. Mit der Erfindung des Generators 1866 durch WERNER VON SIEMENS wurde schließlich auch die Umwandlung von Wasserkraft in elektrischen Strom möglich. 1880 wurde das erste Wasserkraftwerk im englischen Northumberland in Betrieb genommen. Das erste Wasserkraftwerk Deutschlands wurde von KONRAD FISCHER in Bad Reichenhall am 15. Mai 1890 in Betrieb genommen (T. SCHMIDBERGER 1984; WIKIPEDIA - Wasserkraft 28.04.2014).

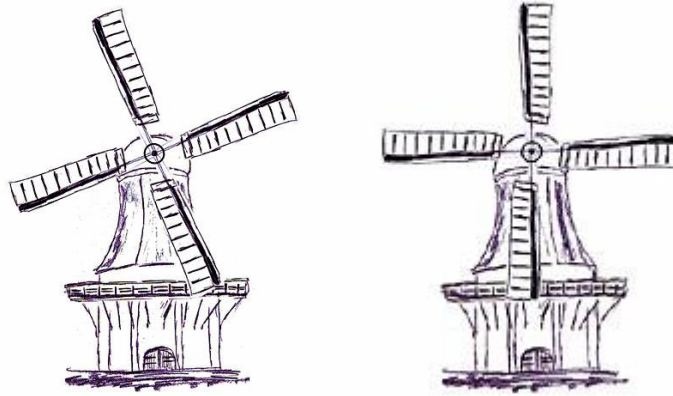
2.3.2 Die mechanische Energie des Windes

(1) Die mechanische Arbeit

Die **Windkraft** ist eine Energiequelle, bei der die kinetische Energie bewegter Luftmassen der Atmosphäre technisch genutzt wird. Die Windenergie ist eine der ältesten vom Menschen genutzten Energieformen. Mit Hilfe von Windmühlen wurde vor allem mechanische Arbeit wie das Mahlen von Getreide und das Pumpen von Wasser durchgeführt.

Die ältesten Windmühlen sind aus Persien (zum Getreidemahlen), Tibet (als Gebetsmühlen) und China (zum Wasserpumpen) bekannt (CECCARELLI M., YAN H.-S. 2008).

Horizontalwindmühlen gehören wegen ihrer einfachen und robusten Bauweise zu den ältesten bekannten Mühlen. Lange vor den heute üblichen Windmühlen mit horizontaler Achse wurden sie von den Chinesen (Chinesische Windmühle mit horizontaler Achse), den Persern (Persische Windmühle mit vertikaler Achse) und anderen Hochkulturen verwendet. (WIKIPEDIA - Vertikalrotor 18.03.2014). In Europa wurden seit dem 12. Jahrhundert Windmühlen mit horizontal liegender Rotordrehachse gebaut, was bis heute das grundlegende Prinzip auch moderner Windkraftanlagen ist (Abb. 3).



Freudiger Anlass

Feierabend

Abb. 3 Windmühlen mit Signalstellung der Flügel

(Quelle: PLANET-Wissen.de 11.08.2014) -. Flügelsignale)

Bedingung für die Nutzung der Wasserkraft ist die Voraussetzung, dass ein Gewässer mit ausreichendem Gefälle vorhanden ist und das auch in Trockenperioden genügend Wasser führt. Da diese Bedingungen im Flachland vielerorts nicht erfüllt sind, dort hingegen der Wind oft stärker und gleichmäßiger bläst, hat sich in den bergigeren Regionen die Wassermühle, in den küstennahen, flachen Regionen die Windmühle als vorherrschender Mühlentyp etabliert (A. BETZ 1926; M. MENDE 1963).

Während der einsetzenden Industrialisierung wurden die Windmühlen weiter verbessert. Außer zum Mahlen wurden sie jetzt auch zum Dreschen, Wasserpumpen oder -schöpfen, zum Sägen sowie Hämmern oder Klopfen (Walken) eingesetzt. In einigen windbegünstigten Regionen, wie z.B. Dänemark, den Niederlanden und Norddeutschland, entstanden so Landschaften, die stark von der gewerblichen Windenergienutzung geprägt wurden.

Mit der Dampfmaschine und später den Verbrennungs- und Elektromotoren traten starke Konkurrenten auf, die schließlich im 20. Jahrhundert die klassische Windenergienutzung weitestgehend verdrängten.

(2) Die Fortbewegung durch Wind

Der Windenergie kam neben der mechanischen Arbeit auch eine wichtige **Funktion bei der Fortbewegung** zu, zunächst mit Segelschiffen und deutlich später auch für die Luftfahrt mit Ballons.

(A) Die Segler

Die Fortbewegung eines Segelschiffes oder Segelbootes unter Nutzung der Windenergie wird segeln genannt. Für den Handel, den Transport, die Kriegsführung und den Fischfang hatten Segelschiffe Jahrhunderte lang eine große Bedeutung. Maschinen getriebene Schiffe verdrängten Ende des 19. Jahrhunderts die Segelschiffe. Segeln wird Heutzutage in den Industrieländern fast nur noch als Wettkampfsport oder Freizeitaktivität betrieben. Kriegs- und Handelsmarine nutzen Segelschulschiffe zur Ausbildung.

„Der älteste Nachweis eines Segels ist eine Felszeichnung in der nubischen Wüste, die um ca. 5000 v. Chr. entstand, und die Darstellung auf einer ägyptischen Totenurne aus Luxor“ (WIKIPEDIA - Entwicklungsgeschichte des Segelschiffs 09.11.2013). Im Südchinesischen Meer wurden ca. 3.000 Jahre v. Chr. zur Besiedlung Polynesiens Auslegerkanus entwickelt. Etwa 1.000 Jahre v. Chr. haben die Griechen zwei Grundtypen von seegängigen Segelschiffen gebaut: ein Lastschiff mit geräumigem Rumpf und großem Rahsegel sowie die Galeere mit mittelgroßem Rahsegel, die bei Flaute oder einer Seeschlacht mit Riemen gerudert wurde. Um die Zeitenwende nutzten auch die Römer kombinierte Ruder- und Segelschiffe für Kriegs- und Handelszwecke.

Langschiffe, also Schiffe, die in ihren Relationen viel länger als breiter sind, wurden von den Angelsachsen entwickelt, die damit über die Nordsee nach England segelten. Im 6. und 8. Jh. n. Chr. wurde dieser Schiffstyp von den Wikingern zu einem schnellen Segler für ihre Raubzüge perfektioniert.

Nach dem Ende der Wikingerzeit im Norden wurde von den Hansekaufleuten aus den breiten und offenen Handelsschiffen ihre berühmte Handelskogge entwickelt. Sie hatte nur einen Mast und bildete das Rückgrat für den Fernhandel der Hanse. Gegen Ende des Mittelalters wurden dann zwei- und dreimastige Schiffe gebaut. In Spanien und Portugal entstand aus diesen Schiffstypen die Karavelle (Abb. 4). Mit diesem Schiffstyp unternahmen CHRISTOF KOLUMBUS, FERDINAND MAGELLAN und VASCO DA GAMA ihre Entdeckungsreisen.

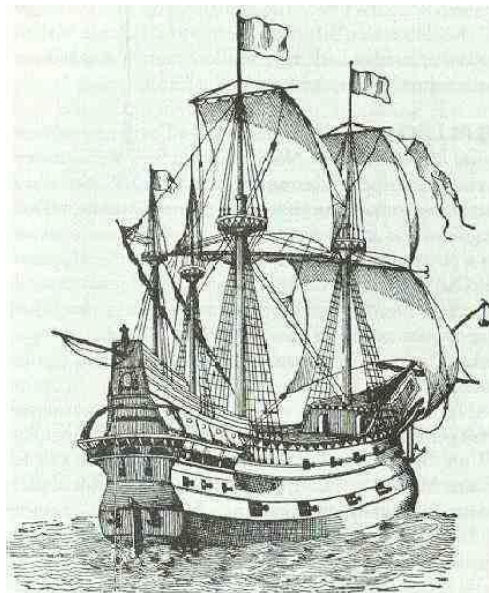


Abb. 4 Die Karavelle

Der erfolgreichste Schiffstyp des späten Mittelalters bis hinein in die Neuzeit

(Quelle: <http://www.palatina-sul-aqua.de/Schiffsklassen>)

Im 17. Jahrhundert wurden Segelschiffe erstmalig für den Linienverkehr eingesetzt. Die Segelschiffarten wurden immer ausdifferenzierter und spezialisierter. Fregatten wurden beispielsweise als Kriegsschiffe genutzt, die sogenannten Klipper hingegen als Handelsschiffe. Immer ausgefeiltere Besegelungen wurden entwickelt, zudem wurden die Schiffe schlanker, hatten mehr Tiefgang und konnten höher am Wind gesegelt werden. Mit der Verwendung von Eisen/1890 und Stahl als Baumaterial begann das Zeitalter der Windjam-

mer/Großseglertypen. Dampf- und später Motorschiffe, die manövrierfähiger und wirtschaftlicher waren, haben die Segelschiffe, mit wenigen Ausnahmen als Luxusliner, ersetzt (SEGELN-WISSEN.de o.J.; H. METTELSIEFEN 20.12.2011; WIKIPEDIA - Entwicklungsgeschichte des Segelschiffs 09.11.2013).

(B) Die Ballonfahrer

In Europa beginnt die Geschichte der Ballonfahrt nicht zuletzt mit dem Multigenie LEONARDO DA VINCI. Der ließ bereits 1513 zu Ehren der Amtseinführung von Papst LEO X heißluftgefüllte Heiligenfiguren aus Papier oder Leinwand in die Luft steigen (PLANET Wissen 2014 - 2).

Der britische Naturforscher HENRY CAVENDIS bestimmte nicht nur die spezifische Wärmehalt zahlreicher Stoffe, die Gravitationskonstante und die Zusammensetzung der Luft, sondern erkannte 1766 auch, dass Ballons prinzipiell mit Wasserstoffgas gefüllt werden können.



Abb. 5 Erster Heißluftballon der Brüder Montgolfier, 1783

(Quelle: [de.wikipedia.org/wiki/Montgolfière](https://de.wikipedia.org/wiki/Montgolfi%C3%A8re))

Die französischen Brüder ÉTIENNE JACQUES und MICHEL JOSEPH DE MONTGOLFIER erfinden 1783 den Heißluftballon (Abb. 5). Aus der Beobachtung, wie Papierfetzen in Feuerrauch aufsteigen, folgerten sie, dass ein mit Rauch gefüllter Ballon ebenfalls aufsteigen muss. Zunächst lassen sie am 05.06.1783 einen Ballon aufsteigen, dessen Luft über die untere Öffnung des Ballons durch ein stark rauchendes Feuer aus Wolle und feuchtem Stroh erhitzt wurde. Noch im September desselben Jahres veranstalteten sie eine weitere Testfahrt, dieses Mal mit Tieren an Bord, einem Schaf, einem Hahn und einem Erpel. Am 21.11.1783 unternahmen der Physiker PILÂTRE DE ROZIER und ein Offizier mit einer Montgolfiere die erste bemannte Ballonfahrt.

Angeregt durch die Brüder Montgolfier entwickelte JACQUES CHARLES Gasballone und führt am 01.12.1783 die erste bemannte Gasballonfahrt durch. Eine makabre Verwendung erfuh-

ren Gasballone vor allem im ersten Weltkrieg als Beobachtungs- und Sperrballone (PLANET WISSEN 2014 - 1; PLANET WISSEN 2014 - 2; WIKIPEDIA - Chronologie der Luftfahrt 22.05.2014).

(C) Die Luftschiffer

Die Luftschiffe stellen eine Kombination aus Ballon und Flugmaschine dar. „*Luftschiffe bestehen aus einem meist aerodynamisch geformten Auftriebskörper, der das Traggas enthält. An ihm sind je nach Bauart eine oder mehrere Gondeln befestigt. In dieser Gondel, bei einigen großen Luftschiffen auch innerhalb des Auftriebskörpers, ist Platz für die Besatzung, Passagiere, Frachtgut und die Aggregate. Triebwerke sorgen für eine Vortriebskraft, mit Leitwerken wird gesteuert*“ (WIKIPEDIA - Luftschiff 30.05.2014).

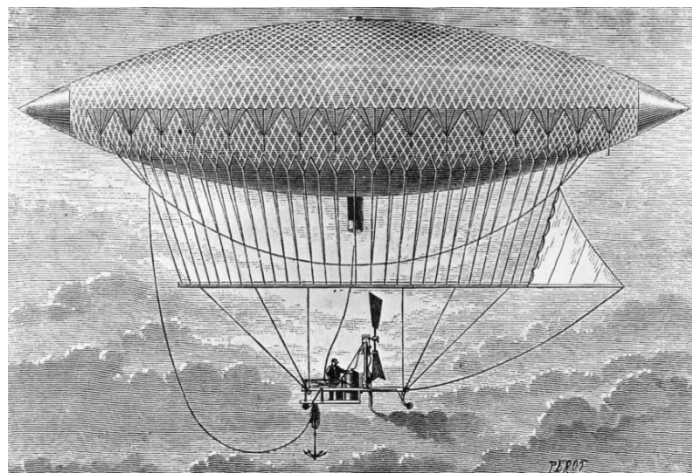


Abb. 6 C

(Quelle: SÜDDEUTSCHE de/md Ballons und Luftschiffe)

Das erste wirkliche Luftschiff wurde von HENRI GIFFARD gebaut (Abb. 6). Es „*wurde durch eine 2,2 kW (3 PS) starke Dampfmaschine, die nur 45 kg wog, angetrieben*“ und „*führte seine Jungfernfahrt am 24. September 1852, rund 50 Jahre vor dem ersten Motorflug eines Flächenflugzeugs, durch ... 1884, bauten die Hauptleute der französischen Luftschifferschule CHARLES RENARD und ARTHUR C. KREBS ein Elektroluftschiff mit Akkubetrieb*“ (WIKIPEDIA - Luftschiff 30.05.2014). Die bekannteste Persönlichkeit in der Luftschiffahrt ist jedoch FERDINAND GRAF VON ZEPPELIN. Sein erstes Luftschiff LZ 1 stieg am 02.07.1900 am Bodensee zu seiner Jungfernfahrt auf. „*Die größten Luftschiffe überhaupt waren die Zeppeline LZ 129 'Hindenburg' und sein Schwesterschiff LZ 130 'Graf Zeppelin II' mit 245 Metern Länge, einem Rumpfdurchmesser von über 40 Metern und einem Fassungsvermögen von rund 200 000 Kubikmetern Wasserstoff-Traggas. Die Hindenburg konnte 50-70 Passagiere über eine Strecke von 17 500 Kilometern befördern*“ (WIKIPEDIA - Luftschiff 30.05.2014). Bei der Landung in Lakehurst/USA am 06.05.1937 ging die Hindenburg jedoch in Flammen auf. Mit dem großen Unglück von LZ129 Hindenburg endete letztlich die Ära der Starrluftschiffahrt und Motorflugzeuge begannen die transkontinentalen Lufttrouten zu erschließen. Die Haupteinsatzgebiete heutiger Luftschiffe sind touristische Rundfahrten, Luftwerbung und Überwachungsaufgaben.

3 Die Energieträger der industriellen Entwicklung

3.1 Die Entwicklung

Die Industrialisierung begann im ausgehenden 18. Jahrhundert in England und verbreitete sich von dort im 19. Jahrhundert nach Europa und die USA. Die Industrialisierung hat das Leben der Menschen - wenigstens in den Industriestaaten, aber auch in den Entwicklungsländern - so radikal verändert, wie zuvor wohl nur die neolithische Revolution, als aus Wildbeutern Bauern wurden.

Die Frage aber ist, warum begann die Entwicklung in England und zu diesem Zeitpunkt? Warum in Europa und nicht in anderen Teilen der Welt?

Die Industrialisierung in England gilt als Reaktion auf zunächst zwei regionale Besonderheiten: Knappheit von Arbeit bzw. hohe Löhne und gleichzeitig die extrem preiswerte Energie, aus den nahe der Industriegebiete gelegenen Kohle- und Rohstoffvorräten (R. C. ALLEN 2009; UNI-PROTOKOLLE 25.10.2015). Die Suche galt *„einer Möglichkeit, den Mangel an billigen Arbeitskräften auszugleichen. Ihre Lösung war der Einsatz der preiswertesten Energiequelle, die zur Verfügung stand - der Kohle ... Teure Arbeit wurde durch den Einsatz preiswerter Energie ersetzt - die Dampfmaschine ersetzte Körperkraft“* (G. BÖKENKAMP 20.09.2009). Es ist *„eine Periode sozialer und technologischer Veränderungen in der die Dampfenergie als Grundlage der Energieerzeugung an Stelle von Wasser - und Windenergie Einzug hielt“* (UNI-PROTOKOLLE 25.10.2015). Die Energiekapazitäten der bisherigen Mühlen und Manufakturen konnten mit der Dampfenergie nicht konkurrieren. An Stelle der durch Muskelenergie von Tier bzw. Mensch oder von Wind- und Wassermühlen erzeugten Energie wurden durch die Dampfmaschine von JAMES WATT (Abb. 7) neue Möglichkeiten geschaffen. Die Umsetzung der Dampfenergie in mechanische Kraft ermöglichte Fabrikssysteme als neue Produktionsweise. *„Kurz nach der Entwicklung der Dampfmaschine wurde die Dampflokomotive "Rocket" von GEORGE STEPHENSON erfunden sowie das erste Dampfschiff von ROBERT FULTON“* (UNI-PROTOKOLLE 25.10.2015). Mit Lokomotiven und Dampfern konnten Waren über Land und Meer sehr schnell und innerhalb einer berechenbaren Zeit transportiert werden.

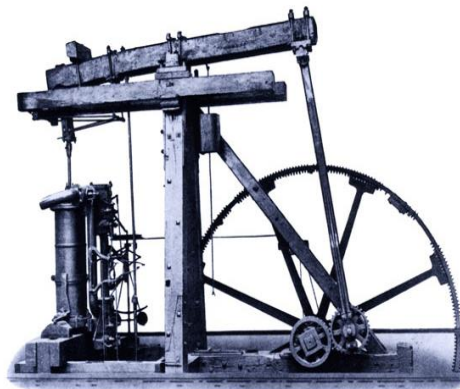


Abb. 7 Die Betriebs-Dampfmaschine von JAMES WATT

(Quelle: DEUTSCHES-MUSEUM.de/ Dampfmaschine)

Diese Erfindungen zeitigten große soziale Umwälzungen und der Übergang zur Industrialisierung verlief durchaus widersprüchlich. So kam es z.B. In England anfangs zur Erhebung der

Arbeiter (Maschinenstürmer), die ihren Lebensunterhalt bedroht sahen und teilweise mit Gewalt und Sabotage von Fabriken dagegen vorgingen (UNI-PROTOKOLLE 25.10.2015)).

Die Entwicklung begann mit dem fossilen Energieträger Kohle. Weitere Energieträger, die später hinzukamen, wie Erdöl und Erdgas, vervielfachten erneut die Möglichkeiten der Energienutzung und trugen entscheidend dazu bei, dass sich der materielle Wohlstand im reichen Teil der Welt vergrößerte. Sie ermöglichten eine zunehmende Technisierung und Industrialisierung der Gesellschaften, bewirkten den rapide anwachsenden Ausstoß an Gütern und waren Energiequelle für den Verkehr. Mit der Umwandlung in die vielseitige Energieform Strom wurden schließlich auch die Informations- und Kommunikationstechnologien sowie die automatisierten Produktionsprozesse möglich, die für moderne Gesellschaften bezeichnend sind.

Als zu dem fossilen Energieträger im engeren Sinne das Phänomen der Kernspaltung entdeckt (O. HAHN, F. STRAßMANN sowie L. METNER, O. FRISCH 1938), die Frage nach der technischen Nutzbarkeit gestellt (S. FLÜGGE 1939) und vier Jahre später in Chicago der erste Energie liefernde Uranreaktor in Betrieb genommen wurde, wuchs die Begeisterung für diese Technologie. Da die Kernspaltungsreaktion so gesteuert werden kann, dass die Energiefreisetzung selbsterhaltend als eine kontinuierliche Kettenreaktion abläuft, schien die Energiequelle der Zukunft gefunden zu sein (W. GERLACH 1956).

3.2 Die Veränderung der natürlichen Umwelt

Doch inzwischen hat sich sehr deutlich herausgestellt, dass die Erschließung und Nutzung der neuzeitlichen Energiequellen Kohle, Erdöl, Gas und Uran ebenso eine gefährliche Kehrseite haben.

3.2.1 Die Anthroposphäre

Mit **Anthroposphäre** wird generell der durch den Menschen geprägt Bereich bezeichnet, die von ihm beeinflusste, genutzte und gestaltete Lebensumwelt. Dort findet raumrelevantes Handeln statt mit inzwischen global wirksamen strukturellen, stofflichen und energetischen Einflüssen und Veränderungen. Veränderungen im irdischen Ökosystem - aus welchem Grund sie auch entstehen - sind für das System selbst kein Problem. Denn das Überschreiten systemimmanenter Grenzen ist letztlich nur Ausgangspunkt für Prozesse, die zu neuen, anders ausgeprägten Zuständen führen. **Aus Sicht des Menschen werden diese Veränderungen aber zum Problem, wenn dabei seine Lebensgrundlagen betroffen sind, und geraten zur Katastrophe, wenn dadurch existentielle Voraussetzungen im menschlichen Lebensraum zur Disposition stehen.**

Für den Einfluss einer Gesellschaft auf die räumliche Umwelt sind als Ausgangspunkte zwei wechselseitig wirkende Sachverhalte wesentlich

- die Größe der Bevölkerung;
- die Art und der Umfang des Energieeinsatzes.

Bereits J. HUXLEY (1956) bezeichnete das offenkundige Wachstum der Weltbevölkerung als „*das Problem unseres Zeitalters*“ (Abb. 8). Die Weltbevölkerung 2013 umfasst knapp 7,2 Mil-

liarden Menschen. Die Projektionen für 2025 werden mit 8,09 Milliarden, die für 2050 mit 9,7 Milliarden angegeben (DSW-DATENREPORT 2013).

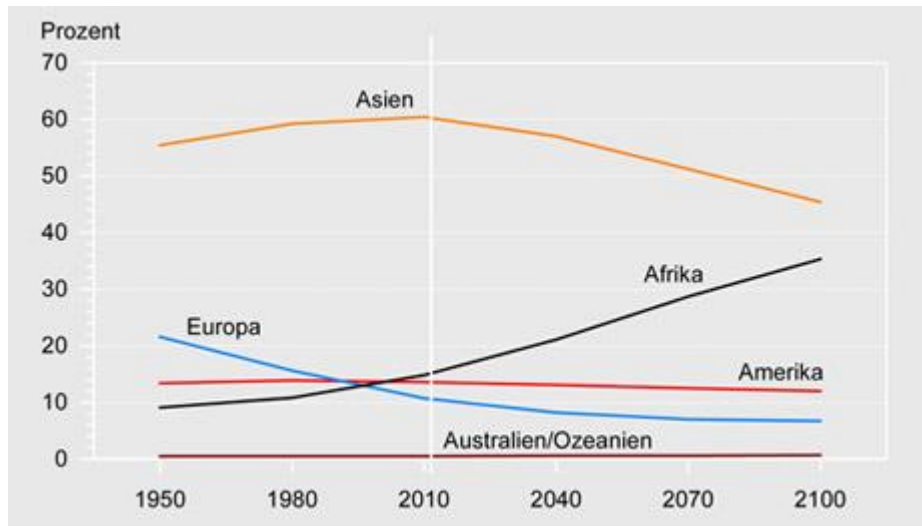


Abb. 8 Die Entwicklung der Weltbevölkerung nach Kontinenten, 1500 bis 2100
(Datenquelle: BiB-demographie.de/Anteil-Weltbevölkerung nach UN Population Division 2011),

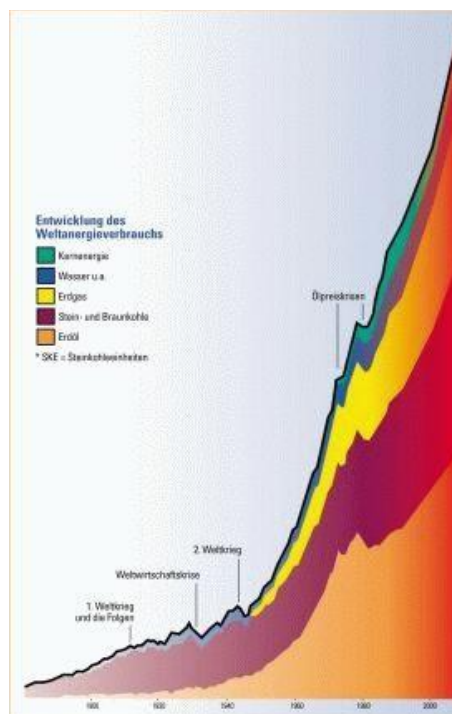


Abb. 9 Weltweiter Energieverbrauch
(Quelle: www.energieverbraucher.de/de/weltweit.../NewsDetail__2015)

Der weltweite Energieverbrauch hat in den letzten 100 Jahren exponentiell zugenommen (Abb. 9). Trotz der Bemühungen über Effizienzverbesserungen und Energieeinsparung den Energieverbrauch zu senken, wird die Energienachfrage bis 2030 drastisch steigen. Nicht nur

der Energiehunger aufstrebender Länder wird dazu führen, dass diese Entwicklung so weitergeht. Die von BP London vorgestellte Fachanalyse „BP-Energy Outlook 2030“ bestätigt diesen Trend. *„Verantwortlich für diese Entwicklung sind vor allem der Nachholbedarf, die wirtschaftliche Entwicklung und der hohe Bevölkerungsanstieg in den Schwellenländern und hier insbesondere in den aufholenden Volkswirtschaften wie China und Indien. In den OECD-Ländern, also den Staaten mit einem hohen Pro-Kopf-Einkommen, wird hingegen der Verbrauch um lediglich vier Prozent zulegen“* (G. SPAHN 2012). Auf eine vergleichbare Entwicklung weisen auch die Daten von CRP 2014 hin. Dabei wird deutlich, dass der globale Energieverbrauch bis 2035 mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit um ein Drittel des heutigen Verbrauchs zunehmen wird. Etwa die Hälfte dieser Zunahme dürfte allein auf zwei Länder entfallen - China und Indien (CRP 13.04.2014).

3.2.2 Die Fossilen Energieträger

Als **Reserve** wird der bestätigte Teil des Gesamtpotentials eines Energieträgers verstanden, der mit den derzeitigen technischen Möglichkeiten wirtschaftlich gewonnen werden kann. Als **Ressource** gilt der Teil des Gesamtpotentials eines Energieträgers, der entweder nachgewiesen oder geologisch noch nicht genau erfasst ist, aber derzeit technisch und wirtschaftlich nicht erschließbar ist (2013 WEG).

In den für uns Menschen relevanten Zeiträumen können keine neuen fossilen Energien mehr entstehen, sie sind nicht erneuerbar. *„Prognosen über die genauen Reichweiten der verschiedenen fossilen Energieträger sind schwierig, da Aussagen über die Entwicklung von Nachfrage und Angebot sowie zu noch nicht entdeckten Lagerstätten unsicher sind. Klar hingegen ist, dass die Preise bei knapper werdendem Angebot steigen werden“* (BFE 13.06.2012). *„Dennoch geht man heute davon aus, dass die Reichweite des Erdöls bei gleich bleibendem Verbrauch noch rund 40 bis 50 Jahre, diejenige von Erdgas rund 70 Jahre und die Reichweite der Kohlereserven mehr als 200 Jahre beträgt“* (BFE 13.06.2012). Die WiWo 04.11.2013 berichtet von einer aktuellen Studie von Siemens und der Technischen Universität München, wonach die fossilen Energieträger noch 100 Jahr reichen werden. Doch rasch wachsende Volkswirtschaften wie China und Indien sorgen für einen stetigen Anstieg der globalen Nachfrage.

Die gesteigerte Nachfrage in den Verbraucherländern und politische Entwicklungen in den Förderländern beeinflussen Preisbildung und Liefermöglichkeiten dieser Energieträger. Aber noch entscheidender für technisch-industriell orientierte Gesellschaften ist es, dass die Depots sich verbrauchen und die Vorkommen sich erschöpfen werden. Der mit Sicherheit absehbare Rückgang der Verfügbarkeit dieser Energieträger signalisiert schon seit langem dieses eklatante Problem, das allerdings aus politisch-wirtschaftlichem Interesse bislang verdrängt und dem nicht ernsthaft begegnet wird.

3.2.3 Die Kernenergie

Das Phänomen der Kernspaltung eröffnete nicht nur die Möglichkeit einer zivilen Nutzung, sondern ebenso die Möglichkeit, durch eine unkontrollierte Kettenreaktion eine Waffe von

unglaublicher Zerstörungskraft zu bauen. **Die Kernspaltung ist eine von Grund auf Leben bedrohende Technologie.**

Durch die Atombombenabwürfe in Hiroshima und Nagasaki wurde in Japan der 2. Weltkrieg beendet. Die furchtbaren Folgen der Bomben sollten ein ewiges Mahnmal bleiben (J. R. OPPENHEIMER 1955). Ganz offensichtlich verblasste aber die Erinnerung an die Atombombenabwürfe in Japan, trotz der für die Bevölkerung so verheerenden Folgen. Die mit wachsendem Energiebedarf verbundene Entwicklung forcierte vielmehr die zivile Nutzung der Kernspaltung als ergiebige, angeblich sichere und zukunftssträchtige Technik. Das führte bis in die 1980er Jahre zu einer steten weltweiten Zunahme der Kernkraftwerke. Doch am 26.04.1986 ereignete sich ein GAU im Kernkraftwerk Tschernobyl nahe der ukrainischen Stadt Prypjat, verbunden mit einer großräumigen, überregionalen Kontamination. Deren Folgen sind bis heute nicht absehbar. Doch die Erinnerung an die Risiken einer Kernenergiegewinnung zählte plötzlich nicht mehr. Treibende Kraft war wiederum der zunehmende Energiebedarf wachsender Volkswirtschaften. Kernkraftwerke seien hochverfügbare Leistungsträger und gelten daher als klassische Grundlastkraftwerke. Am 11.03.2011 erfolgt allerdings zum dritten Mal eine einschneidende Zäsur. Ein Magnitude-9-Erdbeben vor der Ostküste Japans und der darauf folgende Tsunami lösten eine dramatische Situation im Reaktorkomplex Fukushima Daiichi aus. Explosionen zerstörten Teile der Reaktorblöcke, Kühlsysteme fielen aus, Radioaktivität gelangte in die weitere Umgebung, verseuchtes Wasser fließt ins Meer. durch die Kernschmelze drohte ein Super-GAU (REUTERS Deutschland 07.08.2013). Die Folgen sind nicht abzusehen. Die Megakatastrophe von Fukushima zeigte deutlicher als alle anderen Atomunfälle, dass bei der Nutzung von Kernenergie nicht Restrisiken, sondern erhebliche, unvorhersehbare Risiken bestehen.

Die Energieerzeugung durch Kernkraft umfasst zwei zentrale Risikobereiche. Zum einen sind es die angesprochenen unvorhersehbaren und komplexen Sicherheitsrisiken, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Betrieb der Kernkraftwerke stehen und sich aus einem Zusammenwirken unterschiedlichster Intensitäten menschlichem Fehlverhalten, technischem Versagen und äußerer Einwirkungen ergeben können. Der zweite Risikobereich ergibt sich aus der Entsorgung des radioaktiven Materials. Die Antworten erschöpfen sich bislang weltweit in Spekulation, Improvisation und vorsichtigem Herantasten.

Auf Grund der langen Halbwertszeiten und hohen Radioaktivität reicht eine lagerfähige Aufbereitung des radioaktiven Materials allein nicht aus. Auch die Lagerstätte selbst muss eine entsprechende Sicherheit gegenüber der Biosphäre bieten. Mögliche seismische Aktivitäten oder möglicher Vulkanismus sind von vornherein Ausschlusskriterien. Die Gesteinsformationen selbst dürfen keinen Wasserdurchfluss haben, da Wasser die Korrosion der Lagerbehälter beschleunigt. Der Abstand zur Oberfläche sowie das Gestein der Lagerstätte müssen die Undurchlässigkeit für radioaktive Substanzen gewährleisten. Dichte, Mächtigkeit und Ausdehnung der Endlagerung müssen unzweifelhaft einschlusswirksam für einen Zeitraum der Größenordnung von einer Million Jahre sein (AKEnd 2002). Aber können diese Kriterien überhaupt erfüllt werden?

Die Atomenergie ist jedenfalls keine wirkliche, zukunftsfähige Alternative, da hinsichtlich Sicherheit und Entsorgung ganz erhebliche Probleme und Risiken bestehen. An sich Gründe

genug, um schnellstens nach technisch und wirtschaftlich realisierbaren und akzeptablen Alternativen zu suchen. Der Glaube, solche eine Technik ließe sich absolut beherrschen, grenzt an Größenwahn.

4 Die Änderung der Energiepolitik

Die Nutzung der für die industrielle Entwicklung verantwortlichen Energieträger vervielfachte die dem Menschen zur Verfügung stehende Energie, schuf aber auch ganz neue Probleme.

Das komplexe Zusammenwirken der Lebewesen (Biosphäre) untereinander und mit ihrer Umwelt - mit den Gesteinen (Lithosphäre) und Böden (Pedosphäre, dem Wasser (Hydrosphäre, der Luft und dem Klima (Atmosphäre) - das seine Energie von der Sonne erhält, kennzeichnet die Erde als das umfassendste offene Ökosystem. Diese Teilsysteme und die daraus resultierenden Lebensräume bilden die natürliche Grundstruktur der Erde. Doch die natürlichen Systemstrukturen werden großflächig durch für den Menschen angeblich nützlichere Systeme überformt, zurückgedrängt und ersetzt, Energie- und Stoffumsätze erheblich verändert und beeinträchtigt. Dieser anthropogen bestimmte räumliche Aspekt (Anthroposphäre) stellt mit seinem Ausmaß und seiner Dauerhaftigkeit des menschlichen Einflusses eine ganz neue, zusätzliche und zugleich problematische ökologische Dimension dar (Abb. 10).

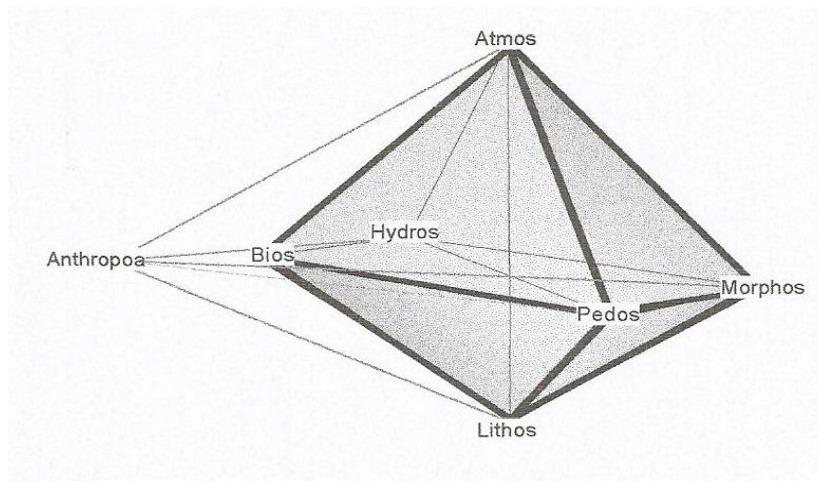


Abb. 10 Die Geosphäre
(Quelle: K.HERZ 1968, verändert)

Der stetig wachsende Energieeinsatz mittels der bisherigen Energieträger hat in direkter und indirekter Weise strukturelle und funktionale Veränderungen in der Umwelt bewirkt, durch die lebensräumliche Qualitäten in Gefahr geraten.

Die menschliche Gesellschaft steht vor einer äußerst schwierigen Situation. Ein zentraler Punkt, der über die nachhaltige Entwicklung mitentschieden wird, ist zweifellos die Ablösung der CO₂-emittierenden fossilen Energiesysteme und der Risikotechnik Kernspaltung durch neue Energiesysteme. Deshalb ist es erforderlich, die Energiebereitstellung durch erneuerbare Energieträger und die damit verbundenen Probleme und Risiken zu hinterfragen.

4.1 Der Klimawandel

Die Auseinandersetzung mit dem Thema der neuzeitlichen Klimaentwicklung, speziell der Temperaturentwicklung und ihrer Ursachen, wurde ausgelöst von M.E. MANN, R.S. BRADLEY, M.K. HUGHES (1999) durch eine Modellrechnung zur Rekonstruktion der Temperaturentwicklung der letzten 1.000 Jahre in der nördlichen Hemisphäre, die zudem medienwirksam kolportiert wurde. Die als Hockey-Stick-Kurve bekannt gewordene Rekonstruktion wurde dabei ausschließlich als anthropogen bedingte globale Temperaturzunahmen gedeutet (M.E. MANN, R.S. BRADLEY, M.K. HUGHES 1999; ST. MCINTYRE, R. MCKITRICH 2003, 2005). Dabei stehen sich zwei grundsätzliche Positionen gegenüber: In welchem Umfang die Klimaerwärmung durch anthropogene Einflüsse tatsächlich die entscheidende Auslösung bzw. Verstärkung erhält oder ob die beobachtbaren Phänomene im Rahmen der natürlichen klimatischen Variabilität liegen. Die Diskussion zum Thema der neuzeitlichen Klimaentwicklung wurde streckenweise teils sehr selbstgewiss, polemisch, ideologisch und mit vorgefassten Theorien geführt (H. KEHL 2009).

Doch inzwischen änderte sich der Stellenwert der IPCC-Berichte, die über Ursachen und Auswirkungen der Klimaänderung sowie über mögliche Reaktionsstrategien informieren sollen. Die als maßgebliche Standardreferenz dienenden Informationen werden nicht mit der gebotenen wissenschaftlichen kritischen Distanz vorgetragen. Die vielfach selbst von der Arbeitsgruppe geäußerten Zweifel an der Sicherheit und Brauchbarkeit verfügbarer Daten beeinträchtigen den Aussagewert. Die politische Einflussnahme auf Aussagen und Bewertungen vermindern die wissenschaftliche Bedeutung. Recherchen der Tageszeitung taz (B. PÖTTER 14.05.2014) belegen z.B., *„der jüngste UN-Klimareport ist in wichtigen Passagen gekürzt und verwässert worden“ ... „Bei den Abschluss-Verhandlungen über das Schlussdokument (haben) Regierungsdelegationen aus politischen Gründen umfangreiche Textteile und Grafiken entfernt“*.

Die Zunahme der globalen Erwärmung von 1850 bis zur Gegenwart ist unstrittig. Nach dem derzeitigen Erkenntnisstand erscheint es allerdings realistischer, dass hier ein natürlicher Prozess (postglaziale Warmzeit) und eine intensive anthropogene Ursache (Treibhausgase) zusammentreffen und möglicherweise kumulieren. Sinnvoller wäre es zudem, die Aufmerksamkeit nicht allein auf den Einfluss von CO₂ zu richten, sondern darauf, möglichst viele auf das Klima wirkende anthropogene Einflussgrößen abzustellen.

4.2 Versuche der Schadensbegrenzung auf internationaler Ebene

Die UN-Klimakonferenzen ((Welt-)Klimagipfel oder Welt-Klimakonferenz) sind jährlich stattfindende Vertragsstaatenkonferenzen (Conference of the Parties, COP) der UN-Klimarahmenkonvention. Ihr Ziel war, eine Nachfolgeregelung für das 2012 auslaufende Kyoto-Protokoll zu entwickeln. In diesem bislang einzigen völkerrechtlich verbindlichen Instrument der Klimaschutzpolitik sind nur vergleichsweise geringe Verpflichtungen der Industrieländer zur Reduktion ihres Ausstoßes an Treibhausgasen festgeschrieben.

UN-Umwelt-Konferenz Stockholm 1972

Die erste Konferenz der Vereinten Nationen zum Thema Umwelt des Menschen (United Nations Conference on the Human Environment = UNCHE) fand vom 05.-16.06.1972 in Stockholm statt. Sie gilt zugleich als Beginn der internationalen (globalen) Umweltpolitik (TH. SCHULZ-WALDEN 2013; WIKIPEDIA - Konferenz der Vereinten Nationen über die Umwelt des Menschen 28.02.2014). Die Konferenz verabschiedete u.a. ein entsprechendes Klimarahmenabkommen, in dem völkerrechtlich verbindlich das Ziel festgelegt wurde, einen menschlich verursachten Eingriff in das Klimasystem zu stoppen. *„Das Endziel dieses Übereinkommens und aller damit zusammenhängenden Rechtsinstrumente, welche die Konferenz der Vertragsparteien beschließt, ist es, in Übereinstimmung mit den einschlägigen Bestimmungen des Übereinkommens die Stabilisierung der Treibhausgas-konzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird“* (Artikel 2 der Klimarahmen-Konvention).

UN-Umwelt-Konferenz Rio de Janeiro 1992

Bis zur Verabschiedung der Ergebnisse war es ein langer Weg, auf dem zwischen den beteiligten Regierungen teilweise heftig gerungen wurde. Das Ergebnis der Konferenz waren fünf Dokumente, die vor dem Hintergrund der vielen Interessengegensätze (z.B. beim Klimaschutz) dennoch als ein erfolgreicher Schritt für eine globale Umweltpartnerschaft gesehen werden. Verabschiedet wurden eine Deklaration über Umwelt und Entwicklung, eine Biodiversitätskonvention, eine Walddeklaration, eine Konvention zur Bekämpfung der Wüstenbildung und schließlich eine Klimaschutz-Konvention. Diese sieht vor, dass die Belastung der Atmosphäre mit Treibhausgasen auf einem Niveau stabilisiert wird, das eine gefährliche Störung des Weltklimas verhindert. Nach Einschätzung des IPCC muss der Ausstoß an CO₂ bis 2050 weltweit um mindestens 60 % reduziert werden, um den Klimawandel in vertretbaren Grenzen zu halten.

Kyoto-Protokoll 1997/2005

Am 11. Dezember 1997 wird ein Zusatzprotokoll (KYOTO-Protokoll) zur Ausgestaltung der Klimarahmenkonvention beschlossen. Das Abkommen tritt am 16.02.2005 in Kraft. Es legt als bislang einziges völkerrechtlich verbindliches Instrument der Klimaschutzpolitik die Zielwerte für den Ausstoß von Treibhausgasen in den Industrieländern fest. Die Zunahme von Treibhausgasen in der Atmosphäre ist überwiegend auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen (J. HANSEN, M. SATO, R. RUEDY et al. 2005; IPCC 2007). Das Protokoll sieht vor, den jährlichen Treibhausgas-Ausstoß der Industrieländer innerhalb der sogenannten ersten Verpflichtungsperiode (2008-2012) um durchschnittlich 5,2 % gegenüber dem Stand von 1990 zu reduzieren.

UN-Klimakonferenz Nairobi 2006

Vom 06.-17.11.2006 fand in Nairobi eine Weltklimakonferenz statt, die einen Terminplan ausarbeiten sollte, der die Emissionsreduktionsziele für die Zeit nach 2012 festlegt. Außerdem sollte diskutiert werden, welches Handlungspaket für Entwicklungsländer zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels beschlossen werden kann. Dabei hat es sich gezeigt, dass es für grundlegende Verhandlungsfortschritte nicht ausreicht, wenn nur Delegierte ver-

handeln, die zwar fachlich kompetent sind, aber meist keine ausreichende Entscheidungsbefugnis haben (GERMANWATCH 2006).

UN-Klimakonferenz Bali 2007

Eine weitere Konferenz der Vertragsstaaten (Klimakonferenz) fand vom 03.-15.12.2007 auf der indonesischen Insel Bali statt, um vor allem den Verhandlungszeitplan und die Verhandlungsinhalte für die nächsten Jahre festzulegen. Ziel der Verhandlungen sollte ein Nachfolgeabkommen für das 2012 ablaufende Kyoto-Protokoll sein, für eine zweite Verpflichtungsperiode, die dann zum 1. Januar 2013 in Kraft treten sollte. Die Verhandlungsphase für den Kyōto-Nachfolgevertrag wurde auf drei Jahre festgelegt und soll Ende 2009 in Kopenhagen zur Unterzeichnung führen. Konkrete Höchstwerte für Emissionen wurden nicht festgelegt. Ein umfassender Technologietransfer in Entwicklungs- und Schwellenländern wurde vorgesehen und ein Klimaschutzfond soll eingerichtet werden. Ab 2013 sollen walddreiche Länder die emissionskompensierenden Effekte ihrer Waldgebiete im Rahmen des Emissionsrechtehandels an Industrienationen verkaufen können. Ob die Ergebnisse den Herausforderungen gerecht werden, ist umstritten (SÜDDEUTSCHE ZEITUNG 2007).

UN-Klimakonferenz Posen 2008

Die Konferenz von Posen fand vom 01.-12.12.2008 statt und sollte der weiteren Aushandlung einer Nachfolgeregelung zum Kyōto-Protokoll dienen, die 2009 endgültig beschlossen werden sollte.

UN-Klimakonferenz Kopenhagen 2009

Auf der Konferenz von Kopenhagen, die vom 07.-18.12.2009 stattfand, konnte das 2007 vereinbarte Ziel, eine Nachfolgeregelung für das Kyōto-Protokoll zu beschließen, ebenfalls nicht erreicht werden.

UN-Klimakonferenz Cancún 2010

Die Konferenz von Cancún/Mexiko, die vom 29.11.-10.12.2010 stattfand, sollte den in Kopenhagen gescheiterten Versuch fortsetzen, ein rechtlich verbindliches Nachfolgeabkommen für das Kyōto-Protokoll zu beschließen. Das Ergebnis war, die Geltung des Kyōto-Protokoll wird vorerst bis 2012 verlängert.

UN-Klimakonferenz Durban 2011

Die Konferenz von Durban dauerte vom 28.11.-11.12.2011. Es wurde zwar eine Einigung erzielt, doch die Beschlüsse blieben hinsichtlich der Umsetzung unverbindlich. Demnach sollte 2012 in Doha/Katar das Kyōto-Protokoll mit einer zweiten Verpflichtungsperiode verlängert werden und bis zum Jahr 2015 ein verbindliches Klimaschutzabkommen ausgehandelt werden, das 2020 in Kraft treten soll.

UN-Klimakonferenz Doha/Katar 2012

Die Ergebnisse der vom 26.11.-7.12.2012 dauernden Konferenz sind eine erneute Verlängerung des Kyoto-Abkommens bis 2020 (Koto II), und außerdem soll 2014 eine Überprüfung der CO₂-Reduktionsziele stattfinden. 2020 soll außerdem ein verbindlicher Weltklimavertrag für alle Länder vereinbart werden.

UN-Klimakonferenz Warschau 2013

Die Konferenz fand vom 11.-23.11.2013 in Warschau statt. Diskutiert wurde die Einteilung der Welt in Industrie- und Entwicklungsländer sowie die Mittel zur Unterstützung ärmerer Ländern.

UN-Klimakonferenz Lima 2014

Die Klimakonferenz von Lima fand vom 1.- 12.12.2014 statt (WIKIPEDIA - UN-Klimakonferenz 19.05.2014).

Die Versprechungen beim UN-Umweltgipfel von Rio de Janeiro 1992 waren groß. Die Welt sollte nachhaltig entwickelt werden. Doch die Politik hat bislang davon nichts gehalten. Dabei ist das Wissen vorhanden, wie vernünftiger und schonender mit unseren Ressourcen umzugehen wäre. Für den 30.11 bis 11.12 2015 ist eine neue Klimakonferenz in Paris angekündigt. *„Dort soll als Nachfolgevertrag für das Kyoto-Protokoll ein neues Abkommen mit verbindlichen Klimazielen für alle 194 Mitgliedsstaaten der UN-Klimarahmenkonvention vereinbart werden“* (WIKIPEDIA 22.07.2015 -UN-Klimakonferenz). Es wäre allerdings an der Zeit, die immer wieder beschworenen Ziele anzugehen.

5 Der Energiewechsel

5.1 Die Anti-Atomkraftbewegung

Die Anti-Atomkraft-Bewegung in Deutschland ist eine soziale Bewegung, die in den 1970er Jahren entstand und sich gegen die zivile Nutzung der Kernenergie wendet (J. RADKAU 2011). Auf Grund ihrer überwiegend nationalen Organisation und nationalen Ausrichtung der Kritik, ist es berechtigt auch von jeweils nationalen Bewegungen zu sprechen. Die Mehrheit der Gegner der zivilen Nutzung der Kernenergie wendet sich auch gegen die militärische Nutzung (Kernwaffen). Doch es sind zwei unterschiedliche Organisationskerne und weitgehend getrennte Bewegungen. Der Widerstand gegen die militärische Nutzung der Kernenergie konzentriert sich in der Friedensbewegung, nicht in der Anti-Atomkraftbewegung (D. RUCHT 2008). Mit der Umweltbewegung gibt es ebenfalls Überschneidungen.

Anfang der 1950er Jahre als der Wohlstand spürbar zunahm, begann eine Zeit der Euphorie und des Technikglaubens. Die Genfer Atomkonferenz (1955), das Bundesministerium für Atomfragen (Oktober 1955) und die Deutsche Atomkommission (1956) brachten für Deutschland den politischen Durchbruch der Kernenergie. In den 1950er und 1960er Jahren kam es noch selten zu Protesten und dabei stets im lokalen Rahmen. Der zunächst regionale Ansatz der Antiatombewegung war eine deutsche Besonderheit. In den Jahren 1970 und 1971 kam es dann zu zunehmend breiter organisierten Einsprüchen von Bürgern, der Widerstand wurde vernetzter. Die ab Februar 1975 mehrmonatige Besetzung des Wyhler Baugebietes war die größte Protestaktion und übte eine Signalwirkung auf die gesamte Bewegung in der Bundesrepublik aus (D. RUCHT 2008). Nach anfänglicher Zurückhaltung schlossen sich der Bewegung später auch zunehmend radikale politische Gruppen an, durch die sich die Gegensätze zwischen den anfangs meist friedlichen Demonstranten und den staatlichen Behörden verschärften und zu einem breiten Widerstand ausdehnten. 1976 wurde der Bürgerdialog Kernenergie eingerichtet, um beide Seiten gleichermaßen zu Wort kommen zu lassen.

In dieser Phase polarisierte der Konflikt so stark, dass sowohl von einem „*Rückfall in die Steinzeit*“ als auch von einem „*totalitären Atomstaat*“ gesprochen wurde. Innerhalb der Bevölkerung näherte sich die Zahl der Gegner der Befürworter.

In den 1970ern erschienen zahlreiche Bücher, die den atomkritischen Diskurs begleiteten und förderten. Genannt seien u.a. die *Grenzen des Wachstums* (D. H. MEADOWS 1972), *Der Atomstaat* (R. JUNGK 1977), *Sanfte Energie* (A. LOVINS 1978), *Der Atomkonflikt* (L. MEZ Hrsg. 1979) oder *Friedlich in die Katastrophe* (H. STROHM 1973).



Abb. 11 Wappen der Republik Freies Wendland
(Quelle: de.wikipedia.org - Republik Freies Wendland)

Ab den späten 1970er Jahren rückte der Streit um die Wiederaufbereitung und Endlagerung in den Vordergrund, den Mittelpunkt bildeten das Atommülllager Gorleben, das KKW Brokdorf und Wyhl. In Gorleben wurde 1980 symbolisch die Republik Freies Wendland ausgerufen (Abb. 11). Das war dann auch der Anstoß zur Gründung Grüner Listen. Der Einzug von Bündnis 90/Die Grünen in den deutschen Bundestag (6. März 1983) stärkte dann die Bewegung erheblich. Ein deutlicher Rückgang der Aktivitäten der Bewegung wurde erkennbar. Eine Vereinbarung der Bundesregierung mit der Atomwirtschaft im Jahr 2000 zum Ausstieg brachte eine weitere Beruhigung der Auseinandersetzungen (D. RUCHT 2008).

Nachdem aber aus Russland, China und anderen Staaten Ausbaupläne der Atomkraft bekannt wurden (Der SPIEGEL 2008), wurde im Wahlkampf angekündigt, den Atomkonsens wieder aufzukündigen und die Laufzeiten der Atomkraftwerke in Deutschland verlängern zu wollen. Im Oktober 2010 wurde im Bundestag dann tatsächlich eine Laufzeitverlängerung um 8 bzw. 14 Jahre beschlossen. Neben den klassischen Teilnehmern der Anti-Atomkraftbewegung und Umweltbewegung nahmen jetzt auch Akteure wie der Bundesverband Erneuerbare Energie oder der Bundesverband Solarwirtschaft an den Protesten teil und warben für erneuerbare Energien (BEE - Bundesverband Erneuerbare Energie 06.11.2010).

5.2 Der Atomausstieg

Nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima im März 2011 kam es in vielen deutschen Städten zu starken Protesten gegen Atomkraft bzw. für den Atomausstieg. Im Juni 2011 beschloss daraufhin der Bundestag einen Atomausstieg mit festen Terminen. „*Als Atomausstieg, bzw. Kernkraftausstieg oder Atomverzicht, bezeichnet man die politische Entscheidung, auf die Erzeugung von Atomenergie beziehungsweise den Verbrauch von Atomstrom zu ver-*

zichten“ (WIKIPEDIA - Atomausstieg 23.06.2014). Deutschland hat den Atomausstieg angekündigt und in die Wege geleitet.

Der Atomausstieg in Deutschland begann mit der *„Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000“*. Der Vertrag wurde durch die Novellierung des Atomgesetzes im Jahr 2002 rechtlich abgesichert. Das Atomgesetz wurde dann 2010 durch eine Laufzeitverlängerung für deutsche Kernkraftwerke im Sinne der Atomwirtschaft erneut modifiziert und am 28. Oktober 2010 beschlossen. Die sieben vor 1980 in Betrieb gegangenen Anlagen erhielten zusätzliche acht Betriebsjahre, die übrigen zehn Atomkraftwerke zusätzliche 14 Jahre.

Kurz nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima - beschloss die Bundesregierung im März 2011 dann einen noch deutlicheren Wechsel ihrer Atompolitik bzw. Energiepolitik. Sie verkündete ein dreimonatiges Atom-Moratorium für die sieben ältesten deutschen Atomkraftwerke sowie für das aufgrund vieler Pannen umstrittene Kernkraftwerk Krümmel. Die Reaktor-Sicherheitskommission und die neu eingesetzte Ethikkommission sollten den Atomausstieg und eine sichere Energieversorgung rechtfertigen. Mit großer Mehrheit beschloss dann der Bundestag am 30. Juni 2011 das *„13. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes“*, das die Beendigung der Kernenergienutzung und Beschleunigung der Energiewende regelt. Die Betriebsgenehmigung für acht Kernkraftwerke in Deutschland erlischt und die Laufzeit der übrigen neun Kraftwerke ist zeitlich gestaffelt. Die letzten Kernkraftwerke werden Ende 2022 abgeschaltet. Das Gesetz wurde am 5. August 2011 im Bundesgesetzblatt verkündet und trat am 6. August 2011 in Kraft.

5.3 Die Energiewende

Der Physiker AMORY LOVINS prägte den Ausdruck *„Soft Energy Path“*. Damit beschrieb er einen Weg, ein auf fossilen und nuklearen Brennstoffen beruhendes Energiesystem durch Energieeffizienz und erneuerbare Energiequellen abzulösen und es schließlich völlig zu ersetzen (A. LOVINS 1977). Vom Öko-Institut erschien 1980 eine wissenschaftliche Prognose zur vollständigen Abkehr von Kernenergie und Energie aus Erdöl, die LOVINS theoretische Überlegungen aufgriff und auf deutsche Verhältnisse übertrug (KRAUSE, BOSSEL, MÜLLER-REISSMANN 1980). Dabei wurde zum ersten Mal der Begriff Energiewende verwendet.

Die BRUNDTLAND-Kommission prägte 1987 die Definition Nachhaltigkeit und forderte zur Lösung der dringlich gewordenen Umweltprobleme eine Wirtschaft, bei der *„soziale und ökologische Aspekte räumlich und zeitlich in die ökonomische Betrachtung integriert“* werden (V. CRASTAN 2012). Unter nachhaltiger Entwicklung wird eine Lebensweise verstanden, die es ermöglicht, *„die Bedürfnisse der gegenwärtig lebenden Menschen zu befriedigen, ohne ähnliche Bedürfnisse in Zukunft lebender Menschen zu beeinträchtigen“* (A. VOß 1997).

„Als Energiewende wird die Realisierung einer nachhaltigeren Energieversorgung in den Sektoren Strom, Wärme und Mobilität mit erneuerbaren Energien bezeichnet“ (WIKIPEDIA - Energiewende 19.06.2014). Die Energiewende bedeutet grundsätzlich eine Substitution fossiler und nuklearer Energieträger durch erneuerbare Energie. *„Die Energiewende ist der Weg in eine Zukunft ohne Atomenergie - hin zu einer Industriegesellschaft, die dem Gedanken der*

Nachhaltigkeit und der Verantwortung gegenüber kommenden Generationen verpflichtet ist“ (BMWE 2014).

5.3.1 Das Paradox der Energiewende

Die zentralen Elemente der Energiewende sind der Ausbau der Erneuerbaren Energien, die Steigerung der Energieeffizienz sowie die Einsparung unnötiger Verbräuche. Die Basis bilden Energieträger, die im Rahmen des menschlichen Zeithorizonts immer wieder nutzbar sind (V. QUASCHNING 2011), in ihrer Verfügbarkeit aber dennoch zeitliche und räumliche Unterschiede aufweisen. Bei den erneuerbaren Energien gibt es im Prinzip eine breite Auswahl, die von der Geothermie, der Wasserkraft über die Biomasse und Sonnenenergie bis zur Windkraft reicht.

In Deutschland ist es politischer Konsens, die Energieversorgung bis 2050 weitestgehend auf erneuerbare Energien umzustellen. Die Ziele lauten: mindestens 80 % erneuerbare Energien am Stromverbrauch und 60 % am Endenergieverbrauch. Schon heute decken die Erneuerbaren ein knappes Viertel der Stromnachfrage. Bis 2020 werden es wohl 40 % sein (ZEIT online 07.10.2013).

Nach den Atomausstiegsbeschlüssen 2000 bzw. 2011 sank der Anteil der Kernenergie in der Stromerzeugung von 29,5 % im Jahr 2000 auf 15,4 % im Jahr 2013. Im gleichen Zeitraum stieg der Anteil der Erneuerbaren Energien von 6,6 auf 23,9 %. Der Anteil von Erdgas am Erzeugungsmix lag bei 8,5 % im Jahr 2000 und bei 10,5 % im Jahr 2013. Die Erzeugung in Steinkohlekraftwerken hatte im Jahr 2000 einen Anteil von 24,8 % am Strommix, verringerte sich vorübergehend auf 18,5 % bis zum Jahr 2010 und erreichte 19,6 % im Jahr 2013. Der Anteil der Braunkohle in der deutschen Stromerzeugung betrug 25,7 % im Jahr 2000, 23 % im Jahr 2010 und stieg dann wieder auf 25,6 % im Jahr 2013 (Abb. 12). Während bis dahin 2010 Gas die Kohle verdrängt hat, ist es seit 2010 umgekehrt (AGORA 11.04.2014).

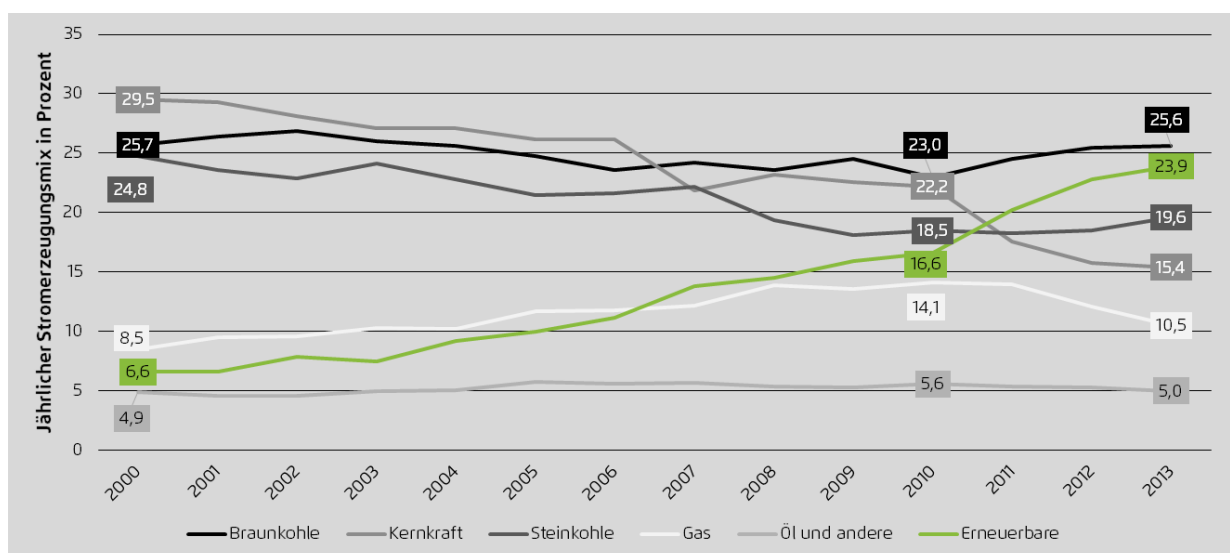


Abb. 12 Jährlicher Stromerzeugungsmix 2000-2013

(Quelle: AGORA-Energiewende.de 11.04.2014)

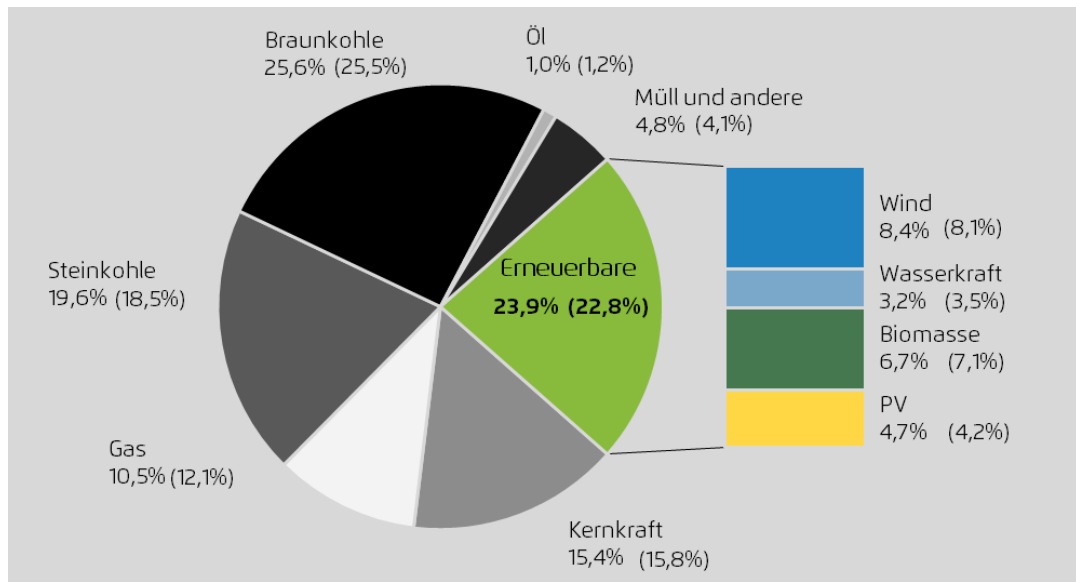


Abb. 13 Erzeugermix 2013 (2012)
(Quelle: AGORA-Energiewende.de 11.04.2014)

Der Rückgang der Kernenergie durch die Zunahme der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen ist mehr als kompensiert. Gleichzeitig liegt der Anteil der sehr billigen Stein- und Braunkohleverstromung bei 45 % (Abb. 13). Im Jahr 2013 wurde der höchste Wert seit 1990 erreicht. Die Kohlekraftwerke entsprechen ebenfalls dem Wegfall von acht Atomkraftwerken.

Vor diesem Hintergrund erklärt sich das deutsche **Energiewende-Paradox**. Trotz stetig gestiegener erneuerbarer Energie und ihrer massiven Förderung liegt der klimaschädliche Kohlestromanteil im Strommix so hoch wie noch nie. Darüber hinaus bewirkte die Zunahme beim Kohlestrom auch einen neuen Rekord beim Stromexport (FOCUS online 07.01.2014; SPIEGEL online 07.01.2014; WiWo 10.03.2014).

Die Klimabilanz der Energiewende zeigt, dass der massive Ausbau von Wind-, Solar- und Biogasanlagen in Deutschland bisher kaum etwas zum Klimaschutz beigetragen hat. Bisher hat der Ökostrom vor allem Strom aus Atomkraftwerken ersetzt, deren Stromproduktion sank. Doch Klimaschutz und Energiewende sind untrennbar miteinander verbunden. Ohne Klimaschutz hätte man nach dem Atomausstieg auch auf einen fossilen Energiemix setzen können, garniert mit ein wenig mehr an Sonnen- und Windenergie. Doch verantwortbar wäre das mit Blick auf den Klimawandel nicht gewesen. Der politische Konsens in Deutschland darf nicht unterlaufen werden. Deutschland müsste die Treibhausgasbilanz auch in der Stromversorgung schon vor 2020 signifikant senken. Ohne wirksamen Klimaschutz ist eine Energiewende kaum etwas wert (ZEIT online 07.10. 2013; WiWo 10.03.2014).

Doch der Trend geht zurück zur Kohle und damit gegen den Klimaschutz. Ein immer stärker auf erneuerbare Energiequellen ausgerichtetes Energiesystem und das alte fossil-nukleare Kraftwerkkonzept stehen unabgestimmt nebeneinander. Daraus ergibt sich eine asymmetri-

sche Situation im Strommarkt, wobei einerseits insgesamt Überkapazitäten bestehen aber in Süddeutschland Kapazitäten fehlen (ZEIT online 07.10.2013).

5.3.2 Der Alleingang

Deutschland peilt für seine technisch-industrielle Gesellschaft eine weitgehende Ausrichtung auf eigene erneuerbare Energien an. Ist dieses Ziel realistisch? Sind die eigenen erneuerbaren Energiequellen ausreichend.

Die Nutzung der **Geothermie** zur Stromerzeugung steckt in Deutschland noch in den Anfängen. Die für die Stromerzeugung erforderlichen Wärmereservoirs mit hohen Temperaturen sind in Deutschland nur in großer Tiefe vorhanden. Die Erschließung der für den Betrieb erforderlichen Temperaturen ist mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden. Darüber hinaus müssen geologische und bohrtechnische Erschließungsrisiken berücksichtigt und im Verhältnis zum finanziellen Aufwand abgewogen werden. Im Vordergrund steht die mehr oder weniger lokale Nutzung von hydrothermaler Geothermie zur Wärmeherzeugung.

Die Potentiale zur Stromerzeugung durch **Wasserkraft** sind weitgehend ausgeschöpft. Wasserspeicher sind zwar ideale Anlagen zur Nutzung der kinetischen Energie des Wassers. Der Bau solcher Anlagen in der erforderlichen Dimension (erforderliche Lage und Größe) ist jedoch im Rahmen der Flächennutzung sehr begrenzt.

Biomasse als Energieträger ist in pflanzlicher Form gespeicherte Sonnenenergie. In Deutschland soll Biomasse zukünftig maßgeblich zur Energieversorgung beitragen. „*Bis zu 23 % des Bedarfs an Wärme, Strom und Kraftstoffen kann sie 2050 decken*“ (BMEL 2014). Holz, Energiepflanzen, Stroh und Biogas bieten das Potenzial, das einen erheblichen Teil unserer Energie nachhaltig erzeugen soll. Zur Erzeugung einer gesellschaftlich relevanten Strommenge sind jedoch rasch Grenzen erreicht, wenn sich im Rahmen der Flächennutzung Konflikte mit der Nahrungsmittel-, Futtermittel- und anderweitiger Rohstoffproduktion ergeben. Außerdem würde der Anbau entsprechender Mengen an Biomasse eine ökologische und auch optisch nicht mehr vertretbare Strukturarmut ländlicher Räume verursachen.

Nach menschlichem Ermessen ist **Solarenergie** unbegrenzt verfügbar. Kleinere und dezentrale Solaranlagen zur Energieerzeugung im privaten Bereich sind effektiv, mindern das flächendeckende Ausfallrisiko und reduzieren energiepolitische Abhängigkeiten. Anlagen in der erforderlichen Größe und Menge zur Erzeugung von Strom in gewerblich-industriell relevanter Größenordnung beanspruchen jedoch erhebliche Flächen, die innerhalb der Flächennutzung kaum in dem benötigten Umfang verfügbar sein werden. Aufgrund der wetter-, tages- und jahreszeitabhängigen Sonneneinstrahlung ist außerdem ohne zusätzliche Speichertechnologie keine konstante Energieversorgung möglich.

Die **Windenergie** wird heute durch Windkraftanlagen (WKA) genutzt und in elektrische Energie umgewandelt. Ein wesentliches Problem bilden die Schwankungen und Unterschiede der Windkraft. Die Leistung von Windenergieanlagen ist stark von der jeweiligen Windgeschwindigkeit abhängig. Naturgemäß ist diese stark veränderlich entsprechend den Wetter- und Klimaverhältnissen sowie der regionalen Lage. Die windbegünstigten Gebiete sind die Küstenbereiche der Nord- und Ostsee, die Offshore-Bereiche sowie die bergigen Regionen.

Dennoch „bestehen die größten Ausbaupotenziale derzeit bei der Windenergie. Die technische Entwicklung ist hier weit fortgeschritten und belastbare Erfahrungen mit der Technik liegen vor ... Bis zum Jahr 2025 soll der Anteil der Windenergie an der Stromerzeugung auf 25 Prozent steigen, bezogen auf den heutigen Stromverbrauch“ (BMU 2014).

Eines der größten Probleme der Energiewende ist, dass die Windenergie der Windparks in Norddeutschland die Industrie im Süden nicht erreicht. Die Stromleitungen hierfür fehlen noch. Die Voraussetzungen sollen in einem gigantischen Vorhaben geschaffen werden. Aus Sicht der Netzbetreiber sollen 3.800 km zusätzliche Stromtrassen bis 2022 gebaut und weitere 4.400 Kilometer im bestehenden Höchstspannungsnetz optimiert werden (SPIEGEL online 30.05.2012). Laut Bundesnetzagentur „kommt der Grundsatz zum Tragen, dass erst alle Möglichkeiten zur Netzverstärkung oder -optimierung ausgeschöpft werden sollen, bevor der Neubau von Stromtrassen in Betracht kommt. Der bestätigte NEP Strom 2013 umfasst rund 2.800 km an Optimierungs- und Verstärkungsmaßnahmen in Bestandstrassen und rund 2.650 km an kompletten Neubautrassen“ (Bundesnetzagentur 08.01.2014). Sie schätzt, dass 2016 erst die Hälfte des Netzausbaus erreicht sein wird. Zudem protestieren immer wieder Bürger dagegen, dass Leitungen durch ihre Gemeinden gelegt werden sollen.

Eine komplette Versorgung allein mit Windenergieanlagen ist aber offenkundig unmöglich, da es Zeiten mit annähernder Windstille gibt, in denen der Bedarf anders gedeckt werden müsste. Gaskraftwerke könnten recht flexibel auf eine solche jeweils fehlende Leistung eingestellt werden. Aber die Nachteile fossiler Energieträger bleiben bestehen. Eine attraktive Lösung wäre allerdings Windenergie plus Energiespeicher, was eine Komplettversorgung mit erneuerbarer Energie ermöglichen könnte. Aber leider existieren solche Speicher nicht und Technologien, die diese Probleme in erforderlicher Größenordnung lösen könnten, sind bislang nicht erkennbar.

5.3.3 Das Supergrid

Unrealistisch und ebenso abenteuerlich ist zweifellos die Vorstellung, ein Land wie Deutschland solle sich weitgehend selbst (zumindest im Stromsektor) mit eigenen erneuerbaren Energien versorgen. Ein zentrales Problem dieses ehrgeizigen Ziels der Energiewende liegt gerade in der nationalen Umsetzung als *Insellösung*. Doch eine moderne Gesellschaft ist auf Dauer nur durch einen internationalen Energieverbund zukunftsfähig.

Ein solches System - genannt Supergrid - umfasst ein besonders leistungsfähiges Stromnetz zur Fernübertragung großer Mengen elektrischer Energie von Standorten mit hoher Leistungsfähigkeit zu Bereichen mit hohem Energiebedarf, verbunden mit regionalen und lokalen Netzen. Dabei ist ein hohes Maß an Koordination selbstverständlich, um insbesondere eine hohe Versorgungssicherheit zu erreichen und zu gewährleisten.

Die Vorstellung für ein europäisches Supergrid entstand spätestens seit H. BRAUCH, G. CZISCH, G. KNIES (1998), G. CZISCH, (1999) sowie G. CZISCH, S. KRONSHAGE UND F. TRIEB (2001) ihre Überlegungen vorstellten. In eine ähnliche Richtung zielt heute das DESERTEC-Projekt (seit 2003), das sich ebenfalls auf ein zukünftiges europäisches Supergrid stützt (DESERTEC Foundation 2009; F. TRIEB, H. MÜLLER-STEINHAGEN o.J.) (Abb. 14).

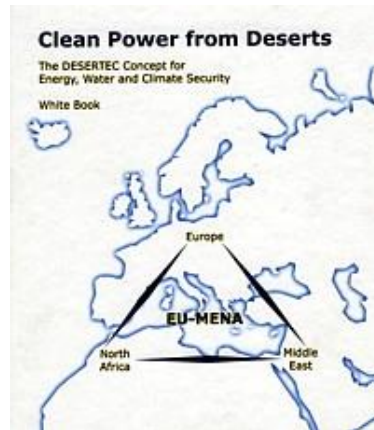


Abb. 14 Titelseite des DESERTEC- EU-MENA Konzeptes
(Quelle: A:W:KHAMMAS, buch-der-synergie.de /Teil C Mittelmeerprojekt)

Durch ein Supergrid könnte ein Großteil der europäischen Verbraucher und der in Europa betriebenen Kraftwerke miteinander verbunden werden und Strommengen könnten international ausgetauscht werden. Besonders interessant erscheint dabei eine Erweiterung zu den nordafrikanischen und arabischen Ländern, die über leistungsstarke Standorte für erneuerbare Energie (Solarenergie und Windenergie) verfügen. Eine Vollversorgung von ganz Europa mit elektrischer Energie aus erneuerbarer Energie sollte damit innerhalb einiger Jahrzehnte möglich sein. Die für eine solche komplett regenerative Versorgung benötigten Technologien wären alle bereits verfügbar. Die Stromerzeugung könnte vorwiegend an solchen Standorten stattfinden, wo die Erträge der Anlagen für erneuerbare Energie sehr hoch wären. Da das Supergrid geographisch sehr ausgedehnte Gebiete verbinden würde, ergäbe sich insgesamt eine deutlich gleichmäßigere Produktion.

Da ein solcher Verbund zu besonderen Abhängigkeiten innerhalb von Europa und ggf. auch von Nordafrika und dem Nahen Osten führen würde, liegt es auf der Hand, dass ein solches Supergrid nur realisierbar ist, wenn in der gesamten teilnehmenden Region ein hohes Maß an politischer Stabilität herrscht. In Bezug auf Nordafrika und den Nahen Osten gibt es hierzu jedoch erhebliche Bedenken. Allerdings könnten gerade die Teilnahme in einem Supergrid und die daraus resultierenden sozio-ökonomische Verflechtungen helfen, diese Stabilität zu erzeugen. In ähnlicher Weise hat die Montanunion im Bereich Kohle und Stahl einst Deutschland und Frankreich verbunden. Die Montanunion wurde nicht geschaffen, weil die Partnerschaft zwischen Frankreich und Deutschland schon so gut etabliert war, sondern um Europa politisch zu stabilisieren.

Natürlich ist es eine große Herausforderung, die Entstehung eines multinationalen Supergrids zu organisieren. Es ist zu erwarten, dass diverse nationale Egoismen und insbesondere einflussreiche finanzwirtschaftliche Interessengruppen eine solche Entwicklung stark behindern könnten. Doch Deutschland selbst könnte die Weiterentwicklung vorantreiben, wenn es das Konzept der Energiewende in diese Richtung erweitern und ausrichten würde. Für die Europäische Union wäre es eine große Aufgabe, diesen Prozess erfolgreich mit zu gestalten.

Literatur und Internet

Agora (11.04.2014) - Das deutsche Energiewende-Paradox.

[http://www.agora-energien-](http://www.agora-energien.de.de/fileadmin/downloads/publikationen/Analysen/Trends_im_deutschen_Stromsektor/Presentation_Energiewende-Paradox_PK_11042014_web.pdf)

[de.de/fileadmin/downloads/publikationen/Analysen/Trends_im_deutschen_Stromsektor/Presentation_Energiewende-Paradox_PK_11042014_web.pdf](http://www.agora-energien.de.de/fileadmin/downloads/publikationen/Analysen/Trends_im_deutschen_Stromsektor/Presentation_Energiewende-Paradox_PK_11042014_web.pdf)

AkEnd (2002) - Auswahlverfahren für Endlagerstandorte. Empfehlungen des AkEnd. Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte, Köln 2002

Allen R.C. (2009) - The British Industrial Revolution in Global Perspektive. Cambridge 2009

Beaumont P. B. (2011) - The edge: More on fire-making by about 1.7 million years ago at Wonderwerk Cave in South Africa. Current Anthropology. Band 52, Nr. 4, 2011, S. 585-595. doi:10.1086/660919;

Betz A. (1926) - Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen. Ökobuch, Staufen, unveränderter Nachdruck aus dem Jahre 1926, ISBN 3-922964-11-7

BEE- Bundesverband Erneuerbare Energie (06.11.2010) - Atomdeal macht Energiekonzept zur Farce, Pressemitteilung BEE 06.11.2010

BFE - Bundesamt für Energie (13.06.2012) - Fossile Energien. <http://www.bfe.admin.ch/themen/00486/?lang=de> 13.06.2012

BIB - Bundesanstalt für Bevölkerungsforschung (2014) - Wachstum und Alterung der Bevölkerung [http://www.bib-demogra-](http://www.bib-demografie.de/DE/ZahlenundFakten/Weltbevoelkerung/Abbildungen/wachstum_alterung.html)
[fie.de/DE/ZahlenundFakten/Weltbevoelkerung/Abbildungen/wachstum_alterung.html](http://www.bib-demografie.de/DE/ZahlenundFakten/Weltbevoelkerung/Abbildungen/wachstum_alterung.html) 2014

BMEL - Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014) - Wege zum Bioenergiedorf - Biomasse als Energieträger <http://www.wege-zum-bioenergiedorf.de/wege-zum-bioenergiedorf/biomasse-als-energetraeger/>

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014) - Windenergie. <http://www.erneuerbare-energien.de/die-themen/windenergie/kurzinfo/>

BMWE - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014) - Die Energiewende. <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/energiewende.html> 2014

Bökenkamp G. (20.07.2009) - Die Ursache der Industriellen Revolution: Warum in England, warum im 18. Jahrhundert?
eigentlich frei 20. 07. 2009
<http://ef-magazin.de/2009/07/20/1363-die--industrielle-revolution--warum-in-england-warum-im-18-jahrhundert>

BP-Energy Outlook 2030

http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-booklet_2011.pdf

Brauch H. , Czisch G. , Knies G. (1998) - "Regenerativer Strom für Europa durch Fernübertragung elektrischer Energie".
September 1998, Physikzentrum Bad Honnef der DPG, Proceedings, Verlag: AFES-Press, Moosbach ISBN 3-926979-71-2

Bundesnetzagentur (08.01.2014) - Netzentwicklungsplan Strom 2013 und Offshore-Netzentwicklungsplan 2013 bestätigt.
http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2014/140108_NEPS_strom2013.html

Carmody R.N., Wrangham R.W. (2009) - The energetic significance of cooking.
Journal of Human Evolution. Band 57, Nr. 4, Oktober 2009, S. 379-391.
doi:10.1016/j.jhevol.2009.02.011.

Ceccarelli M., Yan, H.-S. (Eds..) (2008) 0- International Symposium on History of Machines and Mechanism
Dordrecht, Springer.2008

Crastan V. (2012) - Elektrische Energieversorgung 2.
Berlin - Heidelberg 2012

CRP Politik und Zeitgeschehen (13.04.2014) - Globale Energiedaten.
Stand 13.04.2014
http://www.crp-infotec.de/08spezi/energie/energie_welt.html#top

Czisch G. (2001) - Interkontinentale Stromverbünde - Perspektiven für eine regenerative Stromversorgung.
http://gc.tnrc.de/wiki/images/4/44/2002-04-03_fvs_2001_potsdam.pdf

Czisch G. (1999) - "Potentiale der regenerativen Stromerzeugung in Nordafrika - Perspektiven ihrer Nutzung zur lokalen und großräumigen Stromversorgung".
Vortrag auf der Frühjahrstagung 1999 der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Heidelberg, März 1999, http://gc.transnational-renewables.org/wiki/images/5/59/1999-09-11_Pot_Strom_Nordafrika.pdf

Czisch G., Kronshage S. und Trieb F. (2001) - "Interkontinentale Stromverbünde - Perspektiven für eine regenerative Stromversorgung".

Jahrestagung FVS, Potsdam, September 2001, http://gc.transnational-renewables.org/wiki/images/4/44/2002-04-03_fvs_2001_potsdam.pdf

DESERTEC Foundation (2009) - Clean Power from Deserts.

The DESERTEC Concept for Energy, Water and Climate Security

WhiteBook • 4th Edition

Protext Verlag, Bonn, February 2009

DSW-Datenreport 2013 - Soziale und demografische Daten.

http://www.weltbevoelkerung.de/uploads/tx_aedswpublication/Datenreport_2013_Stiftung_Weltbevoelkerung.pdf

energieverbraucher. de

Esso: wachsende Gas- und Ölreserven.

Verbraucher: Menetekel wird ignoriert.

http://www.energieverbraucher.de/de/weltweit.../NewsDetail__2015

Ewe Th. (2009) - Das hungrige Hirn.

Bild der Wissenschaft Heft 7/2009, S. 26,

FOCUS online (07.01.2014) - Das deutsche Energiewende-Paradox.

http://www.focus.de/immobilien/energiesparen/energiewende-deutschland-klimabraunkohle-strom-aus-braunkohle-boomt-wie-seit-1990-nicht-mehr-6_id_3520829.html

Gerlach W. (1956) - Fortschritte der Atomforschung und ihre Bedeutung für die Menschheit.

Naturwissenschaftliche Heft 6, 1956 Rundschau

Germanwatch (2006) - Jetzt muss Klimaschutz zur Chefsache werden. Der Klimagipfel von Nairobi 2006 und seine Bewertung.

Germanwatch: Bonn, Berlin 10.12.2006

Goren-Inbar N. et al. (2004) - Evidence of hominin control of fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel.

Science. Band 304, 2004, S. 725-727. doi:10.1126/science.1095443.

Gowlett J.A.J. (2006) - The early settlement of northern Europe: Fire history in the context of climate change and the social brain.

Comptes Rendus Palevol. Band 5, 2006, S. 299-310.

Hafenradar (20.11.2011) - Die Geschichte des Segelns, von Heiko Mettelsiefen.

20.12.2011,

<http://www.hafenradar.de/am/articles/71/die-geschichte-des-segeln>

Hansen, J., Sato M., Ruedy R. et al. (2005) - Efficacy of climate forcings.
Journal of Geophysical Research, 110, D18104, doi:10.1029/2005JD005776 (PDF; 20,5 MB)

Henne H. (1903) - Die Wasserräder und Turbinen.
1 Bd. +Atlas. Verlag Bernhard Friedrich Voigt, Leipzig 1903.

Herz K. (1968) - *Großmaßstäbliche und kleinmaßstäbliche Landschaftsanalyse im Spiegel eines Modells.*
Petermanns geographische Mitteilungen Ergänzungsheft 271 (1968): 49

Huxley J. (1956) - World population.
Scientific. American 194.3. 1956

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): IPCC Fourth Assessment Report.
Working Group I Report „The Physical Science Basis“

Jungk R. (1977) . Der Atomstaat.
Kindler München 1977

Kehl H. (03.02.2009) - Die Klimadebatte. Teil 1/Das Niveau der Klimadebatte.
Ergänzung der Vorlesung TWk an der TU Berlin, Institut für Ökologie, 03.02.2009.
<http://www.2.tu-berlin-de/kehl/projekt/tv-twk/02-intro-3-1-twk.htm>

Khammas A.A.W. - Buch der Synergie –Teil C, Das Mittelmeerprojekt (Desertec)
http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_fotos_ok/sonnenenergie/343c_desertec_eu_mena_konzept.jpg

Krause, Bossel, Müller-Reissmann (1980) - Energiewende - Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran.
S. Fischer Verlag 1980

Lovins A. (1977) - Soft Energy Paths: Towards a Durable Peace.
Penguin Books, 1977,
Rowohlt Reinbeck Hamburg 1978

Mann M.E., Bradley R.S., Hughes M.K. (1999) - Northern hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties and limitations.
Geophys. Res. Lett. 26, S.759-762, 1999
<http://www.ndc.noaa.gov/paleo/pubs/millennium-camera.pdf>

McIntyre St., McKittrick R. (2005) - The M & M critique of the MBH98 northern hemisphere climate index: update and implications.
Energy & Environment 16 /1, 2005

Meadows D.H. (1972) - The Limit of Growth.

Universe Books, New York 1972

Deutsche Übersetzung von Hans-Dieter Heck: Die Grenzen des Wachstums.

Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. dva informativ 1972

Mende M. (1993) - Frühindustrielle Antriebstechnik - Wind- und Wasserkraft.

In: Ullrich Wengenroth (Hrsg.) Technik und Wirtschaft, VDI-Verlag, Düsseldorf 1993, S. 289-304, S. 291

Mez L. (1979) – Der Atomkonflikt.

Olle & Wolter Berlin 1979

Müller W. (1899) - Die eisernen Wasserräder. Band 1: Die Zellenräder. Band 2: Die Schaufelräder.

Band 3: Atlas. Verlag Veit & Comp., Leipzig 1899

Paeger J. (2006-2013)- Eine kleine Geschichte des menschlichen Energieverbrauchs.

<http://www.oekosystem-erde.de/html/energie.html>

PLANET wissen (2014-1) - Luftfahrt.

WDR / SWR / BR-alpha 2014 -1

http://www.planet-wissen.de/wissen_interaktiv/html-versionen/luftfahrt/index.jsp

PLANET wissen (2014 - 2) - Pioniere der Ballonfahrt.

WDR / SWR / BR-alpha 2014

http://www.planet-wissen.de/natur_technik/luftfahrt/ballons/pioniere_der_ballonfahrt.jsp

Pötter B. - Wie die Politik den IPCC zensierte.

taz 14.05.2014

<http://www.ipcc14.de/berichte-1/ipcc-arbeitsgruppe-3/159-wie-die-politik-den-ipcc-zensierte>

Preece R. C., et al. (2006) - Humans in the Hoxnian: Habitat, context and fire use at Beeches Pit, West Stow, Suffolk, UK.

Journal of Quaternary Science. Band 21, 2006, S. 485-496.

doi:10.1002/jqs.1043.)

Quaschnig V. (2011) - Regenerative Energiesysteme. Technologie - Berechnung - Simulation.

7. aktualisierte Auflage. München 2011

Radkau J. (2011) - Die Ära der Ökologie: Eine Weltgeschichte.

Beck, Februar 2011, 978-3406613722

Reuters Deutschland (07.08.2013) - Verseuchtes Fukushima-Wasser fließt seit Jahren ins Meer. 07.08. 2013.

<http://de.reuters.com/article/worldNews/iDEBEE97603620130807>

Datenabruf 07.08.2013

Riek G.(1934) - Die Eiszeitjägerstation am Vogelherd im Lonetal.

Bd. I: Die Kulturen. Leipzig 1934, S. 161

Rucht D. (2008) - Anti-Atomkraftbewegung.

In: Roland Roth, Dieter Rucht (Hrsg.): Die sozialen Bewegungen in Deutschland seit 1945.

Campus, 2008

Schmidberger T. (1984) - Das erste Wechselstrom-Kraftwerk in Deutschland.

1984, S. 9-33

Schulz-Walden Th. (2013) - Anfänge globaler Umweltpolitik. Umweltsicherheit in der internationalen Politik (1969-1975), Oldenbourg Verlag, München, ISBN 978-3-486-72362-5

Seeberger F. (1977) - Steinzeitliches Feuerschlagen.

Archäologisches Korrespondenzblatt, Band 7, Heft 3, 1977, S. 195-200

Segeln-wissen.de (o.J.) - Die Geschichte des Segelns.

<http://www.segeln-wissen.de/segelscheine/die-geschichte-des-segelns.html> o.J.

Sklenar K.

Menschen und Tiere in der Steinzeit

Müller-Verlag, Erlangen 1991

Spahn G. (15.02.2012) - Globaler Energiebedarf steigt bis 2030 um 39 Prozent.

15.2.2012

<http://www.epochtimes.de/Globaler-Energiebedarf-steigt-bis-2030-um-39-Prozent-a865922.html>

SPIEGEL 2008- Das unheimliche Comeback.

Hft.28/2008

SPIEGEL online (03. 04, 2012.) - Eine Million Jahre alte Brandspuren: Schon Homo erectus spielte mit dem Feuer.

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/homo-erectus-nutzte-vor-einer-million-jahren-feuer-a-825225.html>

SPIEGEL online Wirtschaft (30.05.2012) - Wo Strombahnen Deutschland vernetzen sollen.

<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/ausbau-der-stromtrassen-wie-deutschland-vernetzt-werden-soll-a-835963.html>

SPIEGEL online (07.01.2014) - Stromproduktion aus Braunkohle erreicht Rekordwert.
<http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/energiewende-stromproduktion-aus-braunkohle-erreicht-rekordwert-a-942129.html>

Stapert D., Johansen L. (1999) - Flint and pyrite: making fire in the Stone Age. *Antiquity*. Band 73, 1999, S. 765-777

Strohm H. (1973) . *Friedlich in die Katastrophe*.
Verlag Association Hamburg.

Süddeutsche Zeitung

http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly_fs/1.951553.1355876570!/httpImage/image.jpg_gen/derivatives/900x600/image.jpg

Süddeutsche Zeitung (2007) - UN-Klimakonferenz: Die wichtigsten Beschlüsse.
<http://www.sueddeutsche.de/wissen/artikel/857/148504/> 16. Dezember 2007

Thieme H. (1999) - Angekohelter Holzstab. Altpaläolithische Holzgeräte aus Schöningen, Lkr. Helmstedt. Bedeutsame Funde zur Kulturentwicklung des frühen Menschen. *Germania*. Band 77, Nr. 2, 1999, S. 474-478

Trieb F., Müller-Steinhagen H. (German Aerospace Center (DLR), Institute of Technical Thermodynamics) o. J. - The DESERTEC Concept. Sustainable Electricity and Water for Europe, Middle East and North Africa.
WhiteBook_Excerpt_Trieb_Steinhagen. Pdf

Uni-Protokolle (25.10.2015) – Industrielle Revolution / Industrialisierung
http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Industrielle_Revolution.html
<http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Industrialisierung.html>

Voß A. (1997) - Leitbilder und Wege einer umwelt- und klimaverträglichen Energieversorgung.

In: Hans-Günther Brauch: *Energiepolitik. Technische Entwicklung, politische Strategien, Handlungskonzepte zu erneuerbaren Energien und zur rationellen Energienutzung*, Berlin/Heidelberg 1997

WEG - Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V. (2013) - Reichweite fossiler Rohstoffe.
<http://www.erdoel-erdgas.de/Themen/Rohstoffe/Reichweite-fossiler-Rohstoffe>

Weiner J., Floss H. (2004) Eine Schwefelkiesknolle aus dem Aurignacien vom Vogelherd, Baden-Württemberg. Zu den Anfängen der Feuererzeugung im europäischen Paläolithikum. *Archäologische Informationen*. Band 27, Nr. 1, 2004, S. 59-78

WIKIPEDIA (09.11.2013) - Entwicklungsgeschichte des Segelschiffs.
http://de.wikipedia.org/wiki/Entwicklungsgeschichte_des_Segelschiffs

WIKIPEDIA (28.02.2014) - Konferenz der Vereinten Nationen über die Umwelt des Menschen.

http://de.wikipedia.org/wiki/Konferenz_der_Vereinten_Nationen_%C3%BCber_die_Umwelt_des_Menschen

WIKIPEDIA (18.03.2014) - Vertikalrotor.

[http://de.wikipedia.org/wiki/Vertikalrotor_\(Windturbine\)#Geschichte](http://de.wikipedia.org/wiki/Vertikalrotor_(Windturbine)#Geschichte).

WIKIPEDIA (28.04.2014) - Wasserkraft.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserkraft#Geschichte>

WIKIPEDIA (09.05.2014) - Neolythische Revolution

https://de.wikipedia.org/wiki/Neolithische_Revolution

WIKIPEDIA (19.05.2014) - UN-Klimakonferenz.

<http://de.wikipedia.org/wiki/UN-Klimakonferenz>

WIKIPEDIA (22.07.2015)- UN-Klimakonferenz

<https://de.wikipedia.org/wiki/UN-Klimakonferenz>

WIKIPEDIA (22.05.2014) - Chronologie der Luftfahrt.

http://de.wikipedia.org/wiki/Chronologie_der_Luftfahrt#1783.E2.80.931890:_Ballone_und_Flugger.C3.A4te

WIKIPEDIA (30.05.2014) - Luftschiff.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Luftschiff>

WIKIPEDIA (19.06.2014) - Energiewende.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Energiewende>.

WIKIPEDIA (23.06.2014) - Atomausstieg.

<http://de.wikipedia.org/wiki/Atomausstieg> 23.06.22014

WiWo-Die Wirtschaftswoche/Green Economy (04.11.2013) - Fossile Energieträger.

WiWo 04.11.2013

<http://green.wiwo.de/studie-fossile-energietraeger-reichen-noch-100-jahre/>

WiWo - Wirtschaftswoche /Green Economy (10.03.2014) - CO2-Anteil steigt - Die traurige Klimabilanz der Energiewende.

<http://green.wiwo.de/co2-ausstoss-steigt-die-traurige-klimabilanz-der-energiewende/>

Wunderlich Chr. H. (2006) - Und es ward Licht.

Archäologie in Deutschland, Schwerpunkt Feuer, Heft 4, 2006, S.

ZEIT online Wirtschaft (07.10.2013) - Deutschland muss weg von der Kohle.
<http://www.zeit.de/wirtschaft/2013-10/energiewende-klimaschutz-emissionshandel>