2. KAPITEL: ENERGIE

Themen

1 DIE GESCHICHTE DER MENSCHHEIT, EINE GESCHICHTE DER ENERGIE 18
1.1 Jäger und Sammler: Nomaden der Steinzeit 18
1.2 Das Agrarzeitalter: Wie die Landwirtschaft die Gesellschaft veränderte 19
1.3 Das Industriezeitalter: Der Einsatz fossiler Brennstoffe wächst ins Unermessliche 21
1.4 Das Informationszeitalter: Eine neue Epoche in der Menschheitsgeschichte 24
1.5 Die Nutzung von elektrischem Strom 25
1.6 Geschichte der österreichischen Elektrizitätswirtschaft 26

2 HERAUSFORDERUNG DER ENERGIEVERSORGUNG 27
2.1 Ungleiche Verteilung 27
2.2 Importabhängigkeit 30
2.3 Der menschliche Energiebedarf und seine Bereitstellung 32

3 ENERGIE IN NATURWISSENSCHAFTLICHEN ZUSAMMENHÄNGEN 36
3.1 Einheiten und Definitionen 36
3.2 Formen von Energie 37
3.3 Energie in technischen Prozessen 41
3.4 Energiegehalt verschiedener Brennstoffe 42

4 QUELLENANGABEN UND LITERATUR 44

Lernziele

- Grundbegriffe zum Thema Energie kennenlernen und verstehen
- Sensibilisierung für menschlichen Energiebedarf und die Bedeutung von Energie für das menschliche Leben
- Sensibilisierung für Ressourcenbelastung durch Energiebereitstellung
- Sensibilisierung für die derzeitige Situation der Energieversorgung
- Verständnis der physikalischen Definitionen von Energie
- Eigenständige Beschreibung einer Energienutzungskette

Geförderte Kompetenzen

- Diskussionsbereitschaft
- Kommunikationsfähigkeit, Training von Soft Skills
- Reproduktion und Anwendung von erarbeitetem Fachwissen
- Naturwissenschaftliches Verständnis
- Erkennen von gesellschaftlichen und ökologischen Zusammenhängen

?

Wie hängt die Kulturgeschichte der Menschheit mit der Verfügbarkeit von Energie zusammen? Welchen Stellenwert hat der Zugang zu Energie für eine Gesellschaft und die Individuen, die in ihr leben? Lässt sich aus einer Analyse des Energiebedarfs ableiten, welche soziale und ökologische Tragweite dieser für die globale Gesellschaft hat? Der Begriff Energie aus naturwissenschaftlicher Sicht: Welche Formen von Energie werden durch die Physik beschrieben und wo treffen wir sie in unserem Alltag an? Inwieweit können wir durch die Definitionen und die verschiedenen Einheiten von Energie Rückschlüsse auf die Energiegeschichte und unseren heutigen Energieträgermix ziehen? Welche Prozesse und Strukturen beeinflussen unseren Energiebedarf und wie gestaltet sich in diesen Zusammenhängen unser Handlungsspielraum?

Österreichischer Biomasse-Verband
Austrian Biomass Association

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND UND EUROPÄISCHER UNION

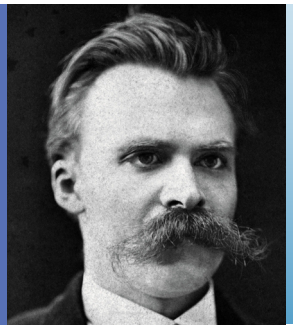
Ministerium für ein lebenswertes Österreich

LE 07-13
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums: Hier investiert Europa in die ländlichen Gebiete

2. KAPITEL: ENERGIE
Die Geschichte der Menschheit, eine Geschichte der Energie

Energie kann einen Körper entgegen eine Kraft bewegen, eine Substanz erwärmen, elektromagnetische Wellen abstrahlen oder in Form von elektrischem Strom auftreten. Energie kann von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden, sie kann gespeichert und transportiert werden und dennoch ist sie kein Stoff. Pflanzen, Tiere und Menschen benötigen Energie, um zu leben.



„Der Satz vom Bestehen der Energie fordert die ewige Wiederkehr."

„Friedrich Nietzsche, Philosoph (1844–1900)"

ABBILDUNG 10: Friedrich Nietzsche

BILD: F Hartmann, Public Domain

Die begriffliche Welt rund um das Thema Energie ist sehr komplex, deshalb bietet es sich an, einen Einstieg aus der Lebensrealität der Jugendlichen zu wählen. Dieser könnte sich an den Fragen orientieren, was Energie in unserem Alltag bedeutet und wo wir dem Begriff begegnen. Dazu eignet sich eine Diskussion oder ein Brainstorming. Das Ergebnis dieses Prozesses wird verschiedene Aspekte des Themas hervorbringen, die direkt aus der Gruppe kommen. So wird der passende Einstieg ins Thema deutlich sichtbar. Eine mögliche Chronologie zur Erarbeitung der Begriffswelt rund um das Thema Energie soll hier beschrieben werden. Analysiert werden der Begriff Energie, beschrieben im Kontext der menschlichen Entwicklung, der Wandel unserer Gesellschaft und schließlich unser eigener Energiebedarf. Die Serie der Magnetcharts hat sich auch als direkter Einstieg bewährt; diese orientieren sich ebenfalls an der Lebenswelt der Jugendlichen.

1-5

1 DIE GESCHICHTE DER MENSCHHEIT, EINE GESCHICHTE DER ENERGIE

3

ARBEITSAUFTRAG 3: Mein Energiebedarf und mein Gesamtenergieumsatz
EXPERIMENT 5: Experiment zur Demonstration des Energiegehaltes von Lebensmittel
TEXT 6: Die Körpermaschine Mensch (4 Seiten)

5

6

Um den Energiebedarf des Menschen zu beschreiben, kann man seine täglich erbrachte Leistung in Watt berechnen. Man geht dabei vom Grundumsatz aus und addiert den Leistungsumsatz dazu. Der Grundumsatz ist jene Menge an Energie, die zum Überleben notwendig ist. Der Leistungsumsatz beschreibt den Mehraufwand, der nötig ist, um Arbeit zu verrichten und z. B. Nahrung zu beschaffen. Gemittelt liegt die Leistung eines ruhenden Menschen zwischen 50 und 100 Watt, das ist in etwa die Leistung einer altmodischen Glühbirne. Pro Tag entspricht das einem Energiebedarf von 1,2–2,4 kWh. Bei leichter körperlicher Tätigkeit erhöht sich der Gesamtumsatz um 60 % des Grundumsatzes. Den Energiebedarf muss der Mensch durch die Zufuhr von Nahrung decken. Bei schwerer körperlicher Arbeit kann sich der Grundumsatz mehr als verdoppeln. Schwer arbeitende Menschen müssen also dementsprechend mehr Nahrung zu sich nehmen, um ihren Energiebedarf zu decken. Beispielsweise können Spitzensportler über kürzere Zeiträume 1-1,5 kW leisten, also etwa 2 PS.

Weiter mit: „3 Energie in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen" K: 2, S: 36

2/36

1.1 Jäger und Sammler: Nomaden der Steinzeit

Die Menschen lebten bis zum Ende der letzten Eiszeit vor 10.000 bis 15.000 Jahren noch als Jäger und Sammler und nutzten etwa das Sechsfache ihres Grundumsatzes in Form von Nahrungsmitteln und Brennstoff. Sie waren vor allem auf den Energiegehalt der Nahrung angewiesen, um ihr Überleben zu sichern.

Bis zu dieser Zeit wurde die Erde von etwa fünf bis zehn Millionen Menschen bewohnt. Der Energiebedarf der damaligen Jäger- und Sammlergesellschaften wurde durch Nahrung und Feuerholz gedeckt und wird auf 10 GJ pro Person und Jahr geschätzt.

ABBILDUNG 11: Energiebedarf Jäger- und Sammlergesellschaft 10 GJ pro Person und Jahr - QUELLE: Stefan Boyden, Rot = Grundumsatz

Obwohl die Größe der menschlichen Bevölkerung noch relativ gering war, sind die ökologischen Auswirkungen dieser Jäger- und Sammlergesellschaften nicht zu unterschätzen. Durch immer wirksamere Waffen und Jagdstrategien wurden viele Tierarten ausgerottet. Die Menschen verstanden sich schon früh darauf, mithilfe von Werkzeugen ihren Energieeinsatz zu verringern. Kleidung und schützende Behausungen halfen dabei, den Energieeinsatz im Kampf gegen die klimatischen Bedingungen möglichst gering zu halten. Die wichtigste Energiequelle neben der Nahrung hatten diese Menschen bereits erschlossen: das Feuer. Durch die Nutzung des Feuers konnten die Menschen ihren Lebensraum um Gebiete erweitern, die vorher zu kalt gewesen waren. Außerdem konnte durch das Feuer ein größerer Anteil der in der Nahrung enthaltenen Energie genutzt werden. So konnten zum Beispiel Teile von gejagten Tieren, die ungebraten zu zäh waren, um verzehrt zu werden, durch das Braten im Feuer genießbar gemacht werden. Die Nutzung von Brennholz als Energiequelle kann somit als ein Grundstein der menschlichen Kultur angesehen werden.

Weiter mit: „2.5.3 Der Herd, eine Geschichte der Kochkultur" K: 4, S: 107

1.2 Das Agrarzeitalter: Wie die Landwirtschaft die Gesellschaft veränderte

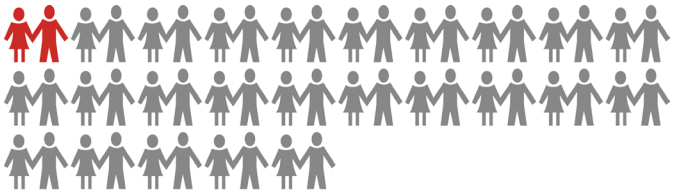


ABBILDUNG 12: Energiebedarf Agrargesellschaft: 40 bis 70 GJ pro Person und Jahr - QUELLE: Stefan Boyden, Rot = Grundumsatz

Nach dem Ende der letzten Eiszeit vor circa 10.000 bis 15.000 Jahren wurden die Menschen sesshaft und begannen mit Ackerbau und Viehzucht. Der zum Überleben notwendige Energiegehalt musste fortan durch die Erzeugung von Nahrung gedeckt werden. Die Zeit der Arbeit begann.

Bis zum Jahr 1500 wuchs der Energiebedarf vorindustrieller Agrargesellschaften auf etwa 40 GJ, in manchen Regionen sogar auf bis 70 GJ pro Person und Jahr an. Die Menschen nutzten das 18- bis 24-Fache ihres Energiegrundumsatzes, vor allem in Form von Nahrung sowie für Arbeitstiere, mit deren Hilfe sie die Feldarbeit verrichteten.

Als Brennstoff kam nach wie vor Holz zum Einsatz. Seit 15.000 Jahren ist ein starkes Anwachsen der Weltbevölkerung zu verzeichnen. Bis zum Beginn unserer Zeitrechnung wuchs die Weltbevölkerung auf 200 bis 400 Millionen Menschen an. Nur durch Bewirtschaftung des Landes, durch Ackerbau und Viehzucht, konnte die Ernährung der zunehmenden Bevölkerung sichergestellt werden.

EXKURS 7: Urgeschichtliche Museen in und um Österreich

Um einen Menschen nur durch die Jagd zu ernähren, war eine Fläche von etwa 1 km² Land erforderlich. Bei Bewirtschaftung eines solchen Gebietes konnten jedoch durch Viehzucht sieben Menschen und durch Ackerbau bis zu 100 Menschen ernährt werden. Die notwendige Arbeit zur Erzeugung von Nahrung wurde zum Teil auch von Tieren erbracht, wodurch die Bewirtschaftung des Landes effizienter betrieben werden konnte. Ochsen konnten nicht nur einen Pflug ziehen und somit ein Vielfaches der menschlichen Arbeit leisten, sie lieferten nebenbei auch Fleisch und Leder.

Biomasse wurde als Energieträger zum Kochen und Beheizen der Behausungen, zum Brennen von Lehmziegeln sowie auch zum Schmelzen von Metallen für die Erzeugung von Werkzeug und Waffen eingesetzt. Neben Stroh und getrockneten tierischen Exkrementen war Holz der wichtigste Brennstoff; zudem wurde es auch als Baumaterial eingesetzt. Die Auswirkungen der Menschheit auf das Ökosystem waren bereits in diesem Entwicklungsstadium schwerwiegend. Der Bedarf an Eisen nahm stetig zu, ebenso auch der Bedarf an Brennholz zur Verarbeitung des Eisens, was immer wieder zu Holzmangel führte. Der Wald-

ABBILDUNG 13: Vergleich 1 km² Land in unterschiedlicher Nutzung - QUELLE: Ellenruth Brede

4/107
7

bestand schrumpfte infolge der intensiven Holznutzung in unseren Breiten von 400 bis 1600 nach Beginn unserer Zeitrechnung auf einen Bruchteil seines Bestandes. Menschliche Arbeit wurde meist von Zwangsarbeitern und Sklaven verrichtet. Seit den frühen Agrargesellschaften kann von schwerwiegenden sozialen Auswirkungen aufgrund der Ausbeutung menschlicher Arbeit gesprochen werden.

!

Für den Bau eines mittelalterlichen Hauses wurden dutzende Eichen, für die Errichtung von Kathedralen und anderen Prachtbauten mehrere 1.000 Eichen benötigt. Für die Anfertigung eines hochseetauglichen Schiffes waren 3.000 Eichen nötig. Für das Schmelzen einer Tonne Eisen waren 1.000 Tonnen Holz oder 715 Eichen erforderlich. Als Gewicht einer Eiche werden hier etwa 1,4 Tonnen angenommen, der Energiegehalt eines solchen Baumes entspricht etwa 24.000 MJ.

Ein Mensch konnte mit einer Hacke 1 ha Ackerfläche in 200 Arbeitsstunden für die Aussaat vorbereiten. Mithilfe eines Ochsen, der vor einen Holzpflug gespannt wurde, konnte diese Arbeit in 13 Stunden erledigt werden. Heute kann 1 ha Ackerfläche mit modernen Landmaschinen in weniger als einer Stunde bearbeitet werden.

Zur Zeit der Römer konnte ein mit 500 kg beladener Wagen von einem Ochsen an einem Tag 20 km weit gezogen werden. Heute können 500 kg Zuladung von einem Kleinlaster in einer Stunde mehr als 100 km weit transportiert werden.

In Europa gab es um 1800 rund 14 Millionen Pferde und 24 Millionen Rinder, die in der Landwirtschaft eingesetzt wurden. Die Gesamtleistung der Futterfläche für all diese Arbeitstiere betrug 7,5 Milliarden Watt. Diese Leistung entspricht der von mehr als 100.000 Mittelklasse-Pkw.

QUELLE: Zahlenangaben Clive Ponting 2007, Quaschning 2009

MENSCHLICHE ARBEIT	TIERISCHE ARBEIT	MASCHINELLE ARBEIT
NAHRUNGSMITTEL	FUTTERMITTEL	TREIBSTOFFE
10-15 MJ/Tag	160 MJ/Tag	7060 MJ/Tag
1 ha Acker 200 Stunden	1 ha Acker 13 Stunden	1 ha Acker < 1 Stunde
375 MJ/ha	260 MJ/ha	880 MJ/ha

ABBILDUNG 14: Entwicklung der Feldarbeit - QUELLE: BOKU - BILDER: Deutsches Bundesarchiv

PRÄSENTATION 41: Entwicklung der menschlichen Gesellschaft und ihres Energiebedarfs (37 Folien)

Neu in der Energiebilanz der Agrargesellschaften war der Energiebedarf für den Transport von Nahrungsmitteln, Brennstoffen und Gütern aller Art. Diese Transporte waren vor allem für die militärische Überlegenheit von großer Bedeutung. So wurde zum Beispiel zur Zeit des Römischen Reiches ein Wegenetz errichtet, auf dem diese Transporte effizienter erfolgen konnten. Auch der Handel mit Waren aller Art führte zu einem steigenden Transportaufgebot zu Land und auf dem Wasser.

Von Beginn unserer Zeitrechnung bis 1750 wuchs die Weltbevölkerung auf 790 Millionen Menschen an. Die von Menschen und Tieren geleistete Arbeitskraft stieß langsam an ihre Grenzen. Die Bereitstellung von Ressourcen sowie die darum geführten Kriege brachten die ersten Technologien zur Umwandlung von Energie hervor. Windmühlen und Wasserräder kamen zum Einsatz und spielten eine wichtige Rolle in der Mechanisierung der Gesellschaft, in der zuvor noch Tiere zum Antrieb von Maschinen genutzt worden waren.

Die Energieträger des Agrarzeitalters hießen Biomasse, Wasserkraft und Windkraft. Infolge der starken Nutzung von Holz kam es immer wieder zu Holzmangel. Die zunehmende Nutzung von Kohle läutete schließlich das industrielle Zeitalter ein.

Weiter mit: „3 Die fossilen Energieträger" K: 3, S: 59
Weiter mit: „1 Die Energiewende" K: 4, S: 74

1.3 Das Industriezeitalter: Der Einsatz fossiler Brennstoffe wächst ins Unermessliche

ABBILDUNG 15: Energiebedarf Industriegesellschaft: 100 bis 200 GJ pro Person und Jahr - QUELLE: Stefan Boyden, Rot = Grundumsatz

1750 wurde die Erde von 790 Millionen Menschen bevölkert; seitdem stieg die Bevölkerung exponentiell an. Die Erfindung der Dampfmaschine kennzeichnet den Übergang vom Agrarzeitalter in das Industriezeitalter. Die erste funktionsfähige Dampfmaschine wurde um 1700 in einem Kohlebergwerk zum Abpumpen von Grundwasser eingesetzt. Durch ihren Einsatz wurde es möglich, noch tiefer zu graben. So konnte durch den Einsatz von Kohle noch mehr Kohle gefördert werden. Die Verwendung der Dampfmaschine bei Eisenbahnen und Dampfschiffen machte die Kohlenutzung auch außerhalb der Fundgebiete möglich. Durch die Vergasung von Kohle wurde Stadtgas (oder auch Landgas) erzeugt, das zur Beleuchtung der großstädtischen Straßen, Fabriken und später auch Wohnungen sowie zum Betrieb von Gasherden und Gasdurchlauferhitzern eingesetzt wurde. Die Gasometer in Wien Simmering zeugen noch von dieser Ära. Später wurde das Stadtgas durch Erdgas ersetzt. Der Kohleverbrauch stieg rasant an: von weltweit 10 Millionen Tonnen im Jahr 1800 auf über 76 Millionen Tonnen im Jahr 1850. 1900 wurden dann schon jährlich 760 Millionen Tonnen Kohle verbraucht. Der Brennstoffbedarf wurde zu 90 % durch Kohle gedeckt. Maschinen ersetzten zunehmend die Arbeitskraft der Tiere. Die in der Landwirtschaft freigewordene menschliche Arbeitskraft wurde zur Produktion in der Industrie eingesetzt.

Mitte des 19. Jahrhunderts begann die technische Nutzung des elektrischen Stroms, vorerst nur für die Telegrafie. Mit der Erfindung des Generators konnte aus mechanischer Energie Strom erzeugt werden. Von Dampfmaschinen angetrieben ging das erste Zentralkraftwerk der Welt in New York ans Netz. Auch die Wasserkraft wurde für die Stromerzeugung wiederentdeckt. Durch die Beleuchtung mit Glühbirnen und den Einsatz von Elektromotoren konnte die Produktion der Industrie gesteigert und immer mehr automatisiert werden. Der Energiebedarf nahm mit der industriellen Revolution drastisch zu.

Bis zum Jahr 2000 wuchs der Energiebedarf in den meisten Industrieländern auf 100 bis 200 GJ pro Person und Jahr. Das macht das 70- bis 80-Fache des menschlichen Grundumsatzes aus. Der Energiebedarf wurde vorwiegend durch die Nutzung fossiler Brennstoffe gedeckt. Es entstanden die sich gegenseitig bedingenden Wirtschaftssektoren Industrie, Verkehr und Dienstleistung. Die Haushalte wurden mit Elektrizität versorgt und die Industrie konnte Elektrogeräte absetzen: Damit wuchs wiederum der Energiebedarf der Haushalte.

Weiter mit: „3.2.7 Elektrische Energie: Strom" K: 2, S: 38
Weiter mit: „3.2 Kohle" K: 3, S: 62

3, 4

Vor 1900 wurde mehr als ein Drittel der Ackerfläche zur Bereitstellung von Futtermitteln für Ochsen, Pferde und Esel verwendet. Pro Tier konnte man mit einer Futtermittelfläche von einem Hektar pro Jahr rechnen. Mit dem heutigen Stand der Technik kann auf einem Hektar so viel Energie in Form von Biotreibstoff erzeugt werden, dass das 1- bis 5-Fache der durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung eines Pkw abgedeckt werden kann.

TEXT 3: Die industrielle Revolution, Teil 1 (5 Seiten)
TEXT 4: Die industrielle Revolution, Teil 2 (6 Seiten)

Die gesteigerten Produktionskapazitäten führten als nächste Welle der Industrialisierung zur Motorisierung. Zunächst galt die Erfindung des Automobils als Spielzeug der Reichen. Ab 1906 wurden erste militärische Konzepte vorlegt; der erste mit Verbrennungsmotor ausgerüstete Panzer wurde der Öffentlichkeit vorgestellt. Kurz darauf wurden in den USA die ersten Automobile am Fließband hergestellt und damit einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. So wurden sie zum Massenprodukt.

In den USA gab es im Jahr 1900 etwa 8.000 Automobile. 1920 waren es bereits 10 Millionen, im Jahr 1930 über 20 Millionen Exemplare. Heute gibt es über 250 Millionen Kraftfahrzeuge in den USA.

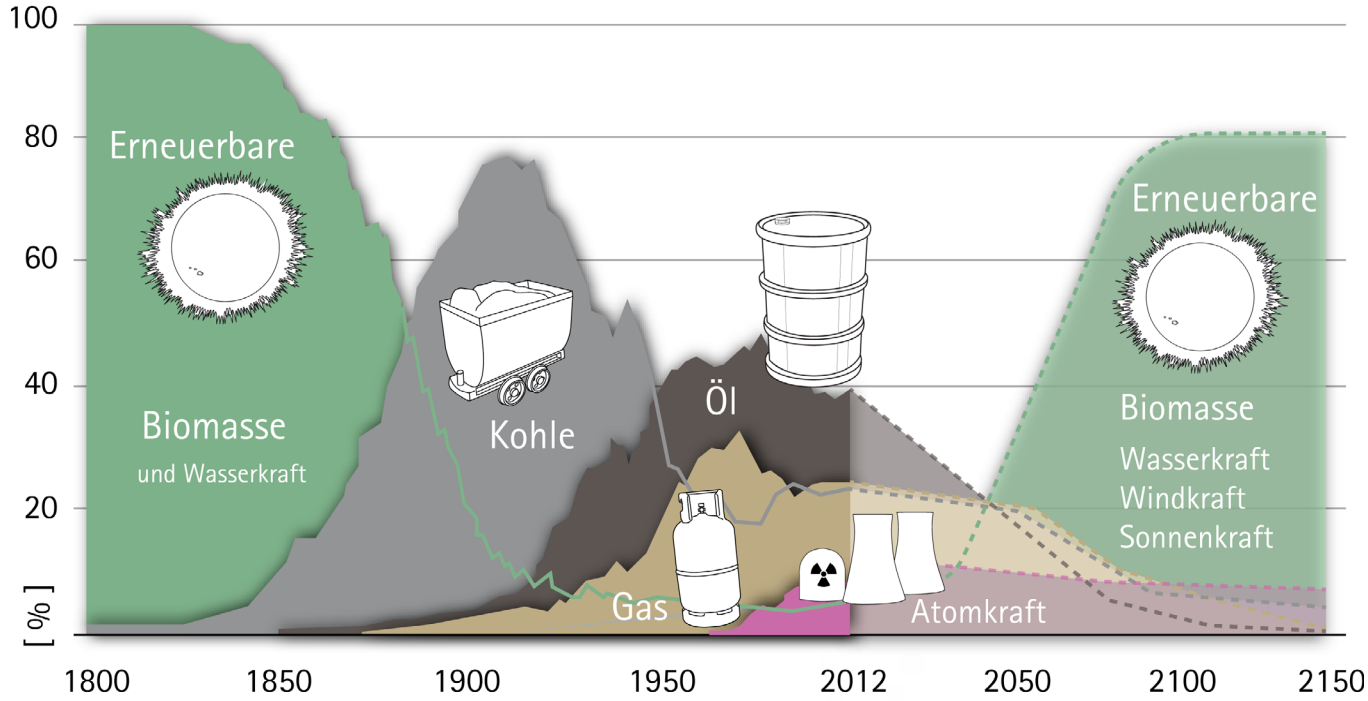


ABBILDUNG 16: Anteile des Primärenergieeinsatzes seit 1800 - QUELLE: 1366 Technologies, European Climate Foundation Project Roadmap 2050

4/74

Weiter mit: „1 Die Energiewende" K: 4, S: 74

Seit der Industrialisierung hat die menschliche Gesellschaft mehrere Energiewenden erlebt. Die Nutzung der Kohle als Energieträger läutete das Industriezeitalter ein und bewirkte die Abwendung von der erneuerbaren Energie als primäre Energiequelle. Der Siegeszug des Automobils wurde zur zweiten Welle der Industrialisierung und führte zu einer Energiewende von der Kohle als primäre Quelle hin zu einem fossilen Energieträgermix.

Mit der Technifizierung der Haushalte stieg die Nachfrage nach Strom, die Wasserkraft erlebte ihre Renaissance, aber auch die zivile Nutzung von Atomkraft gewann immer mehr an Bedeutung. Massive Umweltschäden und Luftverschmutzung verdrängten die Kohle in weiten Teilen Europas zugunsten einer emissionsärmeren Erdgasnutzung und dem Ausbau der Atomkraft.

Was die Kohle für das frühe Industriezeitalter war, ist für unsere Zeit das Erdöl. Es ist heute einer der wichtigsten Faktoren der Weltwirtschaft. Ein Artikel der Finanzzeitschrift Fortune besagt, dass sieben der zehn umsatzstärksten Unternehmen weltweit in der Energiebranche zu verorten sind. Sieben davon haben ihren Schwerpunkt im Handel mit Öl und Gas. Anfangs wurde Erdöl nur zur Herstellung von Kerosin als Leuchtmittel verwendet.

1860 wurden noch 300.000 Tonnen Rohöl gefördert, 1900 bereits 19 Millionen Tonnen. Mit dem rasanten Aufbau einer Automobilindustrie nach 1920 wurde Erdöl zur Grundlage unserer Industriegesellschaft; in diesem Jahr wurden schon 91 Millionen Tonnen gefördert.

Heute verbraucht jeder Erdenbürger durchschnittlich 2.000 Liter im Jahr. Im Jahr 2012 wurden 4.118 Millionen Tonnen Erdöl gefördert. Erdöl zählt damit zu den wichtigsten Energieträgern. Darüber hinaus wird es als Rohstoff zur Erzeugung zahlreicher Produkte der chemischen Industrie eingesetzt. Heute steigt das Bewusstsein dafür, dass Erdöl und Erdgas immer knapper werden und die ökologischen sowie sozialen Folgen ihrer Nutzung schwerwiegend sind. Die Katastrophen, die sich durch den Einsatz von Atomenergie ereignet haben, zeigen, dass diese Technologie keine Alternative darstellen kann. Es deutet alles darauf hin, dass wir vor einer weiteren Energiewende stehen - einer Energiewende zurück zu den erneuerbaren Energiequellen.

PRÄSENTATION 42: Anteile der Primärenergieträger im gesellschaftlichen Wandel (17 Folien)
Weiter mit: „3 Die fossilen Energieträger" K: 3, S: 59

RANG	UNTERNEHMEN	LAND	UMSATZ Mrd. US-$	GEWINN Mrd. US-$	BRANCHE
1	Walmart	USA	476,294	16,000	Einzelhandel
2	Royal Dutch Shell	Niederlande	459,599	16,371	Öl und Gas
3	Sinopec	China	457,201	8,932	Öl und Gas
4	China National Petroleum	China	432,007	16,317	Öl und Gas
5	ExxonMobil	USA	407,666	32,580	Öl und Gas
6	BP	Großbritannien	396,217	23,451	Öl und Gas
7	State Grid	China	333,387	7,982	Energieversorger
8	Volkswagen	Deutschland	261,539	12,072	Automobile
9	Toyota Motor	Japan	256,454	18,198	Automobile
10	Total	Frankreich	227,882	11,204	Öl und Gas

ABBILDUNG 17: Die umsatzstärksten Unternehmen der Welt die im Geschäftsjaht 2013 keine Verluste erzielt haben - QUELLE: Fortune Global 500 aus 2014

Fossile Energieträger lösen die menschliche Arbeit ab. Der Energieinhalt der Tankfüllung eines Kleinwagens, also von 50 Litern Benzin, entspricht der Leistung von 1.000 Menschen, die über einen Zeitraum von acht Stunden arbeiten.

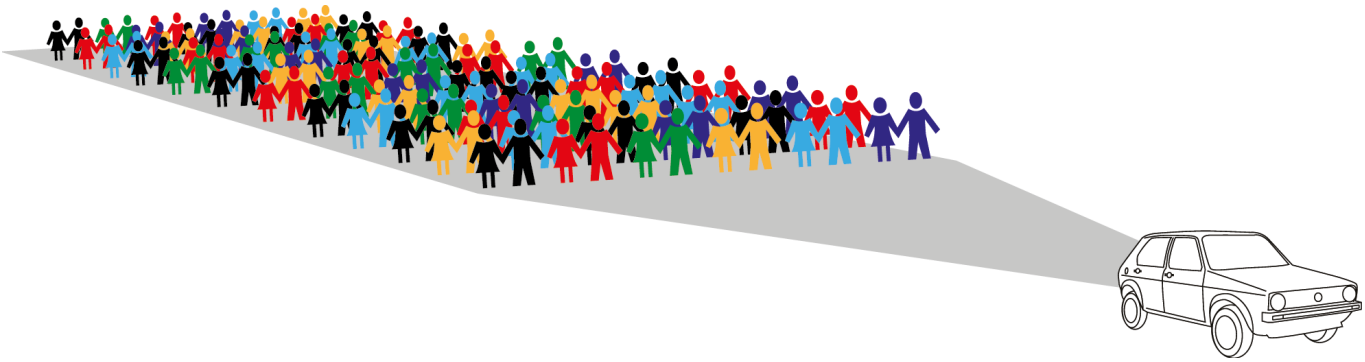


ABBILDUNG 18: 50 Liter Benzin – 1.000 Arbeiter – ein Tag - QUELLE: Zahlenangaben Jürgen Paeger, Ökosystem Erde, eigene Berechnung

ARBEITSAUFTRAG 10: Was kann ich mit der Energie in 1 kWh alles tun?

1.4 Das Informationszeitalter: Eine neue Epoche in der Menschheitsgeschichte

ABBILDUNG 19: Der globale Tagesenergiebedarf von Google entspricht der Arbeit von 130 Millionen Menschen, in etwa die gesamte Bevölkerung von Deutschland, den Niederlanden, Belgien, der Schweiz, Österreich und Slowenien. - QUELLE: Zahlenangaben Jürgen Paeger Ökosystem Erde, 2013, eigene Berechnung

Heute befinden wir uns im Informationszeitalter. Die erste technische Erfindung, die zu dieser Entwicklung geführt hat, war der elektrische Telegraf, der später zum Telefon weiterentwickelt wurde. Heute ist die ganze Welt durch das Internet vernetzt, Satelliten umkreisen den Orbit und können nahezu überall auf der Erde einen Zugang zum World Wide Web bereitstellen. In den Industriestaaten wurde ein flächendeckendes Datennetz errichtet. In Österreich verfügen etwa 70 % der Haushalte über einen Internetzugang, über 50 % der in Österreich lebenden Menschen nutzen das Internet über Mobiltelefone. Allein der Internetdienstanbieter Google hat einen Energiebedarf von 22,6 TWh pro Jahr für die Betreibung der notwendigen Server. Pro Tag sind das 61.917.808 kWh, das entspricht der Leistung von 130.000.000 Menschen, die über einen Zeitraum von acht Stunden arbeiten. Das entspricht wiederum etwa einem Drittel des Gesamtenergiebedarfs Österreichs um 1800. An diesem Beispiel wird deutlich, dass es uns gelungen ist, die menschliche Arbeit durch den Einsatz fossiler Energieträger zu ersetzen. Betrachten wir die Kultur und die Gesellschaftsgeschichte der Menschheit, zeigt sich, dass die Entwicklung menschlicher Kultur zu jeder Zeit durch die drei Grundgrößen Material, Energie und Information geprägt ist. Es wird aber ebenso deutlich, dass der Schwerpunkt immer besonders auf einer dieser Grundgrößen liegt.

In den ersten Epochen der menschlichen Kulturentwicklung lag dieser Schwerpunkt auf dem Material. Dies wird auch aufgrund der Benennung der Epochen nach ihren Materialschwerpunkten klar. Die Verwendung von Steinwerkzeugen führte dazu, dass die früheste Epoche der menschlichen Kulturgeschichte Steinzeit genannt wird. Die Entdeckung von metallischen Werkstoffen wie Kupfer und Bronze stellte einen technologischen Sprung dar und markiert die Epoche der Bronzezeit. Die letzte Epoche dieses Materialzeitalters geht mit der Entdeckung der Eisenwerkstoffe einher. Welche Materialien eine Gesellschaft benutzte, bestimmte über ihre Vormachtstellung und ihren kulturellen Einfluss.

Mit dem Beginn des Agrarzeitalters wurde die Energiebereitstellung in Form von Nahrung planbar. Die Menschen begannen sesshaft zu werden, was zu großen Veränderungen in Gesellschaft und Kultur führte. Seitdem war die Bereitstellung von Energie die treibende Kraft der kulturellen Entwicklung. Seine Höhepunkte erlebte dieses Energiezeitalter mit der Entdeckung der fossilen Brennstoffe. Der Zugang zu Energie entscheidet über militärische, wirtschaftliche und politische Vormachtstellung und damit über die kulturelle Entwicklung der menschlichen Gesellschaft. Energieträger ersetzten weitgehend die menschliche Arbeit und mit der Industrialisierung der Landwirtschaft wurde

5 **TEXT 5: Internet-Energiebilanz: Das Web braucht zu viel Strom (2 Seiten)**

!

	Leistung	Energieverbrauch/-erzeugung	Liter Benzin pro Stunde
Mittelschwer arbeitender Mensch:	*0,1 kW*	*0,00036 GJ/h*	*0,01 l/h*
Arbeitspferd, etwa 1 PS:	*0,75 kW*	*0,0027 GJ/h*	*0,08 l/h*
Holländische Windmühle um 1750:	*12 kW*	*0,0432 GJ/h*	*1,35 l/h*
Ford Model T 1908:	*15 kW*	*0,054 GJ/h*	*1,69 l/h*
Dampfmaschine um 1800:	*100 kW*	*0,36 GJ/h*	*11,25 l/h*
Porsche Cayenne 2010:	*368 kW*	*1,3248 GJ/h*	*41,4 l/h*
Atomkraftwerk:	*1.400.000 kW*	*5.040 GJ/h*	*157.500 l/h*
Rechenzentren Google:*	*2.600.000 kW*	*9,360 GJ/h*	*292.500 l/h*
Weltenergiebedarf 2011:*	*17.000.000.000 kW*	*61.200.000 GJ/h*	*1.912.050.000 l/h*

QUELLE: Zahlenangaben Marcel Hänggi 2010; Angaben der in einer Stunde bei angegebener Leistung erzeugten bzw. verbrauchten Energie sowie Angaben Liter Benzin pro Stunde eigene Berechnungen, *Angaben wurden anhand des Energieverbrauches umgerechnet, um einen Vergleich darstellen zu können; bei Google nach dem vom Unternehmen bekanntgegebenen Energiebedarf. Die Angaben bei Liter Benzin pro Stunde beschreiben die pro Stunde verrichtete Arbeit in Benzinäquivalenten.

die Ernährung der wachsenden Erdbevölkerung „nur" noch ein Problem der Verteilung. Heute leben wir in einer Gesellschaft, deren kulturelle Entwicklung vor allem durch den Zugang zu und den Umgang mit vorhandener Information beeinflusst wird. Eine der bedeutendsten Entwicklungen zu einer Informationsgesellschaft war die Schrift. Mit der Erfindung des Buchdruckes wurde der erste große Meilenstein zu einer globalen Vernetzung gelegt, die mit erst mit der Erfindung des Computers und der Entwicklung des Internets zum absoluten Durchbruch gelangte. Heute steigt der Vernetzungsgrad ständig an und weitet sich auf alle Bereiche des täglichen Lebens aus. Mit Computern können wir in Bruchteilen von Sekunden tausende Geschäfte tätigen; mehr als 90 % der globalen Finanztransaktionen sind nicht mehr an einen realen Warenverkehr gebunden. Die Zeitspannen, in denen sich das menschliche Wissen verdoppelt, werden immer kürzer. Im selben Maß vollziehen sich kulturelle Entwicklungen mit steigendem Tempo. Wer die Kanäle der Information kontrolliert, kann auch die kulturelle Entwicklung beeinflussen.

1.5 Die Nutzung von elektrischem Strom

Die gegenwärtige Nutzung des elektrischen Stroms geht auf zahlreiche Erfindungen zurück, die gegen Ende des 19. Jahrhunderts aufgekommen sind. Die rasanten Entwicklungen auf diesem Gebiet sind auf ihre Vermarktungsmöglichkeiten und den Wettbewerb der um Marktanteile kämpfenden Unternehmen zurückzuführen. Die Nutzung aller Formen von Elektrizität hat die Industrielle Revolution beschleunigt und den Grundstein für den Weg in das Informationszeitalter gelegt.

Die Entdeckung, dass sich elektrischer Strom entlang eines Leiters bewegt, führte zu einer Reihe von Erfindungen, welche die Übermittlung von Information in Form von elektrischen Signalen über große Entfernungen möglich machten. Vor allem das Finanzsystem und die internationalen Märkte erfuhren eine enorme Dynamisierung. Informationen über Börsenkurse konnten plötzlich innerhalb weniger Sekunden weitergegeben werden, während zuvor noch Läufer oder Reiterstaffeln zwischen den Finanzzentren für den Informationsfluss gesorgt hatten. Diese Neuerungen beschleunigten das Wirtschaftsgeschehen und damit auch die gesamte menschliche Gesellschaft.

Dank seiner physikalischen Eigenschaften ist elektrischer Strom ein vielseitiger und komfortabler Energieträger. Fließt elektrischer Strom durch ein Material mit niedriger Leitfähigkeit, erwärmt sich dieses, ebenso bei geringerem Leitungsquerschnitt. Von Strom durchflossene Metalldrähte beginnen zu glühen: Diese Entdeckung führte zur Entwicklung der Glühbirne. Der elektrische Strom kann durch diesen Effekt zur Beleuchtung mit Glühbirnen eingesetzt werden. Fließender Strom führt in bestimmten Gasen zu einer Glimmentladung; nach diesem Prinzip funktionieren Leuchtröhren. Die Farbe der Glimmentladung ist vom Gas abhängig. Fließender Strom induziert im Leiter ein Magnetfeld. Die Entdeckung dieses Effektes führte zu genialen Erfindungen wie den ersten kommerziell nutzbaren Generator von elektrischem Strom. Mit der Dynamomaschine konnte durch das Drehen einer Kupferspule in einem Magneten mechanische Arbeit in elektrischen Strom umgewandelt werden. Diese Erfindung wurde als Zündquelle für Sprengladungen eingesetzt. Das Prinzip des Dynamos lässt sich aber auch umkehren und so wurden Maschinen entwickelt, die den Einsatz von elektrischem Strom für mechanische Antriebe ermöglichten. Die Erfindung des Elektromotors war genau wie die Dampfmaschine ein Meilenstein der Industrialisierung. Das erste öffentliche Zentralkraftwerk wurde 1882 in New York in Betrieb genommen. Durch sechs Generatoren, die von Dampfmaschinen angetrieben wurden, konnte der Finanzdistrikt von Manhattan mit Gleichstrom versorgt werden. Der elektrische Strom veränderte das Leben in den Städten: In der Industrie sorgten Beleuchtung, Elektromotoren und die jetzt mögliche Automatisierung für eine immer höhere Produktivität. Aufzüge erlaubten den Bau von Hochhäusern. Ab den 1920er-Jahren zogen Tiefkühlgeräte, Kühlschränke und Waschmaschinen in die Haushalte ein. Bis Mitte der 1950er-Jahre war fast jeder amerikanische Haushalt an das Stromnetz angeschlossen, Klimaanlagen und Fernseher verbreiteten sich rasch. In Westeuropa setzten sich elektrische Haushaltsgeräte erst nach dem Zweiten Weltkrieg durch.

1.6 Geschichte der österreichischen Elektrizitätswirtschaft

ABBILDUNG 20: Kraftwerk Simmering im Jahr 1912 - BILD: Wien Energie

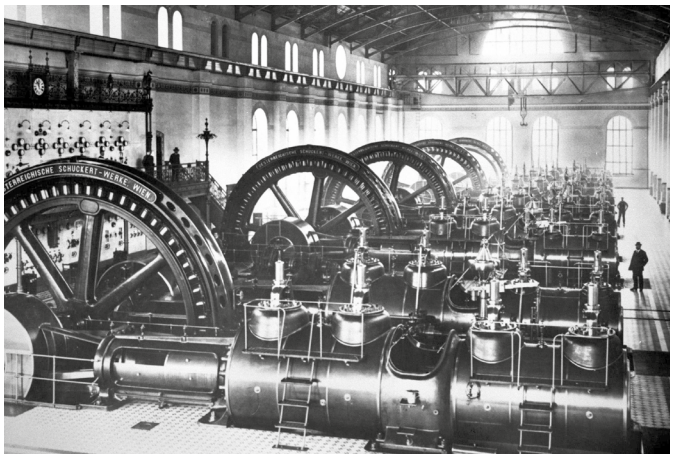


ABBILDUNG 21: Maschinenhalle 1 des Kraftwerks Simmering. - BILD: Wien Energie

Um 1880 begann in Österreich die dezentrale Elektrizitätserzeugung in Fabriken und öffentlichen Gebäuden. Scheibbs in Niederösterreich wurde 1886 zur ersten Gemeinde Österreichs, die mit einem öffentlichen Stromversorgungsnetz ausgestattet war. Bis zum Ersten Weltkrieg entstanden in der Folge hunderte kommunale und private E-Werke, die Stromerzeugung erfolgte mit Dampfmaschinen und Wasserkraftwerken. Die Wiener Städtischen Elektrizitätswerke wurden 1899 gegründet, mit dem Kraftwerk Simmering wurde die Stromversorgung der Stadt Wien eingeläutet. Es diente zum Betrieb der elektrischen Straßenbahn und zur Versorgung der Stadt mit Licht und Kraft.

Bis in die 1920er-Jahre kam es zur Gründung von großen Elektrizitätsgesellschaften unter der Beteiligung von Bundesländern, Landeshauptstädten, Banken und privaten Kapitalgebern. Bis zum Anschluss an das Deutsche Reich 1938 fusionierten viele dieser privaten und kommunalen Elektrizitätsversorgungsunternehmen in Landesgesellschaften. Mit dem Anschluss im Jahr 1938 wurde das deutsche Energiewirtschaftsgesetz auch in Österreich eingeführt, das zum Teil bis 2009 wirksam war. Nach dem Anschluss wurden viele große Wasserkraftwerksprojekte verwirklicht. Zahlreiche österreichische Kraftwerksanlagen wurden jedoch in den Kriegsjahren beschädigt. Durch den Anstieg des Strombedarfs in den Nachkriegsjahren kam es dadurch immer wieder zu Versorgungsengpässen, die auch schwerwiegende Produktionsausfälle mit sich brachten.

Ab 1947 übernahm die neu gegründete Verbundgesellschaft den Ausbau des österreichischen Übertragungsnetzes und die Verwaltung der Staatlichen Kraftwerke. Die österreichische Elektrizitätswirtschaft war dafür verantwortlich, die Verbraucher ausreichend, sicher und wirtschaftlich mit Strom zu versorgen. Die Ölkrisen der 1970er-Jahre waren in Europa der Auslöser für den verstärkten Ausbau der Kernenergie. Vor allem in Frankreich und

ABBILDUNG 22: Atomkraftwerk Zwentendorf, das nie in Betrieb genommen wurde. - BILD: Werner Hölzl

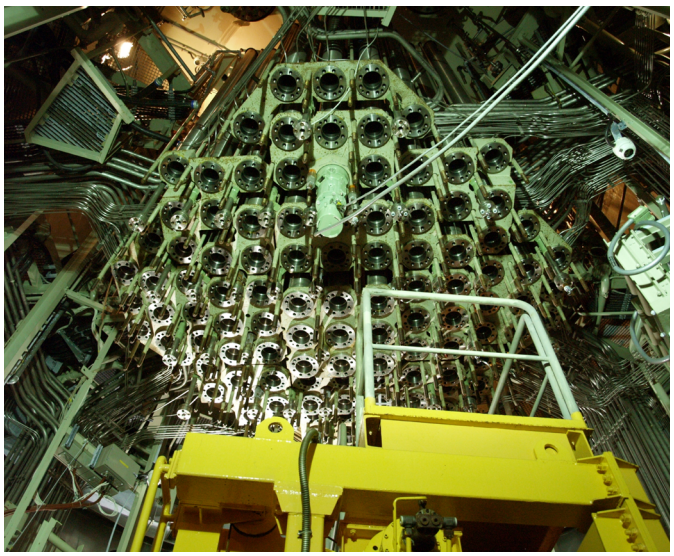


ABBILDUNG 23: AKW Zwentendorf, Steuerstabmechanismen am Reaktordruckbehälter - BILD: Stefan Just

Großbritannien hatte zu diesem Zeitpunkt die Verbreitung von Atomkraftwerken bereits begonnen.

In Österreich sah das Elektrizitätsförderungsgesetz von 1969 sogar eine Förderung von Investitionen für Atomkraftwerke vor. Das Kernkraftwerk Zwentendorf als erstes heimisches Projekt wurde zwar fertiggestellt, die Bevölkerung entschied sich bei der Volksabstimmung 1978 allerdings gegen die Inbetriebnahme. Als Ersatz wurden schließlich die Kohlekraftwerke Dürnrohr und Voitsberg III errichtet und auch die Wasserkraft wurde weiter ausgebaut. Ein weiterer wichtiger Meilenstein für die Elektrizitätswirtschaft war die Liberalisierung des Strommarktes. Die Grundlage dazu bildete eine EU-Richtlinie aus dem Jahr 1996, gemäß der die national vorhandenen Monopole fallen sollten und Strom zur freien Handelsware werden sollte. Die endgültige Liberalisierung des gesamten österreichischen Strommarktes erfolgte – früher als in anderen europäischen Ländern – bereits am 1. Oktober 2001.

EXKURS 6: Ursprüngliche Nutzung und Geschichte der Gasometer
Weiter mit: „3.2.7 Elektrische Energie: Strom" K: 2, S: 38

6
2/38

!

Österreichs E-Wirtschaft erzeugte im Jahr 2010 rund 250 PJ an Energie. Etwa 21.000 Menschen konnten bei einem geschätzten Umsatz von 6,5 Milliarden Euro beschäftigt werden. Rund zwei Drittel unserer Stromversorgung basieren auf erneuerbaren Energien (Wasser, Wind, Biomasse und Photovoltaik), der Rest auf fossilen Energien und Importen.

2 HERAUSFORDERUNG DER ENERGIEVERSORGUNG

2.1 Ungleiche Verteilung

Unser Wohlstand und die Entwicklung unserer Gesellschaft basieren auf der Möglichkeit, menschliche Arbeit durch den Einsatz von Energie zu ersetzen. Durch das so in Gang gebrachte Wirtschaftswachstum und den Anstieg der Weltbevölkerung wurde die Energieversorgung zu einer großen Herausforderung. In den vergangenen 300 Jahren ist die Weltbevölkerung von 600 Millionen auf sieben Milliarden angewachsen, das entspricht einer Zunahme auf das 11-Fache. Im gleichen Zeitraum ist der globale Energiebedarf auf das 1500-Fache gestiegen. Der Energiebedarf pro Kopf erhöhte sich um mehr als das 60-Fache. Prognosen der UN gehen davon aus, dass bei mittlerer Projektion im Jahr 2025 über acht Milliarden Menschen auf der Erde leben werden. Im Jahr 2100 würde dann die 10-Milliarden-Grenze überschritten werden – mit entsprechenden Auswirkungen auf den Energieverbrauch.

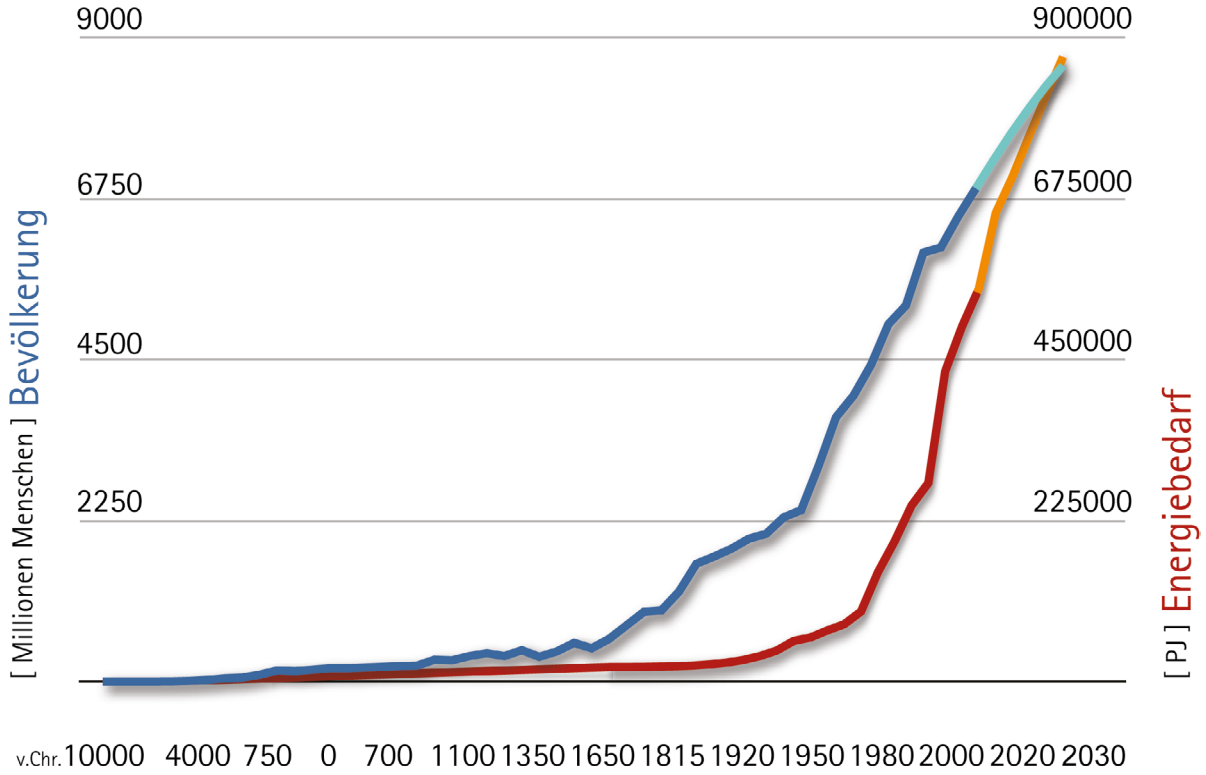


ABBILDUNG 24: Entwicklung von Weltbevölkerung und Energiebedarf - QUELLE: UN, HYDE, BP, IEA

Wir leben in einer Welt mit ungleicher Verteilung. Die reichen 20 % der Weltbevölkerung verbrauchen etwa 80 % der Energie. Der Energiebedarf eines durchschnittlichen Amerikaners ist doppelt so hoch wie der eines Österreichers. Dieser wiederum verbraucht im Schnitt doppelt so viel Energie wie ein Chinese und rund zehnmal so viel wie ein Afrikaner. Neben dem Verhältnis von Lohnniveau und Preisen wird von den Vereinten Nationen auch der Zugang zu Energie als Maß für den Wohlstand einer Gesellschaft herangezogen. Etwa 60 % der in Afrika lebenden Menschen verfügen über keine Stromquelle. 94 % haben keinen Zugang zu modernen Kochbrennstoffen. Da auch Brennholz rar ist, sind viele diese Menschen auf Abfälle als Kochbrennstoff angewiesen.

.ppt 43

PRÄSENTATION 43: The World of 100 (20 Folien)
TEXT 2: Die Welt: Ein Dorf (1 Seite)

A 2

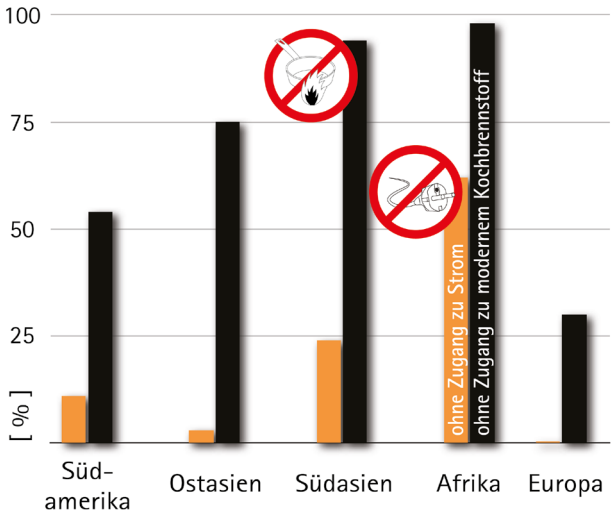


ABBILDUNG 25: Menschen ohne Zugang zu Strom und Kochbrennstoff
QUELLE: UN

2.1.1 Globale Verteilung des Energiebedarfs pro Kopf

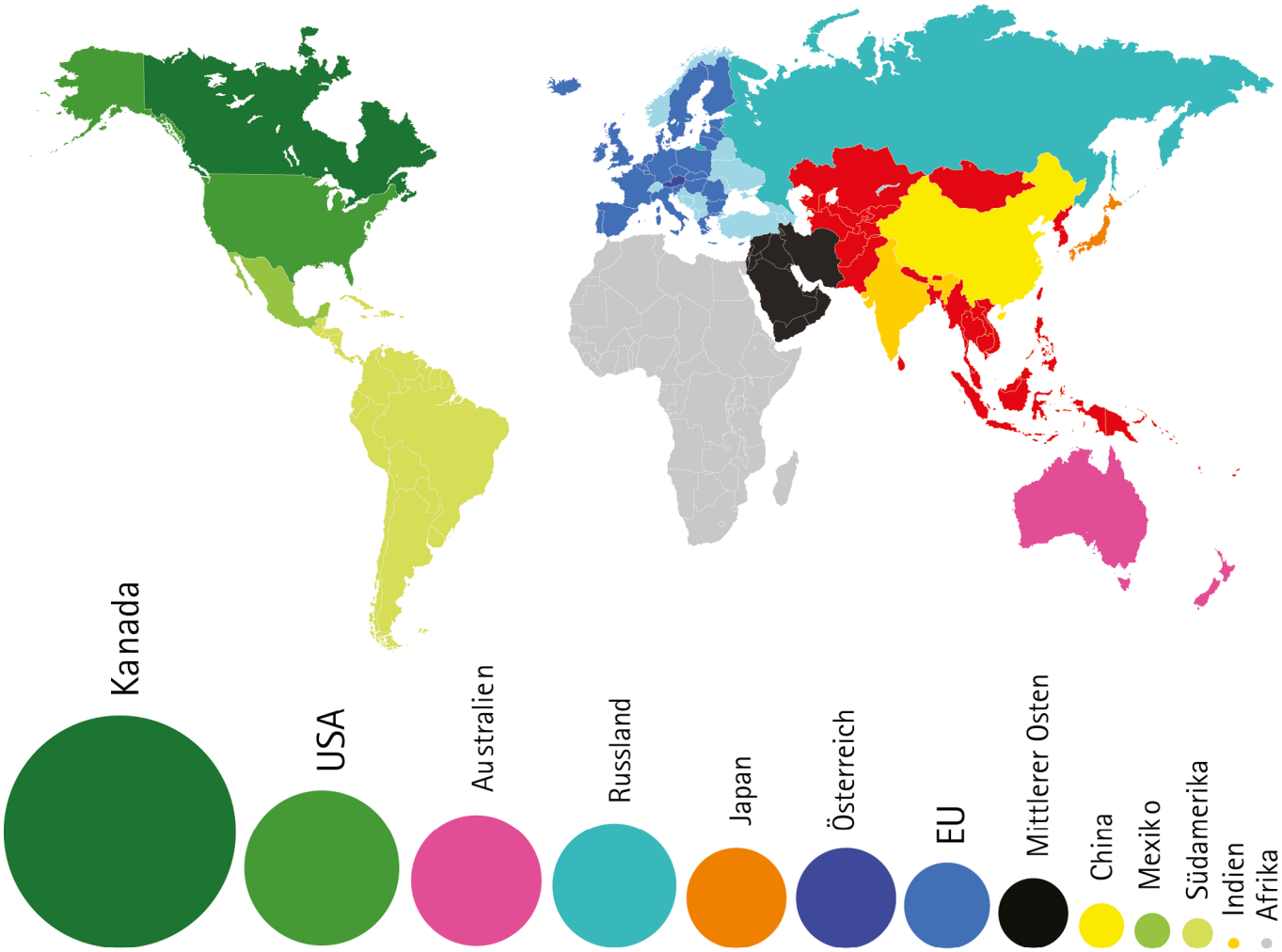


ABBILDUNG 26: Globale Verteilung des Energiebedarfs pro Kopf, Kreisfläche entspricht Energieverbrauch - QUELLE: BP, Stiftung Weltbevölkerung, Worldmapper

2.1.2 Verteilung der Weltbevölkerung

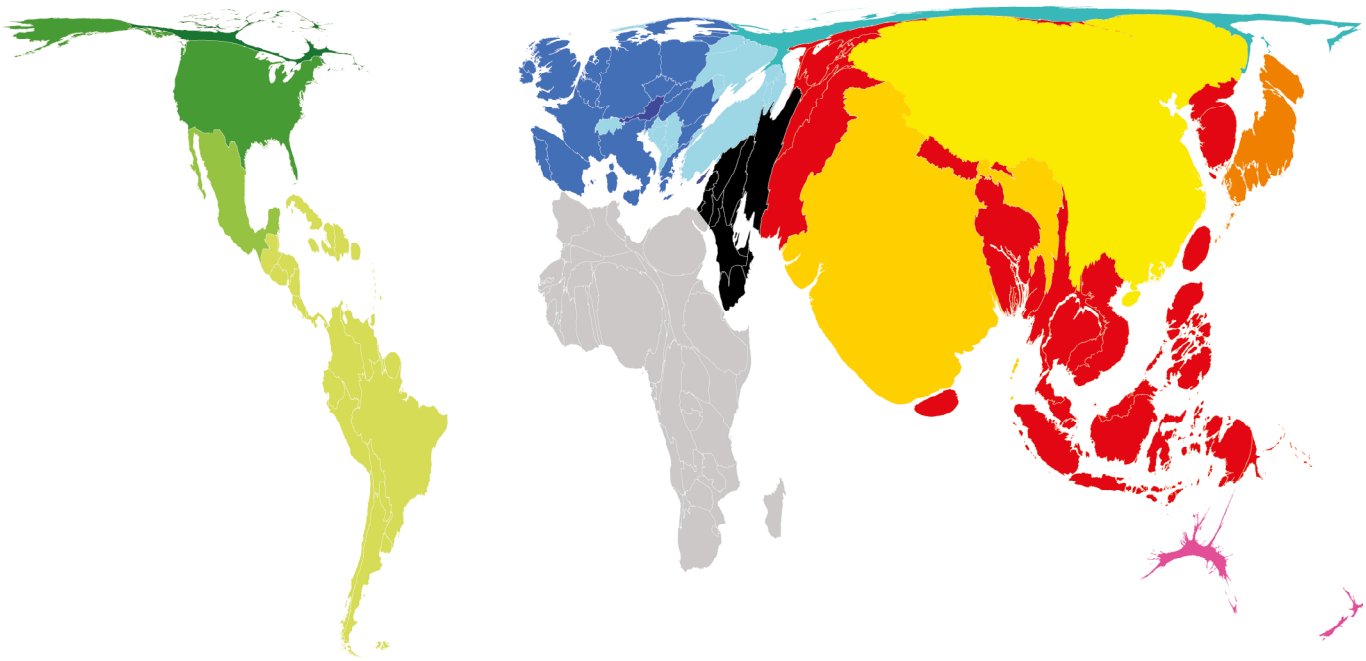


ABBILDUNG 27: Verteilung der Weltbevölkerung - QUELLE: Worldmapper siehe ABBILDUNG 28

2.1.3 Globaler Primärenergieverbrauch

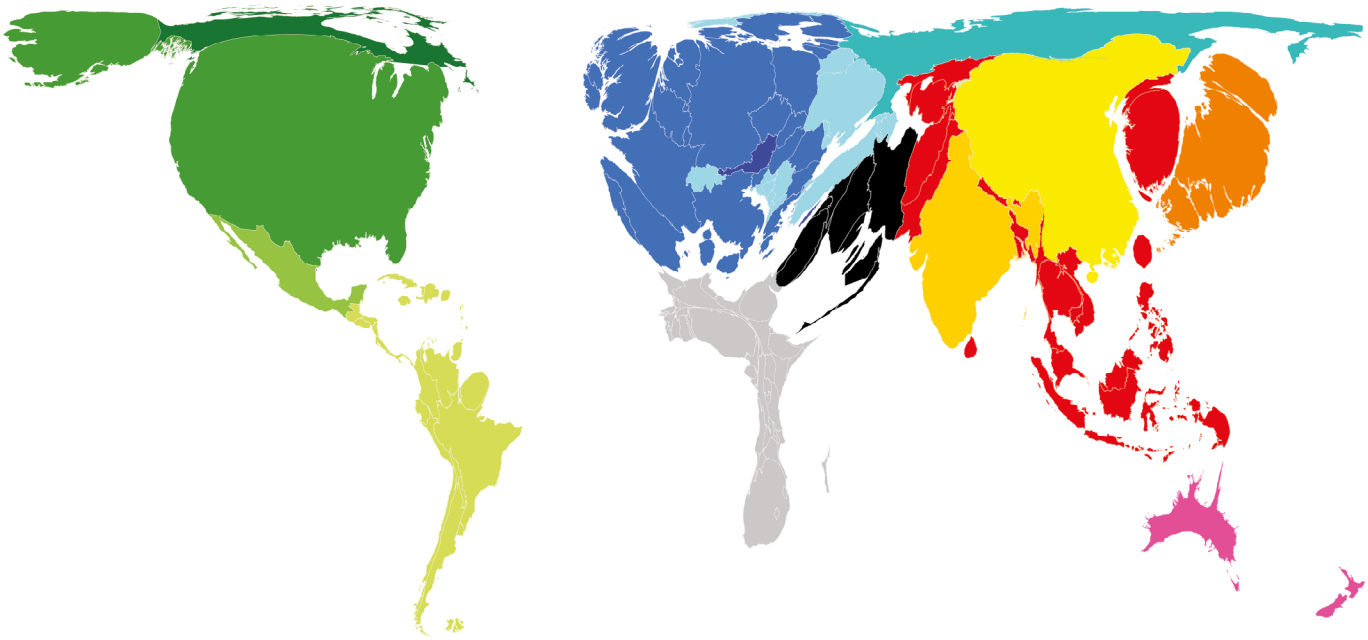


ABBILDUNG 28: Anteile von Regionen am globalen Primärenergieverbrauch

QUELLE: Worldmapper Die Größe der Darstellung in den ABBILDUNG 27 und 28 ist nicht abhängig von geographischen Maßstäben, sondern von den untersuchten Attributen. Die verglichenen Regionen werden proportional zu ihrem globalen Anteil dargestellt, die Abbildungsgröße wächst oder schrumpft im Verhältnis zu den verglichenen Daten. Diese Grafiken verdeutlichen die Extreme der Bevölkerungsdichte und des Energiebedarfes im globalen Vergleich.

PRÄSENTATION 44: Herausforderung der globalen Energieversorgung (23 Folien)

2.2 Importabhängigkeit

! *Wir haben die menschliche Arbeit durch fossile Energie ersetzt. Ohne Energie wären wir in wenigen Monaten wieder dort, wo wir vor der Industriellen Revolution begonnen haben.*

Wie wichtig Energie für unsere Gesellschaft ist, wird erst klar, wenn man sich vor Augen hält, dass jedes Produkt und jede Dienstleistung, die wir konsumieren, ohne den Einsatz von Energie nicht zu Verfügung stünde. In Österreich werden 67 % des Energiebedarfs, meist in Form von Erdöl und Erdgas, importiert. Auch Strom und Biomasse werden, wenn auch in sehr geringem Maße, aus anderen Ländern eingeführt. Unser Energiesystem basiert also auf fossilen Energieträgern. Das bringt eine Vielzahl von negativen Auswirkungen mit sich, wie die damit verbundenen Umweltbelastungen oder die Endlichkeit und das geographisch begrenzte Vorkommen der Ressourcen, die auch die Abhängigkeit ganzer Wirtschaftszweige verschärfen. Auch der Kaufkraftabfluss der in Abhängigkeit geratenen Volkswirtschaften wirkt sich auf diese belastend aus.

Die Haushalte haben durch die Mehrausgaben für Energie ein knapperes Budget zur Verfügung, was ihre Kaufkraft mindert. Das Kapital, das für fossile Energie ausgegeben wird, fließt in die Kassen internationaler Unternehmen und verlässt die heimische Volkswirtschaft. Und noch einmal entsteht der Gesellschaft ein Schaden, nämlich in Form von CO_2-Äquivalenten, die zugekauft werden müssen, weil die Ziele zur Senkung der Treibhausgasemissionen nicht eingehalten wurden. Durch Versorgungsengpässe drohen der heimischen Wirtschaft Destabilisierung und Einbrüche.

Nur etwa 7 % des österreichischen Bruttoinlandsverbrauchs an Erdöl stammten im Jahr 2013 aus inländischer Erzeugung, beim Erdgas kamen 16 % des Bruttoinlandsverbrauchs aus inländischer Produktion, der Rest musste für viele Milliarden Euro importiert werden. Seit der Schließung des letzen Kohlebergwerks muss die gesamte Kohle nach Österreich importiert werden. Heute strebt die Energiepolitik der Europäischen Union energetische Unabhängigkeit sowie die Umsetzung einer klimaneutralen Energieversorgung an. Um diese Ziele zu erreichen, bleibt nach der Steigerung der Energieeffizienz nur der Weg über die verstärkte Förderung erneuerbarer Energien in Form von Biomasse, Wasser, Wind- und Sonnenkraft. Auch wenn die Atomlobby versucht, ihren Einfluss auf die EU zu vergrößern, ist klar, dass der Einsatz von Atomenergie zu große Risiken birgt, um als Alternative zu gelten.

Auch die finanziellen Möglichkeiten der einzelnen Menschen führen zur Abhängigkeiten. Menschen, die nicht über das nötige Kapital verfügen, um ihre Ölheizung etwa gegen eine Biomasseheizung zu tauschen, ein sparsameres Auto zu kaufen oder ihr Gebäude zu sanieren, sind von der Energiewirtschaft abhängig und somit den steigenden Preisen ausgesetzt. Sie sind dazu gezwungen, deutlich mehr von ihrem Einkommen für Energie auszugeben. Dies schränkt ihre wirtschaftliche Handlungsfähigkeit immer weiter ein.

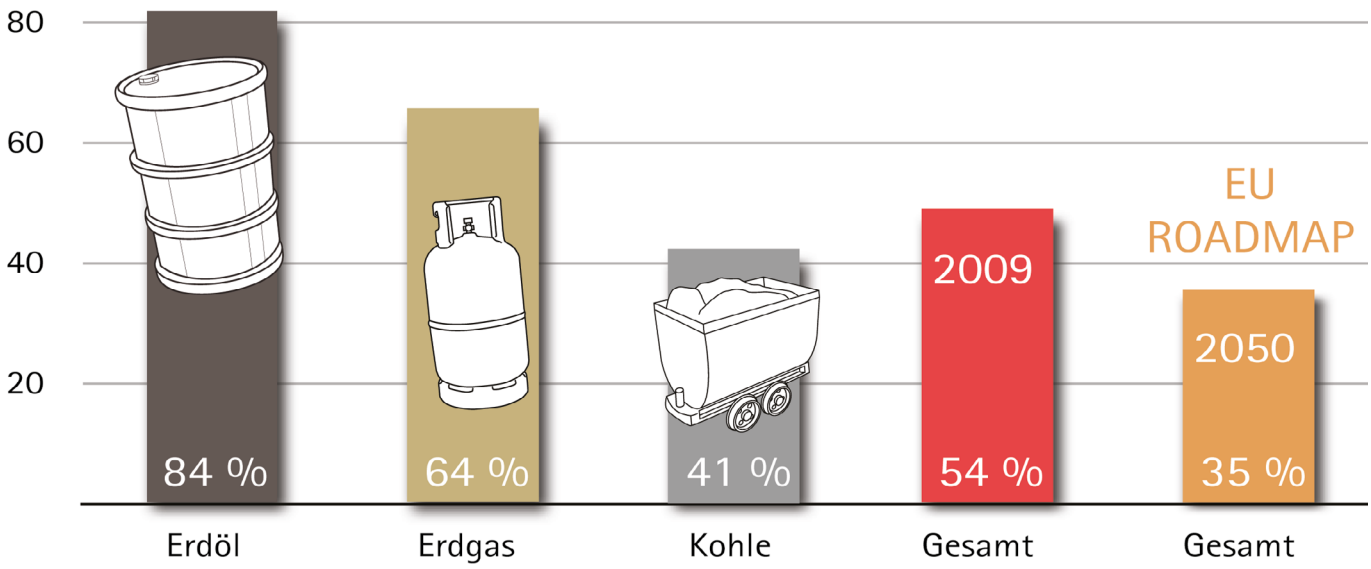


ABBILDUNG 29: EU-Roadmap, Energieabhängigkeitsquote 2009 EU25 - QUELLE: EUROSTAT, EU-Kommission Roadmap 2050

Weiter mit: „1 Die Energiewende, eine Aufgabe für Politik und Zivilgesellschaft" K: 5, S: 156

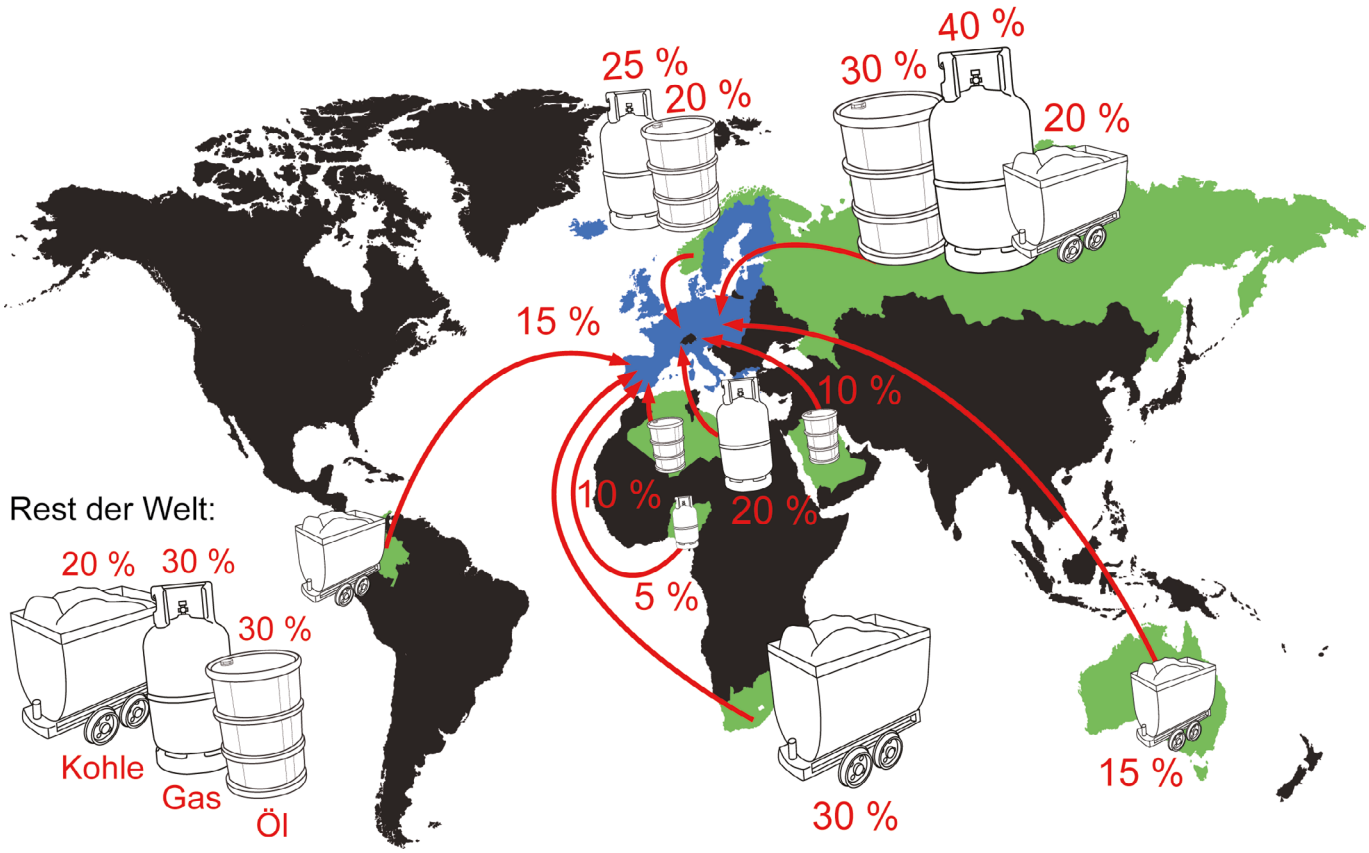


ABBILDUNG 30: Herkunft fossiler Energieimporte EU25 - QUELLE: EUROSTAT

> ! *Zwischen 2005 und 2011 haben sich die Rohölimporte der EU von 232 Milliarden Dollar auf 427 Milliarden Dollar erhöht. Alleine die Kostensteigerung innerhalb dieser sechs Jahre ist mit der Höhe des gesamten EU-Budgets vergleichbar. Dabei hat die importierte Rohölmenge in diesem Zeitraum sogar abgenommen.*

PRÄSENTATION 45: Importabhängigkeit (17 Folien)

Etwa zwei Drittel des österreichischen Energiebedarfs werden überwiegend in Form von Öl, Gas und Kohle importiert. Daraus ergibt sich für 2012 ein Nettoimportvolumen von 12,8 Mrd. Euro. Im Jahr 2003 lag dieser Wert noch bei 4,4 Mrd. Euro. Der Großteil des Defizits 2012 entfiel mit 8,8 Mrd. Euro auf Erdöl und Erdölerzeugnisse – dies entspricht einer Verdreifachung des Fehlbetrages gegenüber 2003. Die importierten Erdölmengen sind in dieser Zeit sogar um 15 % gesunken! In den vergangenen zehn Jahren hat sich die wirtschaftliche Situation Österreichs insofern „gedreht", als nun die Energienettoimporte höher als der Saldo der Handelsbilanz liegen – das heißt, ohne die gestiegenen Ausgaben für Nettoenergieimporte hätte Österreich eine positive Handelsbilanz (z. B. 2012 über 4 Mrd. Euro). Österreich importiert Erdölprodukte zum Großteil aus politisch instabilen Ländern wie Kasachstan, Nigeria, Libyen oder dem Irak – die kurzfristige Versorgungssicherheit muss hier infrage gestellt werden.

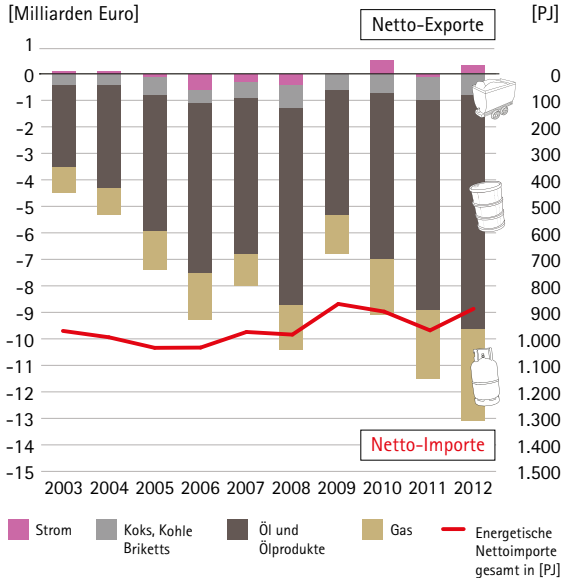


ABBILDUNG 31: Österreich, Energieaußenhandelsbilanz - QUELLE: Statistik-Austria

Weiter mit: „1 Die Energiewende" K: 4, S: 74

2.3 Der menschliche Energiebedarf und seine Bereitstellung

Die Menschheit nutzt Energie vor allem in Form von Wärme, Mobilität und Strom. In Österreich wird mit 52 % der größte Energieanteil als Wärme genutzt. 35 % werden in Form von Treibstoffen für den Verkehr verwendet und nur 13 % als Strom. Der Anteil fossiler Energieträger ist je nach Sektor unterschiedlich groß. 64 % der Wärme werden durch fossile Energieträge bereitgestellt, im Bereich Verkehr sind es sogar 94 %. Die Versorgung mit Strom erfolgte im Jahr 2012 zu 27 % durch fossile Energieträger. Insgesamt werden etwa 67 % des Endenergiebedarfes durch fossile Energieträger gedeckt.

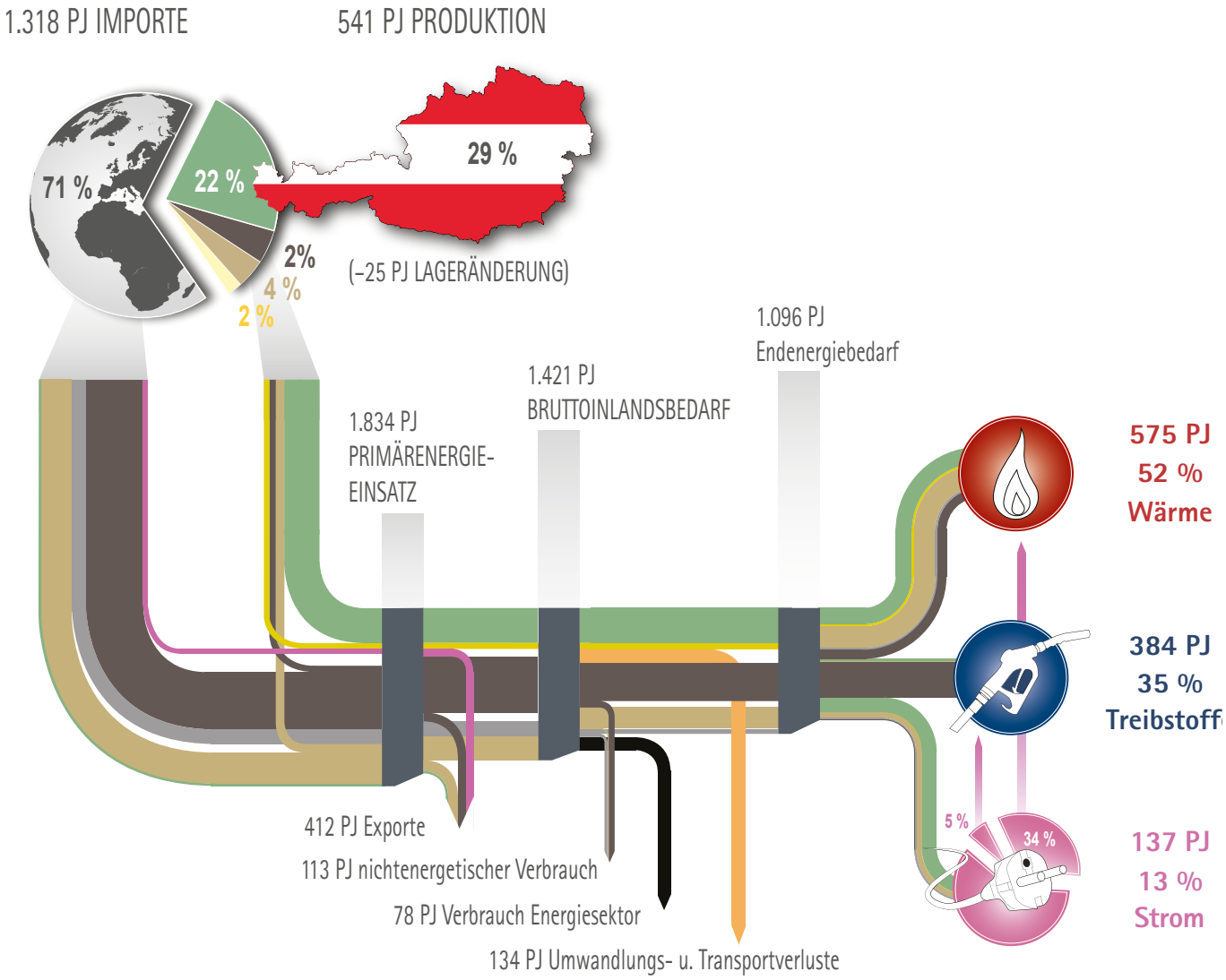


ABBILDUNG 32: Energiefluss Österreich im Jahr 2012 - QUELLE: Österreichische Energieagentur

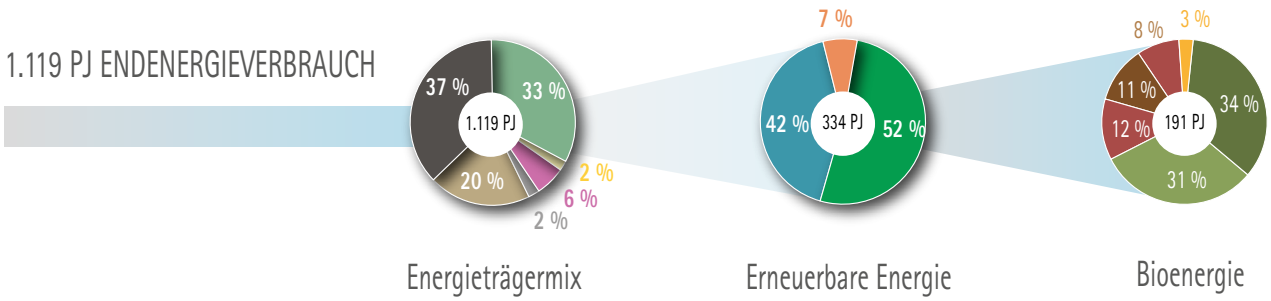
! *Die Magnetcharts können einen guten Einstieg in die vielschichtige Thematik Energie bieten. Um den Blick auf die komplexe und globalisierte Realität nicht zu verzerren, empfiehlt es sich, die gesamte Magnetchartserie durchzunehmen.*

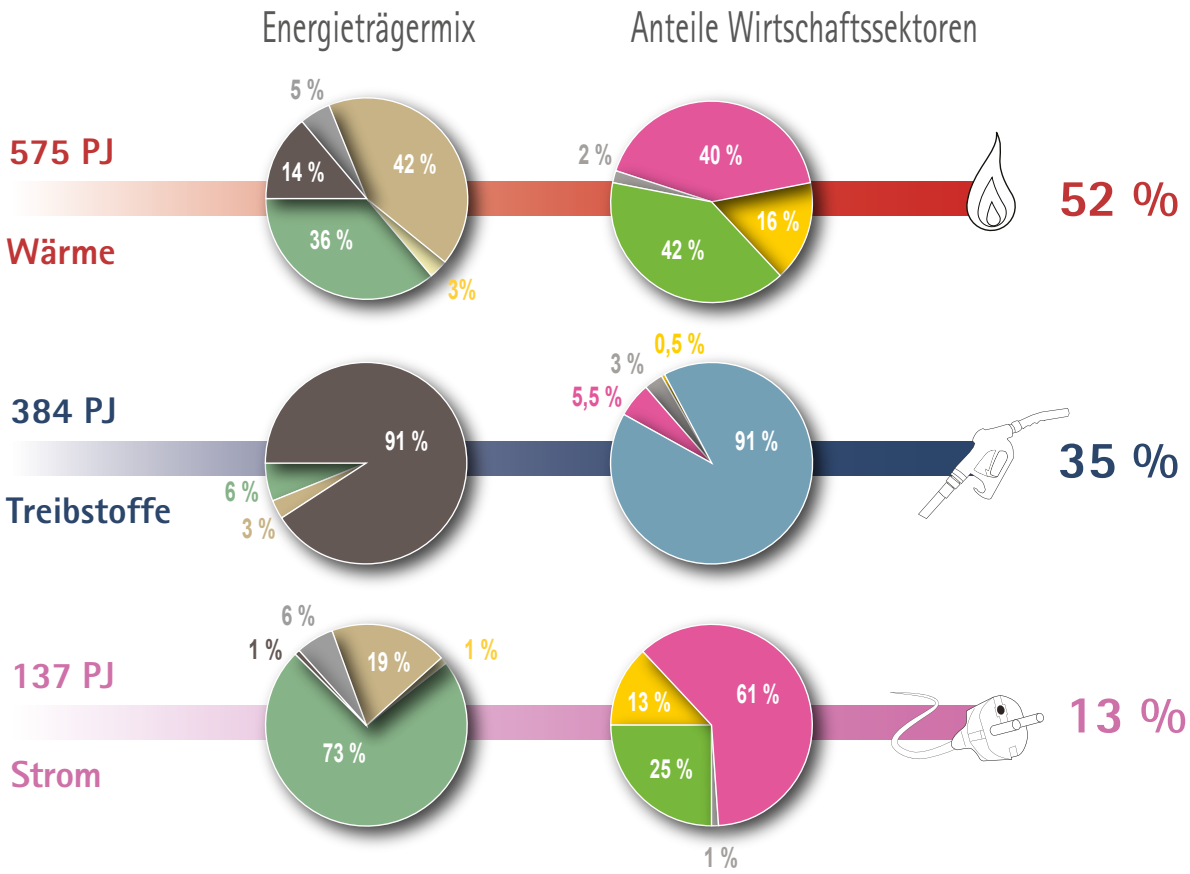
.ppt 46

PRÄSENTATION 46: Energiebilanz Österreich (17 Folien)

5

EXKURS 5: Exkurs zum Energiebedarf von Österreichs Wirtschaftssektoren





Energieträger

- Erdöl
- Erdgas
- Abfall nicht erneuerbar
- Kohle
- Strom
- Erneuerbare Energien
- Bioenergie
- Wasserkraft
- Sonstige Erneuerbare
  Wind, Solarthermie, Photovoltaik, Geothermie u. Wärmepumpen

Bioenergie

- Brennholz
- Hackschnitzel, Restholz, Rinde
- Ablauge
- Biodiesel
- Pellets, Holzbriketts
- Sonstige Biogene

Wirtschaftssektoren

- Private Haushalte
- Dienstleistungen
- Sachgüterproduktion
- Landwirtschaft
- Transport

In großen Gruppen empfiehlt es sich, eine anonyme Umfrage durchzuführen, bevor die Magnetcharts zum Thema Energiebedarf bearbeitet werden. Eine gemeinsame Auswertung der Umfrage am Ende der Einheit festigt die gelernten Inhalte und bringt sie in den persönlichen Kontext der Gruppe. Die genaue Aufschlüsselung unseres Energiebedarfes kann mithilfe der interaktiven Magnetcharts dargestellt werden. In der ersten Phase wird der Energiebedarf des Landes Österreich nach relevanten Sektoren beschrieben. In der zweiten Phase wird der Energiebedarf der Haushalte analysiert. Die dritte Phase zeigt auf, welche Energieträger den Energiebedarf decken, Phase 4 analysiert den erneuerbaren Energieträgermix in Österreich.

2.3.1 Der Energiebedarf Österreichs nach Sektoren und Energieträgermix

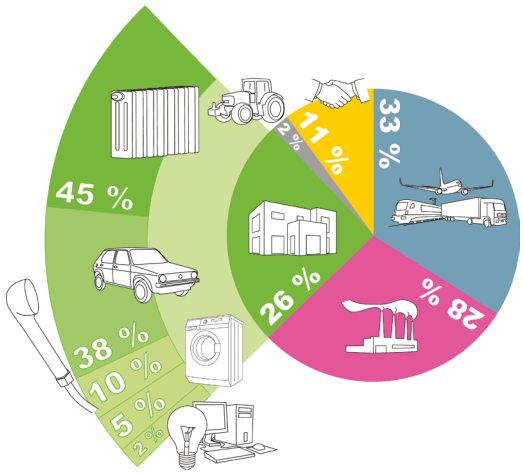


ABBILDUNG 33: Energiebedarf Österreichs nach Wirtschaftssektoren 2011, Fokus auf Haushalten - QUELLE: Umweltbundesamt

ABBILDUNG 34: Anteile der Energieträger am Bruttoinlandsbedarf 2011 Fokus auf Erneuerbaren - QUELLE: Umweltbundesamt

.ppt 47

PRÄSENTATION 47: Energiebedarf Österreichs (42 Folien)
MAGNETCHART 1: Der Energiebedarf Österreichs nach Sektoren und die Anteile der Energieträger

1

2.3.2 Einsatz erneuerbarer Energie nach Sektoren und EU-Ranking

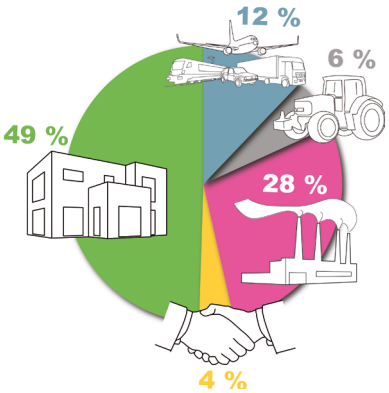


ABBILDUNG 35: Einsatz erneuerbarer Energie
QUELLE: bmwfj

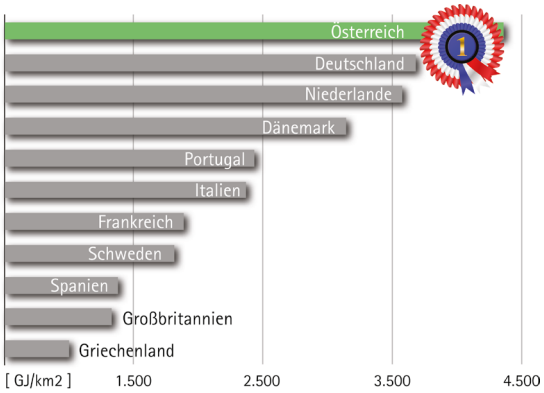


ABBILDUNG 36: EU-Ranking Ausbau erneuerbarer Energien im Verhältnis zur Fläche - QUELLE: bmwfj

Obwohl Österreich lediglich 1,4 % der Energieproduktion der EU liefert, beträgt der Prozentsatz an der gesamten erzeugten erneuerbaren Energie 5,2 %. Österreich ist der achtgrößte Produzent erneuerbarer Energie in der EU und absoluter Spitzenreiter bezogen auf die Größe des Landes. Der Energiebedarf aller Sektoren steigt kontinuierlich an. Der wachsende Wohlstand und das damit verknüpfte Wachstum der Wirtschaftsleistung sind die treibenden Kräfte für den steigenden Energiebedarf und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen. Weltweit gesehen spielt auch das Wachstum der Bevölkerung und der dadurch steigende Verbrauch eine entscheidende Rolle. Die privaten Haushalte sind mit 49 % der Sektor mit dem größten Einsatz von erneuerbarer Energie. Es folgen Industrie mit 28 %, Verkehr 12 %, Dienstleistungssektor 4 % und Landwirtschaft 6 %.

2.3.3 Der globale Energiebedarf nach Sektoren und Energieträgermix

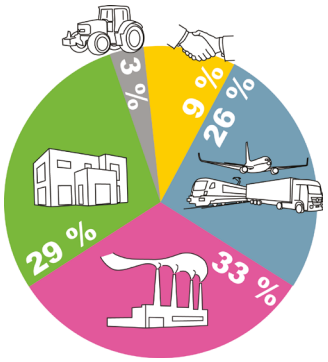


ABBILDUNG 37: Globaler Energiebedarf nach Sektoren 2011
QUELLE: IEA

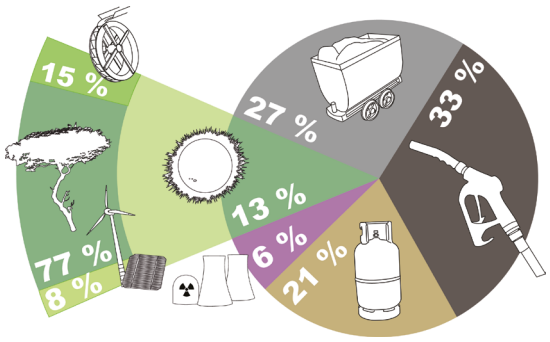


ABBILDUNG 38: Anteile der Energieträger am globalen Energiebedarf 2011 -
QUELLE: IEA

PRÄSENTATION 48: Energiebedarf global (17 Folien)

.ppt 48

2.3.4 Ein internationaler Vergleich

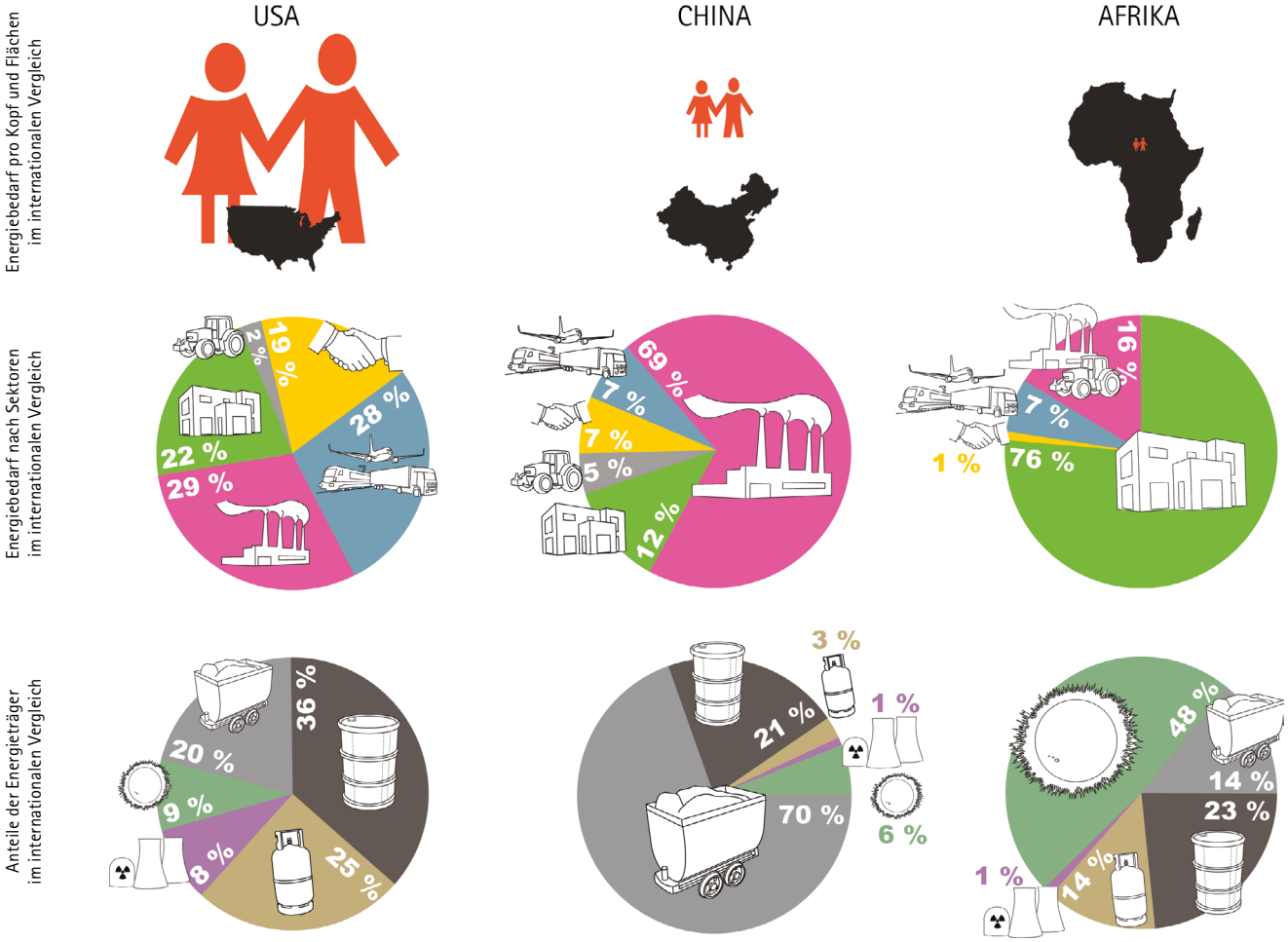


ABBILDUNG 39: Energiebedarf pro Kopf, Energiebedarf nach Sektoren und Anteile der Energieträger im internationalen Vergleich 2010
QUELLE: IEA, EIA, China Energy Databook, CEIC, BP

PRÄSENTATION 49: Energiebedarf im internationalen Vergleich (10 Folien)
Weiter mit: „1 Einsatz Fossiler Energieträger" K: 3, S: 48

.ppt 49

3 ENERGIE IN NATURWISSENSCHAFTLICHEN ZUSAMMENHÄNGEN

„Die Energie kann als Ursache für alle Veränderungen in der Welt angesehen werden. [...] Alle Elementarteilchen sind aus derselben Substanz, aus demselben Stoff gemacht, den wir nun Energie oder universelle Materie nennen können; sie sind nur verschiedene Formen, in denen Materie erscheint. [...] Die Energie ist tatsächlich der Stoff, aus dem alle Elementarteilchen, alle Atome und daher überhaupt alle Dinge gemacht sind, und gleichzeitig ist die Energie auch das Bewegende."

„Werner Karl Heisenberg, Physiker (1901–1976)"

ABBILDUNG 40: Werner Karl Heisenberg - BILD: Bundesarchiv, Creative Commons

3.1 Einheiten und Definitionen

Die Energie ist eine fundamentale physikalische Größe, die Mithilfe naturwissenschaftlicher Definitionen beschrieben werden kann. Den Begriff Energie zu verstehen und ihn mit naturwissenschaftlichen Definitionen erklären zu können, ist ein ausdrückliches Ziel dieser Einheit und wird in diesem Kapitel bewusst nicht als Einstieg gewählt.

In der Physik ist Energie die Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten. SI-Einheit (internationales Einheitensystem) der Energie ist das Joule [J], das nach dem Physiker James Prescott Joule benannt ist. Ein Joule ist die Energiemenge, die ein Watt in einer Sekunde leistet. Eine Wattsekunde entspricht einem Joule. Ein Joule ist auch mit der Arbeit gleichzusetzen, die verrichtet wird, wenn ein Körper mit der Gewichtskraft von einem Newton um einen Meter hochgehoben wird. Weil eine Stunde 3600 Sekunden hat, entspricht eine Wattstunde 3600 Joule.

Je nach Größe des Wertes wird der Einfachheit halber ein Einheitenpräfix verwendet. Um die Energie der menschlichen Arbeit beschreiben zu können, reicht das Einheitenpräfix Kilo für eine Tausenderpotenz aus. Der Weltenergiebedarf ist mittlerweile auf einen so hohen Wert gestiegen, dass er mit dem Präfix für sechs Tausenderpotenzen, also in Trillionen angegeben wird.

Leistung pro Zeit = Arbeit (Kraft mal Weg) = Energie

1 [Ws] = 1 [Nm] =1 [J]
1 [Wh] = 3.600 [Nm] = 3.600 [J]
1 [kWh] = 3.600.000 [Nm] = 3.600.000 [J]

Kilo	*[k] =*	*1.000*
Mega	*[M] =*	*1.000.000*
Giga	*[G] =*	*1.000.000.000*
Tera	*[T] =*	*1.000.000.000.000*
Peta	*[P] =*	*1.000.000.000.000.000*
Exa	*[E] =*	*1.000.000.000.000.000.000*

3.1.1 Verschiedene Einheiten von Energie

Die Einheit Kalorie [cal] bezieht sich auf die Wärmemenge, die benötigt wird, um 1 Gramm Wasser unter dem konstanten Druck, der auf Meeresniveau herrscht, um 1 Kelvin [K] zu erwärmen.

Energie wird von der Erdölindustrie auch oft in Öleinheiten [ÖE] oder [RÖE] oder englisch [oe] angegeben. Die Basis für diese Einheit ist der Energiegehalt einer Tonne Rohöl. Meist werden große Werte mit dem Äquivalent Millionen Tonnen Erdöl [MtÖE] (oder international [Mtoe]) beschrieben.

In diesem Zusammenhang wird auch oft die Einheit Barrel für eine Öleinheit [boe] verwendet, da mit dieser Einheit Erdöl- und Erdgasmengen gemeinsam beschrieben werden können. Ein Barrel (159 l) als Öleinheit entspricht dem Energiegehalt von 6000 Kubikfuß (170 m^3) Erdgas. In der Kohleindustrie wird die Energie auch in Kohleäquivalenten angegeben. Diese Steinkohleeinheit [SKE] basiert auf dem Energiegehalt, der bei der Verbrennung von einem Kilogramm Steinkohle mit einem Heizwert von 7.000 kcal/kg frei wird. Üblicherweise werden auch hier die Werte in Tonnen [tSKE] oder Millionen Tonnen [MtSKE] Steinkohleeinheit genannt. Die Einheit British thermal unit [Btu] ist auch vereinzelt in der Literatur anzutreffen, obwohl sie keine SI-Einheit ist. Sie ist als Wärmeenergie definiert, die benötigt wird, um ein britisches Pfund Wasser um ein 1 Grad Fahrenheit (17 °C) zu erwärmen.

In der Forstwirtschaft wird Energie in Holzäquivalenten wie Festmeter [fm Holz], Raummeter [rm Holz], Schüttraummeter [Srm Holz] und Energiewald [ha Energiewald] angegeben. Die Einheit Energiewald bezieht sich auf den Energiegehalt der Erntemenge, die in einem Jahr aus einem Hektar Wald erwirtschaftet werden kann. In der Tabelle wird bei Energiewald von einem Pappel- und Weide-Kurzumtriebswald ausgegangen, der in einem vierjährigen Ernterhythmus bewirtschaftet wird.

Einheit		kJ	kcal	Btu	kWh
Kilojoule	1 kJ	1	0,2388	0,000947	0.000277
Kilokalorie	1 kcal	4,186	1	3,965	0.00116
British thermal unit	1 Btu	1,055	0,252	1	0.000293
Kilowattstunde	1 kWh	3.600	859,8	3409,5	1

Kilowattstunde	1 kWh	2,12E-5	5,04E-4	0,00122	8,598E-5	0.000614	0,0036	1
Gigajoule	1 GJ	0,00589	0,140	0,341	0,0238	0,170	1	277,77
Barrel (159 Liter) Öl	1 boe	0,0346	0,823	2	0,14	1	5,861	1.628,2
Tonne Öl	1 toe	0,247	5,882	14,285	1	7,142	41,868	11.630
Tonne Steinkohleeinheit	1 t SKE	0,0172	0,410	1	0,7	5	29,3	8.151
Festmeter Holz	1 fm H	0,0420	1	2,436	0,17	1,218	7,14	1.983
Hektar Energiewald	1 ha E *	1	23,769	57,834	4,048	28,917	169,5	47.083
* Kurzumtriebswald (Pappel, Weide), 4-jähriger Ernterythmus Erntemenge: 9 Atro-Tonnen/ha/Jahr		ha E *	fm H	t SKE	toe	boe	GJ	kWh

ABBILDUNG 41: Einheitentabelle - QUELLE: Österreichischer Biomasse-Verband

3.2 Formen von Energie

3.2.1 Chemische Energie: Bindungsenergie

Energie, die in einem Energieträger chemisch gespeichert ist, ist in Form einer chemischen Bindung von Atomen und Molekülen vorhanden. Holz oder Öl verfügen über chemisch gespeicherte Energie, die bei Verbrennung in Form von Wärmeenergie freigesetzt wird.

Weiter mit: „2 Biogene Energieträger" K: 4, S: 86 oder
Weiter mit: „3 Die fossilen Energieträger" K: 3, S: 59

4/86
3/59

3.2.2 Kinetische Energie: Mechanische Energie

Ein Körper, der sich in Bewegung befindet, verfügt über kinetische Energie. Für die Höhe der kinetischen Energie (Bewegungsenergie) ist wieder das Verhältnis des Systems zu seiner Außenwelt entscheidend. Durch die Schwerkraft erfährt das Wasser eines Stausees, das durch die Druckrohrleitungen zum Turbinenhaus fließt, eine Beschleunigung. Ein Teil seiner potenziellen Energie wird in kinetische Energie umgewandelt. Die lineare Bewegungsenergie des Wassers treibt die Turbine an. Die Rotationsenergie der Turbine, auch eine Form kinetischer Energie, wird durch einen Generator in elektrische Energie umgewandelt. Dies geschieht auch bei der Nutzung von Windkraft.

Weiter mit: „4 Windkraft" K: 4, S: 127

4/127

3.2.3 Potenzielle Energie: Lageenergie

Die potenzielle Energie eines Systems gibt Auskunft über seine Lage. Liegt das Verhältnis dieser Lage zu seiner Umwelt höher, dann ist auch die potenzielle Energie des Systems hoch. Ein Beispiel ist das Wasser in einem Stausee. Der See liegt auf 1800 Meter Seehöhe, das Turbinenhaus auf 500 Meter Seehöhe. Die Differenz von 1300 Metern, die das Wasser im Stausee gegenüber dem Turbinenhaus hat, macht die potenzielle Energie dieses Systems aus.

Weiter mit: „3 Wasserkraft" K: 4, S: 122

4/122

3.2.4 Thermische Energie: Wärmeenergie

Wird bei der Verbrennung eines Stoffes seine chemisch gespeicherte Energie in Form von Wärmeenergie frei, so kann diese ein anderes System erwärmen. Die Differenz des so erwärmten Systems zu seiner Umwelt macht seine thermische Energie aus. Wird dabei aus Wasser Dampf erzeugt, so verfügt dieser über eine hohe Differenz zu seiner Umwelt und dehnt sich aus. Wird diese Ausdehnung technisch verhindert, steigt der Druck im System. In Dampfkraftwerken wird das Verhältnis des Drucks innerhalb des Systems im Verhältnis zu seiner Umwelt genutzt, um eine Turbine anzutreiben. Die thermische Energie des Wasserdampfes wird in Bewegungsenergie umgewandelt. Diese kann, wenn sie einen Generator antreibt, in elektrische Energie umgewandelt werden. Werden die als Wärmeenergie anfallenden Verluste bei der Umwandlung chemischer Energie in Strom genutzt, spricht man von einer Kraft-Wärme-Kopplung. Das Abfallprodukt Wärme kann so nutzbringend verwertet werden.

3.2.5 Heizwert und Brennwert

Der Heizwert (Hi) ist die Energie, die bei einer vollständigen Verbrennung abgegeben wird, wenn Rauch oder Abgase bei konstantem Druck bis auf die Bezugstemperatur zurückgekühlt werden. Der aus der Verbrennung entstandene Wasserdampf bleibt aber hierbei gasförmig. Früher wurde dieser Wert als „unterer Heizwert (Hu)" bezeichnet. Der Heizwert eines Brennstoffes war in früheren Zeiten deshalb wichtig, da es zwingend notwendig war, den Wasserdampf im Abgas durch hohe Abgastemperaturen gasförmig zu belassen, um eine mögliche Korrosion des Heizkessels oder ein Versotten des Schornsteines zu verhindern. Der Heizwert sagt nichts über die Verbrennungsgeschwindigkeit aus. So beträgt der Heizwert von TNT nur ein Viertel des Wertes von Holz.

Der Brennwert (Hs) ist die Energie, die bei einer vollständigen Verbrennung abgegeben wird, wenn das Abgas bei konstantem Druck bis auf die Bezugstemperatur zurückgekühlt wird. Der Brennwert beinhaltet also zusätzlich die durch Kondensation des entstandenen Wasserdampfes freiwerdende Energie: die Kondensationswärme. Früher wurde dieser Wert als „oberer Heizwert (Ho)" bezeichnet.

!

Umgekehrt ist es einfacher zu verstehen: Wird ein mit Wasser gefüllter Kessel auf dem Herd erwärmt und so lange Energie zugeführt, bis das Wasser eine Temperatur von 100 °C erreicht, ist dies eine reine Temperaturerhöhung. Schaltet man den Brenner nicht ab und führt dem Wasser weiterhin Energie zu, so bleibt die Temperatur konstant bei 100 °C. Das Wasser beginnt zu sieden und verdampft. Die weiterhin zugeführte Energie wird in Wasserdampf umgesetzt. Wenn dieser Wasserdampf wieder kondensiert, gibt er die zuvor zugeführte Energie als Wärme wieder ab. Das ist der Brennwerteffekt.

7/228

Weiter mit: „1 Die Sonne, Quelle allen Lebens" K: 7, S: 226

3.2.6 Strahlungsenergie

Strahlungsenergie ist die Energie, die elektromagnetische Strahlung besitzt. Die Intensität der Energie ist von der Frequenz der Strahlung abhängig. Das Frequenzspektrum elektromagnetischer Strahlung reicht von Radiowellen, die über einen geringen Energiegehalt verfügen, bis hin zur sehr energieintensiven Teilchenstrahlung, die beim Zerfall radioaktiver Stoffe entsteht.

3.2.7 Elektrische Energie: Strom

Elektrische Energie ist in den Atomen aller Stoffe enthalten. Zwischen Atomkern und Elektronen herrschen elektrische Kräfte, welche ihre Ursache in den verschiedenen elektrischen Ladungen von Protonen und Elektronen haben. Auch die Bindekräfte in ionischen Verbindungen basieren auf der Anziehungskraft zwischen positiv und negativ geladenen Teilchen.

6

EXPERIMENT 6: Eine Batterie im Selbstbau

ELEKTRONENFLUSS: Ein Atom besteht aus einem positiv geladenen Atomkern und den negativ geladenen Elektronen, die sich in mehreren Schalen um den Atomkern bewegen. Die Elektronen umkreisen den Atomkern mit einer Geschwindigkeit von etwa 2.200 km/s. Generell kann bei Stoffen zwischen Isolatoren und

!

Elektrischer Strom ist häufig die Bezeichnung für die Bewegung von Ladungsträgern, zum Beispiel Elektronen oder Ionen, durch eine ausgewählte Fläche, zum Beispiel einen Drahtquerschnitt. Bereits Thales von Milet soll im 6. Jh. v. Chr. entdeckt haben, dass Bernstein leichte Körper anzieht, wenn er vorher mit Tüchern gerieben wird. Eine Erklärung dafür konnte er zwar nicht finden, das Wort Elektrizität (vom griechischen „elektron" für „Bernstein") weist aber immer noch auf diese Entdeckung aus der Antike zurück. Zu ihren bedeutendsten Wirkungen zählen das durch fließenden Strom induzierte Magnetfeld um den Leiter, die Erwärmung mäßig guter Stromleiter und die Leuchterscheinungen von fließendem Strom in Gasen.

Den Menschen der Frühzeit erschienen Blitz und Donner als Zeichen erzürnter Götter. Heute wissen wir, dass ein Blitz eine Entladung zwischen Wolke und Wolke oder Wolke und Erde ist. Der Blitz stellt eine Funkenentladung oder einen kurzzeitigen Lichtbogen dar, über den die Ladungsdifferenz ausgeglichen wird. Für einen Ladungsausgleich zwischen Wolke und Erde muss ein Potenzialunterschied (eine Spannung) von einigen 10 Millionen Volt gegeben sein. Ein Blitz hat im Durchschnitt eine Stromstärke von 20.000 Ampere und ist in mittleren Breiten etwa 1 bis 2 km lang. Im Blitzkanal wird die Luft schlagartig auf bis zu 30.000 °C erhitzt. Die Luft dehnt sich explosionsartig aus, was den Knall des Donners erzeugt.

ABBILDUNG 42: Blitze, unkontrollierter Potenzialausgleich zwischen Wolken und Erde - BILD: US Air Force

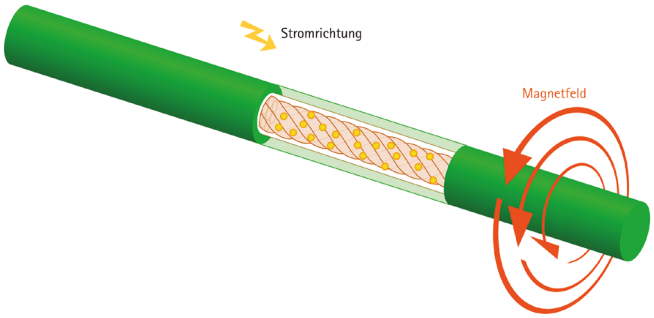


ABBILDUNG 43: Elektrischer Strom bedeutet, dass Elektronen durch einen Leiter fließen; dabei wird Energie transportiert - QUELLE: VBEW

Leitern unterschieden werden. In Isolatoren befinden sich alle Elektronen in ortsfesten Bindungen zum Atomkern. Leiter verfügen dagegen über freie Elektronen in der äußersten Schicht. Bewegen sich diese freien Elektronen in Richtung entlang eines Leiters, fließt elektrischer Strom.

STROMSTÄRKE, SPANNUNG UND WIDERSTAND: Die physikalische Größe der Stromstärke wird mit dem Formelzeichen I und der Einheit Ampere [A] angegeben. Die Stromstärke gibt die Anzahl der Elektronen an, die in einer bestimmten Zeitspanne den zur Verfügung stehenden Leitungsquerschnitt passieren. Die Kraft, mit der die Elektronen durch die Leitungen fließen, heißt elektrische Spannung U. Sie wird in der Einheit Volt [V] angegeben. Die Spannung bewirkt eine gerichtete Bewegung der Elektronen, und es fließt elektrischer Strom. Bei doppelter Spannung verdoppelt sich die Stromstärke, die Elektronen fließen also doppelt so schnell. Die elektrische Energie beschreibt eine bezogene oder gelieferte elektrische Leistung in einer bestimmten Zeitspanne. Bei Gleichstrom ist die elektrische Leistung das Produkt aus Spannung und Stromstärke, bei Wechselstrom sind die Größen Spannung und Stromstärke von der Zeit (Frequenz der Wechselspannung) abhängig. Der elektrische Widerstand ist ein Maß dafür, welche elektrische Spannung erforderlich ist, um einen bestimmten elektrischen Strom durch einen elektrischen Leiter (Widerstand) fließen zu lassen. Jeder Verbraucher in einem System stellt einen Widerstand dar: Bei der Anwendung

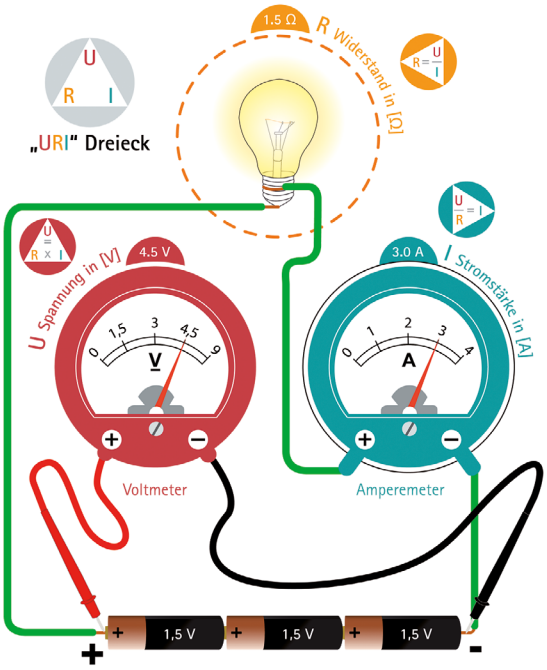


ABBILDUNG 44: Stromkreislauf über Widerstand (Glühbirne) - QUELLE: VBEW

LINK: www.vbew.de/schule/film/spannung.html
LINK: www.vbew.de/schule/film/elektronen.html
LINK: www.vbew.de/schule/film/polaritaet.html

Die elektrische Spannung U (in Volt) gibt an, wie viel Energie nötig ist, um eine elektrische Ladung innerhalb eines elektrischen Leiters zu bewegen.
Die Stromstärke I (in Ampere) besagt, wie viel elektrische Ladung pro Zeitspanne einen definierten Querschnitt passiert.
Der elektrische Widerstand R (in Ohm) ist das Maß dafür, welche elektrische Spannung erforderlich ist, um eine bestimmte elektrische Stromstärke durch einen elektrischen Leiter (Widerstand) fließen zu lassen.
Das Ohmsche Gesetz: Stromstärke I (in Ampere) = Spannung U (in Volt)/Widerstand R (in Ohm).

von Glühbirnen beispielsweise sind Material und Querschnitt des Glühdrahtes so gewählt, dass sich dieser Widerstand bis zur Weißglut erwärmt und somit Licht abgibt.

DIE VOLTA'SCHE SÄULE: Die vom italienischen Physiker Alessandro Volta um 1800 entwickelte Volta'sche Säule war die erste Vorrichtung, durch die Strom dauerhaft zum Fließen gebracht werden konnte. Sie gilt als Vorläuferin heutiger Batterien. Die Volta'sche Säule beruht auf dem Prinzip der galvanischen Zelle – der unterschiedlich starken Tendenz zweier Metalle, Elektronen abzugeben. Bei der Volta'schen Säule sind mehrere galvanische Zellen hintereinander geschaltet. Die beiden Metalle Kupfer und Zink sind durch eine Elektrolytschicht voneinander getrennt. Kommen Metalle mit Flüssigkeiten in Berührung, gehen Metall-Ionen in Lösung: Sie oxidieren und geben Elektronen an die Flüssigkeit ab. Das weniger edle Metall (Zink) löst sich dabei schneller auf, weshalb es mehr Elektronen freisetzt. Zwischen den beiden Metallen entsteht so eine Ladungsdifferenz, eine elektrische Spannung. Werden die Pole miteinander verbunden, fließt elektrischer Strom.

ELEKTRISCHER GENERATOR UND ELEKTROMOTOR: Ein Generator wandelt eine Drehbewegung in elektrischen Strom um. Diese Bewegung kann z. B. durch Wind oder Wasserkraft erzeugt werden. Eine einfache Bauweise eines Generators ist ein Fahrraddynamo. In ihm rotiert ein durch Bewegung eines Rades angetriebener Magnet in einer feststehenden Ständerwicklung und induziert dort eine Wechselspannung; dabei fließt elektrischer Strom. Das Gegenstück zum Generator ist der Elektromotor. In ihm kann der elektrische Strom wieder in eine Drehbewegung umgewandelt und zum Antrieb von Maschinen genutzt werden. Bei der Verstromung von Biomasse oder fossilen Rohstoffen wird die in den Brennstoffen gebundene Energie in Motoren oder Turbinen in eine Drehbewegung umgewandelt. Erst durch den Einsatz von Generatoren und Elektromotoren wurde es möglich, beispielsweise eine von einem Windrad in Norddeutschland erzeugte Drehbewegung zum Antrieb einer Bohrmaschine in einem österreichischen Haushalt zu nutzen. Früher mussten die Kräfte über Wellen, Riemen oder Zahnräder mechanisch übertragen werden.

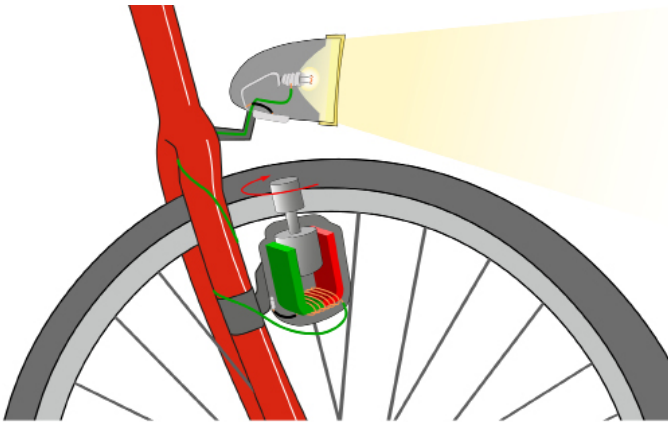


ABBILDUNG 45: Ein Fahrraddynamo ist ein Generator, bei dem ein Permanentmagnet durch Bewegung eines Rades angetrieben wird – QUELLE: VBEW

ABBILDUNG 46: Der Stromtransport über große Entfernungen wurde durch die Entwicklung des Transformators ermöglicht – BILD: Thomas Kohler

VERLUSTFREIE ÜBERTRAGUNG: Mit der Möglichkeit, elektrische Energie in großen Mengen zu erzeugen, entstand das Problem der verlustfreien Übertragung. Ist die Spannung gering, muss zur Übertragung derselben elektrischen Energie die Stromstärke um ein Vielfaches höher sein als bei einer hohen Spannung. Werden viele Elektronen in einem Leiter bewegt, entstehen Leitungsverluste in Form von Wärmeentwicklung. Diesen Verlusten kann nur mit einem hohen Leitungsquerschnitt entgegengewirkt werden. Große Querschnitte bedeuten hohe Materialkosten für die Leitungen und technische Schwierigkeiten aufgrund deren Gewichtes. Mit der Erfindung des Transformators konnte die Spannung von Wechselstrom beliebig hinauf oder hinunter transformiert werden. Somit konnten sich Wechselstromsysteme gegenüber Gleichstromsystemen durchsetzen.

DER MENSCH – EIN GUTER STROMLEITER: Die Leitfähigkeit eines Stoffes hängt von der Verfügbarkeit beweglicher Ladungsträger ab. Der Mensch besteht zum größten Teil aus Wasser, Salzen und Eiweißstoffen, was ihn zu einem guten Leiter für Strom macht. Alle Funktionsabläufe des menschlichen Körpers, wie etwa Wahrnehmungen und Bewegungen, werden vom Gehirn aus durch körpereigene Stromimpulse gesteuert. Auch das Herz arbeitet im Rhythmus eigener elektrischer Impulse. Kommen wir mit Spannung in Berührung, schließt sich der Stromkreis über unseren Körper. Die körpereigenen Impulse werden dabei überlagert; durch den Widerstand unseres Körpers entstehen Verbrennungen. Die maßgeblichen Ursachen für die Auswirkungen eines Stromunfalls sind die Art der Spannung (Gleich- oder Wechselspannung), der Stromweg über den Körper und die Wirkungsdauer des elektrischen Stroms. Die Stromstärke ist ausschlaggebend für die Belastung des menschlichen Körpers und seiner Funktionen. Im Niederspannungsbereich beträgt die Spannung 230 Volt. Mit einem Widerstand von etwa 1.000 Ohm herrscht bei einem Stromunfall eine Stromstärke von 230 mA. Schließt sich der Stromkreis über das Herz, besteht absolute Lebensgefahr.

! *Der menschliche Herzrhythmus ist durch Wechselstrom in besonderem Maß gefährdet. Mit 50 Hz kann Wechselstrom bereits bei einer Stromstärke von 10 mA und einer Einwirkdauer, die länger als zwei Sekunden beträgt, zum Tod durch Herzstillstand führen.*

3.3 Energie in technischen Prozessen

3.3.1 Energienutzungskette

Wird ein Energieträger vom Menschen genutzt, hat er meistens schon einen langen und energieintensiven Weg hinter sich. Bis der Energieträger zuletzt in die Form von Energie umgewandelt werden kann, die gerade benötigt wird, kann ein Mehrfaches der Energie verlorengehen. Für die Förderung, Verarbeitung und Bereitstellung des Energieträgers muss etwa ein Drittel der Fördermenge aufgewendet werden, ein anderes Drittel geht bei der Umwandlung in die benötigte Form von Nutzenergie als Abwärme verloren. Immer mehr Energieversorgungsunternehmen bieten heute nicht die Energieträger selber, sondern gleich Nutzenergie wie zum Beispiel Wärme an. Dadurch verlagert sich die Verkaufsperspektive für die Energieversorger. Werden die Energieträger direkt vermarktet, können die Energieversorgungsunternehmen bei ineffizienten Anlagen höhere Gewinne einfahren. Werden Energiedienstleistungen angeboten, wirken sich effiziente Anlagen positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit des Energiedienstleisters aus.

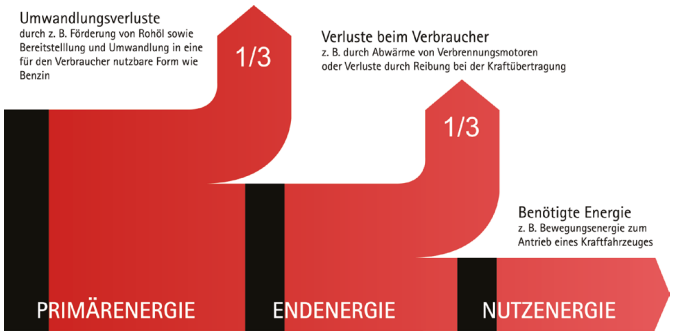


ABBILDUNG 47: Energiefluss und Energienutzungskette
QUELLE: Bund, Fachgruppe Bauen und Energie

> ! *Energie = Exergie + Anergie*

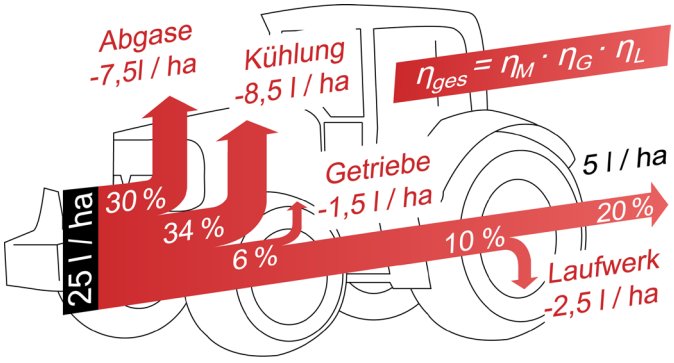
Energie kann in einem geschlossenen System nicht weniger werden; sie kann nicht verbraucht werden. Neben der Menge an Energie ist auch ihre Qualität entscheidend. Ein Maß für die Qualität der Energie ist die Exergie. Sie ist der Anteil der Energie, der fähig ist, Arbeit zu leisten. Jede Form von Energie kann in eine andere Form umgewandelt werden; ein Teil der Energie leistet Arbeit (Energie), wird dabei in Anergie umgewandelt und ist somit für uns nicht mehr nutzbar. Anergie hat nicht die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Die Exergie, die in einer bestimmten Menge von Energie enthalten ist, kann dagegen genutzt werden. Die Anteile von Exergie und Anergie sind von der Umgebung der Energie in einem System abhängig. Ein Liter Wasser, dessen Temperatur 40 °C beträgt, hat in einer Umgebung mit 0 °C einen höheren Anteil an Exergie als in einer Umgebung mit einer Temperatur von 40 °C. Bei 40 °C besitzt dieser Liter Wasser keine Exergie, sondern nur Anergie; er hat keine Fähigkeit, Arbeit zu leisten.

Wird also eine qualitativ hochwertige Form von Energie wie Strom in eine Energieform von geringerer Qualität wie Bewegungsenergie umgewandelt, wird ein entsprechender Anteil der Exergie des Stromes in eine qualitativ mindere Form wie Abwärme umgewandelt. Der effiziente Umgang mit Energie setzt voraus, dass die Qualität der verwendeten Energie bestmöglich an den Verwendungszweck angepasst wird. Verwendet man Strom, um dezentral Raumwärme bereitzustellen, müssen die Umwandlungsverluste der Stromerzeugung berücksichtigt werden. Viel effizienter ist es, die Abwärme der Stromerzeugung direkt für diesen Bedarf zu nutzen.

3.3.2 Der Wirkungsgrad

Bei der Energieumwandlung bezeichnet der Wirkungsgrad das Verhältnis von Input zu Output. Die dabei entstehenden Differenzen werden als Verluste bezeichnet. Der Wirkungsgrad beschreibt somit die Effizienz von Energieumwandlungen. Arbeiten in einem technischen System mehrere Maschinen und Energieumwandlungen nacheinander, werden die einzelnen Wirkungsgrade zum Gesamtwirkungsgrad multipliziert. Zum Beispiel ist der Wirkungsgrad eines Traktors das Produkt aus den Wirkungsgraden von Getriebe, Laufwerk und Motor. Der theoretische Wertebereich des Wirkungsgrades liegt zwischen 0 und 1 oder 0 und 100 %. Werden alle Einflüsse auf das System in der Bilanz berücksichtigt, ist in der Praxis kein Wirkungsgrad über 100 % möglich. Ein System mit einem Wirkungsgrad über 100 % wird als Perpetuum mobile bezeichnet. Bei Wärmepumpen oder Kältemaschinen wird die Effizienz mit der Leistungszahl beschrieben. In dieser wird im Gegensatz zum Wirkungsgrad die gesamte zugeführte Energie einschließlich der entzogenen Umgebungswärme berücksichtigt.

Der Wirkungsgrad der technischen Systeme wirkt sich auf die gesamte Energiebilanz eines Wirtschaftssektors aus.



η_G: Getriebewirkungsgrad η_L: Laufwerkwirkungsgrad η_M: Motorwirkungsgrad

ABBILDUNG 48: Wirkungsgrad eines Traktors - QUELLE: BOKU

	Maschine/Prozess	Eingesetzte Energie	Nutzenergie	Wirkungsgrad [%]
Energiebereitstellung	Kernkraftwerk	nuklear	elektrisch	35*
	Kohlekraftwerk Wärme	chemisch	elektrisch	25-50
	Kohlekraftwerk KWK	chemisch	elektrisch/thermisch	30-40 / 50-60
	Windkraftanlage	mechanisch	elektrisch	bis 50
	Holzgas-KWK-Anlage	chemisch	elektrisch/thermisch	75-85
	Wasserkraftwerk	potenzielle Energie	elektrisch	80-90
Maschinen	Brennstoffzelle	chemisch	elektrisch	20-60
	Stirlingmotor	thermisch	mechanisch	10-66
	Dampfmaschine	chemisch	mechanisch	3-44
	Verbrennungsmotor	chemisch	mechanisch	bis 50
	Elektromotor	elektrisch	mechanisch	95-99
Natur	Photosynthese-Reaktion	elektromagnetisch	chemisch	6-8
	Mensch	chemisch	mechanisch	bis 30

ABBILDUNG 49: Wirkungsgrade von Maschinen und Prozessen - QUELLE: Wikipedia *Wirkungsgrad des Kernkraftwerkes bezieht sich auf die Umsetzung des Energiegehaltes des Urans in den Brennstäben.

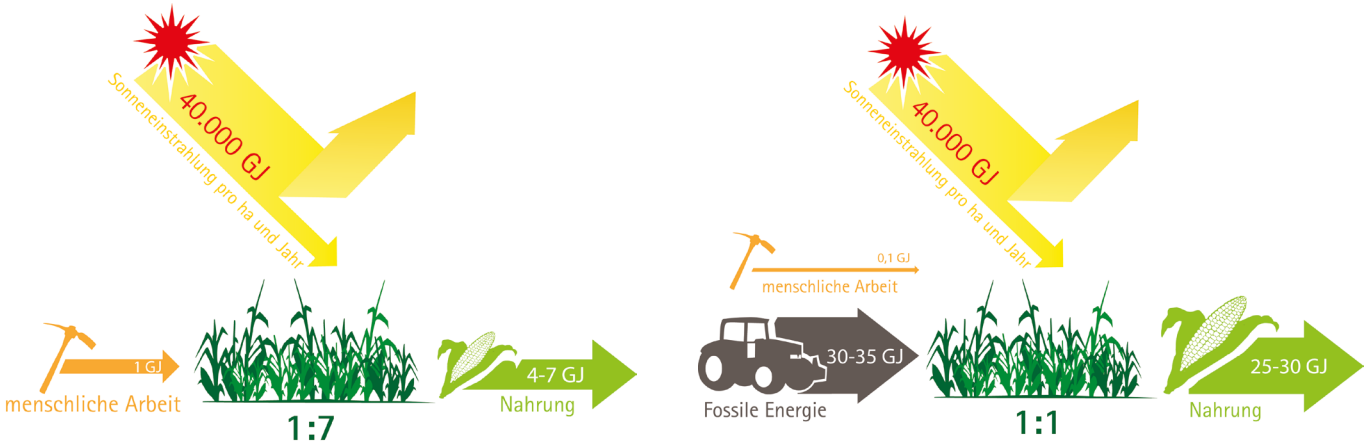


ABBILDUNG 50: Energiebilanz der Landwirtschaft im Wandel - QUELLE: Krausmann, 10 % des Ertrages mit Urpflanze gegenüber moderner Züchtung. Wirkungsgrad Mensch etwa 30 %. Sonneneinstrahlung nicht im korrekten Verhältnis dargestellt.

.ppt 50

PRÄSENTATION 50: Die Energienutzungskette (23 Folien)

3.4 Energiegehalt verschiedener Brennstoffe

Der Energiegehalt von Brennstoffen oder Nahrungsmitteln kann sehr unterschiedlich sein. Zum Vergleich wird die Energie von einer Kilowattstunde (1 kWh) in Form von verschiedenen gängigen Energieträgern dargestellt. Verglichen werden feste, flüssige und gasförmige Energieträger. Beispielsweise ist in einem Raummeter Buchenholz genauso viel Energie gespeichert wie in 162 Litern Heizöl, 185 Kubikmetern Erdgas oder 625 Kilogramm Steinkohle.

Da Energieträger wie Biogas, Erdgas oder Wasserstoff im gasförmigen Zustand über ein sehr großes Volumen verfügen, werden sie für den Transport oder die Lagerung komprimiert oder verflüssigt. Das Volumen von verflüssigtem Erdgas LNG (Liquefied Natural Gas) ist etwa 600-mal geringer als das Volumen im gasförmigen Zustand. Für die Verflüssigung muss Erdgas auf minus 160 °C abgekühlt und über den gesamten Transportweg gekühlt werden, was sich als sehr energieintensiv gestaltet.

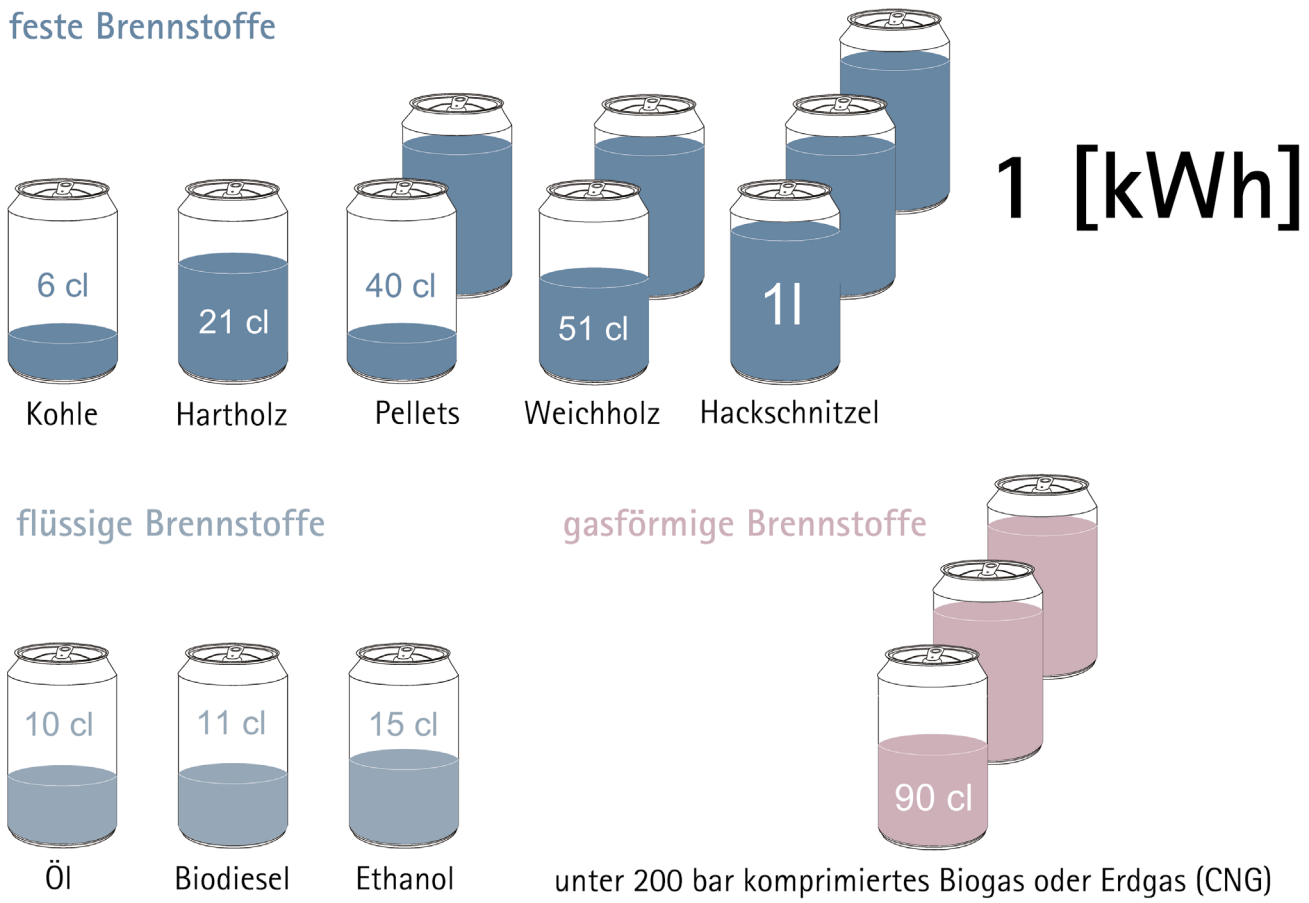


ABBILDUNG 51: Energiegehalt verschiedener Energieträger pro Volumen (unter der Berücksichtigung der spezifischen Dichte von typischen Handelsformen)
QUELLE: Zahlenangaben Jürgen Paeger, eigene Berechnung

PRÄSENTATION 51: Energiegehalt verschiedener Energieträger (22 Folien)

	Energieträger	ENERGIEGEHALT/Heizwert kJ/cm³	MJ/kg	Liter/kWh	CO_2-Emissionen in [g/MJ]
Feststoffe	Steinkohle	64,5	28,8	0,06	93
	Braunkohle	19,8	19,8	0,2	111
	Hartholz	15,8	15,8	0,21	CO_2-neutral
	Weichholz	7,9	15,8	0,51	CO_2-neutral
	Pellets	11,7	18	0,40	CO_2-neutral
	Hackschnitzel	4,5	18	1	CO_2-neutral
Fluide	Öl/Diesel	32,8	39,6	0,10	74
	Benzin	29,8	41,4	0,12	72
	Biodiesel	31,7	36	0,11	CO_2-neutral
	Ethanol	23	28,8	0,15	CO_2-neutral
Gase	Erdgas CNG	4	50,4	0,9	56
	Biogas CBG	4	50,4	0,9	CO_2-neutral

ABBILDUNG 52: Energiegehalt verschiedener Energieträger - QUELLE: Zahlenangaben Jürgen Paeger, Öko-Institut Darmstadt, eigene Berechnung. Erdgas sowie Biogas sind mit 100 % Methangehalt angenommen, Verbrennung biogener Energieträger erfolgt CO_2-neutral

4 QUELLENANGABEN UND LITERATUR

Austrian Energy Agency (2008): EE-Pot Abschätzung der Energieeffizienz-Potenziale in Österreich bis zum Jahr 2020.
http://www.energiestrategie.at/images/stories/pdf/04_aea_08_eepot.pdf

Bmlfuw; Bmwfj (2011): Ressourcennutzung in Österreich Bericht 2011.
http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/PublikationenBergbau/Documents/Ressourcennutzung_Bericht%202011.pdf

Bmwfj (2012): Energiestatus Österreich 2012.
http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/Energiestatus%202012.pdf

Bmwfj (2008): Energie Strategie Österreich.
http://www.bmwfj.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf

Bmwfi (2010): Erneuerbare Energien - Daten und Fakten.
http://www.bmwfj.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieversorgung/Documents/Erneuerbare%20Energien_Daten%20und%20Fakten.pdf

Bmvit (2012): Nachhaltig wirtschaften.
http://www.energieklima.at/fileadmin/user_upload/pdf/Zahlen_Daten/2011-Marktstatistik-2010__5_.pdf

Boyden, S. (1992): Biohistory, The Interplay Between Human Society and the Biosphere. UNESCO and Parthenon Publishing Group. Paris: Casterton Hall, Park Ridge.

BP Statistical Review of World Energy June 2011.
http://www.bp.com/assets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf

Brede, E. (et al) (2000): Entdecken und Verstehen 1: Von der Urgeschichte bis zum Mittelalter. Berlin. S. 21.

Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen (2011): Bericht über die menschliche Entwicklung 2011.
http://www.dgvn.de/fileadmin/user_upload/BILDER/bilder_publikationen/UN_Berichte_HDR/HDR_2011/HDR-2011-Vollversion.pdf

Deutsche Stiftung Weltbevölkerung (2012): Datenreport 2012 der deutschen Stiftung Weltbevölkerung. Soziale und demographische Daten weltweit.
http://www.weltbevoelkerung.de/fileadmin/user_upload/PDF/Datenreport/Datenreport_2012.pdf

E-Control (2008): Grünbuch Energieeffizienz Maßnahmenvorschläge zur Steigerung der Energieeffizienz.
http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/energie-effizienz/dokumente/pdfs/Gruenbuch%20Energieeffizienz_17102008_Druckversion.pdf

EIA (2011): International Energy Outlook 2011.
http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf

European Commission (2011): Key figures. Market for Energy.

Eurostat (2005): Energy statistics manual.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/NRG-2004/EN/NRG-2004-EN.PDF

Eurostat (2006): Im Blickpunkt – Energie. Jahrbuch 2006-2007.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-CD-06-001-ENERGY/DE/KS-CD-06-001-ENERGY-DE.PDF

Eurostat (2008): Energie. Jahrbuch 2008.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-CD-07-001-INTRO/DE/KS-CD-07-001-INTRO-DE.PDF

EU transport ghg routes to 2050.
http://www.eutransportghg2050.eu/cms/

ExxonMobil (2012): Thinking of the world's toughest energy challenges. The Outlook for Energy: A View to 2040.
http://www.exxonmobil.com/corporate/files/news_pub_eo2012.pdf

Haberl, H. (2000): Energetischer Stoffwechsel und Nachhaltigkeit.
http://www.umweltethik.at/download.php?id=356

Hänggi, M. (2010): Ausgepowert. Zürich: Rotpunktverlag.

Herden, R.-E. (2007): Die Bevölkerungsentwicklung in der Geschichte.
http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/handbuch_texte/pdf_Herden_Bevoelkerungsentwicklung_in_der_Geschichte.pdf

IEA (2008): Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency Key Insights from IEA Indicator Analysis.
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Indicators_2008-1.pdf

IEA (2010): Energy technology perspectives scenarios and strategies to 2050.
http://www.iea.org/techno/etp/etp10/English.pdf

IEA (2011): Clean energy Progress Report.
http://www.cleanenergyministerial.org/Portals/2/pdfs/IEA_Clean_Energy_progress_report.pdf

IAE (2011): World Energy Outlook 2011.
http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2011/es_german.pdf

IEA (2011): Key world energy statistics 2011.
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key_world_energy_stats-1.pdf

Jürgen Paeger Consulting: Nachhaltigkeit Managementsysteme.
http://www.oekosystem-erde.de/

Kröger, Inga; van Olst, Nienke; Klingholz, Reiner (n): Das Ende der Aufklärung. Der internationale Widerstand gegen das Recht auf Familienplanung.
http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/Studien/Ende_Aufklaerung_Webversion.pdf

Lebensministerium (2012): Grüner Bericht 2012; Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft.
http://www.gruenerbericht.at/cm²/index.php

Murck, B. (2005): Enviromental Science, A Self Teaching Guide. New York, Wiley Verlag.

Österreichischer Biomasse-Verband (2011): Basisdaten 2011 Bioenergie.
http://www.biomasseverband.at/publikationen/broschueren/

Ponting, C. (2007): A New Green History of the World - The Environment and the Collapse of Great Zivilisations.
Überarbeitete Neuauflage des Klassikers von 1991: Eine Umweltgeschichte der Erde. Vintage Books.

Quaschnig, V. (2009): Erneuerbare Energien und Klimaschutz – Hintergründe, Techniken, Anlagenplanung, Wirtschaftlichkeit. 2. aktualisierte Auflage. München: Carl Hanser Verlag.

Smil, V. (2006): Energy. A Beginner's Guide. Oxford: OneWorld Publications.

Statistik Austria (2012): Österreich. Zahlen, Daten, Fakten.
http://www.statistik.at/web_de/services/oesterreich_zahlen_daten_fakten/index.html

Statistik Austria (2011): Projektbericht Energieeinsatz im Dienstleitungssektor.
http://www.statistik.at/web_de/suchergebnisse/index.html

Umweltbundesamt (2010): Neunter Umweltkontrollbericht. Umweltsituation in Österreich.
http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0286.pdf

Umweltbundesamt (2012): Klimaschutzbericht 2012.
http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0391.pdf

VTI (2011): Energie in der Nahrungsmittelkette.
http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dn048963.pdf

WKO (2011): Beschäftigungsstruktur Erwerbstätige nach Wirtschaftssektoren, Stand: 2011.
http://wko.at/statistik/eu/europa-beschaeftigungsstruktur.pdf