

**TECHNISCHE GEBÄUDEAUSSTATTUNG**

Dipl.-Ing.

KLAUS **JENS**

VORLESUNGEN ÜBER

GEBÄUDETECHNIK**KAPITEL:**

- 1 GRUNDLAGEN-1
- 2 WASSER
- 3 WÄRME
- 4 KÄLTE
- 5 LUFT
- 6 INFORMATION
- 7 STROM
- 8 TRANSPORT
- 9 SICHERHEIT
- 10 PROJEKTIERUNG
- 11 ÜBUNGEN
- 12 ENERGIE
- 13 GRUNDLAGEN-2



GEBÄUDETECHNIK

<i>Kapitel</i>		<i>Seite</i>
12	ENERGIE	3
12.1	ENERGIEÜBERTRAGUNG DURCH STRAHLUNG	3
12.2	ENERGIEUMWANDLUNG	6
12.3	UMGANG MIT ENERGIETRÄGERN	6
12.4	NEBENWIRKUNGEN BEI NUTZUNG FOSSILER ENERGIETRÄGER	10
12.5	NATURSCHONENDE ENERGIENUTZUNGSMETHODEN	12
12.5.1	Biomasse	14
12.5.2	Wasserkraft	15
12.5.3	Windkraft	15
12.5.4	Solarstrom	16
12.5.5	Solarthermie	16
12.6	NETZVERBUND	17
12.7	ENERGIE-DIENSTLEISTUNGEN	20
12.8	ENERGIEKENNZAHLEN FÜR RAUMWÄRME	21
12.9	LITERATURHINWEISE	24

12 ENERGIE

Das Wort "Energie" leitet sich von dem griechischen Wort "enérgeia" ab. Dabei bedeutet "en" (εν) auf deutsch "in" oder "innen", und "ergon" (εργον) soviel wie "Werk" oder "Wirken".

Der Begriff "Energie" ergab sich aus dem Erfordernis, unterschiedliche Erscheinungsformen der Natur zueinander in Verhältnisse setzen zu können und dadurch für technische Anwendungen berechenbar zu machen. Die Energie selbst lässt sich als Phänomen nicht direkt messen. Man kann jedoch Hilfsgrößen messen und daraus ihren Betrag errechnen. Mit Einführung des Begriffes "Energie" wurde es möglich, Erfahrungswerte aus verschiedenen Erscheinungsformen der Natur in mathematisch fassbare Verhältnisse zu setzen, wie beispielsweise bei:

- *dem Wechselspiel bewegter Massen über Hebel und Stöße in der Mechanik,*
- *der Änderung von Bewegungszuständen von Massen im freien Fall oder Flug,*
- *dem Verhältnis von Bewegung, Druck, Dichte und Wärmeveränderung von Gasen,*
- *der Stoffumwandlung chemischer Verbindungen*
- *dem Verhältnis von Kraft- und Wärmewirkungen bei stromdurchflossenen Leitern und bewegten Magneten*

12.1 ENERGIEÜBERTRAGUNG DURCH STRAHLUNG

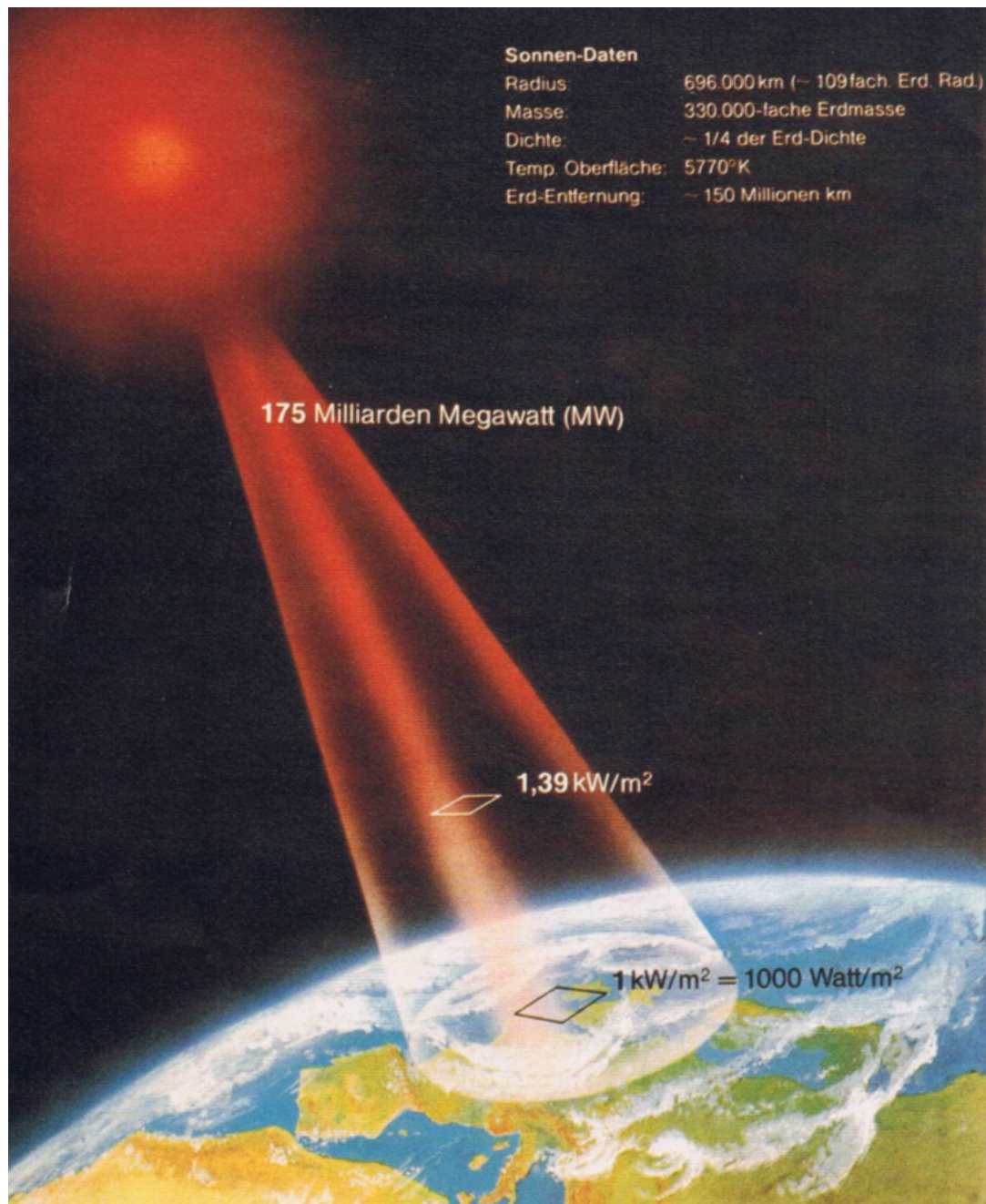
Die Ursache, weshalb die Sonne Energie in der für uns wahrnehmbaren Erscheinungsform von Strahlung an ihre Umgebung verstrahlt, werden vermutlich auch noch Wissenschaftler künftiger Generationen zu ergründen versuchen. Die Wirkung dieser solaren Strahlung können wir photometrisch als "spezifische Strahlungsleistung" messen:

Bei senkrechtem Strahlungseinfall erhält der obere Rand der irdischen Atmosphäre von der Sonne eine spezifische Strahlungsleistung, die im Jahresverlauf nur um ~ 3 % schwankt und konventionell als "Solarkonstante" [152] bezeichnet wird, obwohl es sich dabei um keine "Naturkonstante" handelt

$$\text{"Solarkonstante"} = 1,367 \text{ kW/m}^2 \text{ +/- } 3,3 \%$$

Dieser "Solarkonstante" entspricht jener Strahlungsleistung, die sich senkrecht zur Erdoberfläche ergäbe, wenn die Erde keine Lufthülle hätte. Ein Teil der solaren Strahlungsenergie wird von Gasen der irdischen Lufthülle absorbiert, und ein anderer Teil wird seitlich gestreut. Die Intensität der Sonneneinstrahlung erreicht deshalb auf der Erdoberfläche nie das volle Ausmaß dieser "Solarkonstante". Bei sehr klarer Luft können höchstens etwa ~70 % der solaren Strahlungsenergie ($1,367 \text{ kW/m}^2 \cdot 0,7 = \sim 1 \text{ kW/m}^2$) auf Meeresebene zur Erdoberfläche gelangen, das entspricht einer spezifischen Strahlungsleistung von $\sim 1.000 \text{ W/m}^2$.

Abbildung 12.1: Sonneneinstrahlung [153]



Das Phänomen der Energieübertragungsmöglichkeit durch Strahlung wurde von Prof. Josef Stefan (*1835, +1893) im Jahr 1879 entdeckt und 1884 von Prof. Ludwig Boltzmann theoretisch begründet.

Nach dem sogenannten "Stefan-Boltzmann-Gesetz" besteht eine Proportionalität zwischen der von einem "Schwarzen Körper" abgegebene Strahlungsleistung P mit der vierten Potenz seiner absoluten Temperatur T .

$$P = A \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (12.01)$$

P	Emission	[W]
A	strahlende Oberfläche	[m ²]
σ	Strahlungskonstante	[W/(m ² ·K ⁴)] (= 5,67 für schwarzen Körper)
T	absolute Temperatur	[K]

Der Proportionalitätsfaktor $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)$ wird auch als "Stefan-Boltzmann-Konstante" bezeichnet und gilt nur für einen sogenannten "schwarzen Körper" als Strahler. Das Verhältnis der Strahlungseigenschaften realer Stoffe zu jenen des theoretisch „schwarzen Körpers“ wurde in Form von dimensionslosen Emissionsgraden " ε " < 1 ermittelt, und ermöglicht praxisbezogene Berechnungen von Strahlungsemissionen nach folgender Gleichung:

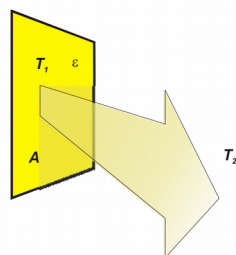
$$P = A \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (12.02)$$

P	Emission	[W]
A	Oberfläche	[m ²]
ε	Emissionsgrad	[-]
σ	Strahlungskonstante	[W/(m ² ·K ⁴)] (= 5,67 (für schwarzen Körper)
T	absolute Temperatur	[K]

Tabelle 12.1: Wärmestrahlung – Emissionsgrade [15]

Stoff	Temperatur [°C]	Emissionsgrad ε [-]
Beton, Ziegel	0 bis 93	0,94
Heizkörperanstrich	100	0,93
Wasser, Eis, Reif	0	0,92
Holz	0 bis 93	0,90
Gips	20	0,82
Glas	20	0,70
Stahl angerostet	20	0,60
Aluminiumbronze	100	0,30
Aluminium poliert	100	0,12
Stahl hochglanzpoliert	177	0,07
Aluminium walzblank	170	0,05

Abbildung 12.2: Energieübertragung durch Strahlung



Energie in Form von Strahlung kann von warmen Körpern in fester, flüssiger oder gasförmiger Form sowohl abgegeben ("emittiert"), als auch aufgenommen ("absorbiert") oder umgelenkt ("reflektiert" oder "gebeugt") werden. Wärmestrahlung besteht aus elektromagnetischen Wellen in dem für uns unsichtbaren Wellenlängenbereich von $\lambda = 0,8$ bis $800 \mu\text{m}$. Die für uns in Form von Licht wahrnehmbare Strahlungsenergie liegt im Wellenlängenbereich von $\lambda = 0,4$ bis $0,8 \mu\text{m}$.

Glas ist für die kurzwellige Lichtstrahlung wesentlich durchlässiger als für die langwellige Wärmestrahlung.

12.2 ENERGIEUMWANDLUNG

Der außerordentlich befähigte Experimentator James Prescott Joule (*1818, +1889) [04] begründete seinen Ruhm als Physiker unter anderem mit der Veröffentlichung seiner Erkenntnis, dass Energie nicht verloren gehen, sondern nur von einer Energieform in andere Energieformen umgewandelt werden kann.

Er bestimmte mit voneinander unabhängigen Methoden die numerische Beziehung zwischen Wärme und mechanischer Energie, das sogenannte "mechanische Wärmeäquivalent". Die Einheit des Phänomens "**Energie**" wurde nach ihm benannt:

1 Joule [J] entspricht 1 Wattsekunde [Ws]

Seine Erkenntnis wurde auf weitere bekannte Energieformen ausgeweitet und zu einem wichtigen Prinzip aller Naturwissenschaften, dem "Energieerhaltungssatz" erklärt.

Dieser beschreibt die in Experimenten gewonnene Erfahrung, dass sich die Gesamtenergie eines "isolierten Systems" mit der Zeit nicht ändert. Diesem Prinzip entsprechend kann Energie zwischen verschiedenen Energieformen umgewandelt, jedoch in einem "isolierten System" weder erzeugt noch vernichtet werden.

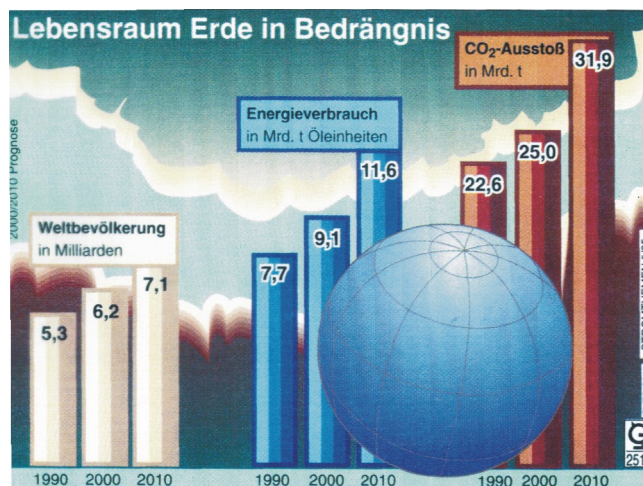
Unter einem "isolierten System" wird dabei ein Bereich verstanden, der mit seiner Umgebung keine Energie - unabhängig von ihrer Erscheinungsform - austauschen kann.

Die in Abbildung 12.1 dargestellte solare Energieübertragung betrifft demnach zumindest einen Bereich, der sich von der Erde bis zur Sonne erstreckt. Bei Überlegungen zur Energiebilanz der Sonne ist dieser Bereich möglicherweise noch zu erweitern ...

12.3 UMGANG MIT ENERGIETRÄGERN

Der menschliche Umgang mit Energieträgern hat sich seit Einsetzen der sogenannten "industriellen Revolution" (im 19. Jahrhundert) weltweit wesentlich gewandelt, wobei die bis dahin vorwiegende Nutzung regenerativer Energieträger (wie Holz, Wasser- und Windkraft) zunehmend durch Nutzung fossiler Energieträger ersetzt worden ist.

Abbildung 12.3: Entwicklungstendenzen



Primäre Energieträger

Als „primäre Energieträger“ werden Ausgangsstoffe bezeichnet, die sich zur Umwandlung in Energiedienstleistungen eignen und keiner technischen Umsetzung unterworfen wurden. „Fossile Energieträger“ (Kohle, Erdöl und Erdgas) tragen derzeit mit etwa ~85 % zu dem für das Bezugsjahr 2010 mit 140 PWh/a ermittelten weltweiten "Energieaufkommen" bei [140].

In der Fachzeitschrift "atw" [159] wurde für das Jahr 2014 die weltweite Stromerzeugung aus Kernenergie mit rund 2,419 PWh/a ausgewiesen, das entspricht einem Anteil von ~ 1,7 % an dem für das Jahr 2010 mit etwa 140 PWh/a angeführten jährlichen "Weltenergiebedarf".

Energieeinheiten $1 \text{ PWh} = 10^{15} \text{ Wh} = 10^{12} \text{ kWh} = 10^9 \text{ MWh} = 10^6 \text{ GWh} = 10^3 \text{ TWh}$

Durchschnittsleistung $1 \text{ kWa/a} = 8766 \text{ kWh/a}$ entspricht "Kilowattjahren pro Jahr"

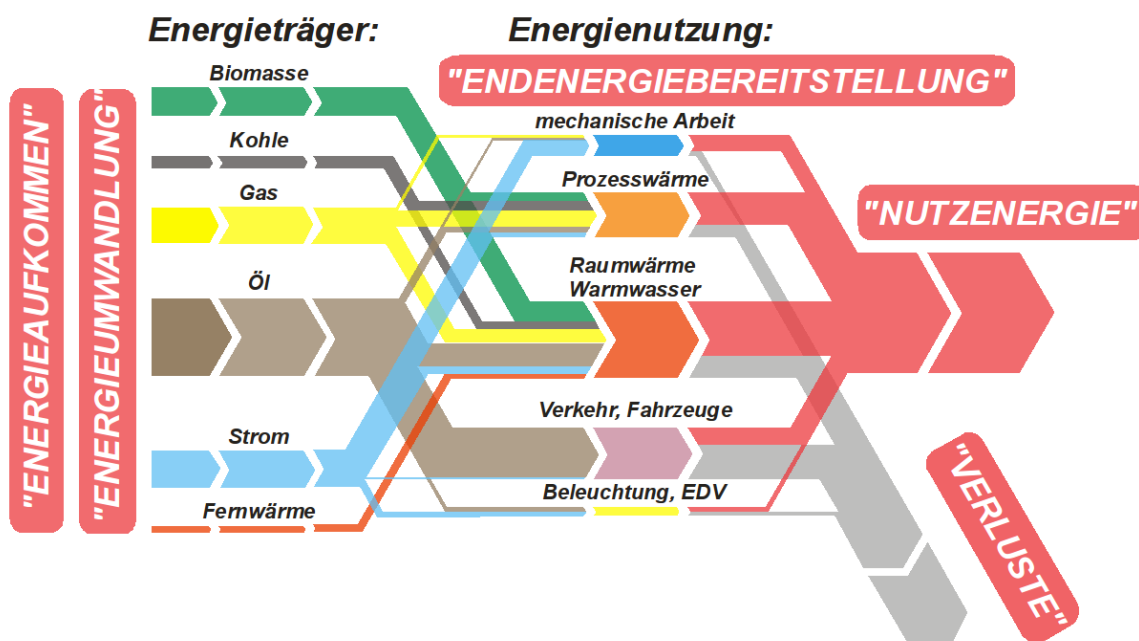
Durchschnittsleistung $1 \text{ PWa/a} = 8766 \text{ PWh/a}$ entspricht "Petawattstunden pro Jahr"

Sekundäre Energieträger

Als "Sekundäre Energieträger" bezeichnet man Umwandlungsprodukte aus primären Energieträgern, welche die Energienutzung vereinfachen (Pellets, Koks, Heizöl, Benzin, Strom, Fernwärme usw.).

In regionalen Energieflussbildern werden die in definierten Zeiträumen (z.B. einem Jahr) umgewandelten Energiewerte als Stromlinien mit unterschiedlichen Breiten (für die Flussstärke) dargestellt.

Abbildung 12.4: Energieflussbild



In Energieflussbildern wie beispielsweise in Abbildung 12.4 werden folgende Begriffe ver-

wendet und einander zugeordnet:

- Energieaufkommen („Bruttoinlandsverbrauch“)
- Energieträger
- Energieumwandlung
- Energiebereitstellung
- Wirtschaftssektoren
- Nutzenergie
- "Verluste" (nicht mehr nutzbare Energieformen)

Mit „Energieaufkommen“ oder „Bruttoinlandsverbrauch“ wird dabei Produktion, Außenhandel und Lagerveränderung des Energieinhaltes aller statistisch erfaßten Energieträger innerhalb eines Jahres bezeichnet.

Tabelle 12.1: Beispiel einer Energiebilanz von Österreich in Petajoule/Jahr [167]

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Inlandserzeugung	410,4	504,6	477,5	527,2	516,3	508,6	507,8	516,9
<i>davon Biogene u. sonst. erneuerb. Energien</i>	160,0	223,2	220,1	229,1	237,1	228,3	242,6	246,2
<i>Wasserkraft</i>	133,5	138,1	123,3	157,7	151,4	147,6	133,4	143,2
<i>Wind**</i>	4,8	7,4	7,0	8,9	11,4	13,8	17,4	18,9
<i>Photovoltaik**</i>	0,1	0,3	0,6	1,2	2,3	2,8	3,4	3,7
<i>Brennbare Abfälle</i>	16,4	29,5	32,1	29,3	27,3	29,0	30,4	30,9
<i>Gas</i>	55,7	58,5	57,6	61,9	49,8	45,4	43,4	40,4
<i>Kohle</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Öl</i>	39,8	47,6	36,8	39,1	37,1	41,5	37,2	33,7
(+) Importe	1.238,9	1.257,0	1.286,6	1.316,0	1.197,8	1.179,8	1.244,3	1.331,8
(-) Exporte	208,1	342,9	295,4	413,8	321,4	269,7	388,5	438,5
(+/-) Lager	-2,0	35,6	-60,4	-31,5	32,1	-44,2	45,9	15,1
(=) Bruttoinlandsverbrauch	1.439,1	1.454,4	1.408,3	1.397,8	1.424,7	1.374,4	1.409,5	1.425,3
(-) Nichtenergetischer Verbrauch	73,9	81,9	71,9	76,5	76,0	84,9	80,8	84,8
(=) Primärenergieverbrauch	1.365,3	1.372,5	1.336,4	1.321,3	1.348,7	1.289,5	1.328,7	1.340,6
(-) Umwandlungseinsatz	885,6	877,7	883,0	902,5	885,8	860,3	884,5	865,0
(+) Umwandlungsausstoß	770,6	765,5	773,9	800,7	794,8	774,0	787,9	778,4
(-) Verbrauch d. Sektors Energie*	148,2	143,1	150,1	146,0	148,4	147,6	144,9	133,1
(=) Energetischer Endverbrauch	1.102,1	1.117,3	1.077,1	1.073,5	1.109,3	1.055,6	1.087,1	1.120,8
<i>davon Produzierender Bereich</i>	296,4	319,4	320,6	315,1	317,9	309,7	314,3	306,9
<i>Verkehr</i>	379,2	369,3	360,9	355,2	370,4	366,1	377,6	392,0
<i>Dienstleistungen</i>	145,1	141,2	127,8	126,2	124,2	120,2	117,0	134,1
<i>Private Haushalte</i>	258,3	265,0	246,0	254,9	272,9	237,5	255,2	265,9
<i>Landwirtschaft</i>	23,1	22,4	21,8	22,1	23,9	22,2	23,0	22,0
(+) Zurechnung Erneuerb.-RL	76,6	78,9	79,2	77,9	79,5	79,2	82,6	k.A.
(=) Bruttoendenergieverbrauch	1178,7	1196,2	1156,3	1151,4	1188,8	1134,8	1169,7	k.A.
Anrechenbare Erneuerbare	281,3	360,6	350,3	360,1	383,2	371,2	384,1	k.A.
Anteil Erneuerbare in Prozent	23,9	30,1	30,3	31,3	32,2	32,7	32,8	k.A.

Anmerkung: $1 \text{ [PJ/a]} = (1/3600) \text{ [GWh/a]} = (1/3,6) \text{ [TWh/a]} = (1/3,6) \cdot 10^9 \text{ [kWh/a]}$ entspricht "Petajoule pro Jahr"

Bezieht man beispielsweise den für Österreich (2016) mit 1425,3 PJ/a = ~396 TWh/a statistisch ausgewiesene „Brutto-Inlandsverbrauch“ (bzw dieses „Energieaufkommen“) auf die Fläche Österreichs mit 83.849 km², dann erhält man als flächenbezogene Leistungskennzahl $396 \cdot 10^9 \text{ [kWh/a]} / 83.849 \cdot 10^6 \text{ [m}^2\text{]} = 4,7 \text{ [kWh/(m}^2\text{·a)]}$ ein

flächenbezogenes Energieaufkommen = ~ 4,7 kWh/(m²·a)

Physikalisch entspricht dieser Kennwert einer jährlichen "Durchschnittsleistung".

Bezieht man auf ähnliche Weise den ausgewiesenen „Brutto-Inlandsverbrauch“ (bzw. dieses Energieaufkommen) auf die in Österreich lebenden Personen (~8,7 Millionen Einwohner) und dividiert man diesen Rechenwert durch 8.766 h/a (Stunden/Jahr), dann erhält man mit $396 \cdot 10^9 \text{ [kWh/a]} / (8,7 \cdot 10^6 \cdot 8.766 \text{ [h/a]}) = 5,2 \text{ [kWa/a]}$ pro Einwohner ein

personenbezogenes Energieaufkommen = ~ 5,2 kWa/a Kilowattjahre/(Jahr und Person)

Auch dieser Kennwert entspricht physikalisch einer jährlichen "Durchschnittsleistung".

Für dieses personenbezogene Energieaufkommen wurden im Energiestatusbericht 2008 des österreichischen Bundesministeriums BMWA unter anderem die in Tabelle 12.2 angeführten Landes-Kennzahlen ausgewiesen.

Statistischen Hochrechnungen zufolge liegt derzeit für etwa ~70 % der Weltbevölkerung das personenbezogene Energieaufkommen unter einem mit ~2,0 kWa/a erhobenen globalen Mittelwert [140]. Zur Aufrechterhaltung der physiologischen Lebensfunktionen eines Menschen liegt (gemäß Kapitel 1.3 [100]) der Energieinhalt des personenbezogenen Nahrungsmittelbedarfes (Grundumsatz) bei ~0,1 kWa/a = ~100 W.

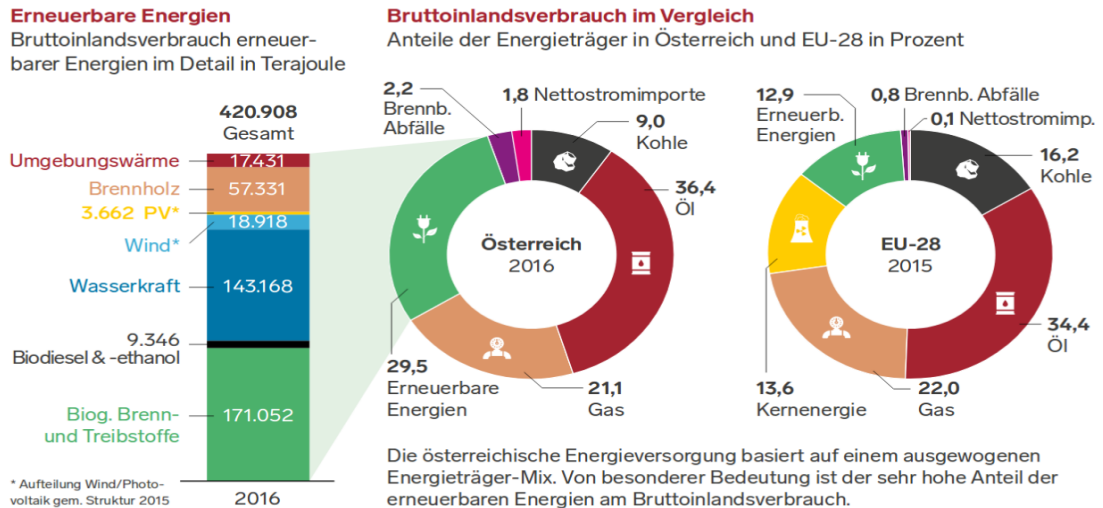
Tabelle 12.2: Personenbezogenes Energieaufkommen

Bruttoinlandsverbrauch pro Kopf im Jahr 2005		
Land	kWa/a	toe/a ¹
Luxemburg	13,9	10,5
USA	10,5	7,9
Norwegen	9,2	7,0
Belgien	7,2	5,4
Russland	6,0	4,5
Deutschland	5,5	4,2
Österreich	5,5	4,2
Japan	5,5	4,2
EU (27)	4,9	3,7
Schweiz	4,8	3,6
China	1,8	1,3

¹ 1 toe (Tonne Rohöleinheit) = 11.630 kWh

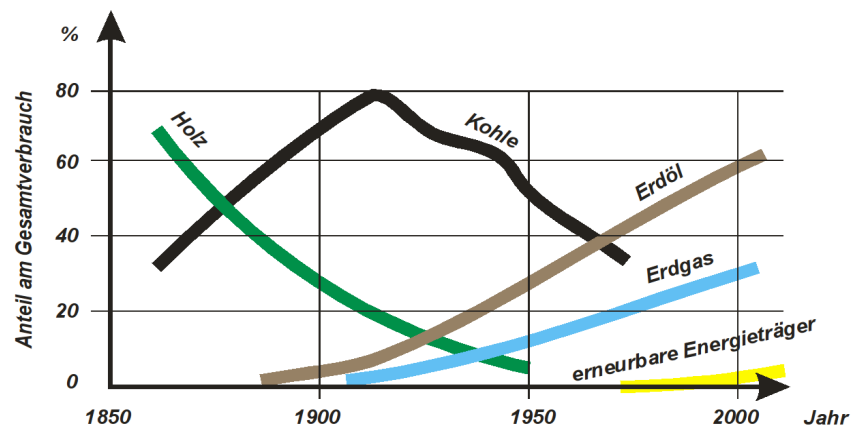
Der österreichische "Bruttoinlandsverbrauch" beruhte 2016 noch mehrheitlich auf den fossilen Energieträgern Gas, Öl und Kohle.

Abbildung 12.5: Struktur des österreichischen „Bruttoinlandsverbrauches“ 2016 [167]



Etwa um das Jahr 1850 sollen weltweit noch mehr als 80 % der Energiedienstleistungen durch Verbrennung von "Biomasse" (Holz) erbracht worden sein. Später verdrängten die fossilen Energieträger: Kohle, Erdöl und Erdgas den ursprünglichen erneuerbaren Energieträger Holz. Industrielle Förderung dieser fossilen Energieträger und Vereinfachungen des Transportwesens durch Entwicklung von Eisenbahnen ermöglichten bis dahin unvorstellbare Kostenreduktionen und Nachfragesteigerungen von Energiedienstleistungen. Der Anteil fossiler Energieträger am Einsatz aller Energieträger erhöhte sich weltweit von einem Anteil um ~20 % im Jahr 1850 auf einen Anteil um ~85 % im Jahr 2000 [140] bei gleichzeitig stark zunehmendem Energieträger-Verbrauch.

Abbildung 12.6: Weltweite Marktdurchdringung von Energieträgern [108]

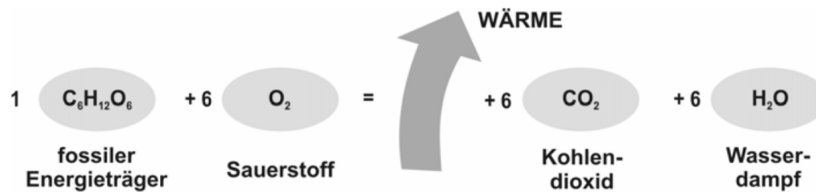


12.4 NEBENWIRKUNGEN BEI NUTZUNG FOSSILER ENERGIETRÄGER

Mit der bisher gehandhabten Verbrennung fossiler Energieträger sind Nebenwirkungen verbunden, die weltweit auftretende Schädigungen ökologischer Systeme herbeiführen und deshalb wesentliche Verhaltensänderungen bei Wahl und Nutzung von Energieträgern erfordern.

Auf Konsequenzen unserer vermeintlich fortschrittlichen Lebensweise hat eine Gruppe von Wissenschaftlern bereits im Jahr 1976 mit einem "Bericht des Club of Rome zur materiellen Lage der Menschheit" öffentlich hingewiesen [108]. Die weltweit erfolgte Zunahme der Oxidation fossiler Energieträger hat zu einer Erhöhung des Gehaltes an CO_2 - in der Atmosphäre wesentlich beigetragen.

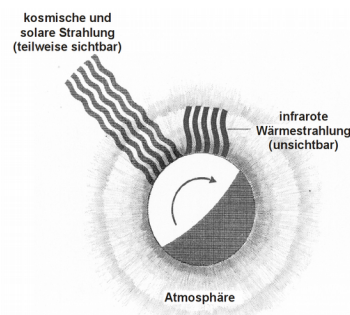
Abbildung 12.7: Verbrennungsvorgang [15]



Die Freisetzung von Kohlendioxid (CO_2) ist bei der Verbrennung (Oxidation) fossiler Energieträger unvermeidbar, weil bei dieser Verbrennung CO_2 und H_2O als Oxidationsprodukte entstehen (Kapitel 03.1 [100]).

Auf ähnliche Weise wie die Glasabdeckungen eines Sonnenkollektors absorbieren "Klimawirksamen Spurengasen" (CO_2 , CH_4 , N_2O , FCKW) und Wasserdampf (H_2O) einerseits nur einen geringen Teil der vorwiegend kurzwelligigen Sonneneinstrahlung in der Atmosphäre, behindern jedoch andererseits die langwelligere Wärmerückstrahlung von der Erdoberfläche in den Weltraum wie ein Filter. "Klimawirksame Spurengase" tragen auf diese Weise zur Erwärmung der Erdatmosphäre bei. Ohne diesen "Treibhauseffekt" würde die mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche bei etwa -18°C liegen. Für die Entstehung und Erhaltung des irdischen Lebens ist der beschriebene "Treibhauseffekt" von wesentlicher Bedeutung.

Abbildung 12.8: Klimawirksame Spurengase in der Atmosphäre,
unter anderem: CO_2 , CH_4 , N_2O , H_2O , F-Gase



Vermeehrt auftretende Wetteranomalien und Extremwetterereignisse werden derzeit von der überwiegenden Mehrzahl der Wissenschaftler [110] auf einen für erdgeschichtliche Zeiträume ungewöhnlich raschen Klimawandel zurückgeführt. Als besonders treibende Kraft dieses Klimawandels werden die von Menschen verursachte Emissionen sogenannter "Treibhausgase" beschrieben, welche den Energiehaushalt der Atmosphäre durch Absorption von Infrarot-Strahlung beeinflussen.

Zu den besonders wirksamen "Treibhausgasen" zählen [110]:

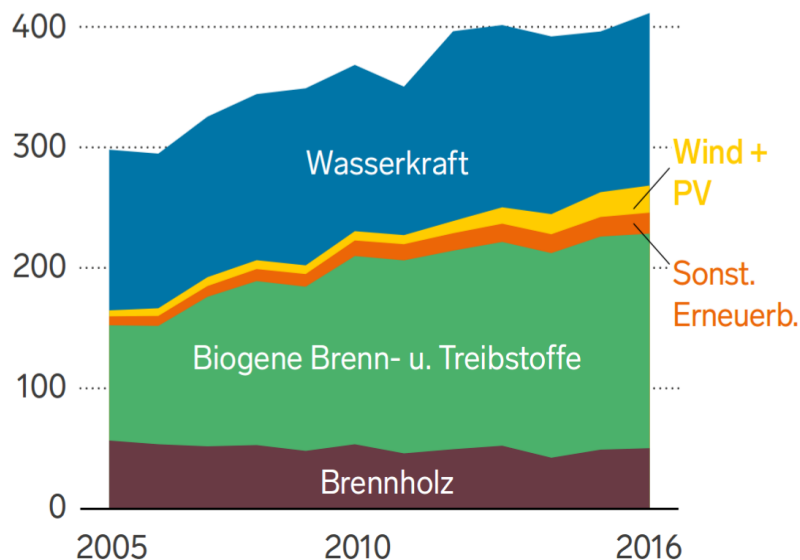
- Kohlendioxid (CO_2),
- Methan (CH_4),
- Lachgas (N_2O) sowie
- fluorierte Treibhausgase (F-Gase).

Zur Bewertung der Treibhausgasemissionen werden die Emissionswerte von Treibhausgasen in "CO₂-Äquivalente" umgerechnet. Dadurch werden die Emissionen unterschiedlicher Treibhausgase als "Treibhauspotenziale" berücksichtigt.

12.5 NATURSCHONENDE ENERGIEENTZUGSMETHODEN

Naturschonende Energienutzung kann nur auf Konzepten beruhen, die Systeme der Energieumwandlung auf solche Weisen einsetzen, daß wesentliche Eigenschaften der natürlichen Umwelt durch beständige Regeneration erhalten bleiben.

Abbildung 12.9: Erneuerbarer Energieträgernutzung in Österreich in Petajoule [167]



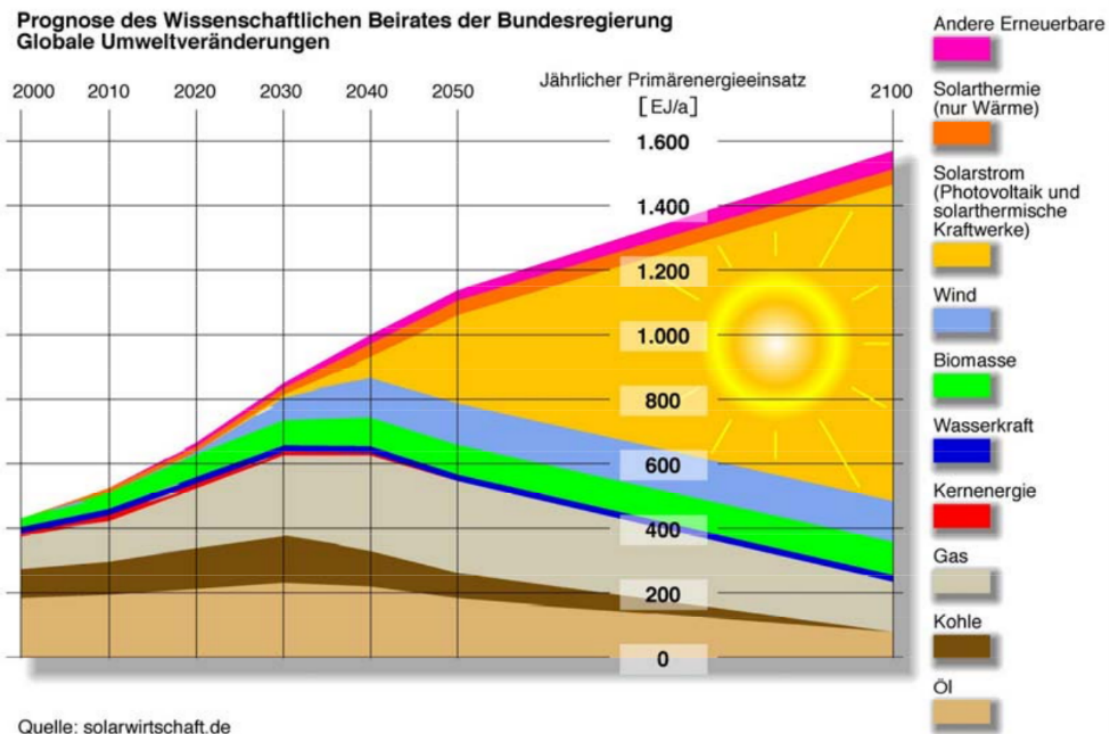
Anmerkung: $1 \text{ [PJ/a]} = (1/3600) \text{ [GWh/a]} = (1/3,6) \text{ [TWh/a]} = (1/3,6) \cdot 10^9 \text{ [kWh/a]}$

Der Energieinhalt von jährlich genutzten "erneuerbaren" Energieträgern wird in Österreich statistisch erhoben und in Energieberichten periodisch veröffentlicht.

Einer Prognose des wissenschaftlichen Beirates der deutschen Bundesregierung zufolge ist langfristig ein globaler Wandel bei der Anteils-Verteilung genutzter Energieträger im Sinne der folgenden Abbildung 12.10 zu erwarten [111]

Der Abbildung 12.10 ist zu entnehmen, dass langfristig mit einer anteilmäßigen Verdrängung fossiler und nuklearer Energieträger durch regenerative Energieträger gerechnet wird.

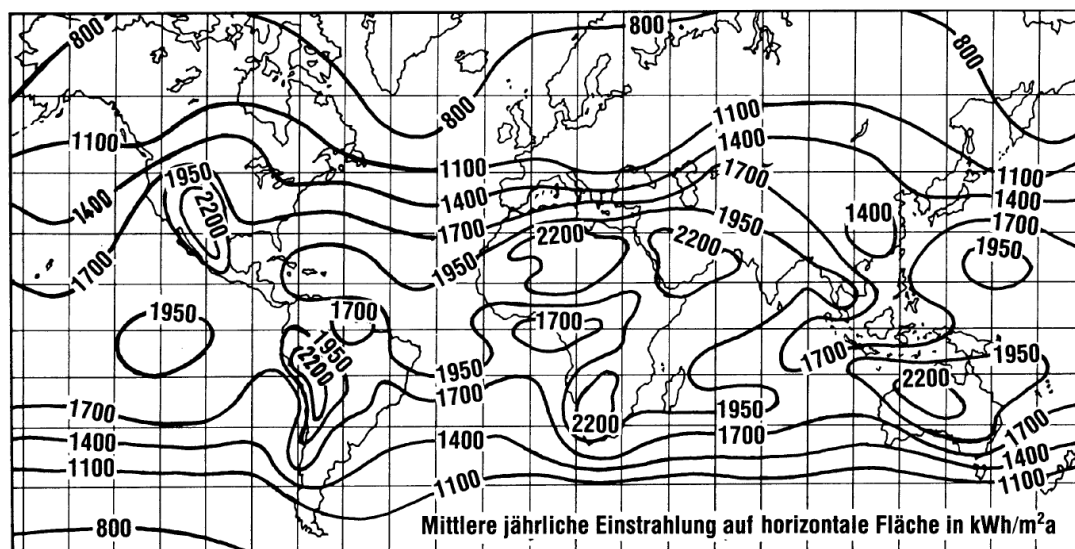
Abbildung 12.10: Weltweite Veränderungprognose bei der Nutzung von Energieträgern [111]



Durch Sonneneinstrahlung erhält jeder Quadratmeter der Erdoberfläche im Jahresverlauf ein erhebliches "Energieangebot", dessen regionale Unterschiede Abbildung 12.11 entnommen werden können.

In der geografischen Lage Österreichs liegt das flächenbezogene Strahlungsangebot von Sonnenenergie demnach bei etwa $\sim 1.100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, das entspricht dem 234-fachen Wert des unter Abschnitt 12.3 mit

$\sim 4,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ermittelten flächenbezogenen Energieaufkommens.

Abbildung 12.11: Solares jährliches Energieangebot in $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ [137]

Mit derzeit verfügbaren Methoden erneuerbarer Energienutzung sind unter Berücksichtigung üblicher Jahreswirkungsgrade folgende flächenbezogenen "Erntepotentiale" erreichbar:

Tabelle 12.2: Flächenbezogene "Erntepotentiale" [15]

Energienutzungsmethoden	kWh/(m ² ·a)
Warmwasserbereitung mit Sonnenkollektoren	~390,0
Stromerzeugung mit Solarzellen	~165,0
Vollnutzung des ausbaufähigen Windkraftpotentials	~1,2
Vollnutzung des ausbaufähigen Wasserkraftpotenzials	~0,7
Vollnutzung der jährlich nachwachsenden Biomasse	~0,6

Die überschlägige Ermittlung der in Tabelle 12.2 angeführten Richtwerte wird in folgenden Abschnitten nachvollzogen:

12.5.1 Biomasse

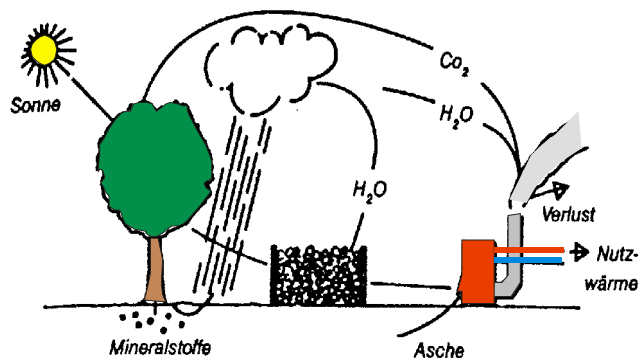
Bei der Verfeuerung von Holz ("Biomasse") ist keine langfristige Kohlendioxid- Anreicherung der Atmosphäre zu erwarten, weil das dabei freiwerdende Kohlendioxid von Pflanzen aus der Atmosphäre innerhalb einiger Vegetationsperioden wieder zum Aufbau von "Biomasse" aufgenommen wird.

Unter der Annahme eines mittleren jährlichen Strohertrages von beispielsweise ~ 3 t/ha (ohne Kunstdüngereinsatz) ergibt sich bei einem Heizwert für Stroh von ~ 4,2 kWh/kg und mit Jahres-Wirkungsgrad von $\eta = \sim 0,5$ folgendes flächenbezogene "Erntepotential":

$$\frac{3000 \text{ kg/a}}{10000 \text{ m}^2} \cdot 4,2 \text{ kWh/kg} \cdot 0,5 \approx 0,6 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{a)} \quad (12.03)$$

Es bestehen auch vielfältige Möglichkeiten zur Herstellung fester, flüssiger oder gasförmiger sekundärer Energieträger aus Biomasse. Problematisch ist die Nutzung von Biomasse als Energieträger stets dann, wenn dabei Nutzflächen der Nahrungsmittelproduktion entzogen werden.

Abbildung 12.12: Beispiel für Energiespeicherung von Sonnenenergie in Biomasse [15]



Dem entspricht folgendes flächenbezogene "Erntepotential":

$$\frac{100 \cdot 10^9 \text{ kWh/a}}{83,8 \cdot 10^9 \text{ m}^2} = 1,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (12.05)$$

Abbildung 12.14: Windkraftnutzung in Österreich [131]



12.5.4 Solarstrom

Mit dem in Abbildung 12.11 für Österreich ausgewiesenen jährlichen solaren Energieangebot von $\sim 1.100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ kann man mit horizontal ausgerichteten polykristallinen Solarzellen, deren Wirkungsgrade derzeit bei etwa $\sim 15\%$ liegen, folgendes flächenbezogene "Erntepotential" erwarten [149] [162]:

$$1100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 0,15 \approx 165 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (12.06)$$

Abbildung 12.15: Dezentrale Solarstromanlage in 1023 Wien ("Plus-Energie-Haus") [162]



12.5.5 Solarthermie

Durch Einsatz von Warmwasserkollektoren lässt sich Heizwasser auch im Winter auf nutzbare Heizwassertemperaturen z.B. um $+ 90 \text{ °C}$ erwärmen, solange die Sonne scheint. Damit kann man ein Wärmeversorgungssystem zeitweise entlasten. Die Wirkungsgrade „ η “ von Solarkollektoren handelsüblicher Bauweise liegen im Jahresmittel bei etwa 35% .

Mit dem in Abbildung 12.11 für Österreich ausgewiesenen jährlichen solaren Energieangebot von $\sim 1.100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ kann man mit horizontal ausgerichteten Sonnenkollektoren folgendes flächenbezogene "Erntepotential" erwarten:

$$1100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \cdot 0,35 \approx 390 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (12.07)$$

Abbildung 12.16: Solaranlage zur Heizwassererwärmung

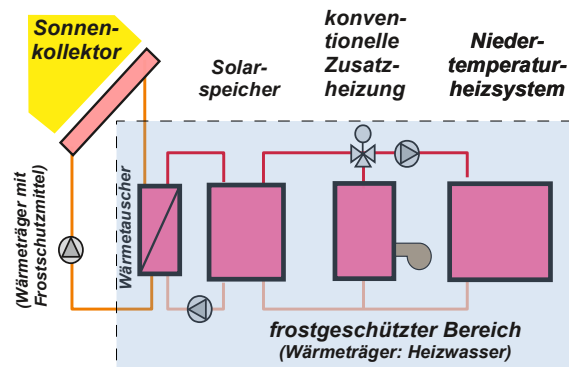
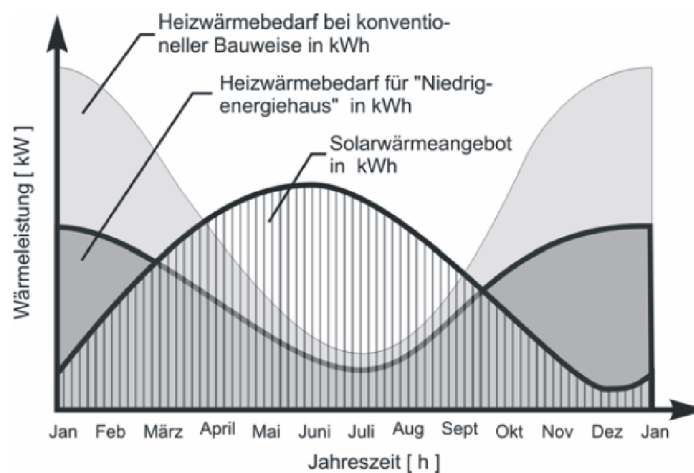


Abbildung 12.17: Heizwärmebedarf und Solarenergie-Angebot [15]



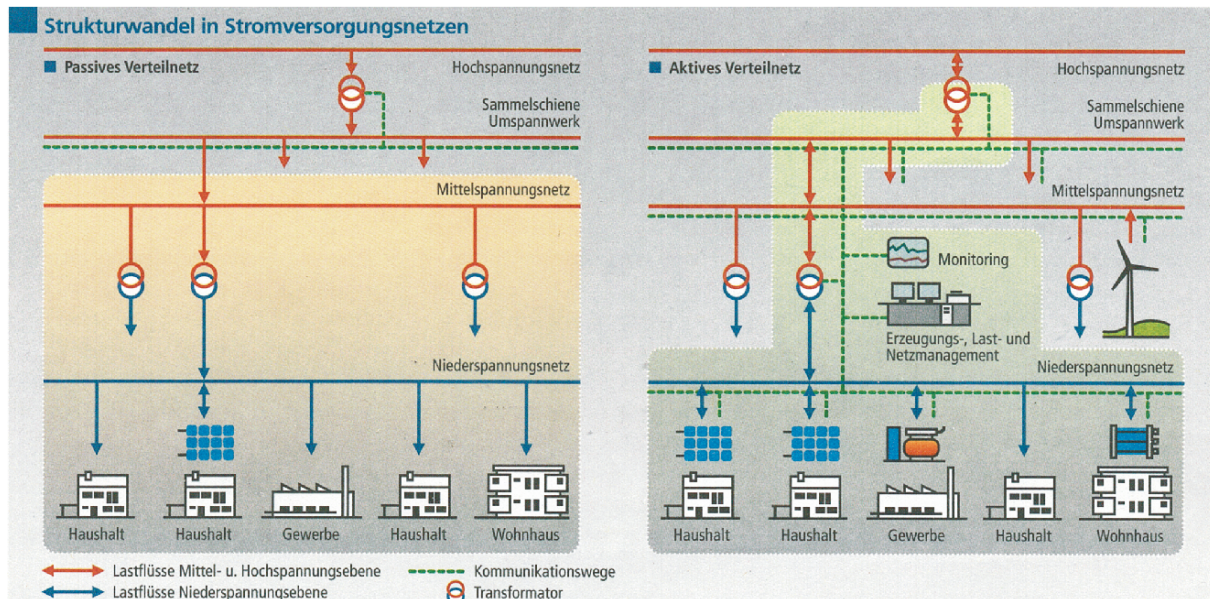
Bedauerlicherweise decken sich die Zeiten von hohem Solarenergieangebot weder im Tagesverlauf noch im Jahresverlauf mit den Zeiten hohen Heizwärmebedarfes. Durch Anordnung von "Heizwasser- Pufferspeichern" in Heizwassersystemen lässt sich auf technische Weise kurzfristig (für Stunden bis Tage) Wärme von Zeiten mit Überangebot an Solarwärme auf Zeiten mit Unterangebot an Solarwärme verlagern.

12.6 NETZVERBUND

Die Stromversorgungsnetze dienen bisher vorwiegend der Stromverteilung von wenigen zentral angeordneten Großkraftwerken über Hoch- und Höchstspannungsebenen auf historisch gewachsenen Netze auf Niederspannungsebene (siehe Abbildung 07.4 [100]). Durch die Entwicklung von Leistungselektronik und netzgeführten Wechselrichtern wird nunmehr auch von zahlreichen kleinen Stromerzeugern auf Niederspannungsebene

dezentrale Stromeinspeisung in diese Netze ermöglicht. Strombezieher auf der Verbraucherseite dieser Netze können sich nunmehr auch zu aktiven Versorgungspartnern wandeln, wobei eine neue Herausforderung für die konventionelle Elektrizitätswirtschaft darin besteht, eine Vielzahl kleiner Erzeugungsanlagen zu steuern, abzurechnen und zu optimieren. Durch flexible Abstimmung von Angebot und Bedarf kann dabei die Errichtung zusätzlicher Großkraftwerke vermieden, die Versorgungssicherheit erhöht, die Importabhängigkeit bei Einsatz erneuerbarer Energieträger verringert, die Emission von Luftschadstoffen verringert und die Effizienz der Energienutzung verbessert werden.

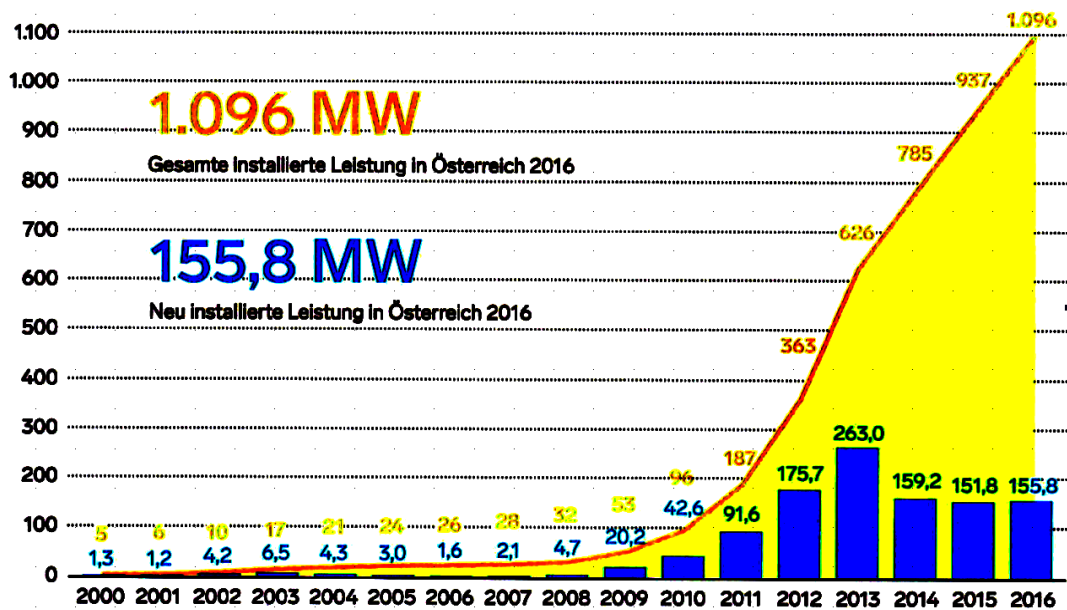
Abbildung 12.18: Energiemanagement im Netzverbund [115]



Gemeinschaftliche Solarstromerzeugung durch „Prosumer“

Mit einer Novellierung des österreichischen Ökostromgesetzes im Jahr 2017 [179] wurde ein rechtlicher Rahmen zur Ermöglichung der Errichtung und des Betriebes gemeinschaftlicher Solarstromanlage („PV-Anlagen“) geschaffen. Dabei wurden mit dem Begriff „Prosumer“ sowohl Konsumenten als auch gewerbliche und industrielle Verbraucher definiert, die den zur Eigenbedarfdeckung benötigten Strom zum Teil selbst erzeugen können. Im Rahmen des Energiesystems nehmen Prosumer neben ihrer traditionellen Rolle als Verbraucher auch eine aktive Rolle als Lieferanten ein, wobei sie die als Überschuss anfallenden Strommengen in das allgemeine Stromnetz einspeisen können. Die mit der erwähnten Ökostromnovelle vorgenommenen rechtlichen Änderungen erlauben nunmehr eine gemeinschaftliche Nutzung von Strom-Erzeugungsanlagen auf oder in Mehrparteienhäusern bzw. in Objekten mit mehreren Endverbrauchern. Die erzeugte Strommenge kann dabei den Teilnehmern nach einem vorab vereinbartem - „statischen“ oder auch „dynamischen“ - Aufteilungsschlüssel zugeordnet werden. Der Kreis der Personen, die einen Teil ihres Stromverbrauches selbst erzeugen können, wird dadurch deutlich erweitert. Unterstützt wird damit eine Erhöhung des Strom-Eigenverbrauches der Prosumer und eine dezentrale Speicherung des aus erneuerbaren Quellen erzeugten Stromes.

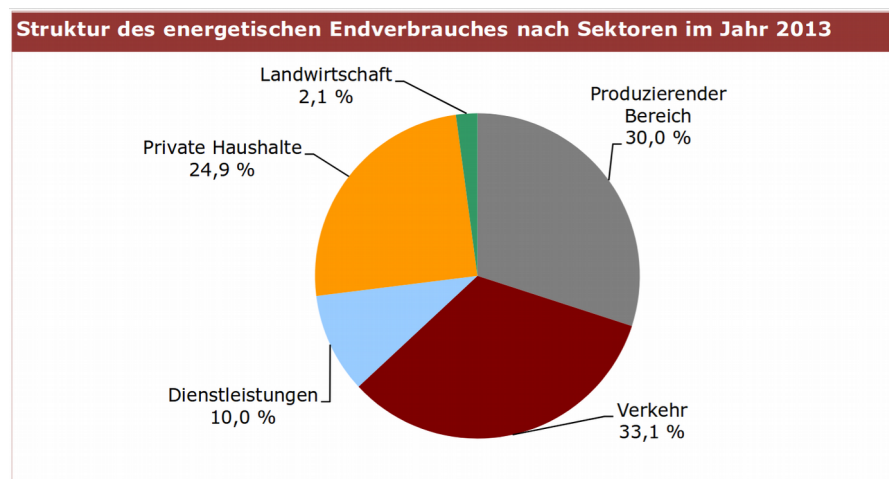
Abbildung 12.21: Entwicklung der installierten Leistung von PV-Anlagen in Österreich [180]
in MW



12.7 ENERGIE-DIENSTLEISTUNGEN

Energie aus unterschiedlichen Energieträgern kommt letztlich für bestimmte Dienstleistungen zum Einsatz. Für das österreichische Bundesgebiet sind in Abbildung 12.22 die für unterschiedliche Sektoren von Dienstleistungen ("Verbrauchszwecke") aufgewendeten Energieanteile ausgewiesen.

Abbildung 12.22: Energienutzung in Österreich nach Verbrauchszwecken [161]



Für die beiden Sektoren "Dienstleistung und private Haushalte" wurde dabei der größte Anteil des energetischen Endverbrauches beansprucht. Diese Sektoren betreffen vorwiegend die Nutzung von Gebäuden und damit den Einflussbereich von Planern, Errichtern, Eigentümern, Verwaltern, Betreuern und Nutzern der Gebäude. Wegen seiner bedeutenden

Auswirkungen auf die Energieaufbringung ist dieser Einflussbereich in besonderer Weise untersuchenswert.

Für den Sektor Verkehr ist zu bedenken, dass ein Großteil des Energieinhaltes der in Verbrennungskraftmaschinen eingesetzten fossilen Energieträger in Wärme-, und nicht in Bewegungsenergie transformiert wird.

12.8 ENERGIEKENNZAHLEN FÜR RAUMWÄRME

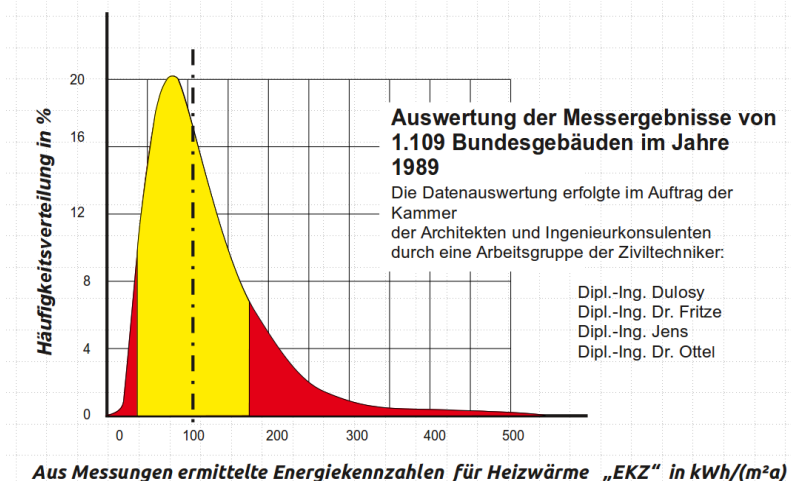
Eine besonders einfache Kennzahl zur Beurteilung des jährlichen Energiebedarfes für Raumwärme bestehender Gebäude erhält man durch Division des Energieinhaltes aller in einem Jahr für den Gebäudebetrieb verbrauchten Energieträger (**Messwerte!**) durch die beheizte Nutzfläche der betreffenden Gebäude. Bei statistischen Auswertungen derartiger „Energiekennzahlen für Heizwärme EKZ“ von 1.109 österreichischen Bundesgebäuden im Jahr 1989 ergaben die dafür erhobenen Jahresmittelwerte eine überraschend große Bandbreite für diese Kennzahlen zwischen den Extremwerten:

oberer Extremwert 500 kWh/(m²·a)

unterer Extremwert 50 kWh/(m²·a)

Im Rahmen der vorgenommenen Auswertungen wurden bei Gebäuden mit geringen derartigen Kennzahlen weder Einschränkungen des Nutzungskomforts beobachtet, noch wurde bei Gebäuden mit hohen derartigen Kennzahlen gehobener thermischer Nutzungskomfort festgestellt. Als eines der wesentlichen Ergebnisse dieser Untersuchung wurde festgestellt, dass thermische Behaglichkeit in Aufenthaltsräumen auch mit geringem Energieaufwand erreichbar ist.

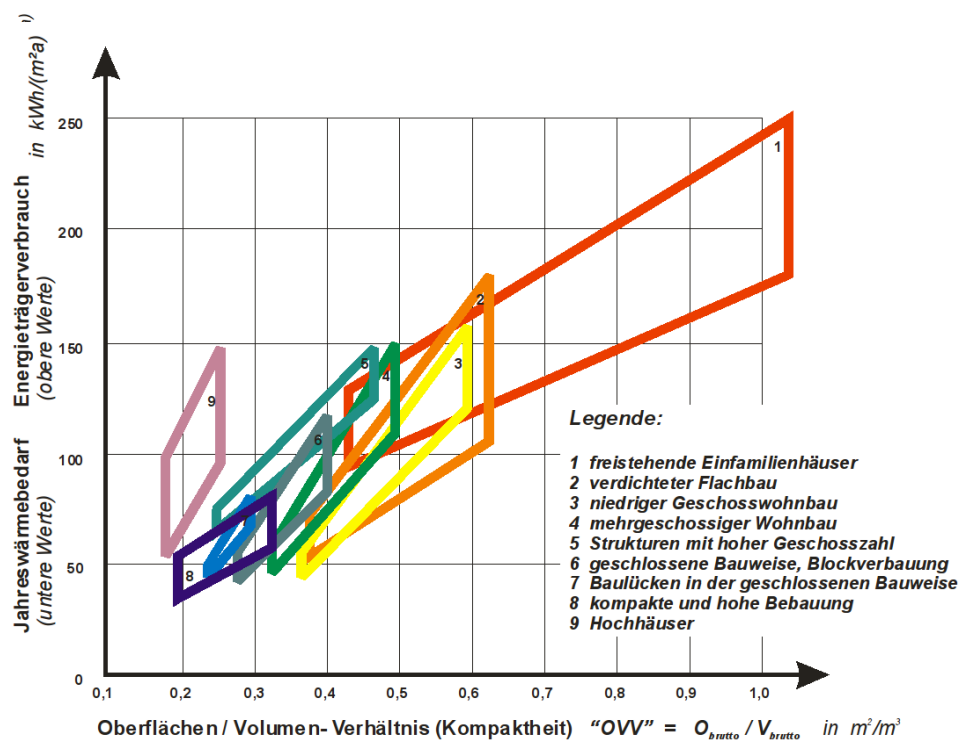
Abbildung 12.23: Energiekennzahl für Heizwärme



Der in Abbildung 12.24 dargestellte jährliche Energiebedarf als Energiekennzahl "EKZ" für Raumwärme eines Gebäudes lässt sich **durch Messung** der in einem Jahr für Heizwärme verbrauchten Energieträgermengen bei Kenntnis der jeweiligen Heizwerte verhältnismäßig genau erfassen. Nach einer im Jahre 1998 im Auftrag der Magistratsabteilung MA 18 der

Stadt Wien fertiggestellten Studie [116] wurden 118 Gebäude in unterschiedlichen Bebauungsformen in gleicher Weise hinsichtlich ihres Energiebedarfes für Raumwärme untersucht. Auch die dabei erhobenen Werte bewegten sich in einem weiten Streubereich zwischen 40 und 250 kWh/(m²·a). In Abbildung 12.24 sind die dabei ermittelten Studienergebnisse dargestellt, wobei die oberen Begrenzungslinien der Flächen für Bauwerkskategorien den **Messwerten** für den Energiebedarf für Raumwärme entsprechen. Die untere Begrenzungslinien dieser Flächen entsprechen dem jeweils dazugehörigen **rechnerisch ermittelten genormten Heizwärmebedarf "HWB"**.

Abbildung 12.24: Bandbreiten für Energieträgerverbrauch und Jahreswärmebedarf [116]

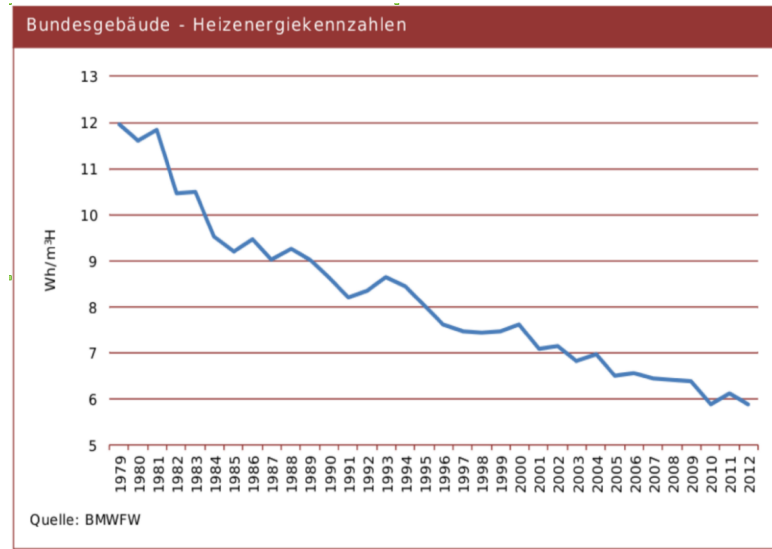


Das Ausmaß, mit dem ein tatsächliches Nutzerverhalten von dem theoretischen genormten Nutzerverhalten abweicht, könnte man mit einem "Benutzungsfaktor" interpretieren, der sich aus dem Verhältnis von gemessenem jährlichem Energiebedarf für Raumwärme zu errechnetem jährlichem Heizwärmebedarf "HWB" bei genormtem Nutzerverhalten ergibt.

Bei dem Versuch einer Interpretation der Ursachen für diese erheblichen Abweichungen von gemessenen zu theoretisch ermittelten Verbrauchswerten ist zu bedenken, daß Gebäudenutzer den errechenbaren Transmissionswärmebedarf kaum beeinflussen können. Demnach verbleibt als Ursache der großen Streubreiten der Lüftungswärmebedarf, der von den Gebäudenutzern durch ihr Lüftungsverhalten während der Heizperiode beeinflusst wird.

Durch Bewußtseinsbildung, Automation und Wärmerückgewinnung bestehen auf diesem Gebiet erhebliche Möglichkeiten zur Vermeidung unbewußter Verschwendung ohne Beeinträchtigung des Komfortes bei der Gebäudebeheizung.

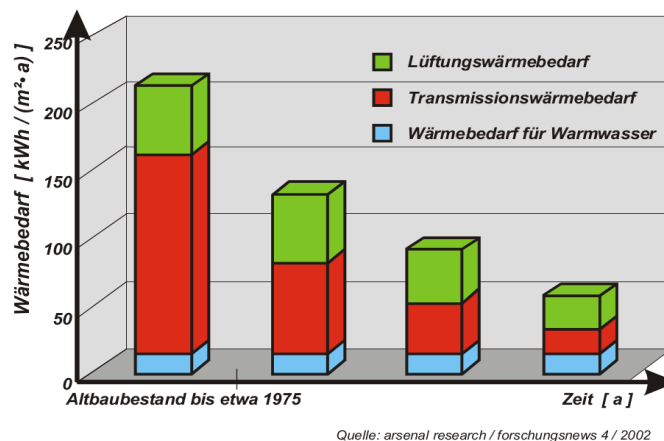
Abbildung 12.25: Entwicklung der Heizenergiekennzahlen von Bundesgebäuden [154]



Anmerkung: $[Wh/(m^3 \cdot H)]$ bedeutet: Wattstunden je m^3 und Heizgradtag

Daß sich eine Nutzung dieser Möglichkeiten auch praktisch verwirklichen lässt wird mit Abbildung 12.25 deutlich, die Ergebnisse derartiger Bemühungen im Verwaltungsbereich von Bundesgebäuden ausweist.

Abbildung 12.26: Entwicklung von Energiekennzahlen für Raumwärme von Wohngebäuden



Der Abbildung 12.26 ist zu entnehmen, daß seit dem Jahr 1975 bei Wohngebäuden der Wärmebedarf zur Trinkwarmwasserbereitung von untergeordneter Bedeutung blieb und daß die Transmissionswärmeverluste vorwiegend durch erfolgte Wärmedämmung von Gebäudehüllen auf erfolgreiche Weise vermindert werden konnten. Maßnahmen zur Verminderung von Lüftungswärmeverlusten bleiben aktuell und könnten zu weiterer Effizienzsteigerung bei der Raumwärmebereitstellung beitragen.

12.9 LITERATURHINWEISE

Die Aktualität von Normen (mit Ausgabejahr) ist vor deren Anwendung zu überprüfen
<https://shop.austrian-standards.at>

- [04] J.P. Joule..1850 : „Über das mechanische Äquivalent der Wärme“
- [15] Pech, Jens „Baukonstruktionen Band 15 Heizung und Kühlung“
ISBN 3-211-21501-8 Springer Wien New York
- [100] Technische Gebäudeausstattung -TU Wien Kapitel 01 bis 13
<http://www.hochbau.tuwien.ac.at/lehre/downloads/>
- [108] Dennis und Donella Meadows, „Die Grenzen des Wachstums“
ISBN 3 421 02633 5 dtv Stuttgart
- [109] Umwelt Journal (Dezember 2007 - Ausgabe 8)
- [110] www.umweltbundesamt.at
- [111] www.solarwirtschaft.de
- [113] W. Pokorny "Das österr. Windkraftpotential", Bericht an das BM für Wissenschaft und Forschung, Wien 1981
- [114] Zeitschrift "Konstruktiv" Nr. 267 Mai/Juni 2008
- [115] www.NachhaltigWirtschaften.at/Publikationen
- [116] Stadtplanung Wien, MA18 "Beiträge zur Stadtforschung, Stadtentwicklung und Stadtgestaltung", Band 66 ISBN 3-9020 15-06-3 [24].
- [131] IG Windkraft Österreich <http://www.igwindkraft.at>
- [137] Dipl.-Ing. Alois Stork, "Das private E-Werk", VTL Verlag D-92242 Hirschau 1987
- [140] <http://de.wikipedia.org/wiki/Weltenergiebedarf> (Zugriff 20180216)
- [149] https://www.tuwien.ac.at/fileadmin/t/t-transfer/Dokumente/Firmenservice_fuer_Untern/Mehr_Energieeffizienz/Mehr_Energieeffizienz_04_Bednar.pdf (Zugriff 20180216)
- [152] Wagemann/Eschrich, Grundlagen der photovoltaischen Energiewandlung, (Publikation 590): Stuttgart, 1994
- [153] Mittelfränkische Gesellschaft zur Förderung der solaren Wasserstoffwirtschaft e.V.
- [154] Energiestatus 2014 Österreich
http://www.bmwf.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/PublishingImages/Energiestatus%20%C3%96sterreich%202014_HP-Version.pdf
- [159] <http://www.kernenergie.de/kernenergie/themen/kernkraftwerke/kernkraftwerke-weltweit.php>
- [161] Energiestatus 2015 Österreich
<http://www.bmwf.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiebericht/Documents/Energiestatus%20%C3%96sterreich%202015.pdf>
- [162] <http://www.eurosolar.at/index.php/de/presse/144-1-plusenergiehaus-wien>
- [167] Energiestatus 2016 Österreich
<https://www.bmwf.gv.at/EnergieUndBergbau/Energieeffizienz/Documents/Energie%20in%20%C3%96sterreich%20Barrierefrei%20final.pdf>
- [179] Bundesgesetz über die Förderung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern (Ökostromgesetz 2012 – ÖSG 2012) Fassung BGBl. I. Nr. 108/2017
- [180] www.bmwf.gv.at „Mehr Sonnenstrom für Österreich“ Neuerungen der „kleinen Ökostromnovelle“ 2017