

Übung zur Lehrveranstaltung „Einführung in die Energiewirtschaft“

SoSe 2017

PD Dr. Patrick Jochem

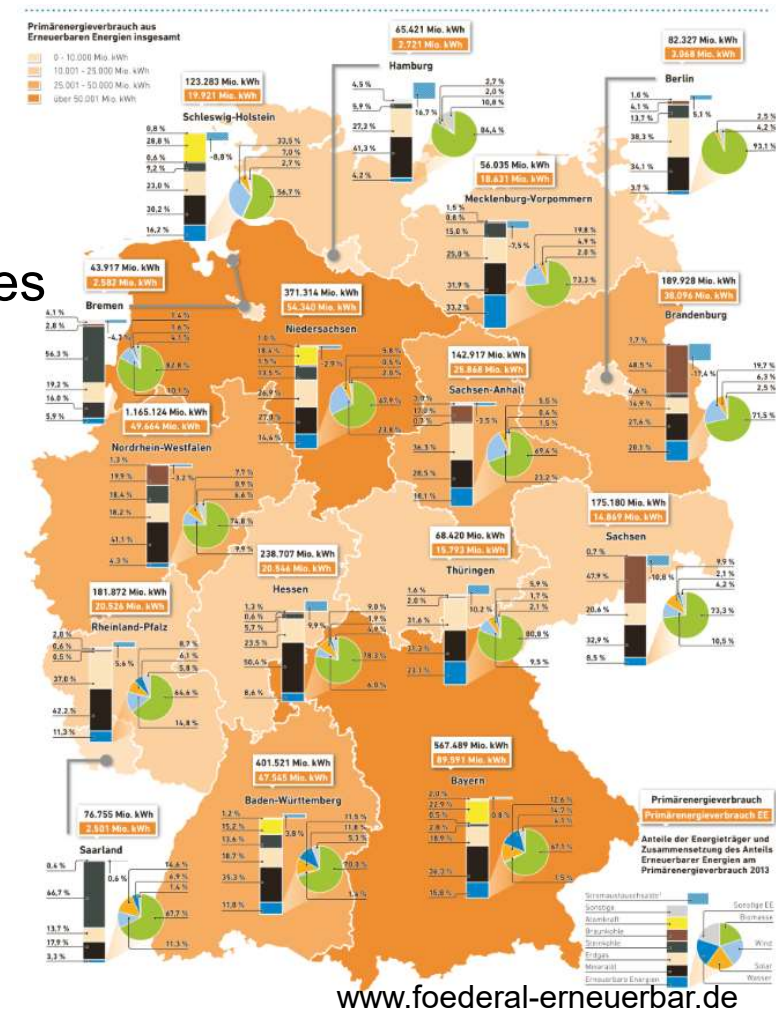
Übung 1: Begriffe / Einheiten / Umrechnungen

INSTITUT FÜR INDUSTRIEBETRIBSLEHRE UND INDUSTRIELLE PRODUKTION (IIP)
Lehrstuhl für Energiewirtschaft (Prof. Fichtner)



Agenda

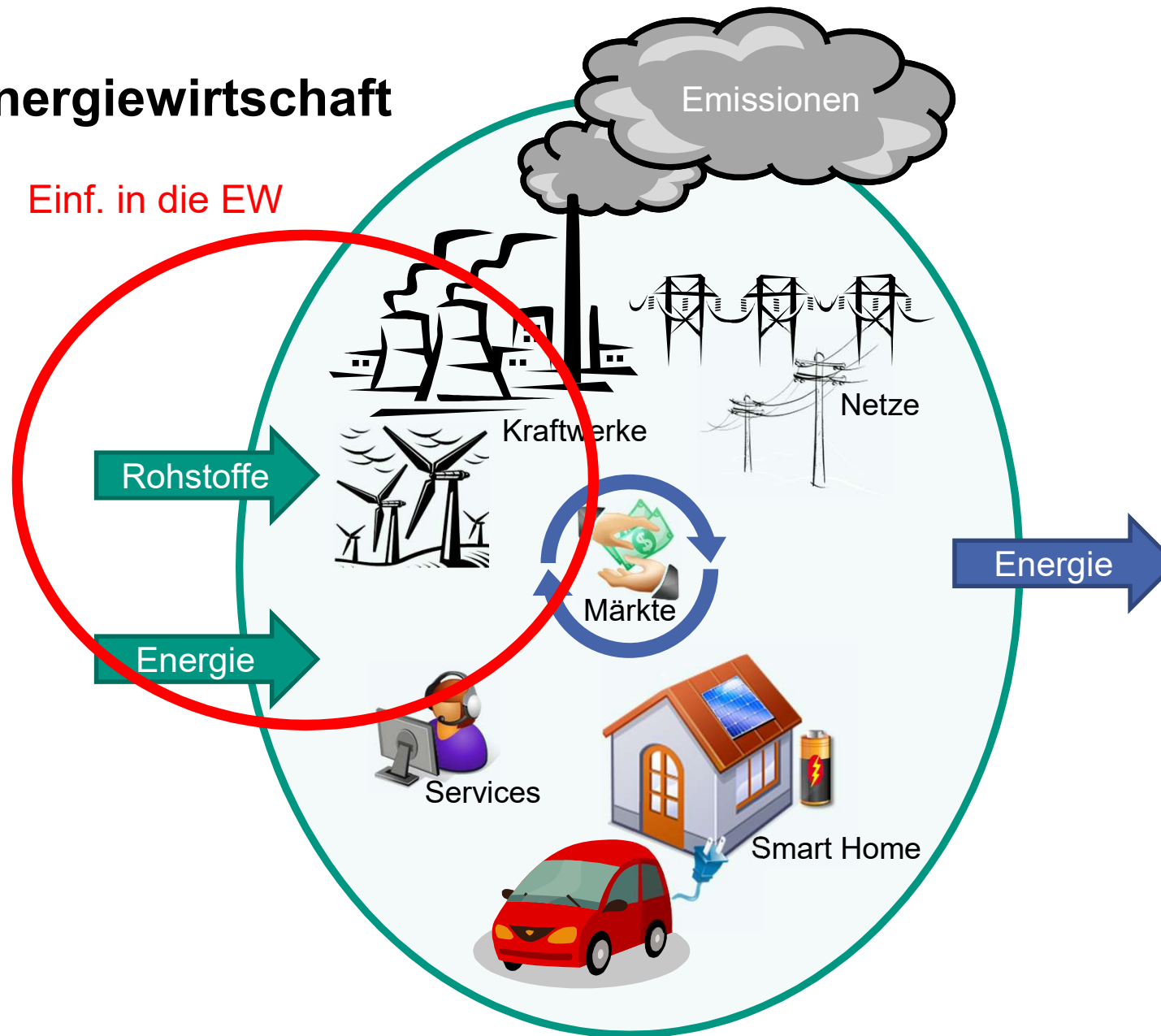
- Ankündigungen
- Motivation/Allgemeines/Organisatorisches
- Wiederholung Vorlesung
- Übungsaufgaben



Ankündigungen

Energiewirtschaft

Einf. in die EW



Wofür studiere ich Energiewirtschaft?

- ... es ist ein sehr „zentrales“ System in allen Gesellschaften.
- ... die Volkswirtschaft ist sehr von einem zuverlässigen System abhängig.
- ... wir erleben gerade einen signifikanten Umbruch von einem zentralistischen System (großer Technologien) hin zu einem dezentralen System (service-basiert).

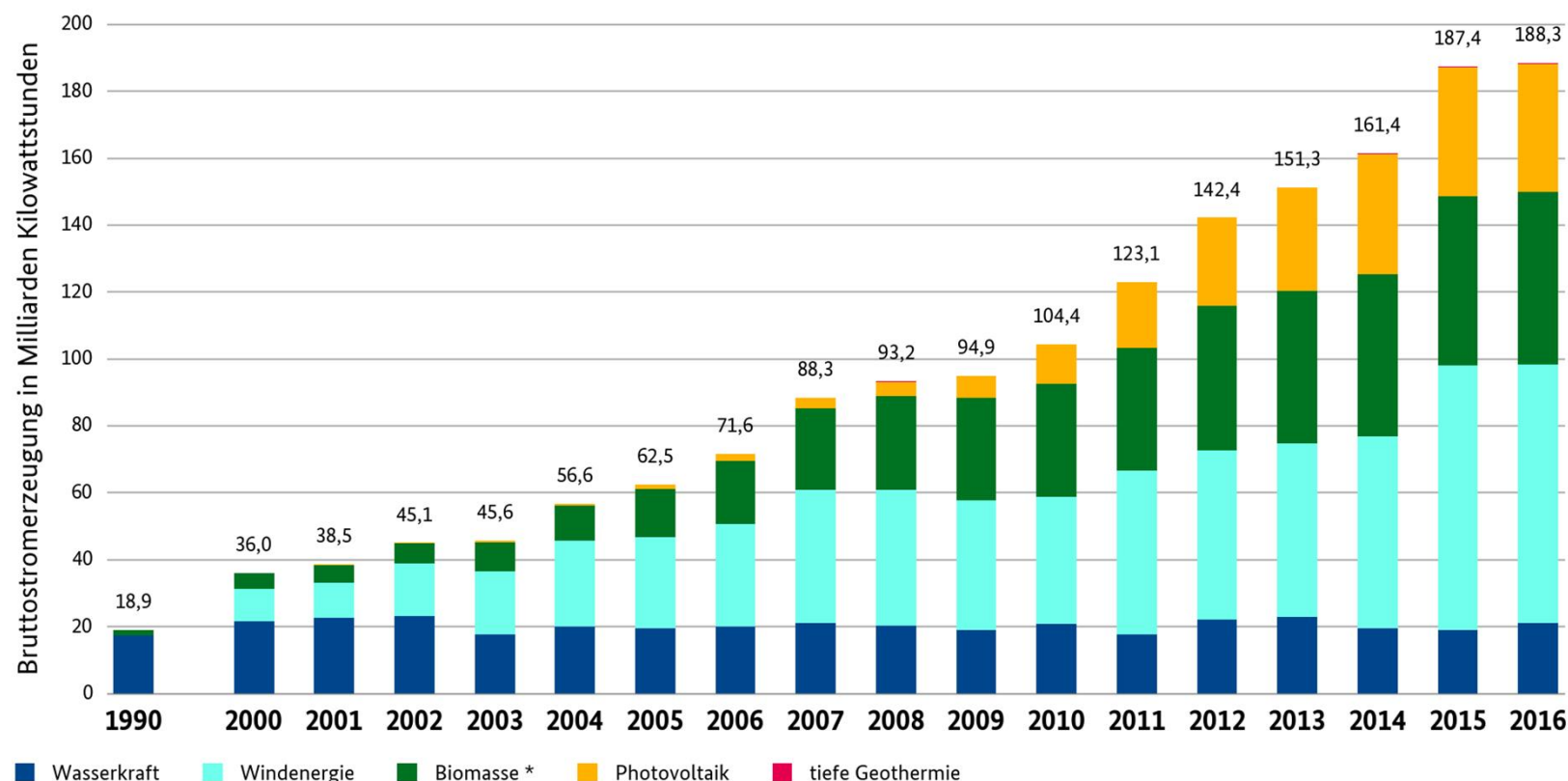
(Erzeugung folgt Nachfrage →
Nachfrage richtet sich nach der Erzeugung)

- ... ich möchte hierzu einen Beitrag leisten!

Ausbau der Erneuerbaren Energien (EE)

... führt zu veränderten Rahmenbedingungen im konventionellen Kraftwerkspark

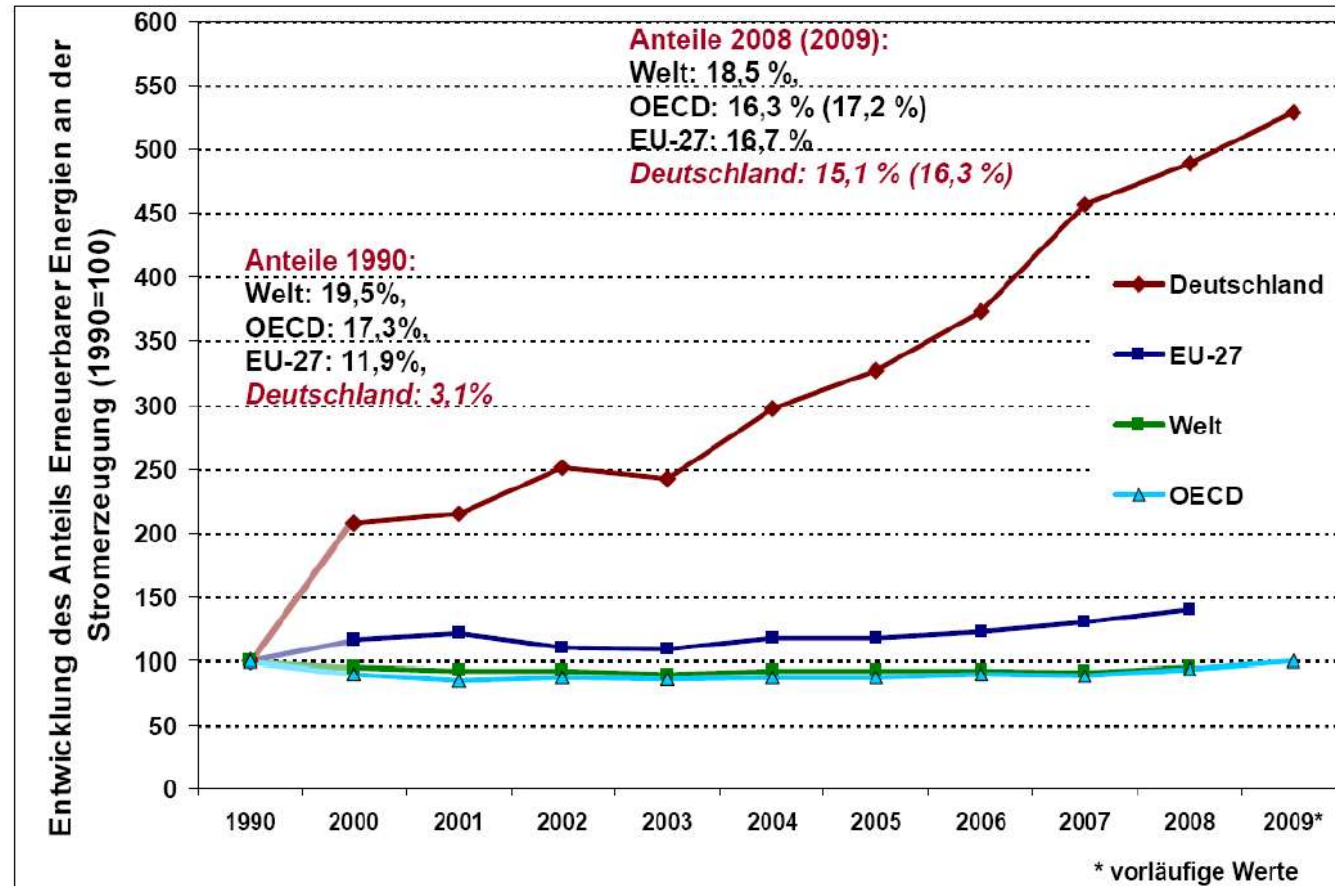
Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland



* inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas inkl. Biomethan, Klär- und Deponiegas und dem biogenen Anteil des Abfalls, ab 2010 inkl. Klärschlamm; BMWi auf Basis Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat); Stand: Februar 2017; Angaben vorläufig

http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Entwicklung_der_erneuerbaren_Energien_in_Deutschland/entwicklung_der_erneuerbaren_energien_in_deutschland_im_jahr_2016.html

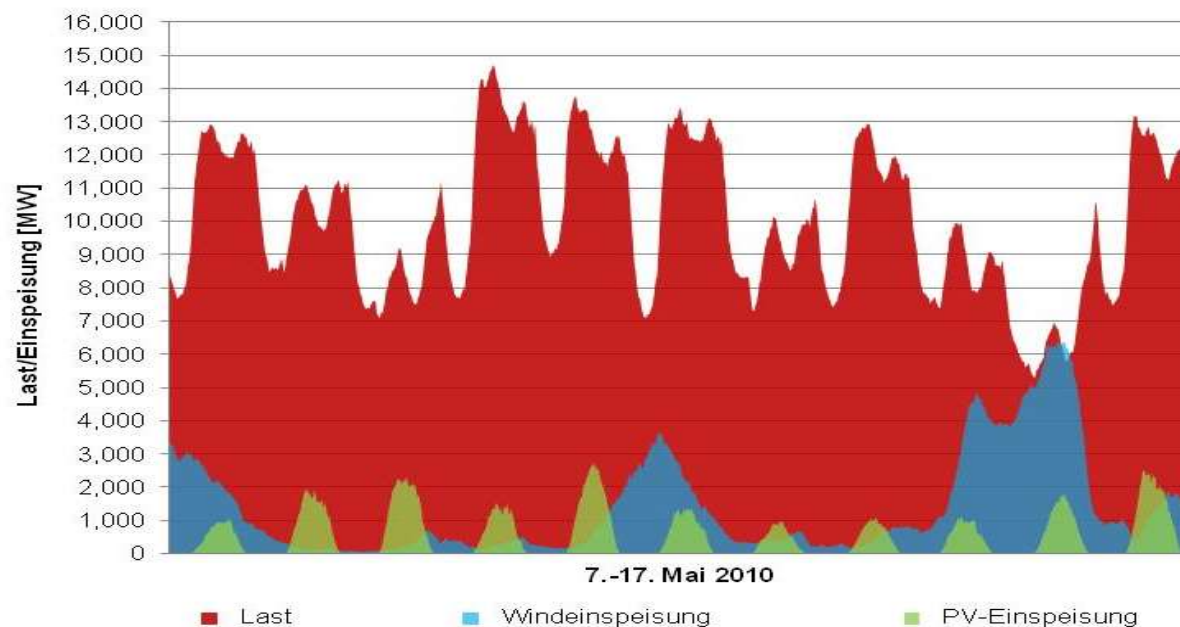
Entwicklung EE-Anteil D im Vergleich



Quelle: Erfahrungsbericht 2011 zum EEG, Bundesregierung 2011

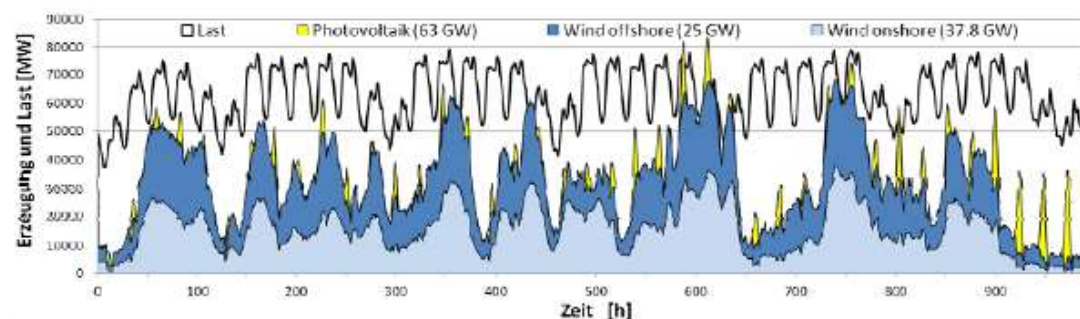
Einspeisung: 10-Tages-Verlauf

Last, PV- und Windenergieeinspeisung
transpower, Mai 2010



Quelle: KIT, 2011

2030



Quelle: Fhg-ISI, 2013

Nette Internetlinks

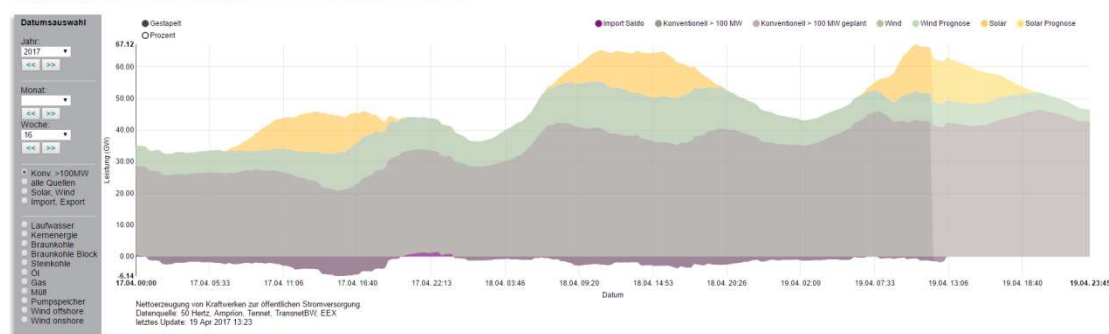
Kraftwerke in Deutschland:

- <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/strom-waermeversorgung-in-zahlen>
- <http://www.proplanta.de/Maps/Kohlekraftwerke+Deutschland+Standorte-karten.html>
- <https://energy-charts.de>

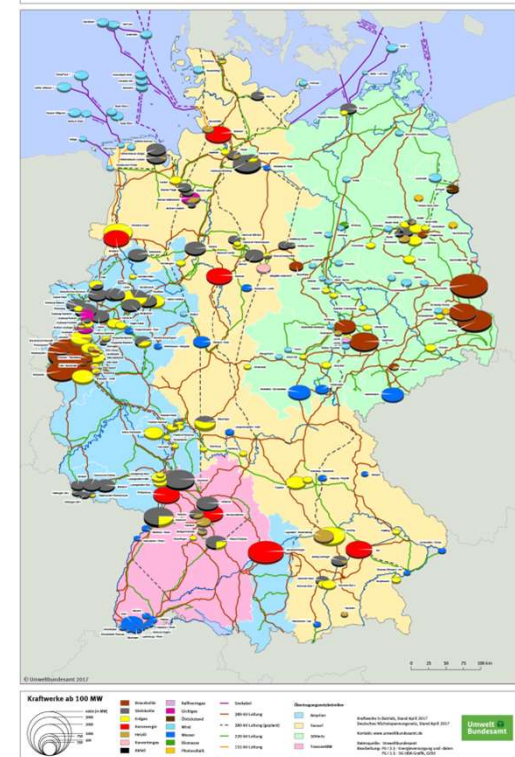
Wie „effizient“ sind Sie?

- <http://www.spiegel.de/wirtschaft/service/strompreis-verbrauche-ich-zu-viel-strom-jetzt-testen-a-1087808.html>

Stromproduktion in Deutschland in Woche 16 2017



Kraftwerke und Verbundnetze in Deutschland



BSc-Modul „Energiewirtschaft“

- **Einführung in die Energiewirtschaft (SS, 5,5 ECTS)**
- Renewable Energy – Resources, Technologies and Economics (WS, 3,5 ECTS)
- Energiepolitik (SS, 3,5 ECTS)

MSc-Modul „Energiewirtschaft und Energiemärkte“

- **Basics of Liberalised Energy Markets (WS, 3 ECTS)**
- Energiehandel und Risikomanagement (SS, 4 ECTS)
- Erdgasmärkte (WS, 3 ECTS)
- Energiepolitik (SS, 3,5 ECTS)
- Planspiel Energiewirtschaft (SS, 3 ECTS)
- Quantitative Methods in Energy Economics (WS, 4 ECTS)

MSc-Modul „Energiewirtschaft und Technologie“

- Strategische Aspekte der Energiewirtschaft (WS, 3,5 ECTS)
- Technologischer Wandel in der Energiewirtschaft (WS, 3 ECTS)
- Wärmewirtschaft (SS, 3 ECTS)
- Energy Systems Analysis (WS, 3 ECTS)
- Energie und Umwelt (SS, 4,5 ECTS)
- **Efficient Energy Systems and Electric Mobility (SS, 3,5 ECTS)**

Inhaltsübersicht der Veranstaltung

1. Einleitung und Grundlagen

Primärenergieträger

2. Erdgas + Fossile Energieträger

3. Erdöl + Methanhydrat $\sum_{t \in T} x_t = X$

4. Steinkohle

5. Braunkohle

6. Erneuerbare

7. Uran



Endenergieträger

8. Elektrizität

9. Wärme

10. Kälte, Wasserstoff und Druckluft

Übung 1 (02.05., PJ)

Übung 2 (09.05., PJ)

Übung 3 (16.05., PJ)

Übung 4 (23.05., PJ)

Übung 5 (30.05., PJ)

Übung 6 (13.06., HS)

Übung 7 + 8 (20.06. + 04.07., NL)

Übung 9 (11.07., NL)

Übung 10 (25.07., PJ, HS, NL)



Klausur am 03.08.2017

Lernziel der Veranstaltung und Lernstrategie

Lernziele:

- Zusammenhänge in der Energiewirtschaft identifizieren, Einheiten erkennen und umrechnen sowie richtig Größenordnungen einschätzen.
- Herausforderungen in der Energiewirtschaft erkennen, kritisch hinterfragen und Lösungswege fundiert diskutieren.

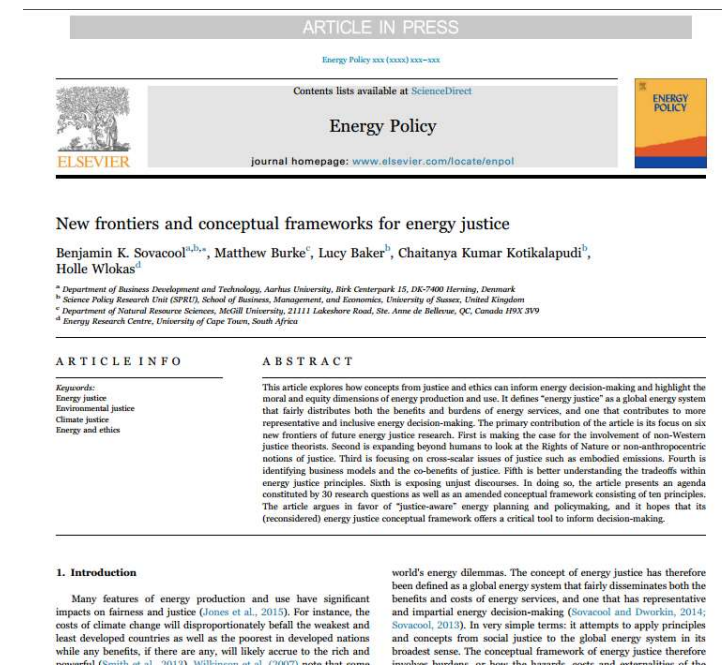
Lehrformat:

- Übung mit **Lehrportfolio^{new}**
- Wiederholung und Ergänzung von Vorlesungsinhalten (nachhaltiges Lernen)
- Rechnungen von Beispielaufgaben/Anwendungen
- Interaktion (Aktivstopps und Diskussionsforum auf ILLIAS)

→ Dies wird auch in der Klausur abgefragt!

Organisatorisches

- Klausur-Anmeldung ca. ab **01.06. bis 13.07.2017 (nicht später!)** online über den Link: <https://campus.studium.kit.edu/exams/registration.php>
- Sprechstunde nach Absprache in der Westhochschule (G06.33; R219)
- Termine: Dienstags (ab 02.05.)
- Lehrportfolio (**Klausurzulassungsbedingung**):
 - Fragebogen ausfüllen
 - RSQ2C „wöchentlich“ oder ein englischsprachigen Journalartikel zusammenfassen.
 - Klausuranmeldung



Lehrportfolio

■ s. docx

Aktivstopp

- Wie hoch ist der Jahreselektrizitätsverbrauch eines Einpersonenhaushalts in Deutschland?

- A) 1500 kWh
- B) 2700 kWh
- C) 3000 kWh
- D) 3300 kWh

PINGO: <http://pingo.upb.de>
Nummer: 69 60 20

Einführung

- PD Dr. Patrick Jochem
- Lehrstuhl für Energiewirtschaft
KIT Campus Süd, Westhochschule
Gebäude 06.33
- <http://www.iip.kit.edu>
- Folien werden im Internet (vorher) bereitgestellt
 - ILIAS
 - Ohne Passwort
- Bitte nutzen Sie auch das Diskussionsforum in ILIAS!

Institut für Betriebswirtschaftslehre und Industrielle Produktion (IIP)



Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insb. Produktionswirtschaft und Logistik	Lehrstuhl für Energiewirtschaft
Prof. Dr. Frank Schultmann	Prof. Dr. Wolf Fichtner

Mitarbeiter: ca. 55 Wissenschaftler (Wirtschaftsingenieure, Ökonomen, Chemieingenieure, Umweltwissenschaftler, Maschinenbauer, Geoökologen, Mathematiker, ...)

Arbeitsbereiche:

- Projekt- und Ressourcenmanagement in der bebauten Umwelt (R. Volk)
- Risikomanagement (Dr. M. Wiens)
- Nachhaltige Wertschöpfungsketten (A.-K. Müller)

Arbeitsbereiche:

- Dezentrale Energiesysteme und Netze (Dr. A. Adorne)
- Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (Dr. R. McKenna)
- Energiemärkte und Energiesystemanalyse (Dr. D. Keles)
- Transport und Energie (PD Dr. P. Jochem)

Ort

Westhochschule



Literaturempfehlungen 1

Fachbücher		
Titel	Autor	ISBN
Energiewirtschaft 2010	Pfaffenberger	3486581996
Umweltökonomie + Umweltpolitik 2007	Eberhard Feess	3-8006-2187-8
Handbuch der Elektrizitätswirtschaft	L. Müller	3-540-67637-6
Power System Economics 2002	Steven Stoft	0-471-15040-1
Energieökonomik 2010 (& English 2017)	Erdmann & Zweifel	978-3-642-12777-9
Praxisbuch Energiewirtschaft 2009	Panos Konstantin	978-3-540-78592-7

Fachzeitschriften	
Zeitschrift	Verlag
Energiewirtschaftliche Tagesfragen	ETV GmbH
Sonne, Wind und Wärme	Bielefelder Verlag GmbH & Co. KG
ew – Das Magazin für die Energiewirtschaft	VWEW Energieverlag GmbH
Neue Energie	Bundesverband Wind Energie (BWE e.V.)
Erneuerbare Energie	SunMedia Verlags- und Kongress GmbH

Literaturempfehlungen 2

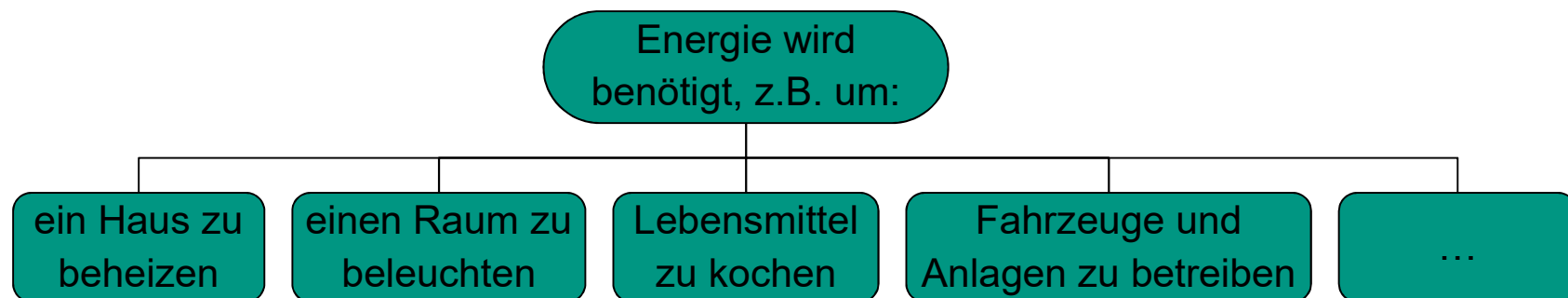
Fachverbände	
Titel	Internet-Adresse
Verband der Elektrizitätswirtschaft	http://www.vdew.de
Verband der Netzbetreiber	http://www.vdn-berlin.de
Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity (association of transmission system operators in continental Europe)	http://www.ucte.org
VIK Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.	http://www.vik.de
Dena Deutschen Energie-Agentur	http://www.dena.de
Bund der Energieverbraucher	http://www.energienetz.de
Verband kommunaler Unternehmen	http://www.vku.de
Bundesverband Erneuerbare Energie	http://www.bee-ev.de

Vorwissen?

- Wie würden Sie Ihren Kenntnisstand im Bereich Energiewirtschaft einschätzen?
- Pingu: <http://pingo.upb.de> # **994837**
 - A: Ich kenne die energiewirtschaftlichen Grundlagen im Alltagsleben (Wieso wird der Heizkörper warm?)
 - B: Ich kann Energieeinheiten umrechnen und kenne ihre Bedeutung.
 - C: Ich kann die Stromerzeugung detailliert erklären und kenne den zugrundeliegenden Energiefluss sowie wichtige Eigenschaften der Primärenergieträger.
 - D: Ich bin ein Experte im Energiesystem und kenne neben C auch noch die Grundzüge der Elektrizitätsmärkte (z.B. Bilanzkreisverantwortlichkeit).

Was ist Energie? 1

- Alltagsvorstellungen zum Energiebegriff:
 - „Energie ist ein Industrieprodukt, das erzeugt werden kann“
 - „Energie ist ein Treibstoff“
 - „Energie wird beim Gebrauch „verschlissen“ (Energieentwertung)“
- Energie erfüllt (unverzichtbare) Hilfsfunktionen für den Menschen:



Was ist Energie? 2

- Zustandsgröße: gibt Zustand eines Systems an (Energieerhaltungssatz)
- Es werden verschiedene Energieformen unterschieden:
 - Mechanische Energieformen (Bewegungsenergie)
 - Kinetische Energie
 - Potenzielle Energie
 - Elektrische Energie
 - Innere Energieformen
 - Thermische Energie (Wärme)
 - Bindungsenergie der Atome und Moleküle
 - Chemische Energie
 - Strahlungsenergie (Licht)
- Energie ist ein knappes Wirtschaftsgut, welches Bedürfnisse befriedigen kann, und unterliegt damit den Marktgesetzen

⇒ **ENERGIEWIRTSCHAFT**

Definition Energiewirtschaft

- ...ist der Teil der Wirtschaft, der sich mit dem Einsatz von Mitteln zur Deckung des Energiebedarfes widmet und umfasst die Bereiche der Energiegewinnung, Energieumwandlung, Energieverteilung und Energieanwendung („Energie-Supply-Chain“)

Bitte beschreiben Sie folgende Begriffe aus der Vorlesung (Partnerarbeit)

- Primärenergie
- Sekundärenergie
- Endenergie
- Nutzenergie
- Energiedienstleistungen

- Brennwert
- Heizwert

- Enthalpie
- Entropie
- Exergie
- Anergie

Energetischer Wirkungsgrad η

- ...ist allgemein das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand. Bei Maschinen beispielsweise das Verhältnis von nutzbar abgegebener und zugeführter Leistung. Er wird nur für stationäre oder quasistationäre Betriebszustände angegeben.
- Der Gesamtwirkungsgrad eines Prozesses setzt sich zusammen aus der Multiplikation der Einzelwirkungsgrade:

$$\eta_{\text{ges}} = \eta_1 * \eta_2 * \dots * \eta_n$$

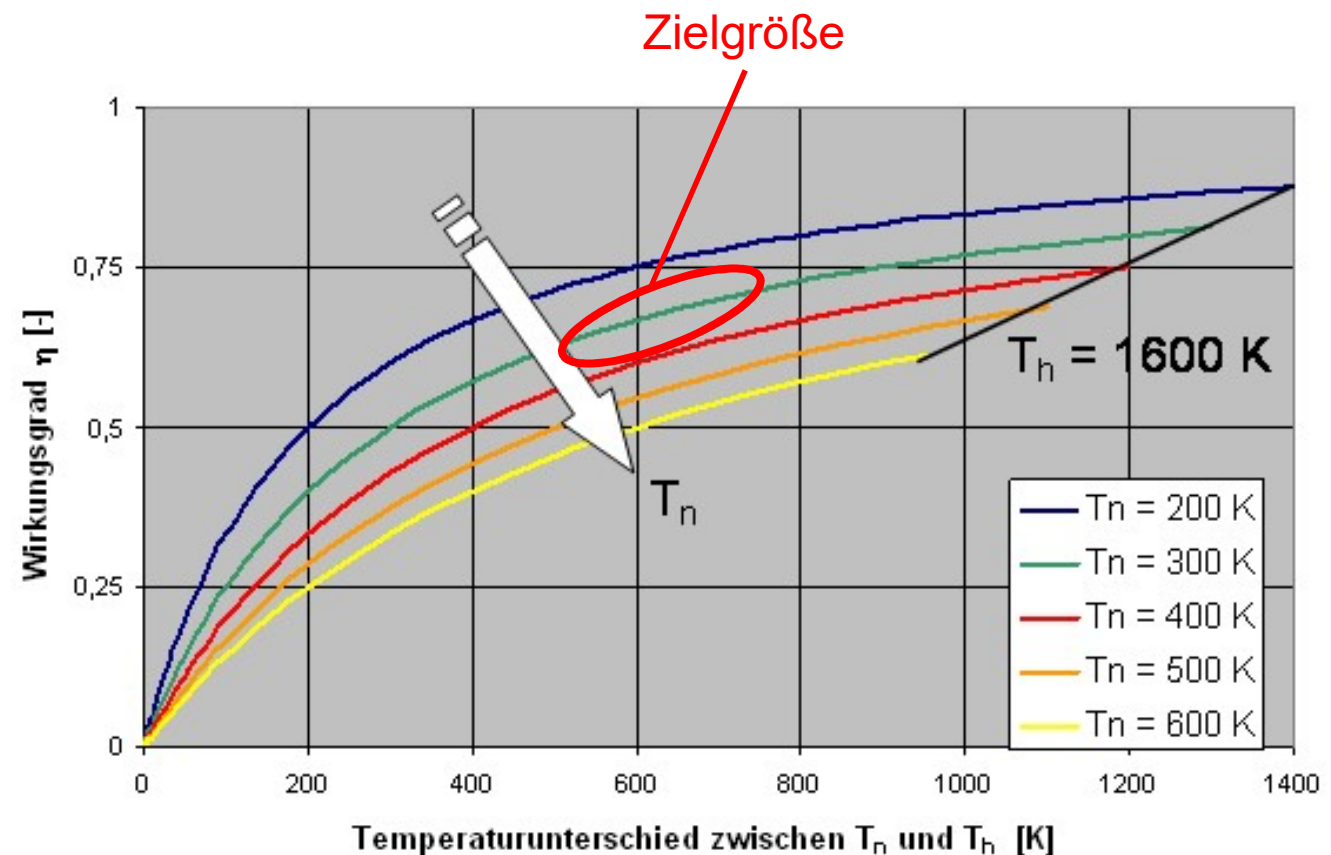
Spezialfall: Carnot-Wirkungsgrad

- ...ist der höchste, theoretisch mögliche Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische oder elektrische Energie.

$$\eta_c = 1 - \frac{T_n}{T_h}$$

T_n ... niedrigste absolute Temperatur [K]

T_h ... höchste absolute Temperatur [K]



Wirkungsgrade verschiedener Kraftwerke

■ Gas-und-Dampfturbinen-Kraftwerk (GuD)

- 56 % (+ Wärme)

■ Steinkohle- und Braunkohlekraftwerke

- 46 % (Steinkohle) [Braunkohle 45 %]

■ Gasturbine

- Bis zu 40 %

■ Nuklear

- 37 %

Kraftwerk	Effizienz _{el}
Kohle	32-47%
Gasturbine	25-42%
Gas CCGT	Bis zu 60% (80% inkl. Wärme)
Dieselmotor	20-42%
Erneuerbare	10-95%
Nuklear	38% (insgesamt: 0.7%)
Netzverluste	5% (sehr abhängig vom Standort)

Quelle: Van Aart, 2011

Energetischer Nutzungsgrad $\bar{\eta}$

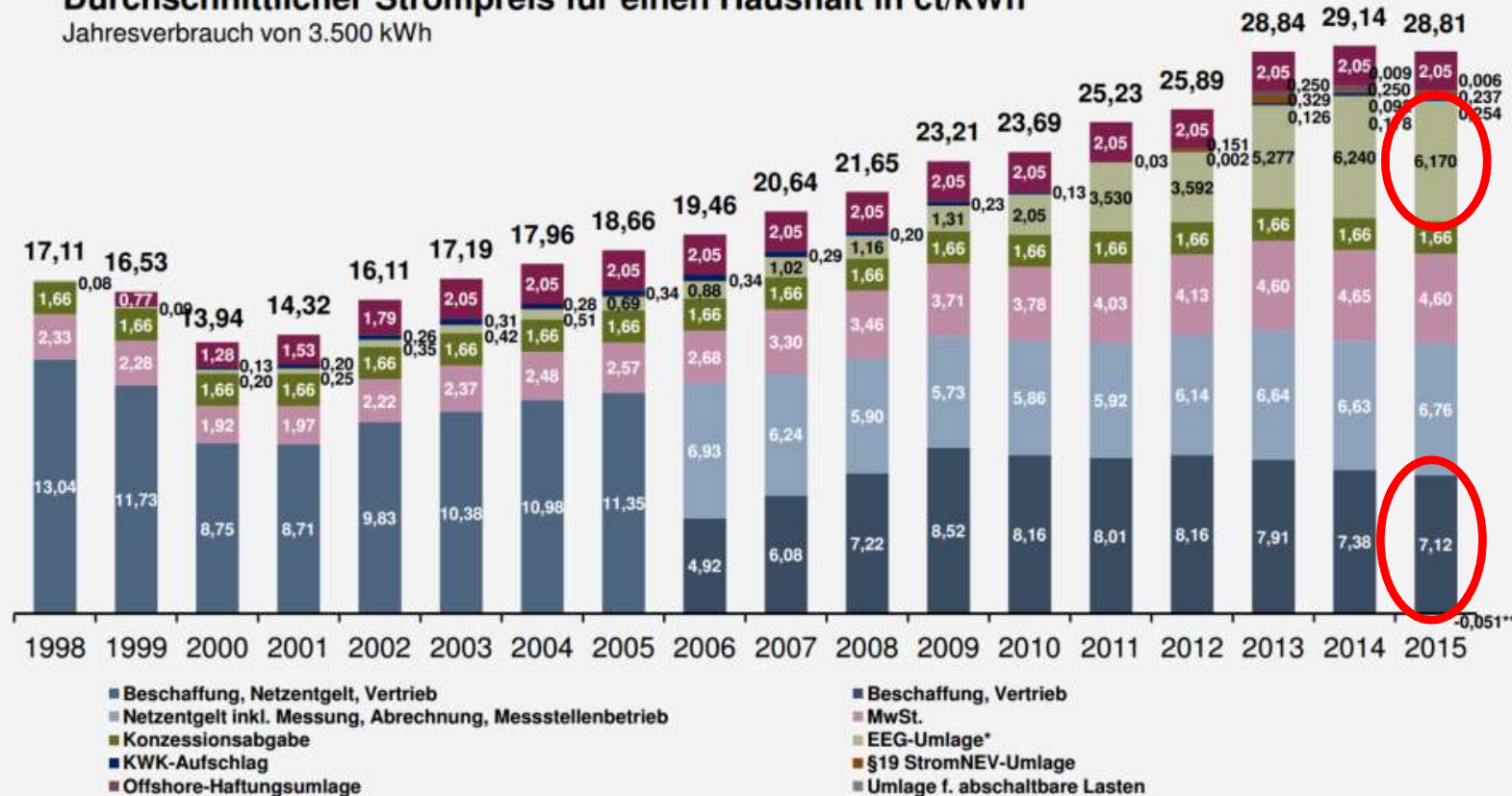
- Problem: Der **energetische Wirkungsgrad** von Energiewandlungsanlagen wird nur in einem Betriebspunkt (z.B. Nennlast oder Teillast) gemessen.
- **Energetischer Nutzungsgrad $\bar{\eta}$** ist der Quotient aus der in einem bestimmten Zeitraum nutzbar abgegebenen Energie und der gesamt zugeführten Energie. Im betrachteten Zeitraum sind alle Stillstands-, Leerlauf-, Anfahr- und Abfahrzeiten eingeschlossen.
- Eine weitere Kenngröße ist: **Vollaststunden**

→ Welcher ist für den gewöhnlichen Einsatz von Maschinen hinsichtlich der ökonomischen Bewertung und Abschreibung i.d.R. der passendere Begriff?

Strompreis für Haushalte

Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt in ct/kWh

Jahresverbrauch von 3.500 kWh



* ab 2010 Anwendung AusgleichMechV

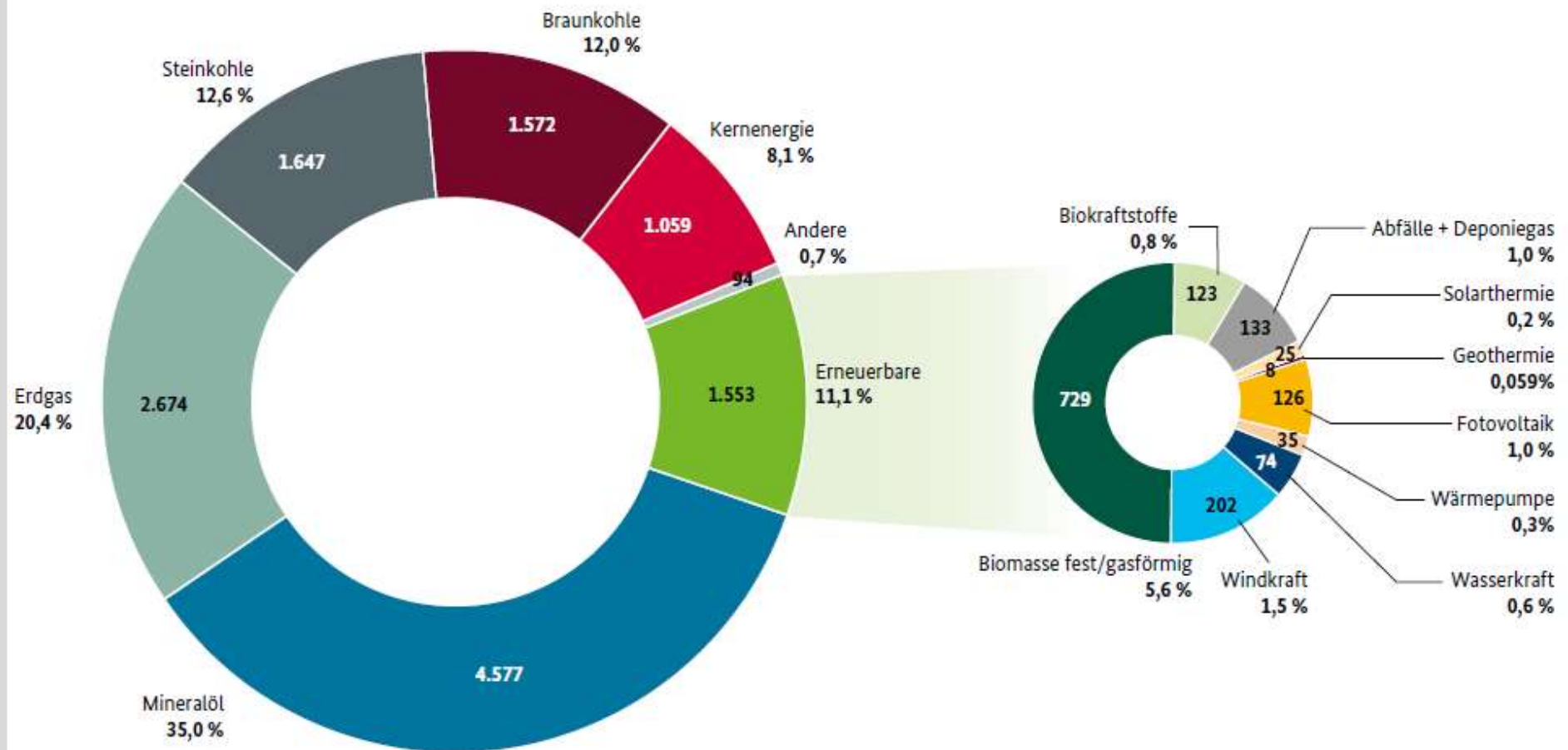
**Offshore-Haftungsumlage wegen Nachverrechnung negativ

Quelle: BDEW, Stand: 02/2015

- Steigende EEG-Umlage (außer 2015) vs. Lernkurveneffekte und sinkende Strompreise auf der Börse (insb. mittags). → Nettoeffekt?
- Chancen von Photovoltaik-Speichersysteme in Deutschen Haushalten?

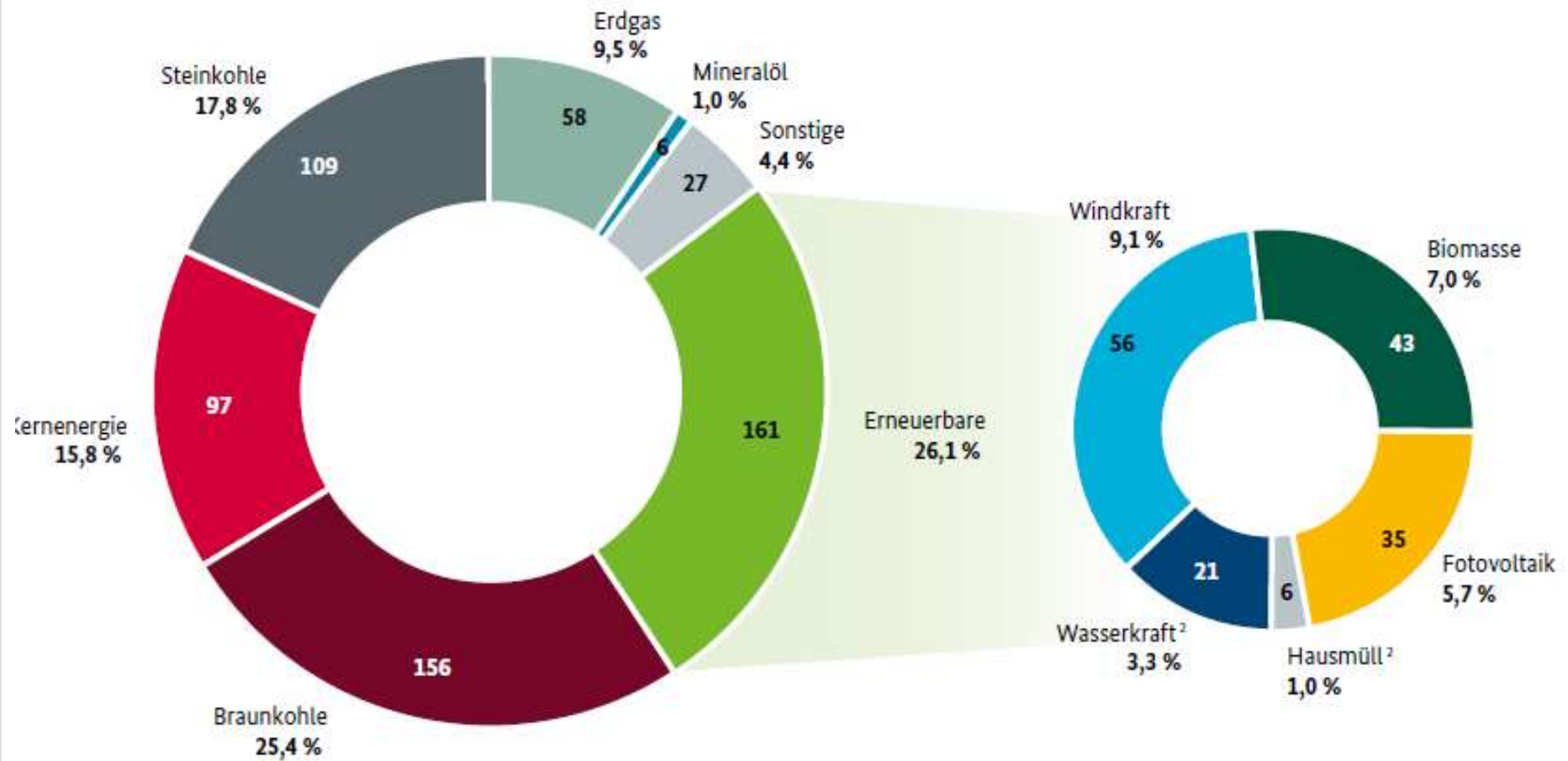
[https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9D1CF269C1282487C1257E22002BC8DD/\\$file/150409%20BDEW%20zum%20Strompreis%20der%20Haushalte%20Anhang.pdf](https://www.bdew.de/internet.nsf/id/9D1CF269C1282487C1257E22002BC8DD/$file/150409%20BDEW%20zum%20Strompreis%20der%20Haushalte%20Anhang.pdf)

Primärenergieverbrauch Deutschlands 2014 (13077 PJ)



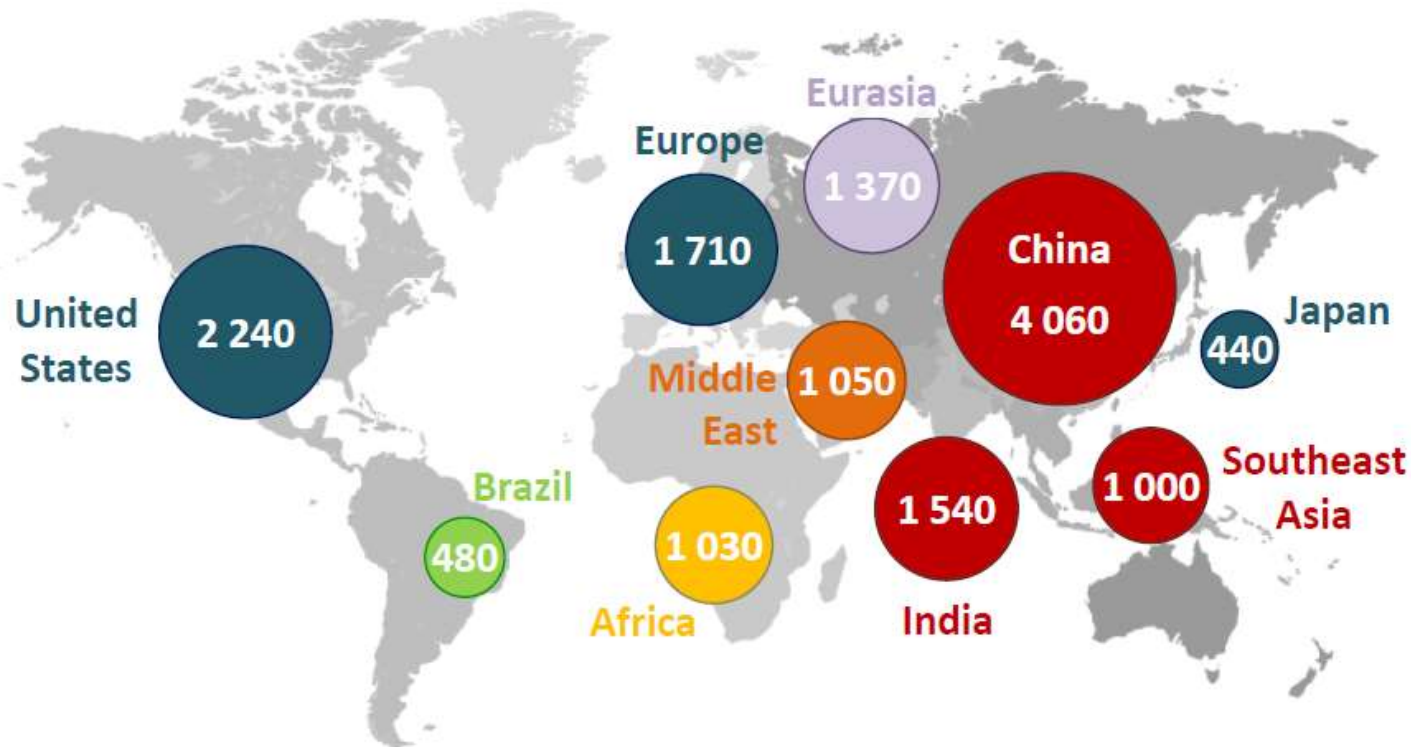
BMWi, 2015

Bruttostromerzeugung in Deutschland 2014 (614 TWh)



BMWi, 2015

Weltweiter Primärenergiebedarf nach Regionen 2035 [Mtoe]



Quelle: www.worldenergyoutlook.org

Übungsaufgaben

Umrechnungstabellen

„Wattsekunde“

Von \ Zu	Joule	Kilowatt- stunden	Steinkohle- einheiten	Rohöleinheiten	Kilokalorien	British Thermal Unit
	[J]	[kWh]	[kg SKE]	[kg RÖE]	[kcal]	[BtU]
1J	1	2,78E-07	3,41E-08	2,39E-08	2,39E-04	9,47E-04
1 kWh	3,60E+06	1	0,12	8,60E-02	860	3410
1 kg SKE	2,93E+07	8,14	1	0,70	6993	2,78E+04
1 kg RÖE	4,19E+07	11,63	1,43	1	1,00E+04	3,97E+04
1 kcal	4187	1,16E-03	1,43E-04	1,00E-04	1	3,97
1 BtU	1056	2,93E-04	3,60E-05	2,52E-05	0,25	1

Von\ Zu	J	kWh	Kg SKE	Kg RÖE	kcal	BtU
1 t Steinkohle	3,00E+10	8323	1022	716	7,16E+06	2,84E+07
1 t Braunkohle	9,04E+09	2511	308	216	2,16E+06	8,56E+06
1 t Erdöl	4,27E+10	1,19E+04	1458	1020	1,02E+07	4,05E+07
1 t Heizöl-L	4,28E+10	1,19E+04	1461	1023	1,02E+07	4,06E+07
1 m³ Erdgas	3,52E+07	8,816	1,20	0,84	8401	3,33E+04
1 m³ Holz	1,03E+10	2849	350	245	2,45E+06	9,71E+06

Vorsätze

10^1	deca (da)	10^{-1}	deci (d)
10^2	hecto (h)	10^{-2}	centi (c)
10^3	kilo (k)	10^{-3}	milli (m)
10^6	mega (M)	10^{-6}	micro (μ)
10^9	giga (G)	10^{-9}	nano (n)
10^{12}	tera (T)	10^{-12}	pico (p)
10^{15}	peta (P)	10^{-15}	femto (f)
10^{18}	exa (E)	10^{-18}	atto (a)

Übungsaufgaben 1

1. Ermitteln Sie folgende Umrechnungen und verwenden Sie wenn möglich die entsprechenden Vorsätze bei den Einheiten (Mega, Giga, Terra etc.).
 - a) 1 Million Tonnen Erdöl entsprechen wie viel kg Steinkohleeinheiten?
 - b) 1 Million Tonnen Braunkohle sind wie viel Joule, SKE, Wh?
 - c) 1 Exajoule sind wie viel Wh, $\text{m}^3_{\text{Erdgas}}$, $t_{\text{Erdöl}}$, $t_{\text{Heizöl-L}}$?

Übungsaufgaben 2

2. a) Verdeutlichen Sie sich nochmals den Zusammenhang zwischen Primärenergieträger, Wirkungsgrad der Wandlungsanlage, Verlusten und Sekundärenergieträger, indem Sie die benötigte Menge Braunkohle ermitteln, um $1 \text{ MWh}_{\text{el}}$ Energie bei einem Wirkungsgrad von 42% zu erzeugen.
- b) Bestimmen Sie zudem die Umwandlungsverluste!
- c) Welche Menge an Braunkohle würde ein durchschnittlicher 2-Personen-Haushalt mit einem Energieverbrauch von $2,8 \text{ MWh}_{\text{el}}/\text{a}$ benötigen?
3. Nehmen Sie an, Sie müssten Ihren täglichen Energiebedarf (2.500 kcal) mit Erdöl decken. Welche Menge Erdöl (in kg) würden Sie benötigen und wie viel müssten Sie täglich bei einem aktuellen Ölpreis von $49,72 \text{ \$/Barrel}$ dafür zahlen (in €)? ($1 \text{ Barrel} \approx 0,136 \text{ t}$; Wechselkurs: $1\text{€} = 1,3064\text{\$}$)

Übungsaufgaben 3

4. Wie groß ist der Primärenergieverbrauch Deutschlands (2008) in Höhe von ca. 478 Mio. t SKE ausgedrückt in:
- a) t RÖE
 - b) Exa-Joule [EJ]
 - c) Der erste Öltanker im Jahr 1886 hatte eine Kapazität von 3.000 t Erdöl, heutige Tanker fassen bis zu 320.000 t. Wie oft müssten diese Tanker am Hafen jeweils anlegen, um die Menge Erdöl zu liefern, die äquivalent zu Deutschlands aktuellen jährlichen Primärenergieverbrauch ist? Wie groß ist das Schiff?



Übungsaufgaben 4

5. Welcher Menge t SKE (sowie t RÖE) entspricht die elektrische Windkraftarbeit in Höhe von 40,43 TWh_{el} (51,4 TWh_{el}) in Deutschland im Jahr 2008 (2014)?
Wie viel t Steinkohle braucht ein Kraftwerk, um bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 45% diese Energiemenge zu erzeugen? Und welcher Preis ist dafür zu zahlen? (aktueller Steinkohlepreis 38 €/t)

6. Der Gaspreis an der NYMEX (New York Mercantile Exchange) beträgt ca. 6,5 \$/MMBtU. Welcher Preis (in €) ist für 1.000 m³ zu zahlen?
[1 MMBtU=1 Mio. BtU und 1€ = 1,3US\$]

<https://www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/data-nivc-/stromproduktion-aus-solar-und-windenergie-2014.pdf> (installierte Wind-Leistung: 35 GW)

Übungsaufgaben 5

7. Angenommen, Sie fahren gerne Fahrrad, wieso erzeugen Sie Ihren Strom nicht selber?

- Wie lange müssten Sie in die Pedale eines sehr effizienten Hometrainers treten um eine kWh_{el} zu erzeugen?
- Könnten Sie Ihren durchschnittlichen Haushaltsverbrauch an elektrischer Energie damit decken (wollen!)?
- Wie viel würden Sie bei der Stromrechnung weniger zahlen? Lohnt sich der Aufwand?

Annahmen: Sie treten durchschnittlich 200 W, Effizienz: 50% (!)



Hausaufgabe und Leitfrage

- Wieviel Energie benötigen Sie in der kommenden Woche für Ihre Mobilität?

Errechnen Sie diesen Wert und schreiben Sie einen Satz dazu ins ILIAS (Datenbank „Energiebedarf Mobilität“)!

- Angaben:

Spezifischer Energieverbrauch der Verkehrsträger:

Auto: 0,56 kWh/km (E-Pkw: 0,18 kWh/km)

Bahn: 0,19 kWh/km

Tram: 0,08 kWh/km

Bus: 0,13 kWh/km

Fahrrad: 0 kWh/km

Fußweg: 0 kWh/km

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