





Technische
Hochschule
Wildau [FH]
*Technical University
of Applied Sciences*

8. Energiesymposium 08.03.2019
Wildauer Wissenschaftswoche 2019
Wildau 04.03.-08.03.2019

Klimaschutz & Zukunftsenergien

Die *vier+2* Elemente der Energiewende

Prof. Dr. Lutz B. Giese
Physikalische Technologien / Energiesysteme
Regenerative Energien / Energiemanagement
TH Wildau, FB Ingenieur- und Naturwissenschaften

Themenübersicht

Prolog – Was ist eigentlich Energiewende?

Endenergieverbrauch & Treibhausgasemission D

Werkzeuge der Treibhausgasreduktion

Werkzeuge der Energiewende – Zukunftsenergien

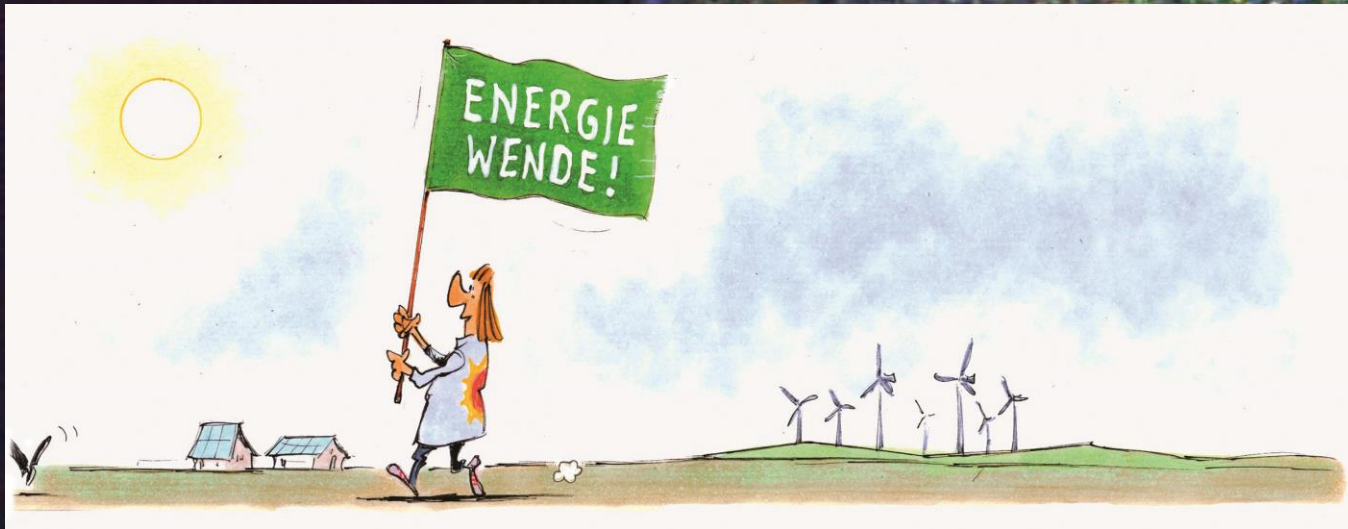
Werkzeuge der Energiewende – Energiequellen

Werkzeuge der Energiewende – Die vier+2 Elemente

Werkzeuge der Energiewende – Zukunftstechnologien

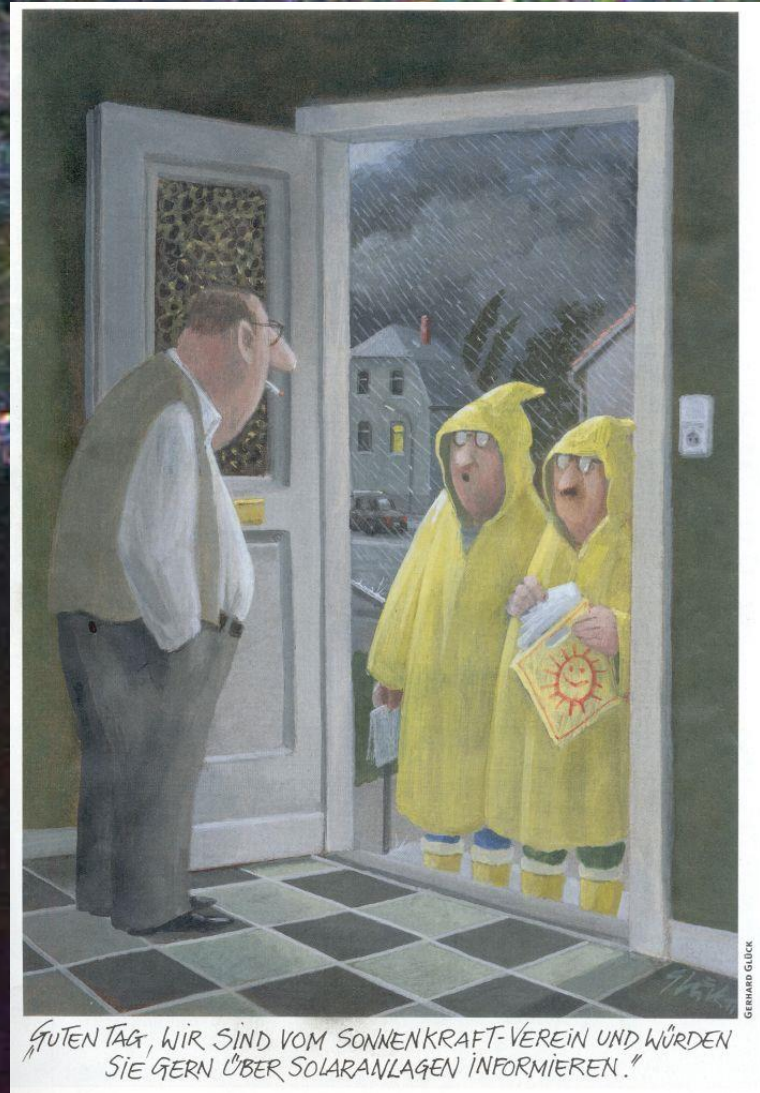
Beispiel Emissionsrucksack Erdgasheizung vs. KWK

Prolog – Was ist eigentlich Energiewende?



„Deutschland treibt konsequent die Energiewende voran“

Prolog – Was ist eigentlich Energiewende?



Prolog – Was ist eigentlich Energiewende?

Fukushima 2011

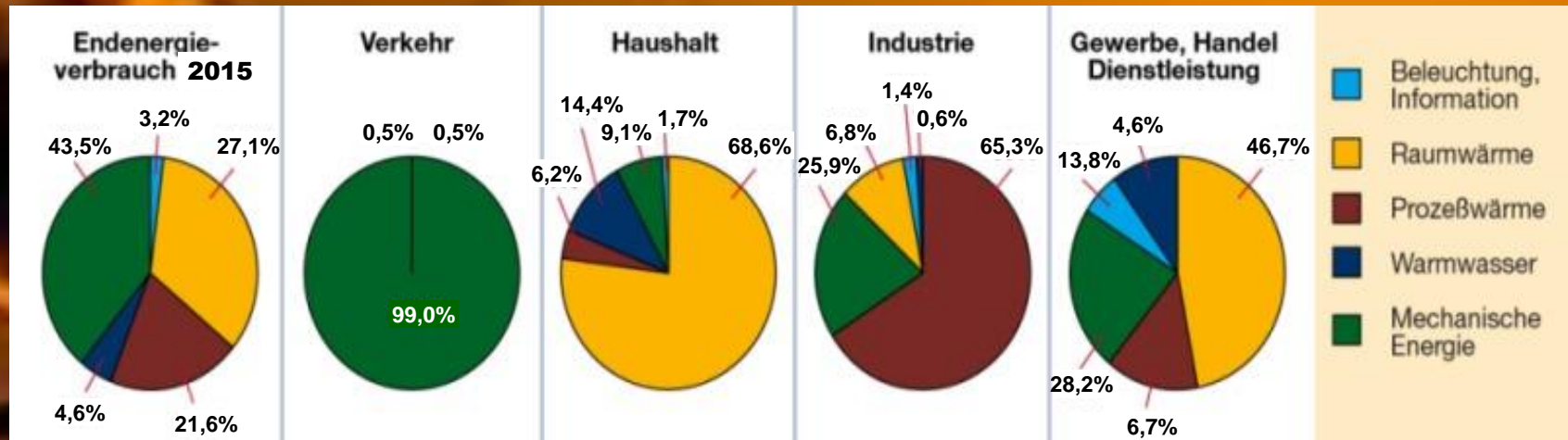


Prolog – Was ist eigentlich Energiewende?

Ist das
Energiewende?



Endenergieverbrauch & Treibhausgasemission D



2466	727	636	716	387	TWh/a
100,0%	29,5%	25,8%	29,0%	15,7%	Anteil

Datenquelle: BMWi Energie Daten 1'2017

2015

Primärenergie 13.293 PJ = 3.693 TWh

Endenergie 8.877 PJ = 2.466 TWh

Brutto-Stromerzeugung 647 TWh

Unsere Stromversorgung hat

2/3 Verluste

330 Mio. t CO₂/a*

***2015; KWK-Anteil an der Netto-Stromerzeugung 17,1% (DK: ca. 50%!)**

Energiewende,
Sektoren

Strom

Verkehr*
*o. Strom

2015

NSV: 531 TWh_e / a
CO₂: 330 Mio. t / a

Wärme

EEV*: 716 TWh_{EE} / a
CO₂ *: 159 Mio. t / a

EEV: 1.219 TWh_{EE} / a
CO₂: 253 Mio. t / a

Daten: berechnet nach Energiedaten BMWi 1'2017

13. Energiebedingte CO₂-Emissionen in Deutschland

Mio. t

1.200

1.000

800

600

400

200

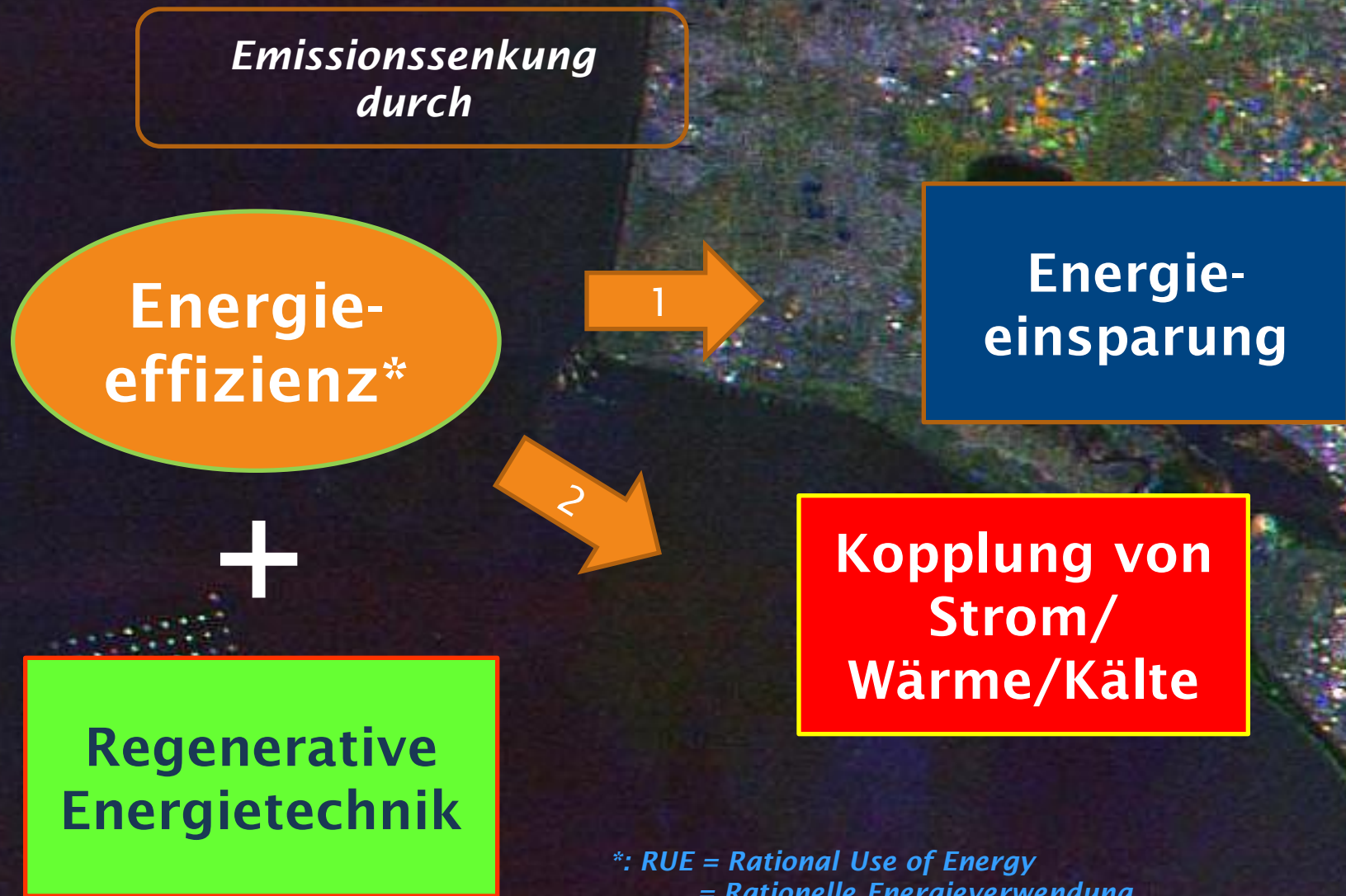
0

1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016*

Verkehr Haushalte Kleinverbraucher Verarbeitendes Gewerbe Energiewirtschaft Land- und Forstwirtschaft, Fischerei Andere energiebedingte Emissionen

* vorläufig

Quelle: Umweltbundesamt (UBA)



Werkzeuge der Energiewende – Zukunftsenergien



Regenerative Energien



Kraft-Wärme-
Kopplung



Energieeinsparung

Erde



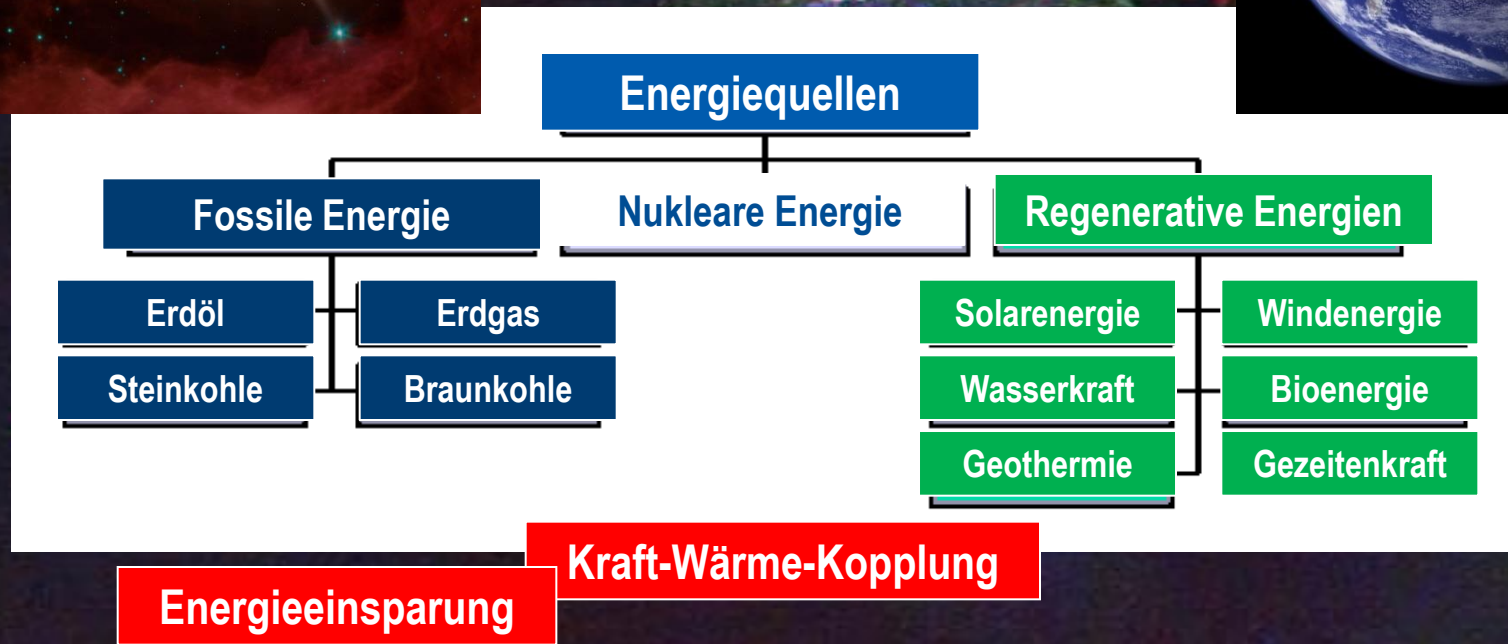
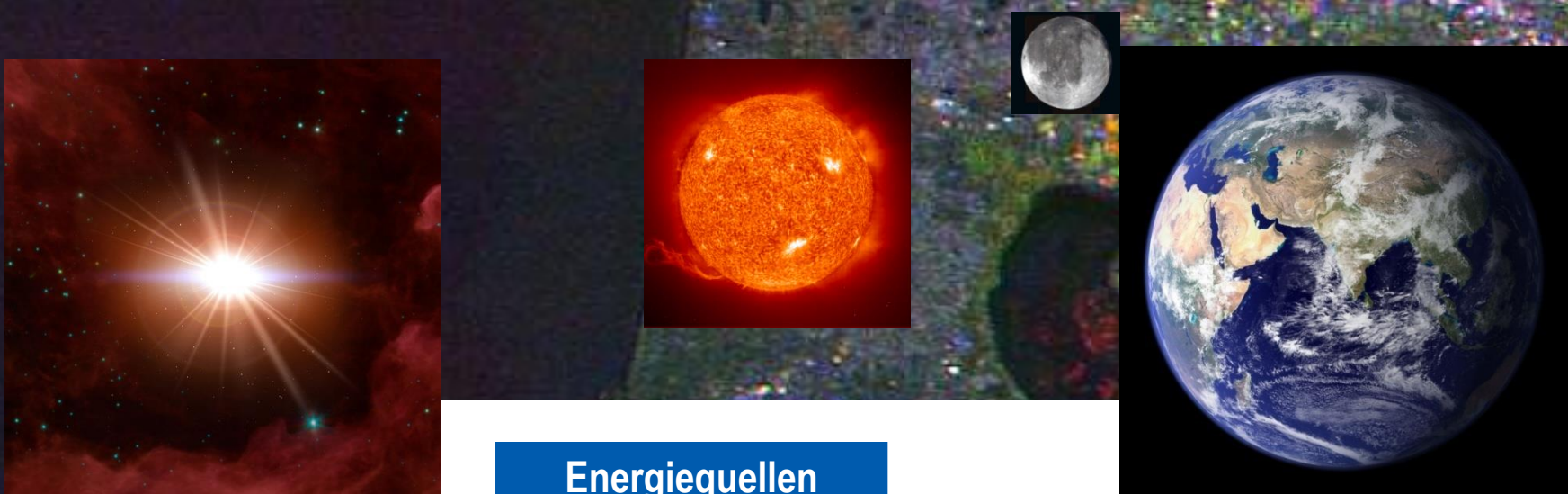
Sonne



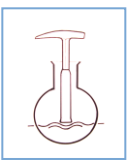
Mond



Werkzeuge der Energiewende – Energiequellen



Werkzeuge der Energiewende – Die vier+2 Elemente



Einsparung
Management
Energieberatung
Smart-Technik
KWK(K)



Photovoltaik
Solarthermie
Solarth. KW



WEA onshore
Kleinwindanlagen
WEA offshore

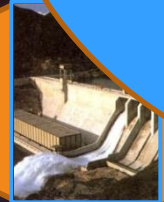


eMobility
Wasserstoff
Brennstoffzelle
P2G, P2H, P2V, V2G
CCS, CCU, CO₂ Immob.
Synthetic Natural Gas
Energiespeicher
Umwelt & Klima
Stromnetze
Stoffe



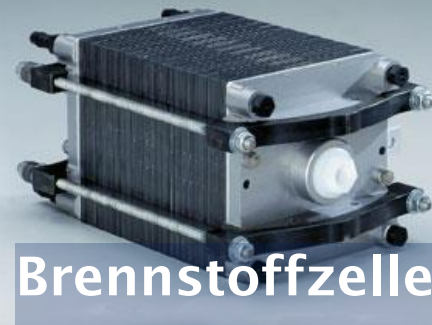
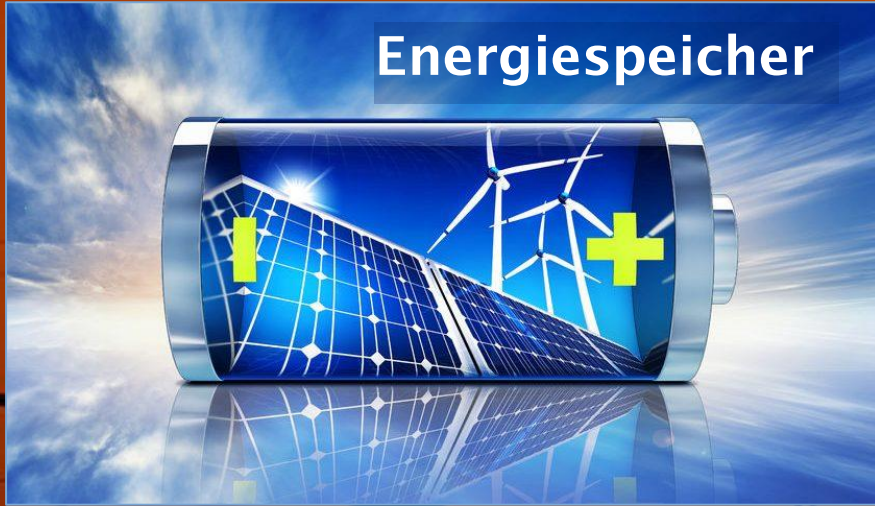
Tiefe GT
Wärmepumpen
Geospeicher

Speicher-WKW
Fließwasser-WKW
Pumpspeicher
Marine WKW



Biogas
Festbrennstoffe
Biotreibstoffe
BtL

Energiespeicher



Brennstoffzelle



eMobility



Power2X

Smarte Netze/ Systeme



Wasserstoff

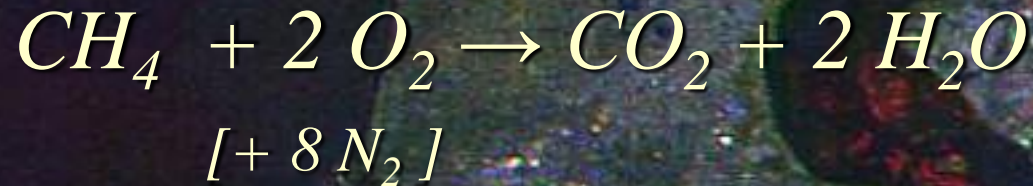




Niedertemperaturerdgasheizung



- Berechnung Gewicht eines Norm-m³
 - Verbrennung von Methan



Methan : Luft = 1 : 10 (2 O₂ + 8 N₂)

→ Berechnung der Masse

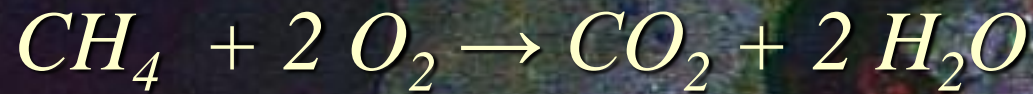
1 mol CH₄ ≡ 16 g CH₄; bei 1,013 bar und 0°C

1 mol Gas ≡ 22,4 l → 1 N-m³ ≡ 44,64 mol*

≈ 45 mol → 1 N-m³ CH₄ ≡ 720 g CH₄

**: Beweis ist zu führen in IV.5*

- Berechnung der Massen
 - Verbrennung von Methan



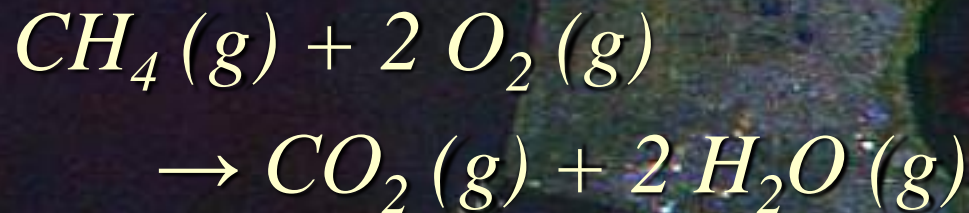
1	2	1	2	[mol]
16	2* 2*16 = 64	44	2*18 = 36	[g/mol]

720 g 2.880 g 1.980 g 1.620 g

Methan: 720 g
Sauerstoff: 2.880 g
Kohlendioxid: 1.980 g
Wasser: 1.620 g

- Wärmetönung der Reaktion (Heizwert)

- Verbrennung von Methan



$$\Delta H^* = - 50.144 \text{ kJ/ kg CH}_4$$

$$\rightarrow - 36.104 \text{ kJ/ 720 g CH}_4 (\equiv 1 \text{ N-m}^3)$$

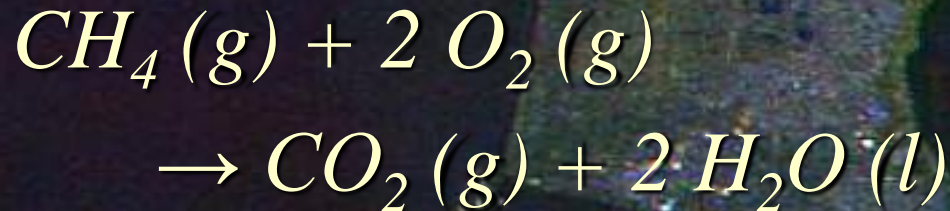
$$\rightarrow 1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ J/s} * 3.600 \text{ s} = 3.600 \text{ kJ}$$

$$\rightarrow - 36.104 \text{ kJ} = (-) 10,03 \text{ kWh (sensibel)}$$

$$(\rightarrow *: \text{H}_2\text{O als Dampf})$$

- Wärmetönung der Reaktion (Brennwert)

- Verbrennung von Methan



- Kondensationswärme von 1.620 g H₂O

- bei 0°C: $\Delta h_v = (-) 2.501 \text{ kJ/ kg H}_2\text{O}$

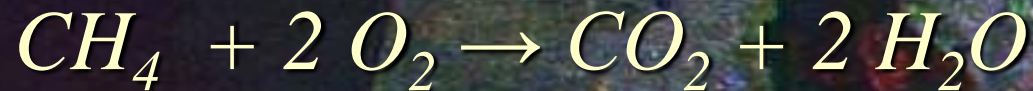
- bei 50°C: $\Delta h_v = (-) 2.383 \text{ kJ/ kg H}_2\text{O}$

→ $1,62 \text{ kg} * 2.383 \text{ kJ/ kg} = 3.861 \text{ kJ}$

→ $\equiv 10,7\% \text{ von } 36.104 \text{ kJ}$

(→ H₂O als Flüssigkeit)

- Berechnung des Emissionsfaktors X_{CO_2}
 - Verbrennung von Methan



720 g 2.880 g 1.980 g 1.620 g

Kohlendioxid: 1.980 g pro 10,03 kWh/ N-m³

→ Emissionsfaktor (Methan)

0,2 kg CO₂/ kWh_{BS} (Heizwert)



Ottomotorisches Blockheizkraftwerk mit Erdgas H

Beispiel Emissionsrucksack Erdgasheizung vs. KWK



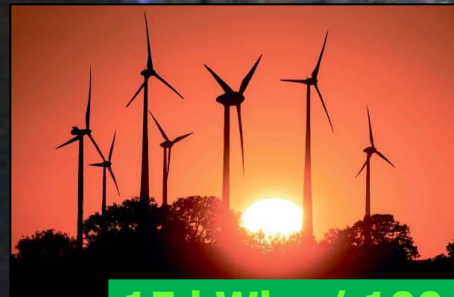
Beispiel Emissionsrucksack Erdgasheizung vs. KWK



PKW (MKW)



60-80 kWh_{BS} / 100 km
> 130 g CO₂ / km



15 kWh_{el} / 100 km
= 1-5 g CO₂ / km



eMobil

15 kWh_{el} / 100 km
= 39 g CO₂ / km



Strommix D

Strom oder Sprit für Antrieb

Wärme für HH



BHKW

22,0 kg CO₂ BHKW gesamt
-14,9 kg CO₂ NT Gas-WE

7,1 kg CO₂ KWK-Strom

7,1 kg CO₂ KWK-Strom
-16,2 kg CO₂ Strommix D

-9,1 kg CO₂ Gutschrift

7,1 kg CO₂ / 27 kWh_{el}
= 39,4 g CO₂ / km
(bei 15 kWh_{el} / 100 km)



NT Gas-WE



VIELEN DANK
FÜR
IHRE AUFMERKSAMKEIT

LUTZ B. GIESE



lgiese@th-wildau.de