

# Zahlen, bitte !

## Grundlagen zur elektrischen Energieversorgung während der Energiewende

Hansjörg Gramespacher

ec4ac – Engineering Consultant Gramespacher

28. Juni 2014

Wilhelm-Gefeller Bildungs- und Tagungszentrum  
Bad Münder

# Etwas Physik...

Die **Energie** ist eine Erhaltungsgrösse. Sie kann nur umgewandelt, aber nicht vernichtet werden.

Einheiten der Energie	Abkürzung	J	kWh	tSKE
Joule (= 1 Wattsekunde)	J	1	$2,778 \times 10^{-7}$	$3,41 \times 10^{-11}$
Kilowattstunden	kWh	$3,60 \times 10^6$	1	$1,2 \times 10^{-4}$
Tonne Steinkohleeinheiten	tSKE	$2,93 \times 10^{10}$	8140	1

Bezeichnung d. Grössenordnung	Abkürzung	Faktor
Kilo	k	$10^3$ - 1 000
Mega	M	$10^6$ - 1 000 000
Giga	G	$10^9$ - 1 000 000 000
Tera	T	$10^{12}$ - 1 000 000 000 000

## Noch etwas Physik...

- Die **Wärmeenergie** kann nicht vollständig in die anderen Energien - z.B. in elektrische Energie - umgewandelt werden. Es existiert ein maximal erreichbarer Wirkungsgrad.

- Die elektrische **Energie  $E$**  ist:

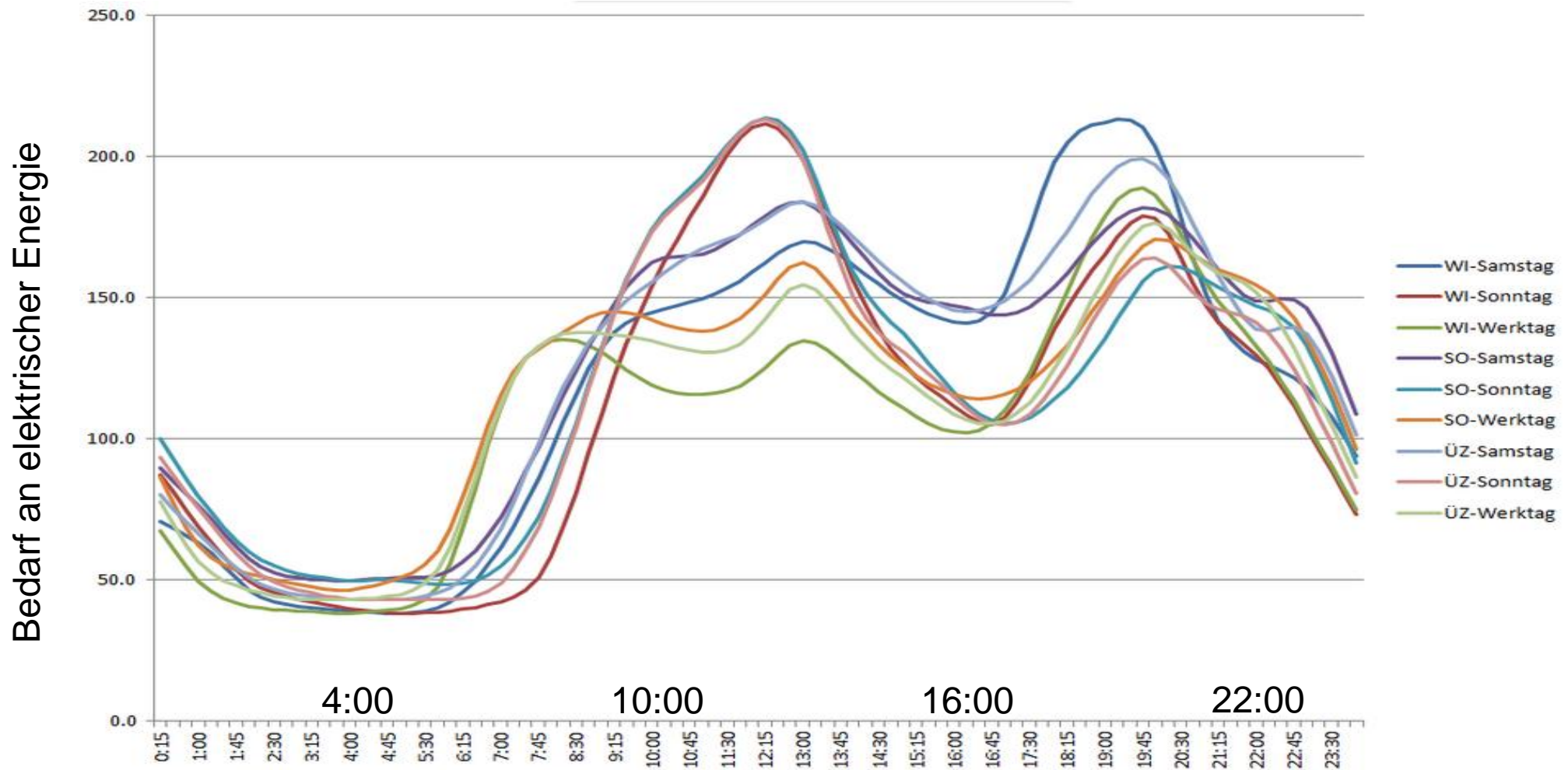
$$E = U \cdot I \cdot t$$

mit  $U$ : Spannung [Volt]       $I$ : Strom [Ampere]       $t$ : Zeit [Sekunde]

- Die elektrische **Leistung  $p$**  (Einheit: Watt) ist:

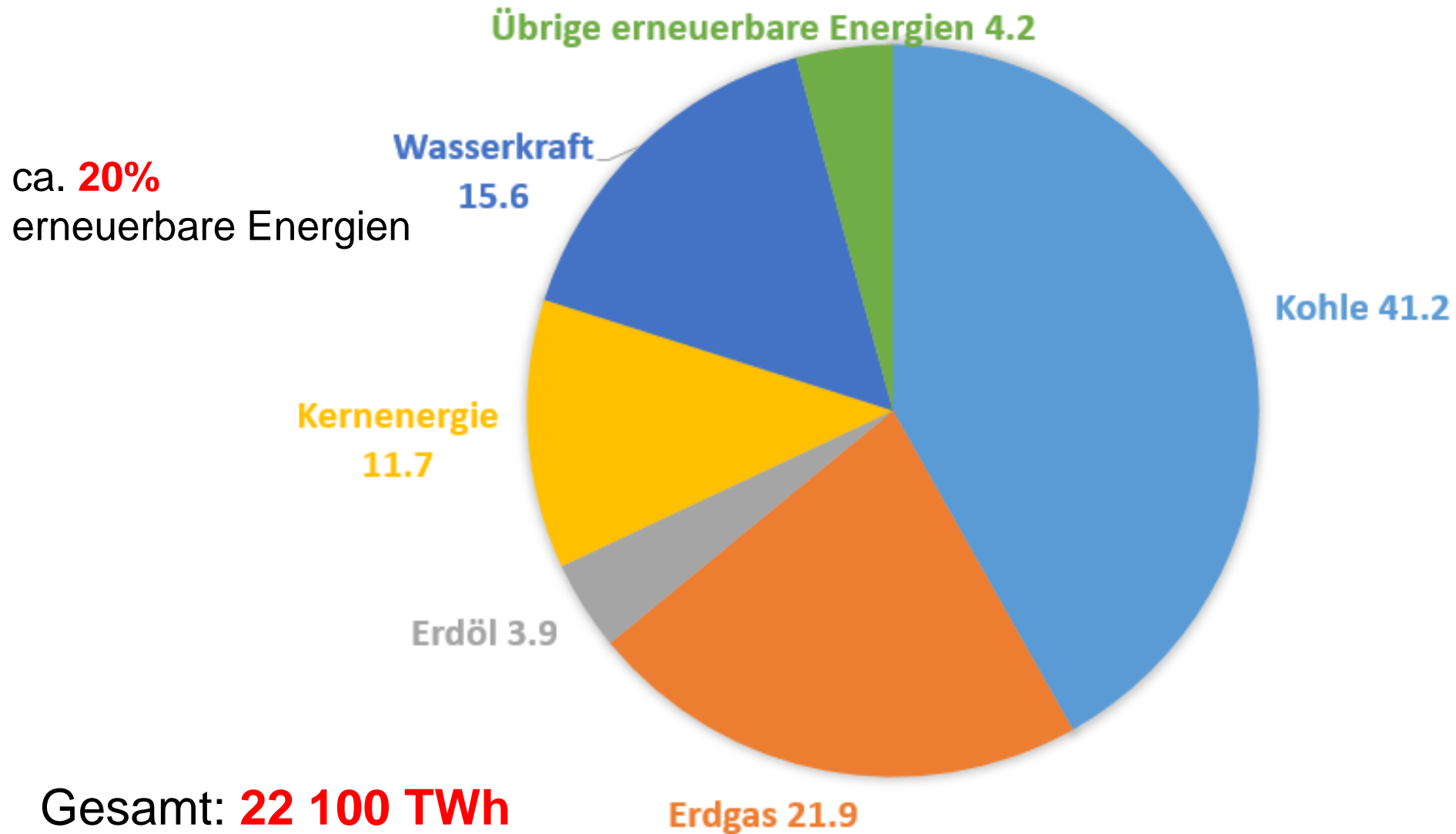
$$p = \frac{E}{t}$$

# Standardlastprofile für Haushalte an Werktagen, Samstagen und Sonntagen



Der Bedarf an elektrischer Energie für einen Haushalt schwankt sehr stark während eines Tages!  
Dies muss bei der Bereitstellung der elektrischen Energie berücksichtigt werden!

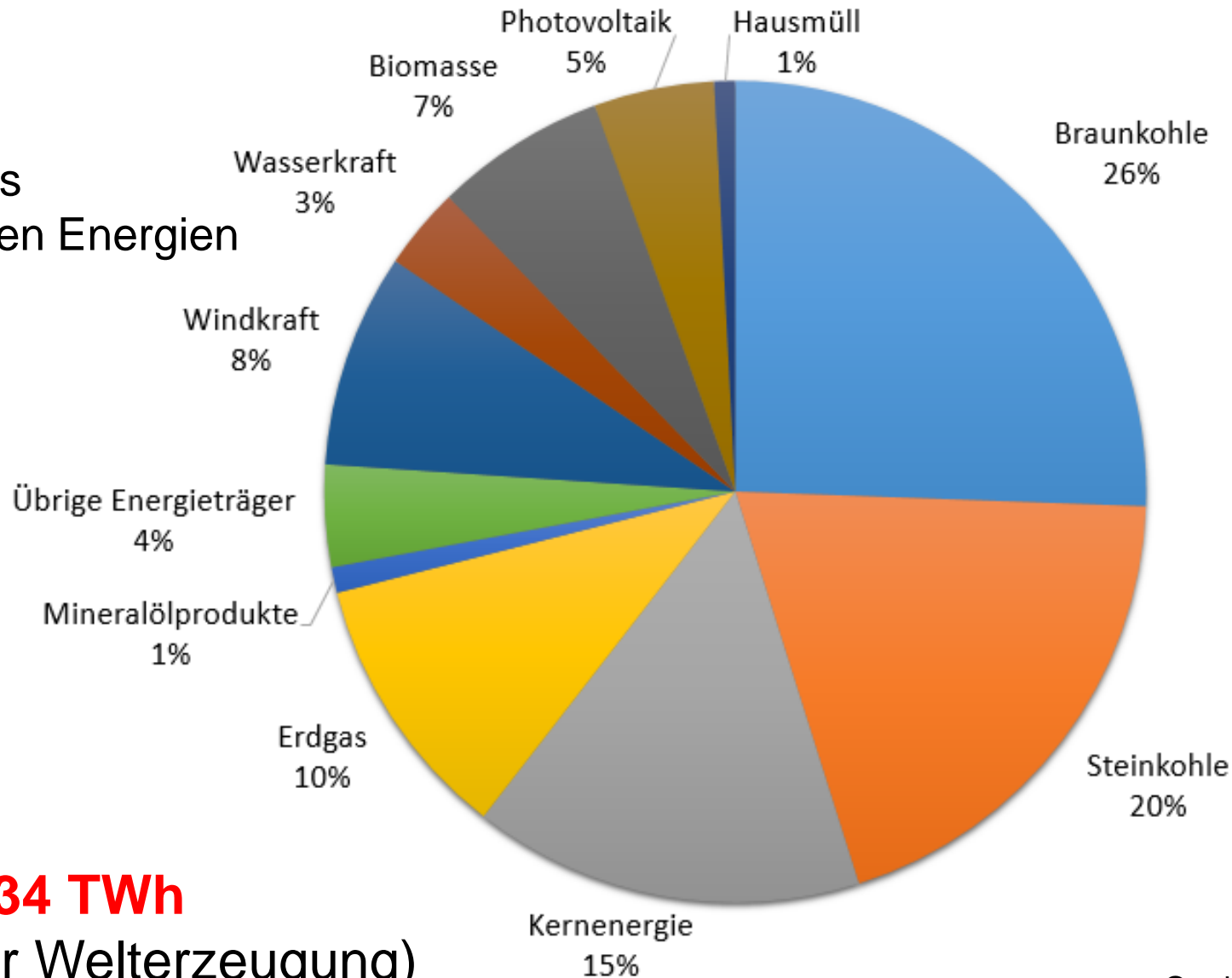
# Energieträger zur weltweiten Stromerzeugung im Jahr 2011



Quelle: Wikipedia, 2014

# Energieträger zur Stromerzeugung in Deutschland 2013

ca. **24%** aus erneuerbaren Energien



Gesamt: **634 TWh**  
(ca. **3%** der Welterzeugung)

Quelle: AG Energiebilanzen e.V.

WISSENSCHAFT

MACHT

KULTUR

# Bemerkungen zur Kernenergie

- Akzeptanz ist in der deutschen Gesellschaft geringer geworden (Ausstieg beschlossen)
- Endlagerung der radioaktiven Abfälle ist ungeklärt
- Nachbarländer (z.B. Frankreich) betreiben weiterhin Kernkraftwerke



Bodenplatte beim Brandenburger Tor, Berlin, 2014



Kernkraftwerk Beznau, Schweiz, 2014

# Bemerkungen zur Stromgewinnung aus Kohle

- Sehr kostengünstige Erzeugung von Strom
- Deutschland verfügt über grosse Braunkohle Vorräte
- Sehr hohe CO<sub>2</sub> – Emissionen bei Verbrennung von Braunkohle



Berlin im Mai 2014 und am 1. Juni 2014

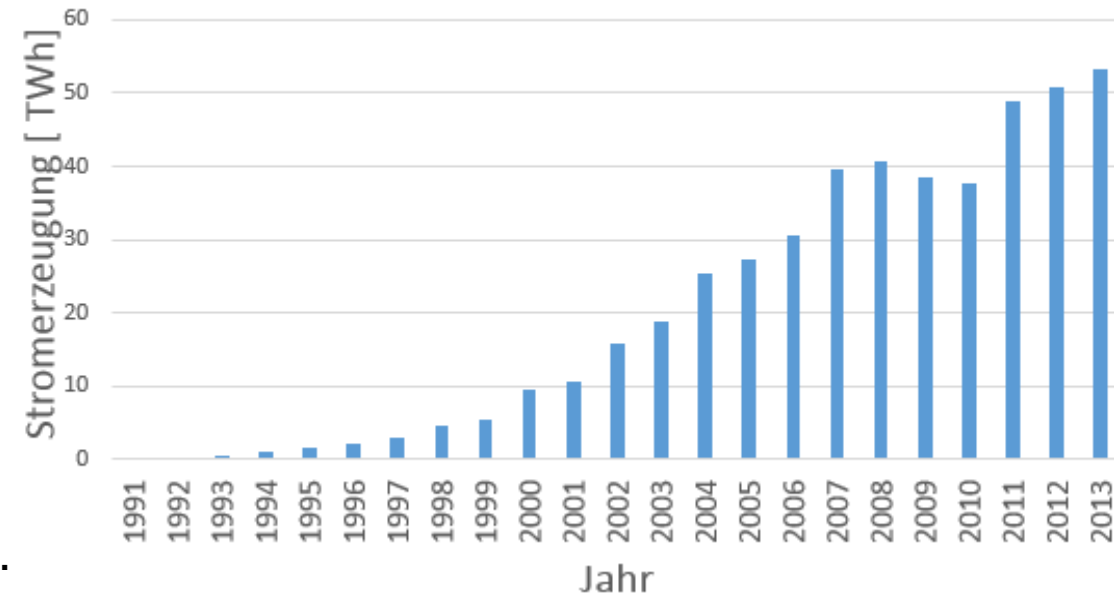


# Bemerkungen zur Windenergie

- Sehr starker Ausbau in den letzten Jahren in Deutschland und weltweit
- Zeitliche Verfügbarkeit bei Off-shore Anlagen besser als bei On-shore Anlagen
- Ungelöste Transportprobleme für die elektrische Energie von Nord nach Süd



Bruttostromerzeugung durch Windkraft in Deutschland



Quelle: AG Energiebilanzen e.V.

# Ziele der Bundesregierung für die Energieversorgung

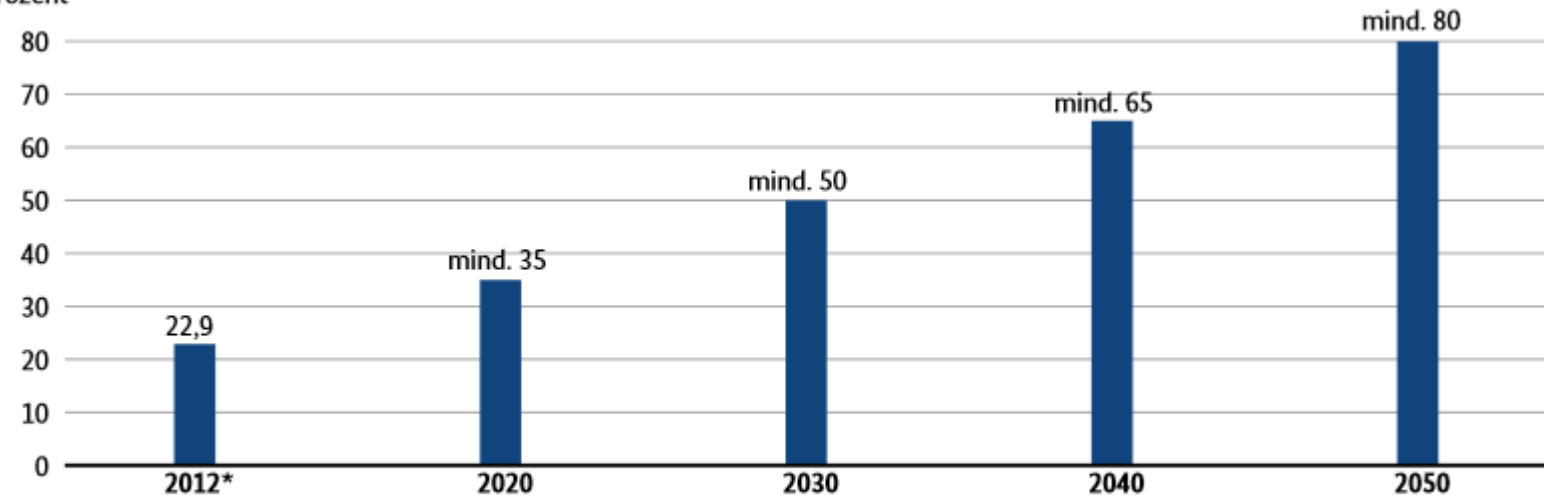
- **Sicher**
- **Bezahlbar**
- **Umweltschonend**

## Energiewende auf Erfolgskurs

Maßnahmen für eine sichere, bezahlbare und umweltschonende Energieversorgung

### Erneuerbare Energien

Prozent

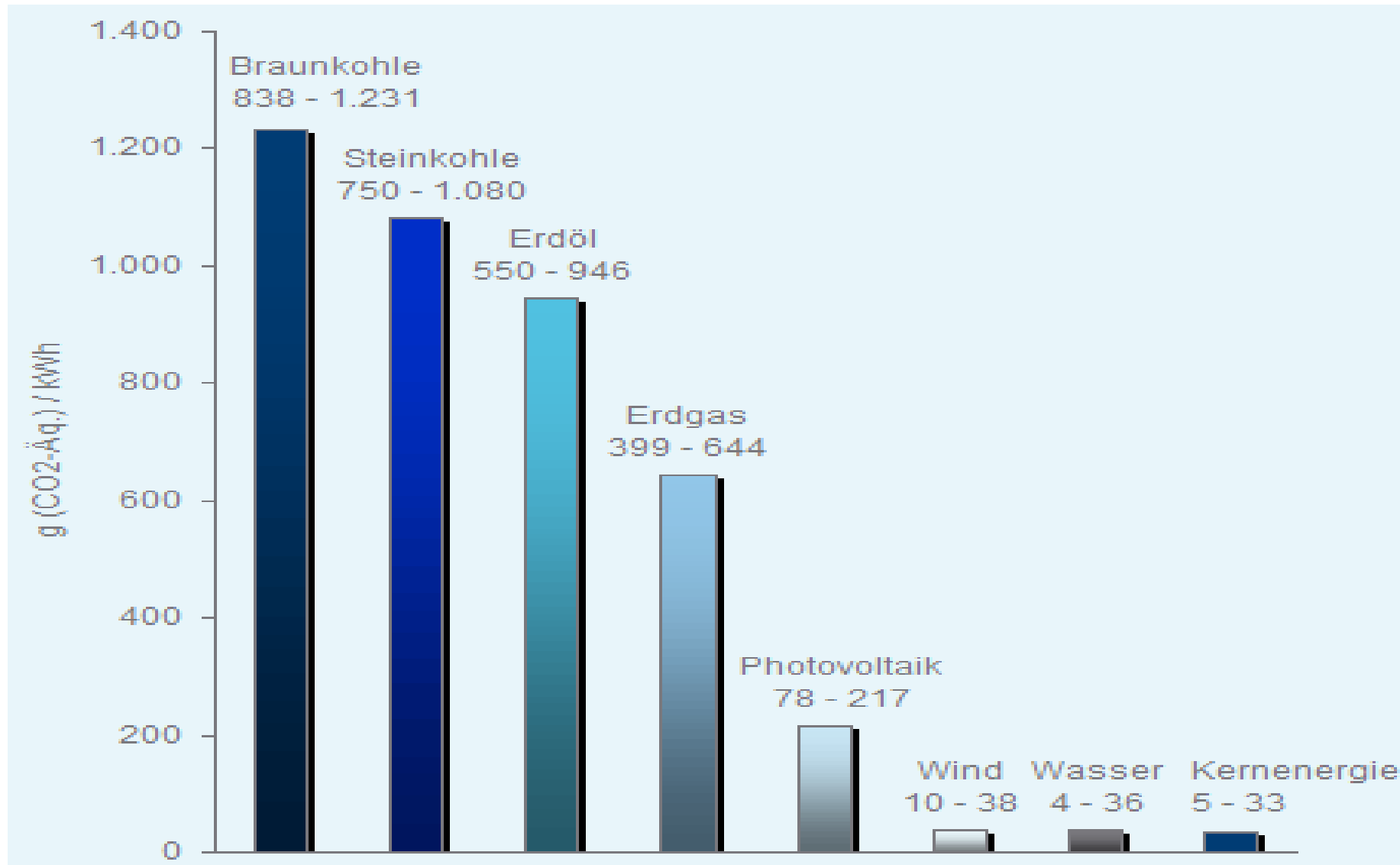


■ Anteil am Bruttostromverbrauch \*vorläufige Schätzungen

Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik

Prospekt der Bundesregierung (2013)

# CO<sub>2</sub> – Äquivalent Emissionen pro kWh für verschiedene Energieträger



WISSENSCHAFT

MACHT

KULTUR

Quelle:  
[www.kernenergie.de](http://www.kernenergie.de)  
(2014)

# Gestehungskosten pro kWh und zeitliche Verfügbarkeit für verschiedene Energieträger

Energieträger	Gestehungskosten in ct/kWh	Steuerbarkeit der zeitlichen Nutzung (Grundlastfähig)
Braunkohle	3,8 - 5,3	Ja
Steinkohle	6,3 - 8,0	Ja
Erdgas GuD	7,5 - 9,8	Ja
Kernkraft*)	6 - 10	Ja
Wind (Onshore)	4,5 - 10,7	Nein
Wind (Offshore)	11,9 - 19,4	Nein
Photovoltaik	7,9 - 14,2	Nein
Wasserkraft	2 - 8,3	Ja

\*) : Studie aus dem Jahr 2011,

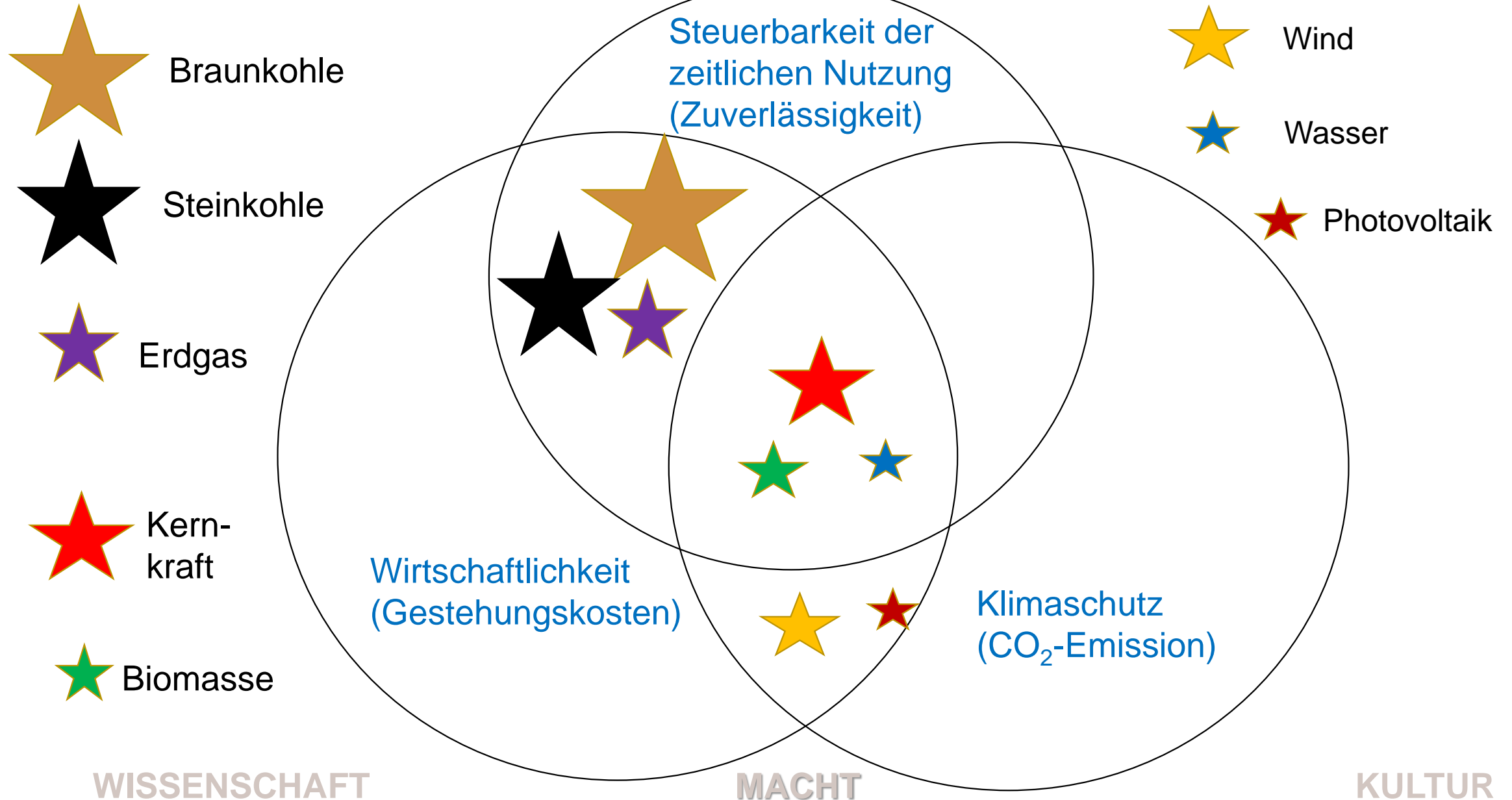
Quelle f. Kosten: wikipedia.org/wiki/Stromgestehungskosten (07.06.2014)

WISSENSCHAFT

MACHT

KULTUR

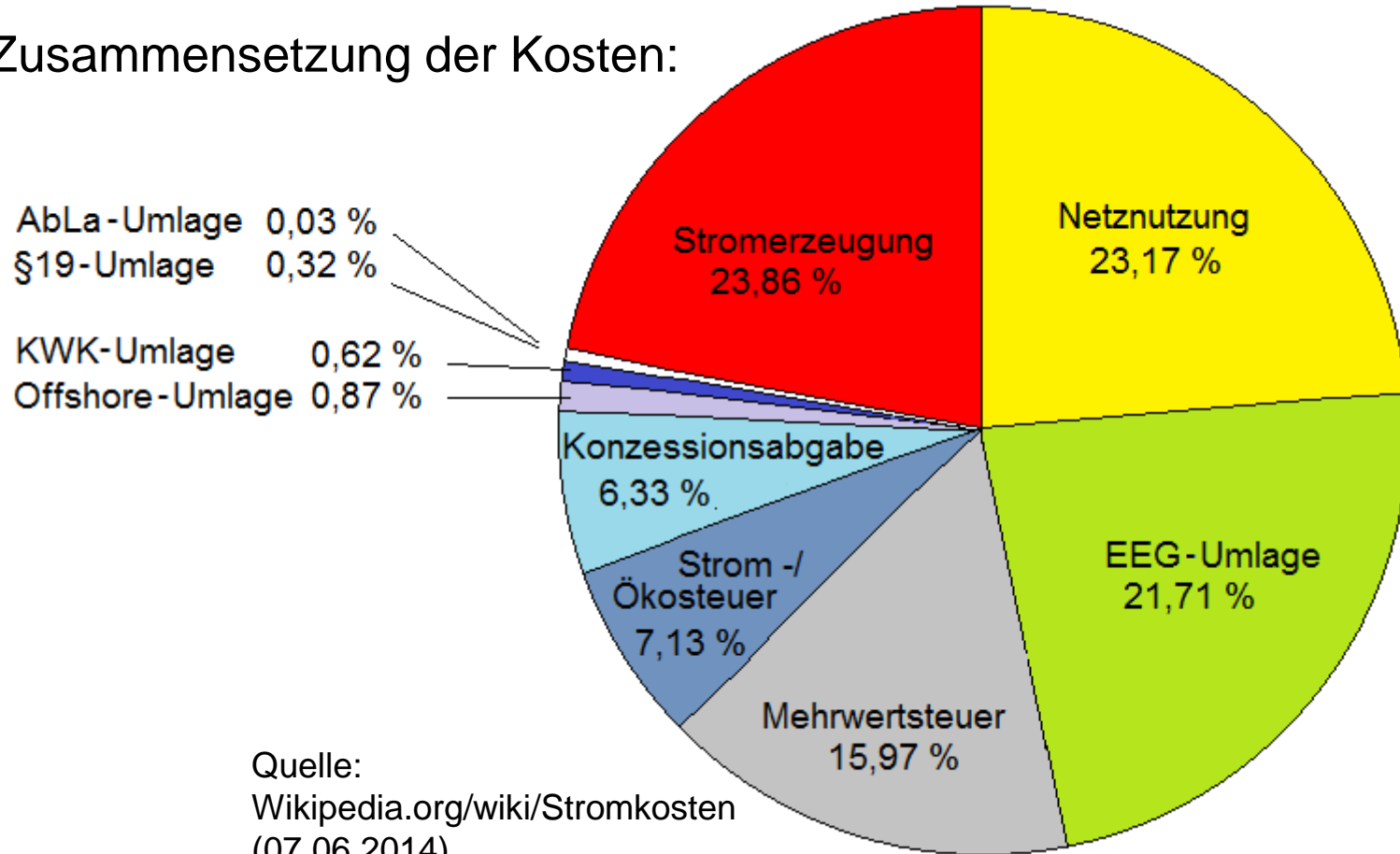
# Energieträger und die Ziele der elektrischen Energieversorgung



# Was kostet das Ganze?

Stromkosten für Privathaushalte\*) im Jahr 2013: **28,8 ct/kWh**

Zusammensetzung der Kosten:



Quelle:  
Wikipedia.org/wiki/Stromkosten  
(07.06.2014)

\*) : 3 Personenhaushalt,  
Jahresverbrauch 3500 kWh,  
(BDEW November 2013)

Deutschland hat zusammen mit Dänemark die höchsten Strompreise für Privatkunden in Europa!

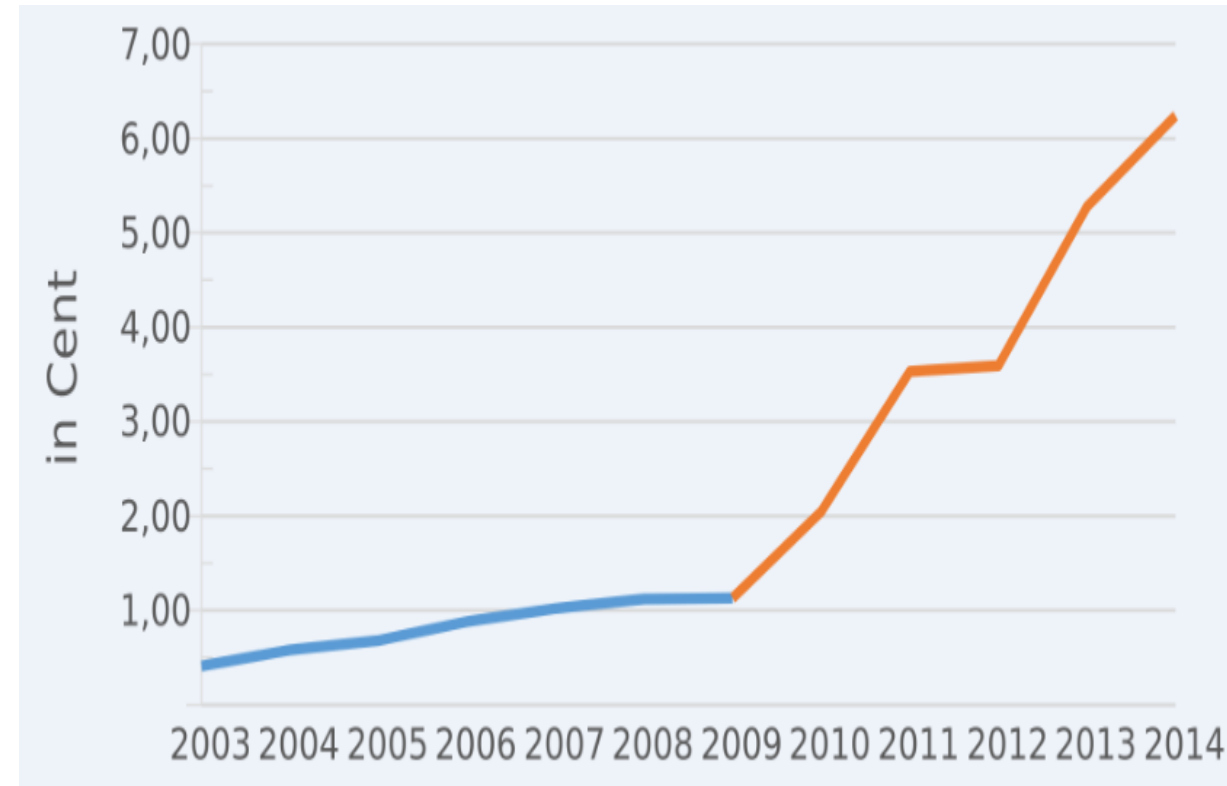
# Entwicklung der EEG-Umlage

EEG Umlage seit 2009 sehr stark gestiegen

Kosten der EEG-Umlage im Jahr 2013: **20,4 Milliarden Euro**

Bis 2013 aufgelaufene Zahlungsverpflichtung bis ins Jahr 2033 aufgrund der EEG-Umlage: **428 Milliarden Euro**

Höhe der EEG-Umlage pro kWh von 2003 bis 2014



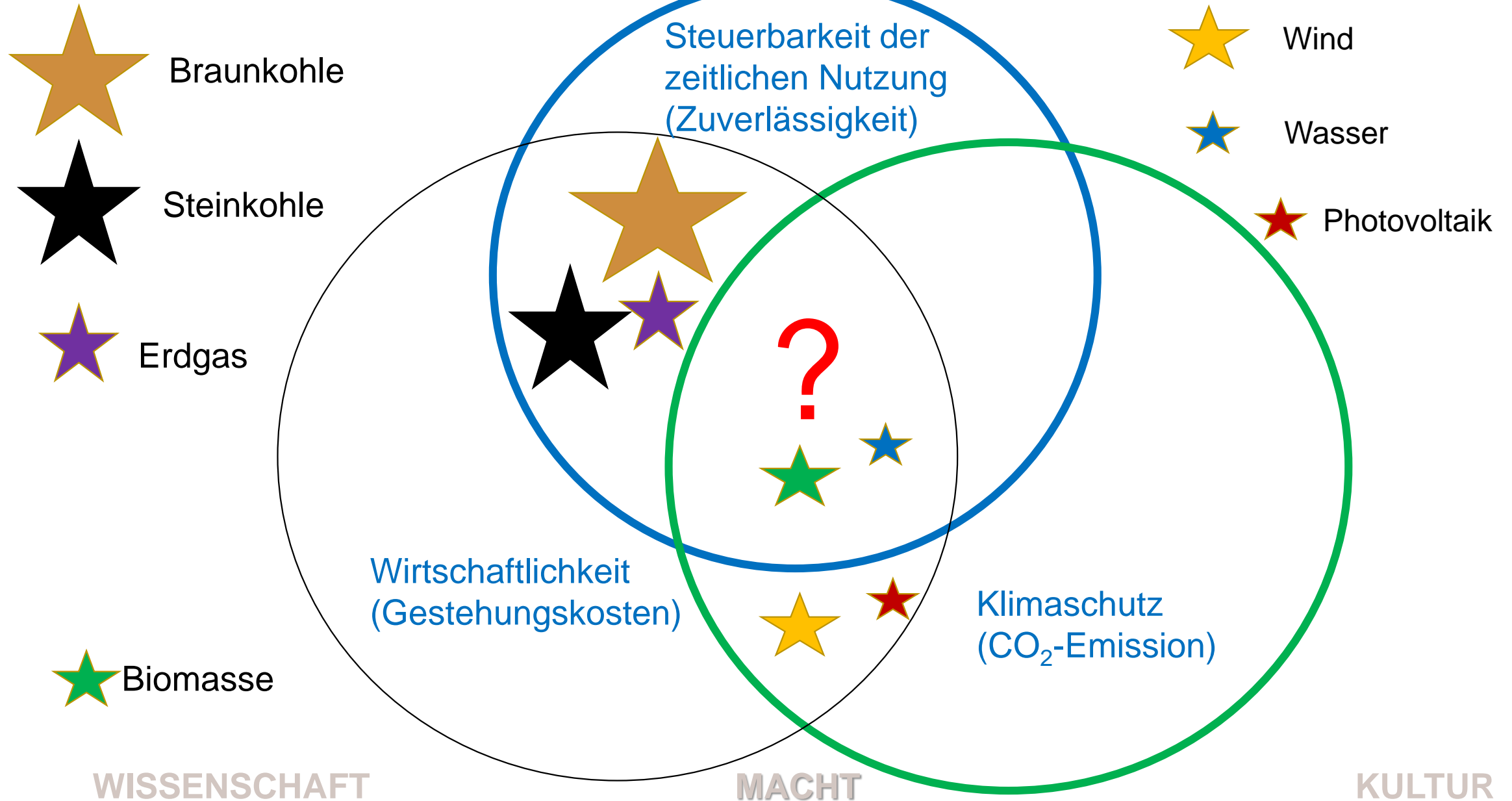
Quelle: Manfred Popp: Deutschlands Energiezukunft, Wiley-VHC, Weinheim

WISSENSCHAFT

MACHT

KULTUR

# Dilemma der zukünftigen elektrischen Energieversorgung





# Erforderliche technische Massnahmen für die zukünftige elektrische Energieversorgung

- Europäische Integration der elektrischen Energieversorgung
- Deutlicher Ausbau der Speicherkapazität ist notwendig
  - Intensivierung der Forschung (Batterien, Druckspeicher)
- Reduktion der CO<sub>2</sub>- Emissionen an bestehenden oder zukünftigen Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen
- Ausgleich der Spitzenlasten und Stabilisierung des Netzes durch «Smart Grids»
  - Micro-Grids und «virtuelle Kraftwerke»
- Erneuerung des Übertragungs- und Verteilernetzes
  - Elektrische Energie von Nord nach Süd

... keine Lösung!



Restaurant «Volkskammer», Berlin, Mai 2014

WISSENSCHAFT

MACHT

KULTUR

Vielen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit!