

# Regenerative EnergieSysteme

## Worum geht es?:

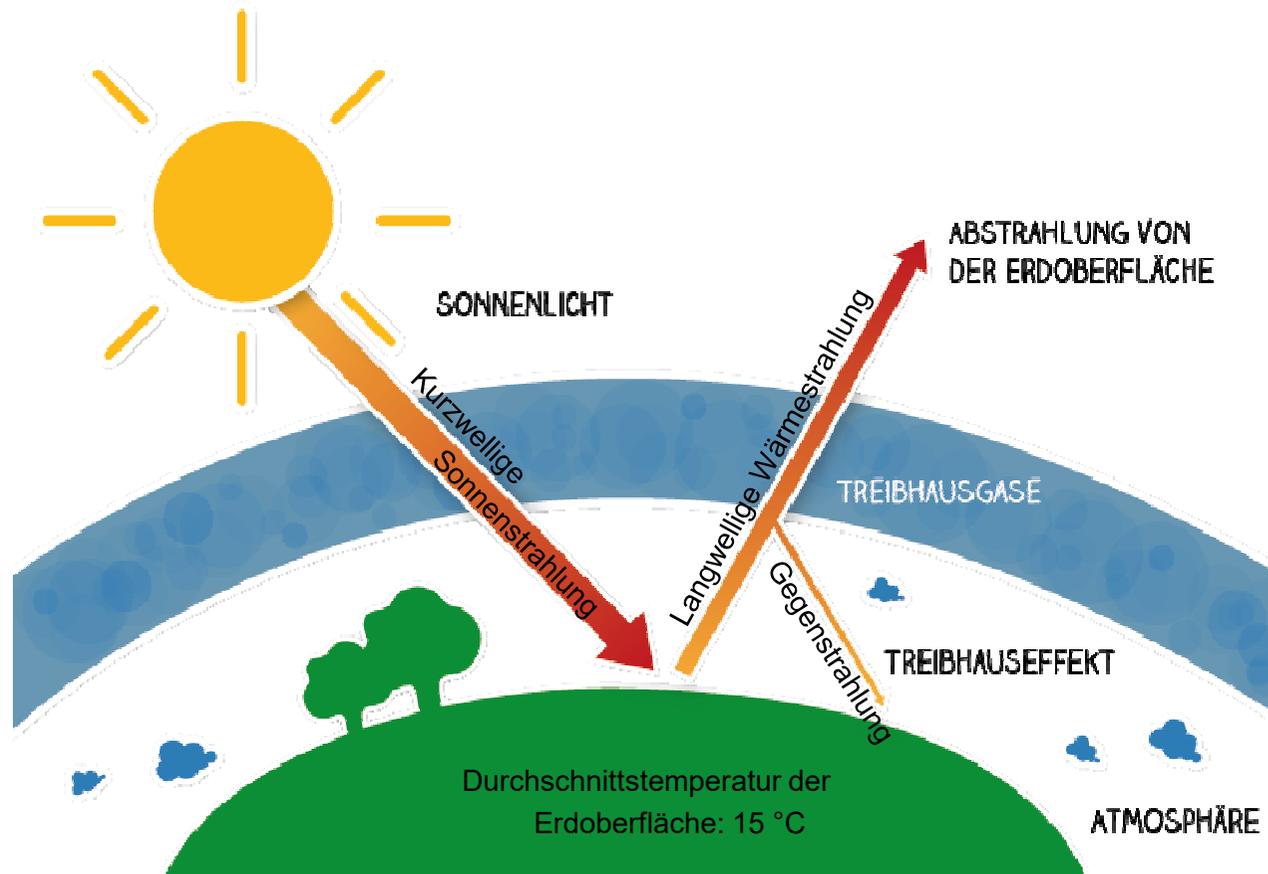
---

- **Grundlagen Klimawandel und erneuerbare Energien**
- **Gruppenarbeit zu den Technologien**
- **Praktische Übungen und Experimente**
- **Ideenentwicklung für einen Energie-Koffer**



# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

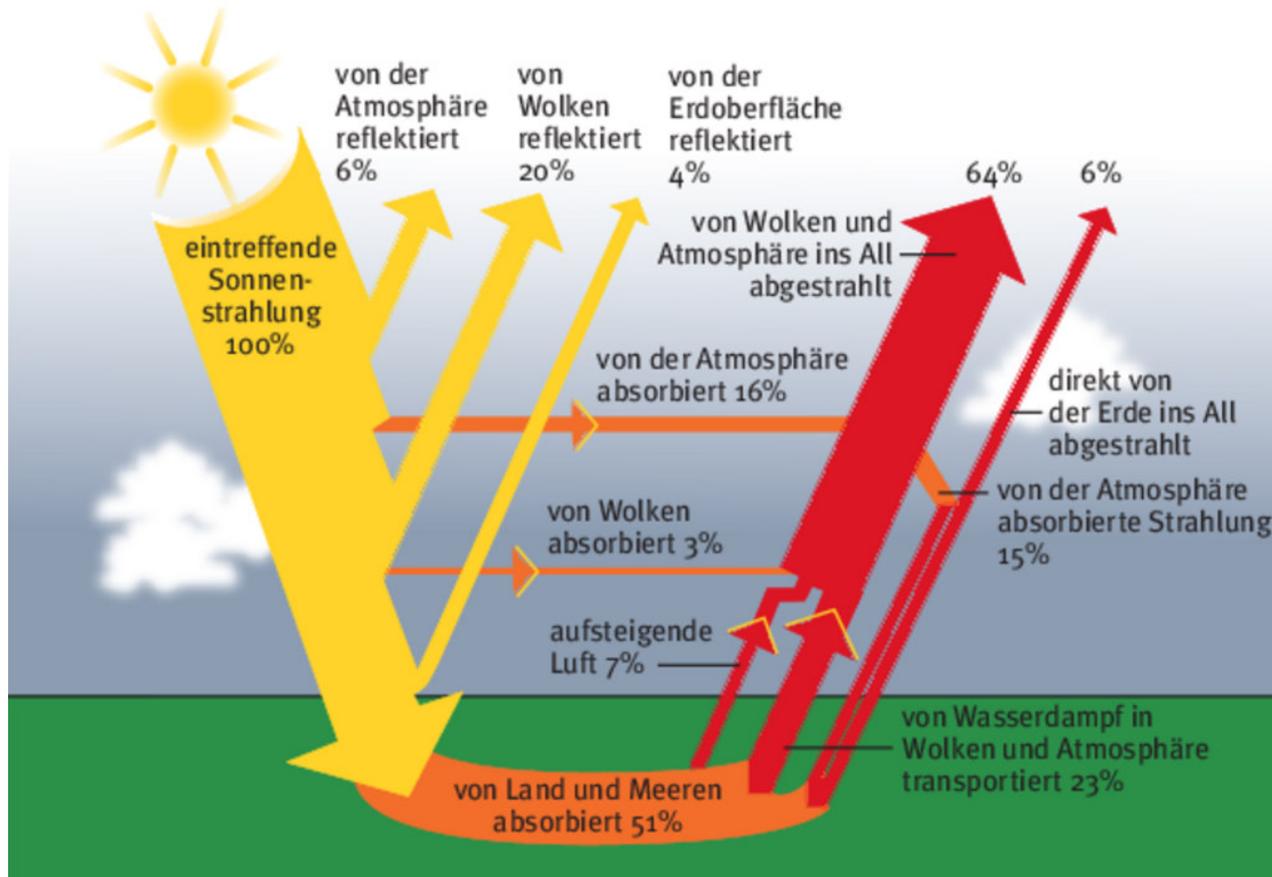
## - Der Treibhauseffekt



Quelle: [www.klimatopia-os.de](http://www.klimatopia-os.de)

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Der Treibhauseffekt

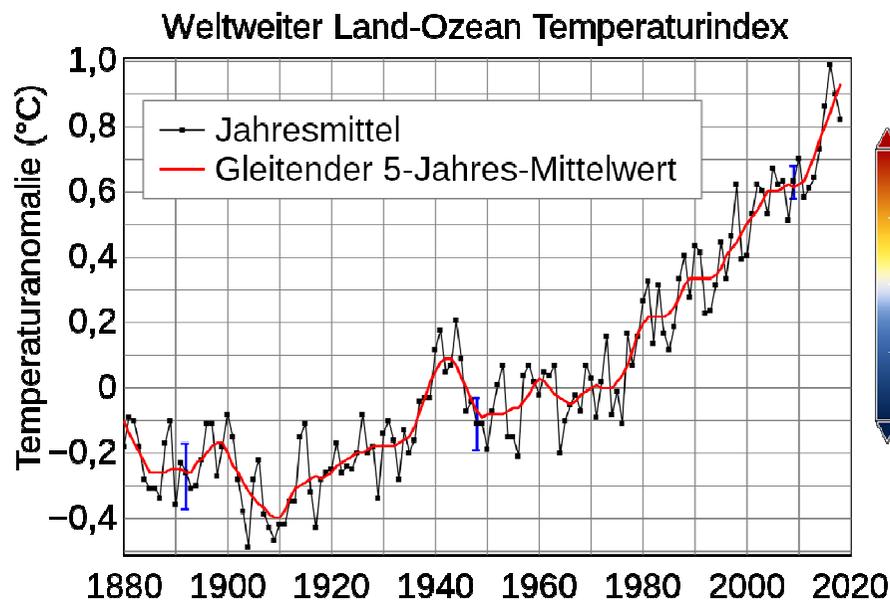


Energieflüsse in der Erdatmosphäre

Quelle: [www.weltderphysik.de](http://www.weltderphysik.de)

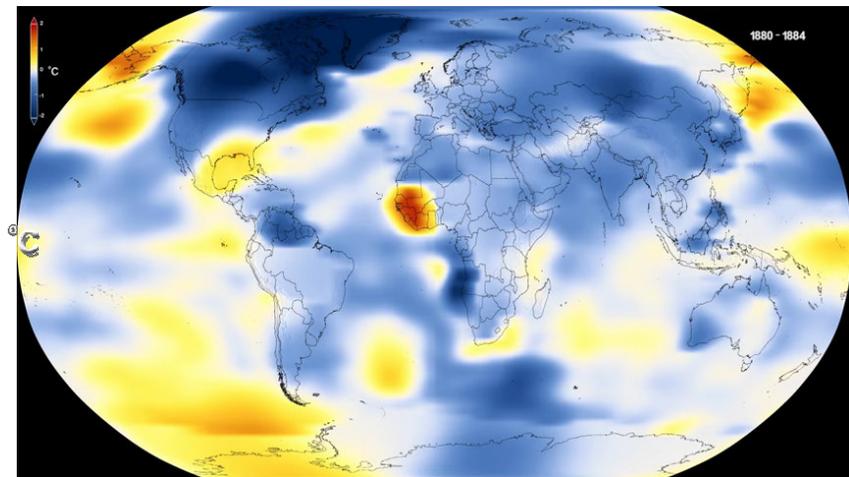
# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Der Treibhauseffekt



Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Globale\\_Erw%C3%A4rmung](https://de.wikipedia.org/wiki/Globale_Erw%C3%A4rmung)

Globale Temperaturanomalien von 1880 bis 2017



Quelle: <https://svs.gsfc.nasa.gov/4609/> NASA Scientific Visualization Studio

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

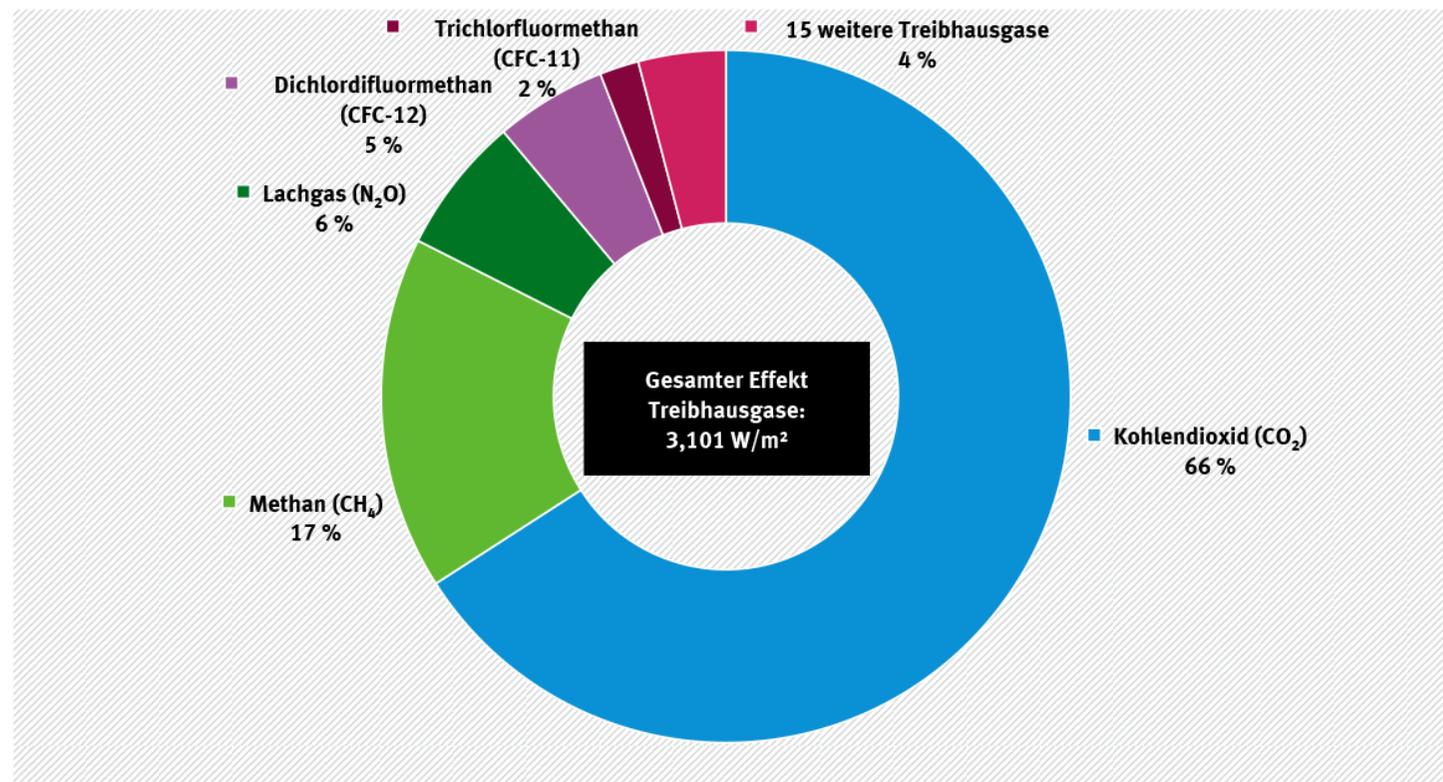
## - Der Treibhauseffekt

Welche langlebigen Gase sind die Hauptverursacher des menschengemachten Treibhauseffektes?

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Der Treibhauseffekt

Beitrag zum Treibhauseffekt durch Kohlendioxid und langlebige Treibhausgase 2018



Quelle: NOAA Earth System Research Laboratory, The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI), updated Spring 2019, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/aggi.html> (eingesehen am 12.07.2019)

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## **- Der Treibhauseffekt**

### Die Rechnung



Quelle: germanwatch

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

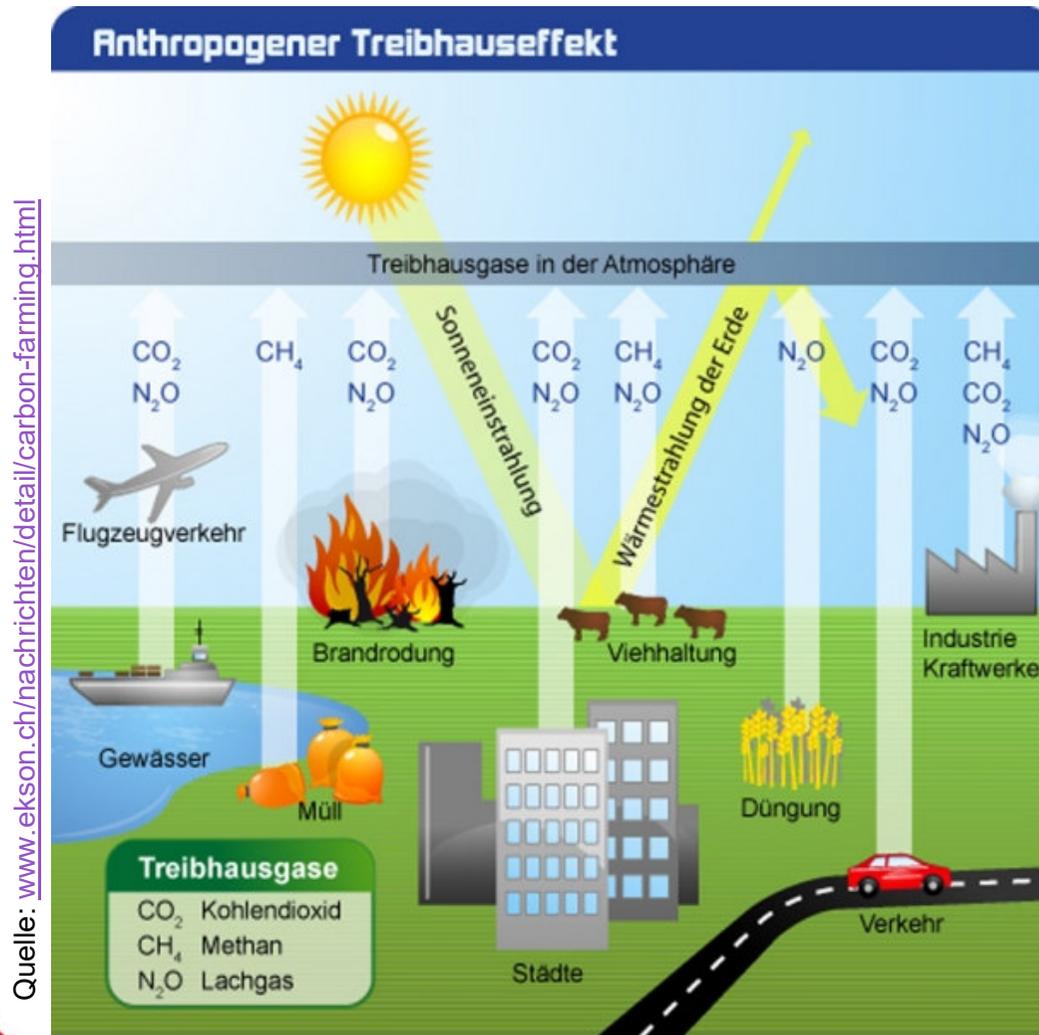
## - Der Treibhauseffekt

### Was verursacht die Treibhausgasemissionen?



# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Der Treibhauseffekt



### Verursacher...

- Schiffs-, Flug- und Automobilverkehr
- Landwirtschaft (Viehhaltung, Agrarwirtschaft)
- Industrie
- Abfallwirtschaft (Verbrennung von Müll)
- Energieversorgung
- Städtische Emissionen

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Der Treibhauseffekt

Gas	chem. Formelzeichen	Funktion	Treibhauspotenzial über 100 Jahre relativ zu CO <sub>2</sub>
Methan	CH <sub>4</sub>	Brennstoff	25
R-1234yf = 2,3,3,3-Tetrafluorpropen	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	Kältemittel für Auto-Klimaanlagen	4,4
R-134a = 1,1,1,2-Tetrafluorethan	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	Kältemittel für Kühlschränke (alternative zum FCKW)	1300
R-410A = 50% Difluormethan + 50% Pentafluorethan	50 % CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub> + 50 % CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	Lösch- und Kältemittel	3500
R-23 = Trifluormethan/Fluoroform	CHF <sub>3</sub>	Lösch- und Kältemittel	14 000
Lachgas	N <sub>2</sub> O	(diverse)	265
Schwefelhexafluorid	SF <sub>6</sub>	Isolations- und Löschgas in der Mittel- und Hochspannungstechnik, Schutzgas in Koaxialkabeln	23 500

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Wer verursacht die Treibhausgasemissionen?

### Was ist gerecht? >> Arbeitsblatt „Das Stuhlspiel“

Region	Bevölkerung in Mio.	Prozent	Personen	Energieverbrauch in Mrd. t SKE	Prozent	Stühle
Europa inkl. Russland	733			4,19		
Nord- und Mittelamerika	335			4,00		
Südamerika	569			0,76		
Afrika	944					
Asien	4.010					
Australien und Ozeanien	34					



#### AUFGABEN

1. Berechnet, wie viel Prozent der Weltbevölkerung in der jeweiligen Region leben!
2. Ermittelt, wie vielen Mitschülerinnen und Mitschülern in eurer Klasse dies entspricht und tragt die Zahl in die Spalte „Personen“ ein!
3. Der Energieverbrauch wird mithilfe der Stühle in der Klasse dargestellt. Berechnet jetzt, wie viel Prozent des gesamten Weltenergieverbrauchs auf die Regionen entfallen und ermittelt, wie viele Stühle diesen Anteilen jeweils entsprechen!
4. Alle Vertreterinnen und Vertreter der jeweiligen Erdteile setzen sich jetzt auf die ihnen zustehenden Stühle.
5. Beurteilt das Ergebnis: Entspricht der Energieverbrauch den Bevölkerungsanteilen?

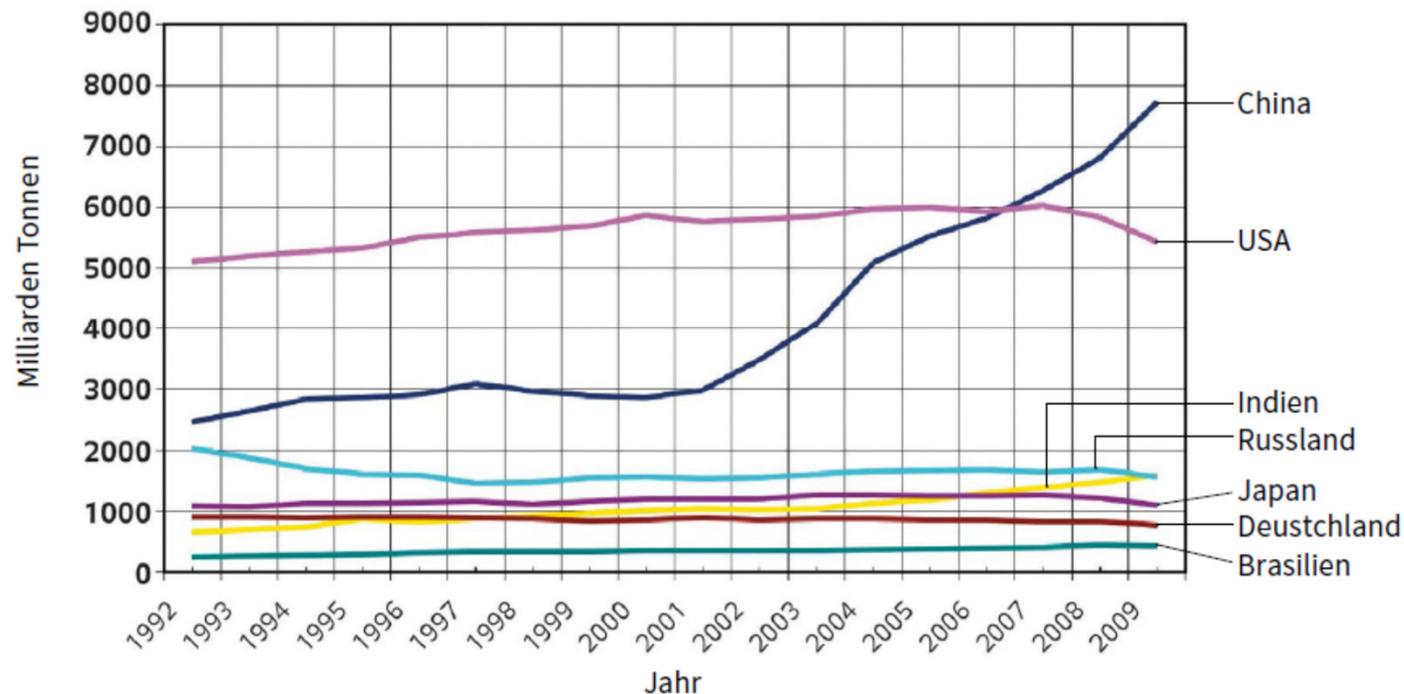
Quellen: BP Statistical Review of World Energy Jur

Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Erneuerbare Energien, Materialien für Bildung und Information, Seite 51

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Wer verursacht den Treibhauseffekt??

Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1992–2009

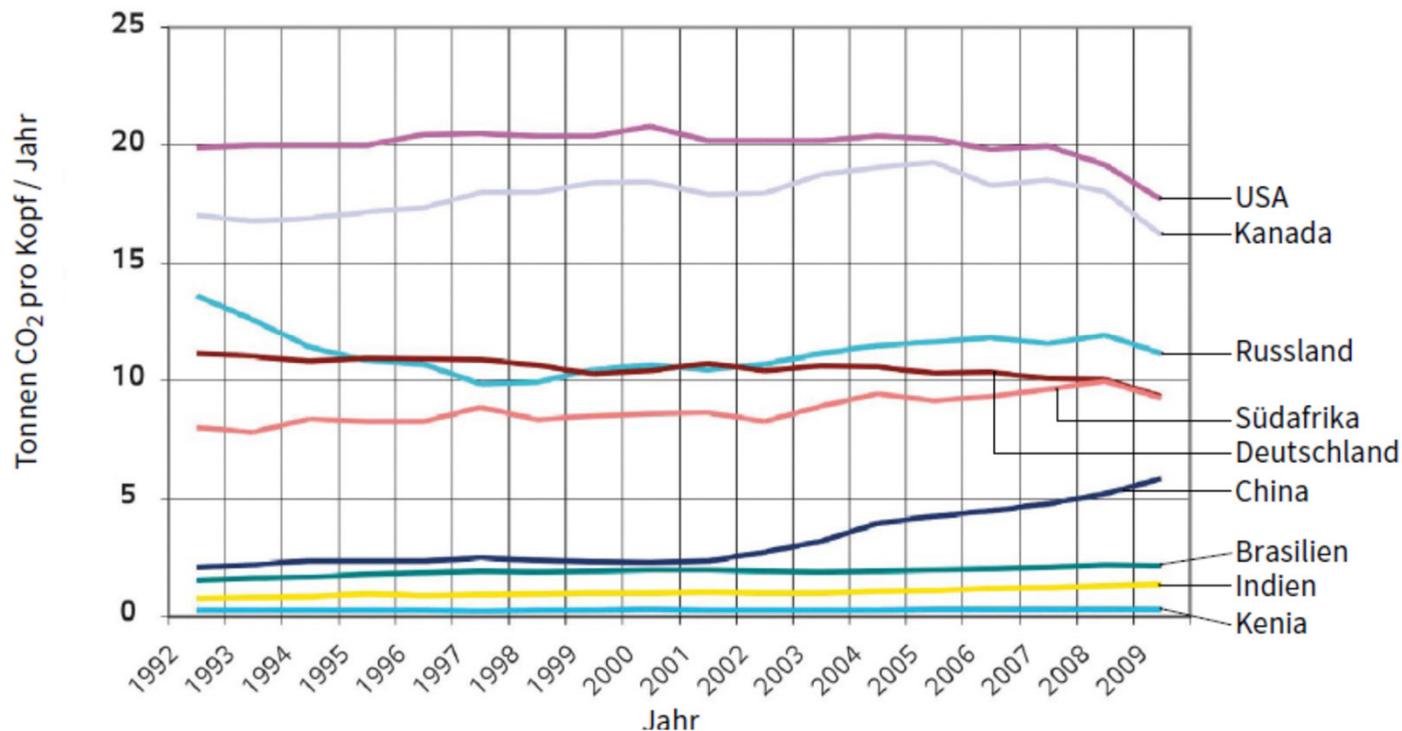


Quelle: germanwatch: Arbeitsblätter zum globalen Klimawandel, allgemeine Fragen, M6

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Wer verursacht den Treibhauseffekt??

Entwicklung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf von 9 ausgewählten Ländern zwischen 1992 und 2009

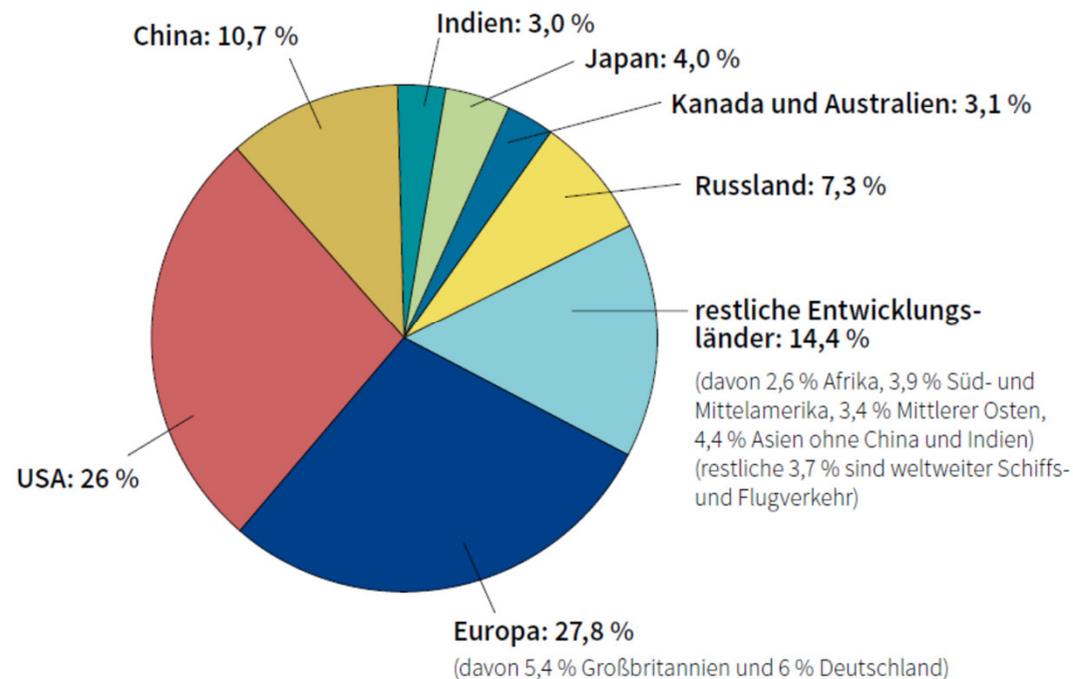


Quelle: germanwatch: Arbeitsblätter zum globalen Klimawandel, allgemeine Fragen, M6

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Wer verursacht den Treibhauseffekt??

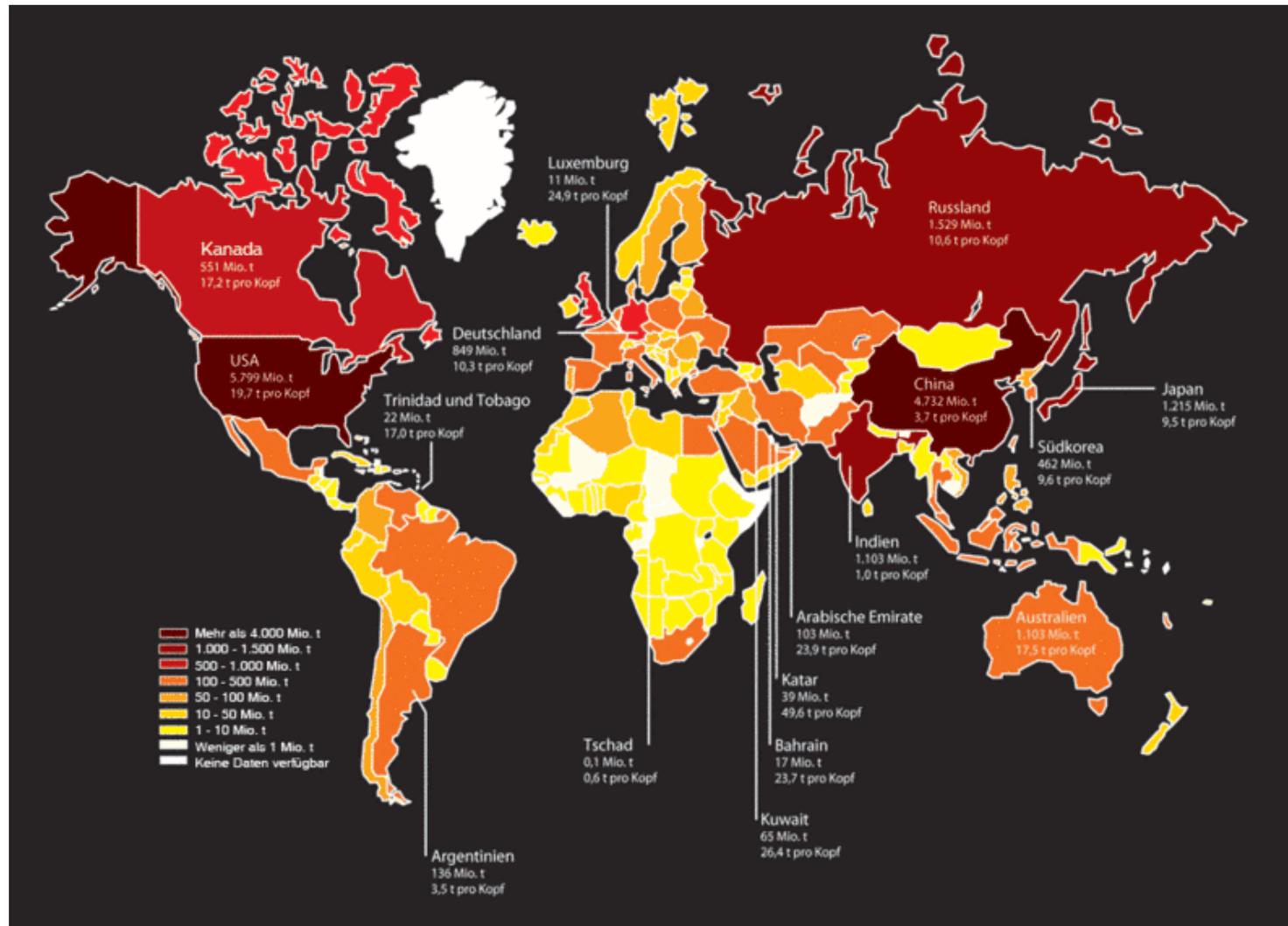
**Kumulierte energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen  
1750–2012**



(Quelle: Hansen et al. (2013): Assessing „Dangerous Climate Change“: Required Reduction of Carbon Emissions to Protect Young People, Future Generations and Nature. <http://www.plos.org/wp-content/uploads/2013/05/pone-8-12-hansen.pdf>, Zugriff am 24.01.2014)

Quelle: germanwatch: Arbeitsblätter zum globalen Klimawandel, allgemeine Fragen, M8

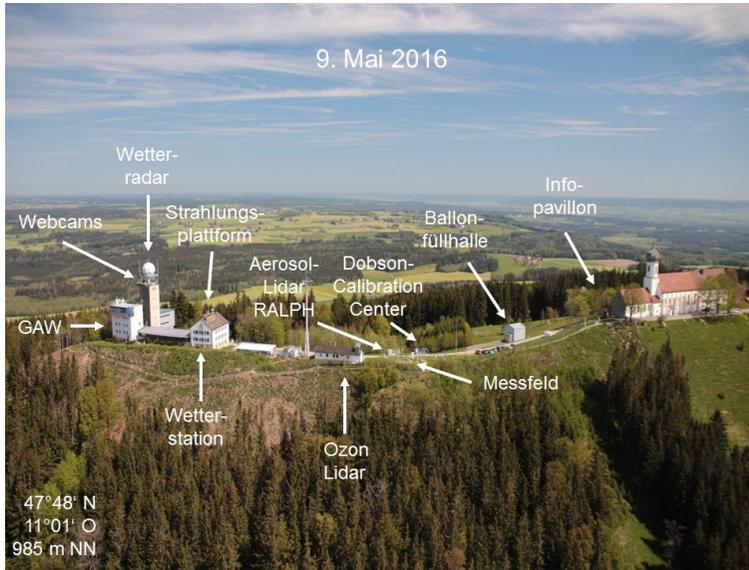
# Wer oder was verursacht den Klimawandel?



Quelle: germanwatch: <http://www.co2-story.de/ausstellung/co2-global.html>

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Wie werden die Treibhausgase gemessen??



Bergobservatorium auf dem Hohenpeissenberg, Bayern

**Global Atmosphere Watch (GAW)** startete erst 2016 mit der Erdoberflächenmessung der Atmosphäre

[Aktuelle Messwerte der Spurengase](#)



# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## - Wie werden die Treibhausgase gemessen??

Seit 2009 werden die wichtigsten Treibhausgase per Satellit überwacht. Der japanische Satellit Ibuki (dt. „Atem“) nimmt die CH<sub>4</sub> (Methan) und CO<sub>2</sub> (Kohlenstoffdioxid) Werte auf. Ibuki umrundet die Erde in 666 Kilometer Höhe 14 Mal täglich in jeweils 100 Minuten und kehrt alle drei Tage an dieselben Stellen zurück. Dadurch kann der Orbiter die Gaskonzentrationen an 56.000 Punkten in einer Höhe von bis zu drei Kilometern über der Erdoberfläche messen.

Vermessung von  
Treibhausgasemissionen mit  
Flugzeug und Satellit



Quelle: [https://www.dlr.de/pa/desktopdefault.aspx/tabid-13292/23264\\_read-53955/](https://www.dlr.de/pa/desktopdefault.aspx/tabid-13292/23264_read-53955/)

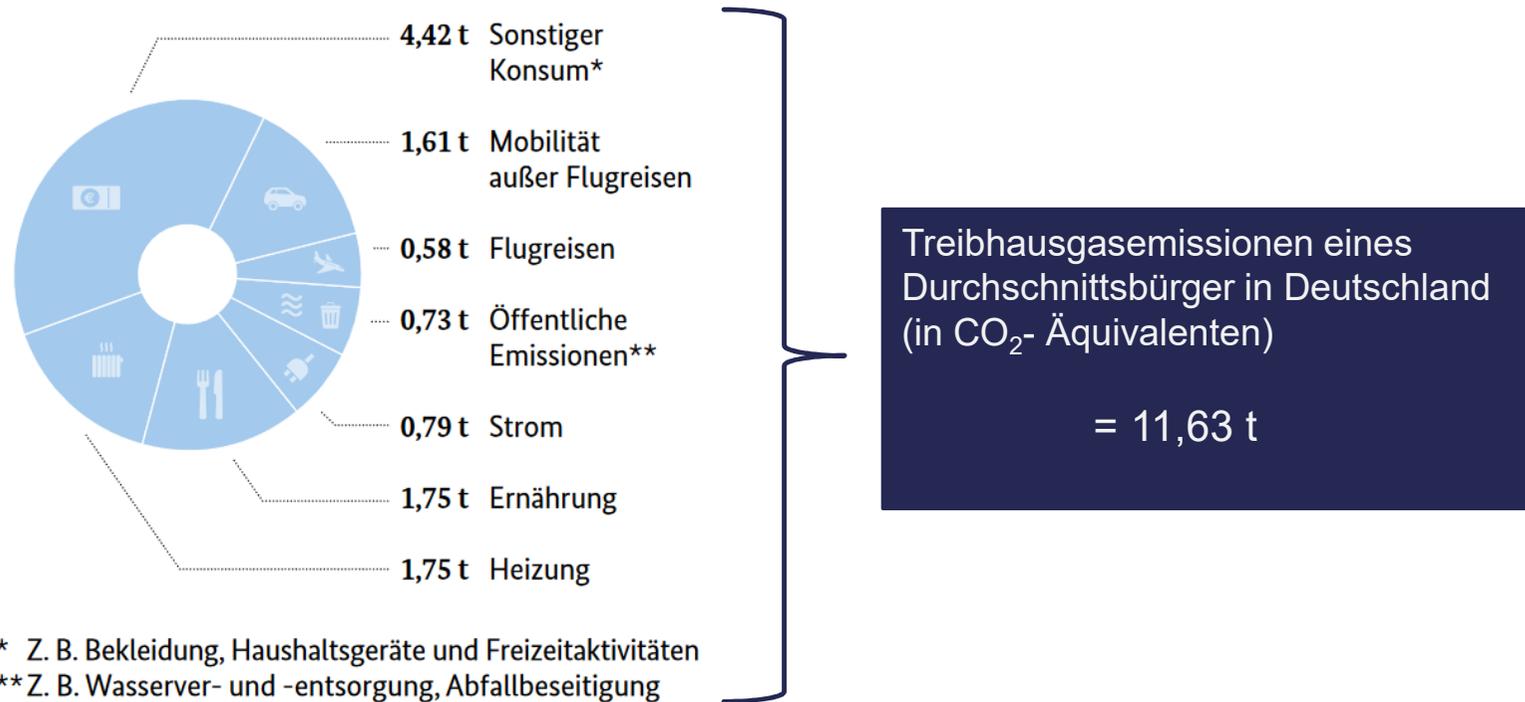
## Wie sieht es mit der eigenen CO<sub>2</sub>-Bilanz aus? Wo verbrauchen wir persönlich CO<sub>2</sub>?



# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Wie sieht es mit dem eigenen CO<sub>2</sub>-Verbrauch aus?



Quelle: UBA (2017b)

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Wie sieht es mit dem eigenen CO<sub>2</sub>-Verbrauch aus?

### Stromverbrauch/Jahr:

1 kWh  $\triangleq$  0,6 kg CO<sub>2</sub>

- 1 Personenhaushalt: 1.500 kWh/Jahr
- 2 Personenhaushalt: 2.800 kWh/Jahr
- 3 Personenhaushalt: 3.400 kWh /Jahr
- 4 Personenhaushalt: 4.000 kWh/Jahr
- 5 Personenhaushalt: 4.600 kWh/Jahr

### Mobilität:

- 1 l Benzin  $\triangleq$  2,3 kg CO<sub>2</sub>
- 1 l Diesel  $\triangleq$  2,6 kg CO<sub>2</sub>

- 1 Familien-PKW fährt ca. 20.000 bis 30.000 km/Jahr
- 1 Flug f. 4 Personen i.d. Kanaren  $\triangleq$  3 t CO<sub>2</sub>

### Heizen:

- 1 l Heizöl  $\triangleq$  2,6 kg CO<sub>2</sub>
- 1 m<sup>3</sup> Erdgas  $\triangleq$  2 kg CO<sub>2</sub>

- 1 Familie verbraucht ca. 23.000 kWh\*/ 18.000 kWh\*\* Erdgas i. EH
- 1 Familie verbraucht ca. 13.000 kWh\*/ 7.000 kWh\*\* Erdgas i.d. WG
- 1 Familie verbraucht ca. 10.000 kWh Fernwärme

\* ohne Gas-Brennwertheizung  
\*\* mit Gas-Brennwertheizung

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Wie sieht es mit dem eigenen CO<sub>2</sub>-Verbrauch aus?

**Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland – Bezugsjahr 2018**

		Pkw	Flugzeug, Inland	Eisenbahn, Fernverkehr	Fernlinienbus	sonstige Reisebusse <sup>6</sup>	Eisenbahn, Nahverkehr	Linienbus	Straßen-, Stadt- und U-Bahn
Treibhausgase <sup>1</sup>	g/Pkm	147	230 <sup>3</sup>	32 <sup>2</sup>	29	31	58	80	58
Kohlenmonoxid	g/Pkm	1,00	0,48	0,02	0,02	0,04	0,04	0,06	0,04
Flüchtige Kohlenwasserstoffe <sup>4</sup>	g/Pkm	0,14	0,13	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00
Stickoxide	g/Pkm	0,43	1,01	0,04	0,06	0,11	0,20	0,32	0,05
Feinstaub <sup>5</sup>	g/Pkm	0,004	0,011	0,000	0,001	0,002	0,002	0,003	0,000
<b>Auslastung</b>		1,5 Pers./Pkw	71%	56%	55%	64%	28%	19%	19%

g/Pkm = Gramm pro Personenkilometer, inkl. der Emissionen aus der Bereitstellung und Umwandlung der Energieträger in Strom, Benzin und Kerosin

Quelle: TREMOD 6.02

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalente

Umweltbundesamt, 01/2020

<sup>2</sup> Die in der Tabelle ausgewiesenen Emissionsfaktoren für die Bahn basieren auf Angaben zum durchschnittlichen Strom-Mix in Deutschland. Emissionsfaktoren, die auf unternehmens- oder sektorbezogenen Strombezügen basieren (siehe z. B. den „Umweltmobilcheck“ der Deutschen Bahn AG), weichen daher von den in der Tabelle dargestellten Werten ab.

<sup>3</sup> inkl. Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte

<sup>4</sup> ohne Methan

<sup>5</sup> ohne Abrieb von Reifen, Straßenbelag, Bremsen, Oberleitungen

<sup>6</sup> Gruppenfahrten, Tagesfahrten (z. B. Busrundreisen, Klassenfahrten, "Kaffeefahrten")

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Wie sieht es mit dem eigenen CO<sub>2</sub>-Verbrauch aus?

Kraftstoff	Benzin			Diesel	
	SUV	Mittelklasse	Kleinwagen	SUV	Mittelklasse
PKW-Fahrzeugklasse					
Kraftstoffvolumen [l]	60	45	45	58	45
Kraftstoffverbrauch innerorts [l/100 km]	7,0	6,0	5,7	5,4	2,4
Kraftstoffverbrauch außerorts [l/100 km]	5,0	4,0	4,3	4,6	3,1
Kraftstoffverbrauch Durchschnittswert [l/100 km]	6,0	4,7	4,8	4,9	3,5
CO <sub>2</sub> -Emissionen [g/km]	131	107	109	128	92

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO2-Bilanz

Wie sieht es mit dem eigenen CO2-Verbrauch aus?

online CO2-Fußabdruckrechner des Umweltbundesamtes:  
[https://uba.co2-rechner.de/de\\_DE/](https://uba.co2-rechner.de/de_DE/)



CO2-Rechner der Initiative “Klimaneutral Handeln”  
<https://www.klimaneutral-handeln.de/php/kompens-berechnen.php>

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

### Wieviel wiegt Kohlendioxid?

Ein Mol eines Stoffes enthält etwa  $6,022 \cdot 10^{23}$  Teilchen.  
 Unter einem Teilchen versteht man ein Kernteilchen, also Protonen und Neutronen zusammen.

1 Mol = 602 Trilliarden Teilchen

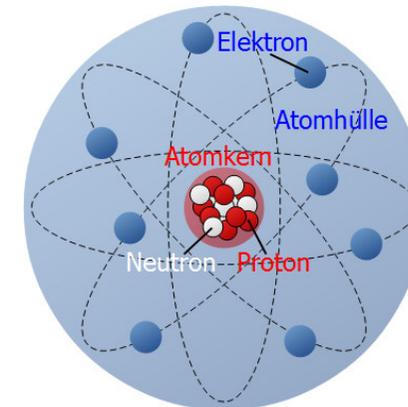
$N_A = 6,022\ 140\ 76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  (Avogadro-Konstante)

### Relative Atommasse u ...

O = 15,999 g/mol  
 C = 12,011 g/mol

### Bei Gasen ...

1 Mol = 22,4 Liter



Atomaufbau

[Quelle: <https://www.ahoefler.de/>]

6 0,206[4] [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> 3750 G / 4830 <b>C</b> Kohlenstoff	12,011 2,50 [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> -210 / -196 <b>N</b> Stickstoff	8 1,229[-2] [He]2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> -219 / -183 <b>O</b> Sauerstoff
--	--	--

Auszug aus dem Periodensystem der Elemente

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

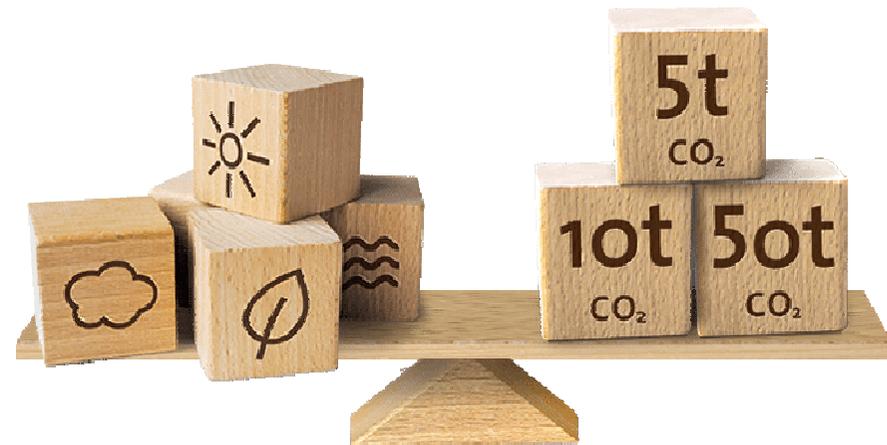
Wieviel wiegt Kohlendioxid?



$$1 \text{ Mol CO}_2 = 12,011 \text{ g/mol} + (2 \cdot 15,999 \text{ g/mol}) = 44,009 \text{ g/mol}$$

g/mol in g/l ...

$$(44,009 \text{ g/mol}) : (22,4 \text{ l}) \longrightarrow 1,96 \text{ g/l}$$



# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Wieviel Luftballons voller CO<sub>2</sub> würde man an 1 Tag verbrauchen?

Das Volumen eines Luftballons beträgt 2,5 Liter. Das Gewicht eines Liters CO<sub>2</sub> entspricht 1,96 Gramm. Der Durchschnittsverbrauch eines Bürgers in Deutschland entspricht etwa 30 kg CO<sub>2</sub> am Tag.



1 t = 1000 kg  
1 m<sup>3</sup> = 1000 l

1. **Wieviel Liter CO<sub>2</sub> entsprechen 1kg?**

1 kg CO<sub>2</sub> ≙ x Liter

2. **Wie viele Luftballons werden benötigt für einen Liter CO<sub>2</sub>?**

1 kg CO<sub>2</sub> ≙ ca. x Luftballons

3. **Wie viele Luftballons können mit einer Tonne CO<sub>2</sub> befüllt werden ?**

1t CO<sub>2</sub> ≙ x l ≙ x m<sup>3</sup> ≙ x Luftballons

4. **Wie viele Luftballons würdest Du am Tag befüllen?**

30 kg CO<sub>2</sub> ≙ x Luftballons



# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

**Wieviel Luftballons voller CO<sub>2</sub> würde man an 1 Tag verbrauchen?**

Das Volumen eines Luftballons beträgt 2,5 Liter. Das Gewicht eines Liters CO<sub>2</sub> entspricht 1,96 Gramm. Der Durchschnittsverbrauch eines Bürgers in Deutschland entspricht etwa 30 kg CO<sub>2</sub> am Tag.



1 t = 1000 kg  
1 m<sup>3</sup> = 1000 l

**1. Wieviel Liter CO<sub>2</sub> entsprechen 1kg?**

1 kg CO<sub>2</sub>  $\hat{=}$  510,2 Liter

**2. Wie viele Luftballons werden benötigt für einen Liter CO<sub>2</sub>?**

1 kg CO<sub>2</sub>  $\hat{=}$  ca. 204 Luftballons

**3. Wie viele Luftballons können mit einer Tonne CO<sub>2</sub> befüllt werden ?**

1t CO<sub>2</sub>  $\hat{=}$  510.000 l  $\hat{=}$  510 m<sup>3</sup>  $\hat{=}$  204.000 Luftballons

**4. Wie viele Luftballons würdest Du am Tag befüllen?**

30 kg CO<sub>2</sub>  $\hat{=}$  6.120 Luftballons



# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO2-Bilanz

### Wieviel CO2 steckt in einer Flugreise?

Wie viel Kerosin passt in eine Boeing 747?

Leergewicht	176.800 kg
Startgewicht maximal	377.800 kg
Landegewicht maximal	265.400 kg
Kraftstoffkapazität	203.000 Liter
Dichte von Kerosin	0,845 kg/l
Kraftstoffkapazität	171.535 kg
Kraftstoffverbrauch	13.550 Liter pro Stunde



Quelle: [www.arktik.de](http://www.arktik.de) CO2 Flugrechner

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

### Wieviel CO<sub>2</sub> steckt in einer Flugreise?

#### Kurzstrecke (< 1.500 km):

Kerosinverbrauch [kg] = 2,8594 kg/km \* Flugdistanz [km] + 754,44\* [kg]

Auslastung: 69,51% (bei ca. 136 Sitzen)

#### Mittelstrecke (zw. 1.500 km und 3.500 km):

Kerosinverbrauch [kg] = 2,8431 kg/km \* Flugdistanz [km] + 749,68\* [kg]

Auslastung: 73,73% (bei ca. 146 Sitzen)

#### Langstrecke (> 3.500 km):

Kerosinverbrauch [kg] = 5,8596 kg/km \* Flugdistanz [km] + 1.744,70\* [kg]

Auslastung: 78,50% (bei ca. 227 Sitzen)

\* Warteschleifen & Umwege

Quelle: [www.arktik.de](http://www.arktik.de) CO<sub>2</sub> Flugrechner

## Wer oder was verursacht den Klimawandel?

### Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

#### Wieviel CO<sub>2</sub> steckt in einer Flugreise?

- Bei dem Verbrennen von **1l** Kerosin entsteht **3,1497 kg CO<sub>2</sub>**
- Dichte von Kerosin: **0,845 kg/l**
- Die Indirekte Bereitstellung / Produktion von Kerosin verursacht **0,5854 kg CO<sub>2</sub>-Emissionen pro kg Kerosin.**

#### *Berücksichtigung des Höheneffektes von Flugreisen:*

- CO<sub>2</sub>-Emissionen in in höheren Luftschichten haben eine höhere negative Wirkung auf die Erderwärmung als in bodennahen Schichten!
- > **Ab 9 km Höhe (= ab 550 km Flugdistanz) 2,7 fache negative Wirkung**

Quelle: [www.arktik.de](http://www.arktik.de) CO<sub>2</sub> Flugrechner

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO2-Bilanz

### Wieviel CO2 steckt in einer Flugreise?

Gewichtung der Flugklassen:

Kurzstrecke (<1.500 km)	Mittelstrecke (>1.500 km; < 3.500 km )	Langstrecke (> 3.500 km)
Economy: 0,95 Business: 1,43	Economy: 0,95 Business: 1,43	Economy: 0,73 Economy Plus: 1,17 Business: 2,12 First: 2,92

Quelle: [www.arktik.de](http://www.arktik.de) CO2 Flugrechner

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Wieviel CO<sub>2</sub> steckt in einer Flugreise?

- 1.) Berlin - München (Economy) 480 km
- 2.) Berlin - Mallorca (Economy) 1.657 km
- 3.) Berlin - Teneriffa - Canary Islands (Economy) 3.674 km

Quelle: [www.arktik.de](http://www.arktik.de) CO<sub>2</sub> Flugrechner

# Wer oder was verursacht den Klimawandel?

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Bilanz

### Wieviel CO<sub>2</sub> steckt in einer Flugreise?

#### 1.) Berlin - München (Economy) 480 km

2,8594 kg/km \* 480 km + 754,44 kg  
= 2.126,95 kg Kerosin / Flugzeug  
/ (136 Sitze \* 69,51% Auslastung) = 94,53 Personen  
= 22,50 kg Kerosin / Kopf  
\* 0,845 kg/l  
= 19,01 l Kerosin / Kopf  
\* 3,1497 kg CO<sub>2</sub> / l  
= 59,88 kg CO<sub>2</sub> / Kopf  
+ (22,50 kg Kerosin / Kopf \* 0,5854 kg CO<sub>2</sub> / kg Kerosin)  
= 73,05 kg CO<sub>2</sub> / Kopf  
\* Faktor 0,95 f. Economy  
= **69,40 CO<sub>2</sub> / Kopf**

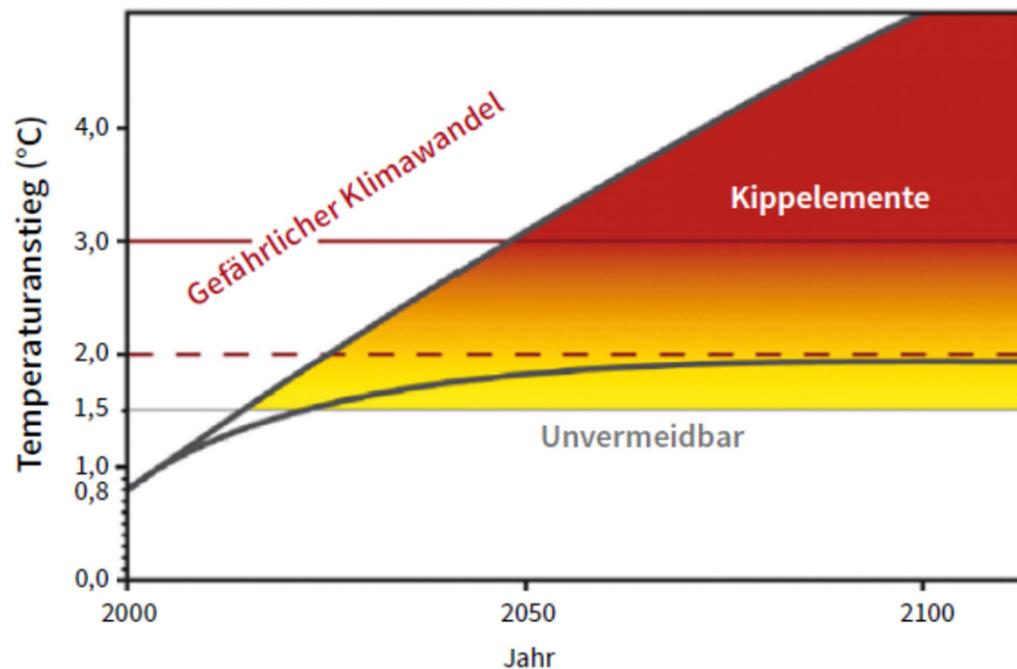
Quelle: [www.arktik.de](http://www.arktik.de) CO<sub>2</sub> Flugrechner

## Welche Folgen hat der Klimawandel?



# Welche Folgen hat der Klimawandel?

Ab wann kippt das Klima?

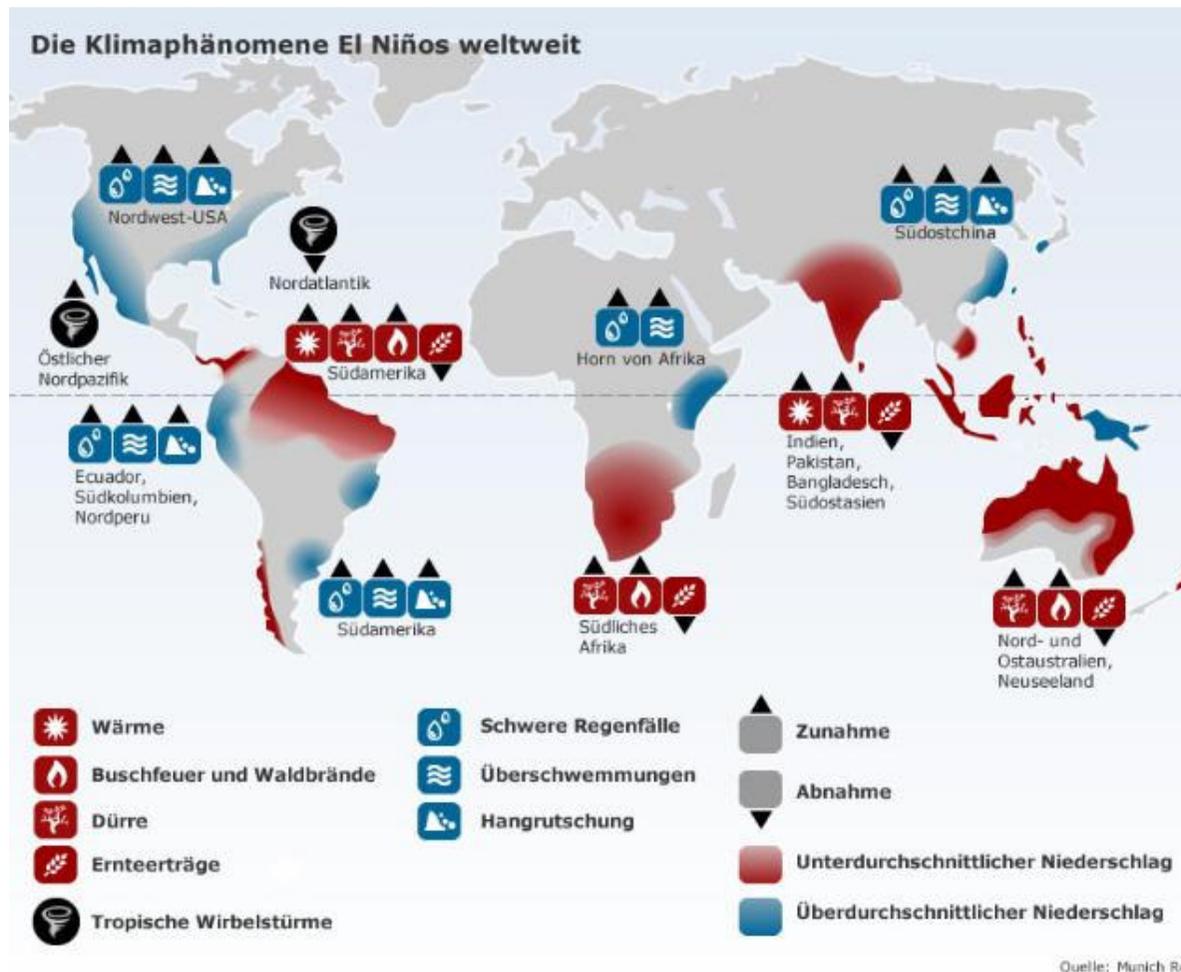


Siehe auch Sachstandsbericht des IPCC (Arbeitsblätter M14 und M16)

(Quelle: Bauer (2007): Fragile Staaten und Klimawandel: Neue Herausforderungen für Internationale Politik und Entwicklungszusammenarbeit. Unveröffentlichte Präsentation)

Quelle: germanwatch, Arbeitsblätter zum globalen Klimawandel

# Welche Folgen hat der Klimawandel?



## Welche Folgen hat der Klimawandel?

**Steigt der Meeresspiegel, wenn das Eis am Nordpol schmilzt?**

**1.) Gedanken-Experiment:**



**Glaubst Du das Glas läuft über, wenn die Eiswürfel schmelzen?**

**Was meinst Du passiert mit dem Wasserstand, wenn Eisberge schmelzen?**

## Welche Folgen hat der Klimawandel?

**Steigt der Meeresspiegel, wenn das Eis am Nordpol schmilzt?**

**Steigt der Meeresspiegel, wenn das Inlandeis auf Grönland schmilzt?**

**2.) Versuch:**

### **Behälter A = Inlandeis auf Grönland**

- **Platziere die Eiswürfel auf dem Stein**

### **Behälter B = Meereis am Nordpol**

- **Platziere die Eiswürfel neben dem Stein / im Wasser**
- **Fülle soviel Wasser hinein, dass der Stein bedeckt ist.**
- **Markiere den Wasserstand.**
- **Prüfe nach dem Schmelzen des Eises, ob sich der Wasserstand geändert hat.**

# Welche Folgen hat der Klimawandel?

Steigt der Meeresspiegel, wenn das Eis am Nordpol schmilzt? **NEIN**

Steigt der Meeresspiegel, wenn das Inlandeis auf Grönland schmilzt? **JA**

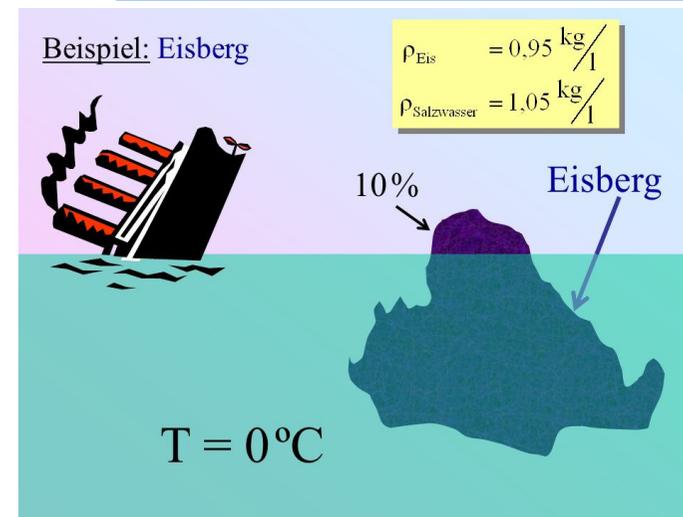
3.) Warum steigt der Meeresspiegel nicht, wenn Meereis schmilzt?:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

## Das Archimedische Prinzip

- Der Auftrieb, den ein Körper in einer Flüssigkeit erfährt, ist so groß wie die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeitsmenge.
- 1kg Eis verdrängt 1 kg Wasser.
- 1kg Eis braucht mehr Platz (**1,09 l**) als Wasser (**1 l**), weil sich Wasser um ca. **1/10** seines Volumens ausdehnt, wenn es gefriert.
- Deshalb ragt ca. **10%** des Eises aus dem Wasser
- Schmilzt das Eis, braucht es weniger Platz bei demselben Gewicht.

Dichte von Wasser:  $\rho = 1 \text{ kg/l}$   
 Dichte von Eis:  $\rho = 0,918 \text{ kg/l}$



Quelle: SlidePlayer.org

## Welche Folgen hat der Klimawandel?

**Berechne, um wieviel der Meeresspiegel ansteigt, wenn das Inlandeis von Grönland und der Antarktis vollständig abschmelzen würde.**

Grönland (Inlandeis):  $V = 2,85 \text{ Mio. km}^3$

Antarktis:  $V = 26,03 \text{ Mio. km}^3$

Fläche des Meeres:  $361 \text{ Mio. km}^2$

Dichte von Wasser:  $\rho = 1 \text{ kg/l}$

Dichte von Eis:  $\rho = 0,918 \text{ kg/l}$

**Formel für den Meeresspiegelanstieg:**

**Volumen des abgeschmolzenen Eises x Dichte des Eises**

**Fläche des Meeres**

# Welche Folgen hat der Klimawandel?

## Was ist wetterbedingt, und was lässt sich auf den Klimawandel zurückführen?



Liesius honor ist an Hochsommertagen die Temperatur in der Karlsruher Innenstadt verglichen mit dem Umland. Das birgt erhebliche Gesundheitsgefahren. Fotos: opat/ne

### Klimawandel verschärft Hitze in den Städten

Karlsruher Grünen-Abgeordnete Bettina Lisbach: Ansiedelung der Tigermücke ist ein Warnsignal

Von unserem Redaktionsmitglied Wolfgang Voigt

**Stuttgart/Karlsruhe.** Die grün-schwarze Landesregierung befürchtet eine dramatische Aufheizung von Städten wie Karlsruhe in den kommenden Sommern als Folge des Klimawandels. Der sogenannte Hitze-Insel-Effekt durch Versiegelung und dichte Bebauung führe dazu, dass in Stadtgebieten höhere Temperaturen auftreten als im Umland, teilen Wirtschafts-, Umwelt- und Sozialministerium auf eine Anfrage der Karlsruher Grünen-Abgeordneten Bettina Lisbach und ihrer aus Heilbronn stammenden Kollegin Susanne Bay mit. Karlsruhe gilt als besonders betroffen. In der Fischerstadt wurde bereits eine um sieben Grad Celsius höhere Temperatur ermittelt als zeitgleich im Umland. Für die Zukunft zeigten die Auswertungen regionaler Klimamodelle

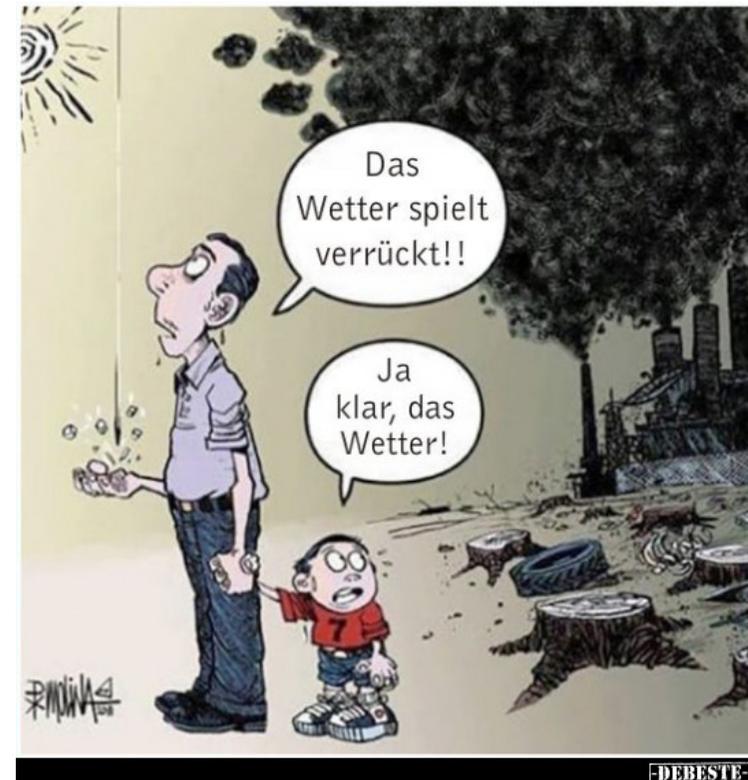
durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW) einen weiteren Anstieg. Für die Karlsruher Grünen-Politikerin Bettina Lisbach macht dies deutlich, dass der Klimawandel nicht nur ferne Länder betrifft. „er findet ganz konkret auch bei uns statt“. Gerade für ältere und kranke Menschen bedeute die Zunahme von Hitzetagen eine gesundheitliche Belastung. Hinzu komme die Ansiedelung krankheitsübertragender Insekten. „Das Auftauchen der Tigermücke ist ein ernst zu nehmendes Warnsignal“, sagt die Parlamentarierin. Auch das Sozialministerium warnt vor dem Gesundheitsgefahren durch den Klimawandel. Als Hitzefolgen nennt das Ministerium Hitzekollaps, Hitzschlag, Krämpfe und Austrocknung. Auch mit einer Verschlechterung chronischer Erkrankungen müsse gerechnet werden.

Die Landesregierung informiert eigenen Angaben zufolge alle drei Jahre über die wesentlichen Folgen des Klimawandels für den Südwesten sowie über die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Wichtiger Bestandteil der Anpassungsstrategie ist das ressortübergreifende Förderprogramm „Klimopass“. Unterlassen fehlten verlässliche Daten etwa über die Folgen des Hitzesommers 2003 auf die Bürger in den Städten im Unterschied zum Umland. Aus einer Erhebung der Rettungsdienste am Nachmittag des 8. August 2003 ergibt sich ein Anstieg von Notfällen wegen unmittelbarer Hitzefolgen um 17 Prozent. Laut einer vom Landesgesundheitsamt erhobenen Umfrage in gut 1.000 Pflegeheimen starben dort in der ersten Augusthälfte 2003 etwa 300 Bewohner an den Folgen der Hitze. Die Dunkelziffer wird von Fachleuten jedoch deutlich höher eingeschätzt.

Die Landesregierung reagiert auf die Gefahren mit einer Reihe von Maßnahmen. Eingerichtet werden sollen beispielsweise „Kühlstuben“, etabliert wird eine „Heat Scout“ genannte Hitzeberatung, außerdem will man die Bürgerinnen und Bürger über klimaanpassungsfähige Verhaltensweisen aufklären. Auch die Stadtplanung kann dem Klimawandel und seinen Auswirkungen Rechnung tragen, so die Landesregierung in ihrer Antwort auf die Anfrage der beiden Abgeordneten. Etwa indem sie großflächige Kaltluft-Entstehungsgebiete wie Wälder, Wiesen, Kleingärten und Parks erhält und fördert. Im Bereich solcher Schneisen könne die Temperatur dauerhaft um mehrere Grad Celsius abgesenkt werden. Als „sehr wichtig“ bezeichnen die Ministerien die Vernetzung innerstädtischer Grünareale mit Kaltluft-Entstehungsgebieten außerhalb der Stadt.

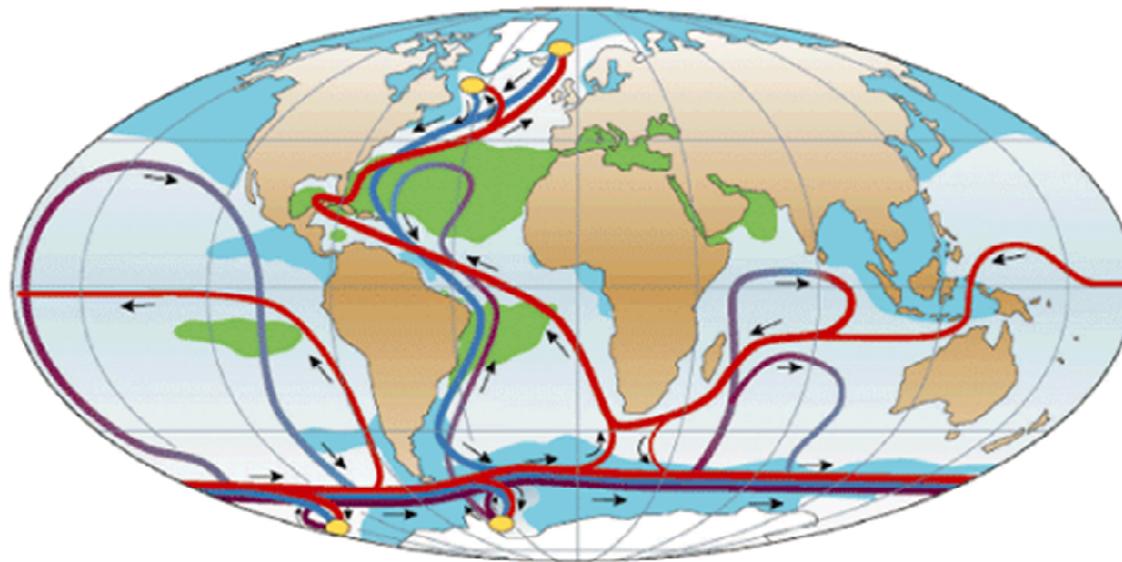


Bettina Lisbach



# Welche Folgen hat der Klimawandel?

## Die Ozeanische Zirkulation



- Oberflächenströmung
- Tiefenströmung
- Bodenströmung
- Tiefenwasserbildung
- Hoher Salzgehalt
- Niedriger Salzgehalt

[Die thermohaline Zirkulation in 3D:](#)

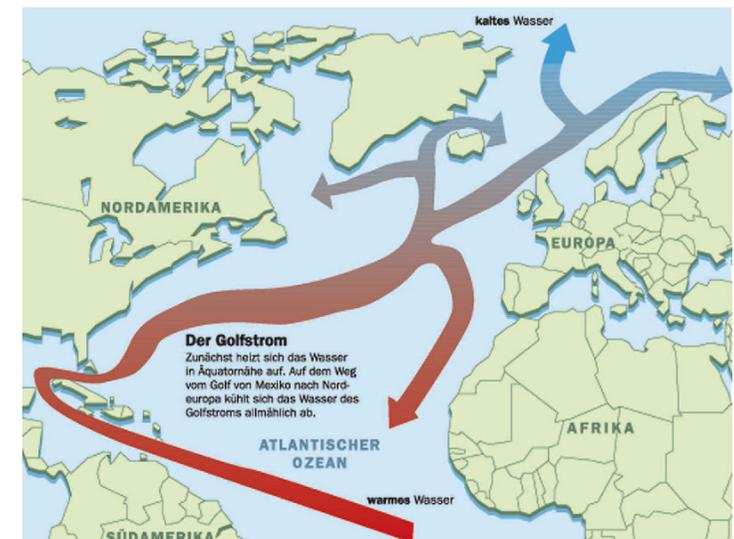
<https://youtu.be/Fvuc2TScauw>

Quelle: Christian-Albrechts-Universität Kiel, 2008 /  
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimasystem/umsetzungen/ozeanische-zirkulation>

## Welche Folgen hat der Klimawandel?

### Der Golfstrom und der Klimawandel:

- >> Abschmelzen der Polarkappen
- >> Salzgehalt des Meeres vor Grönland wird geringer
- >> Nordatlantischer Strom ist nicht mehr schwer genug und kann nicht absinken
- >> Golfstrom könnte zum Erliegen kommen
- >> Nordsee würde zufrieren



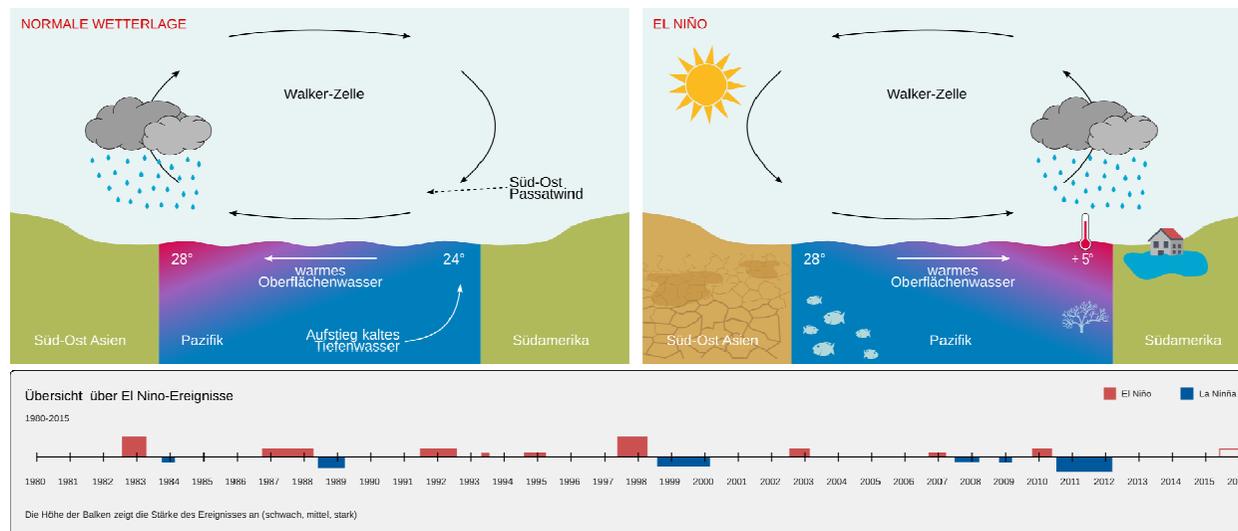
Quelle: Tagesspiegel.de

# Welche Folgen hat der Klimawandel?

## Was ist eigentlich EL NIÑO?:

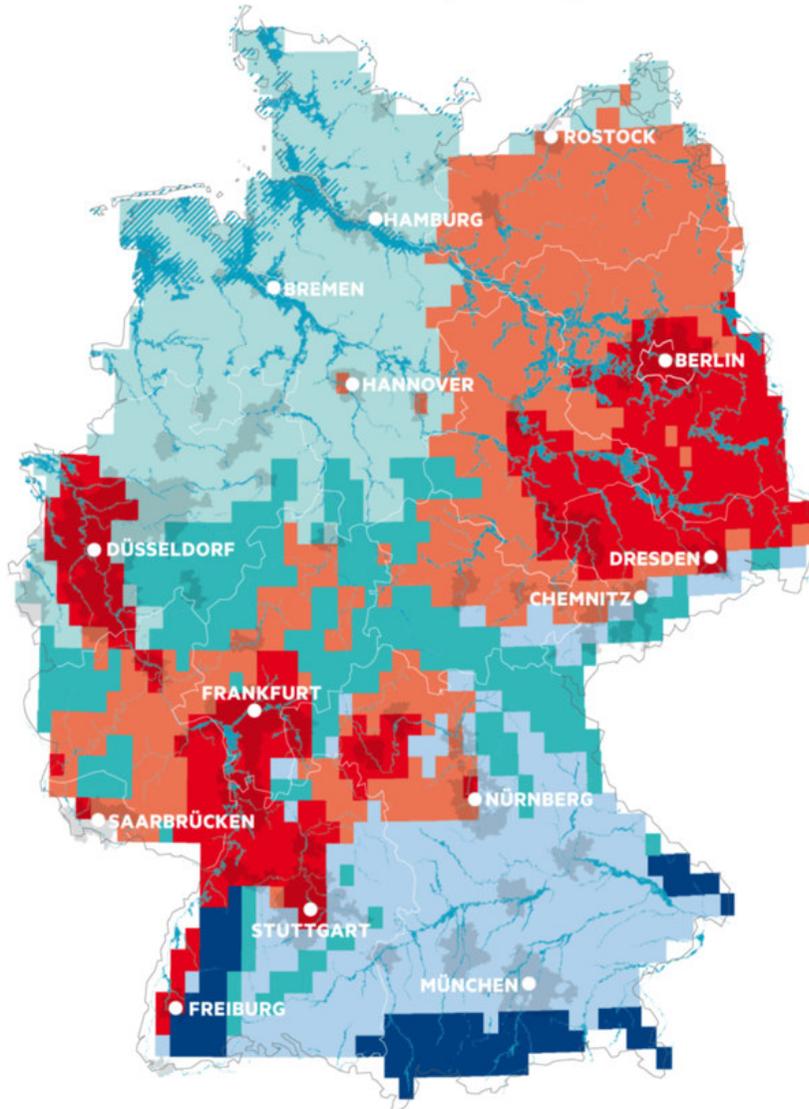
El Niño nennt man das **Auftreten ungewöhnlicher, nicht zyklischer, veränderter Meeresströmungen** im ozeanografisch-meteorologischen System (El Niño-Southern Oscillation, ENSO) des äquatorialen Pazifiks.

Kurz erklärt: <https://youtu.be/ZfT5dSCAQYk>



### Auswirkungen ab 2021 bis 2050

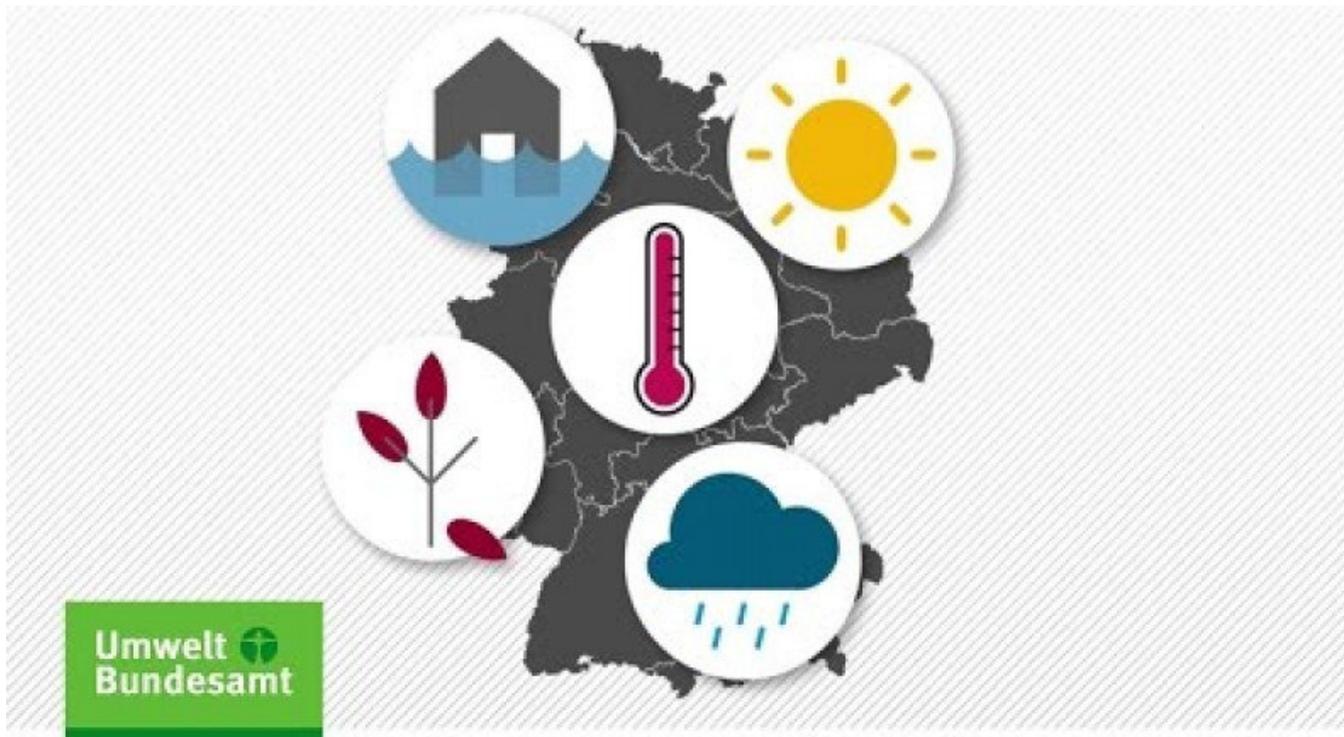
(bei schwachem Wandel: mittlerer Temperaturanstieg von 1 bis 2,5 Grad\*)



- Regionen mit kühlerem Klima**
    - Anstieg der Winterniederschläge
    - größere Schäden durch Flusshochwasser
  - Regionen mit Mittelgebirgsklima**
    - Sommerniederschläge sinken
    - mehr Winterniederschläge
    - sinkende Schneesicherheit
  - Regionen mit trockenerem Klima**
    - Trend zu höheren Sommer- und Wintertemperaturen
    - Zunahme von heißen Tagen und Tropennächten
    - Einschränkungen bei den Wasserressourcen
  - Regionen mit warmem Klima**
    - starker Anstieg von heißen Tagen (über 30 Grad) und Tropennächten (nicht weniger als 20 Grad), vor allem in den Verdichtungsräumen
  - Regionen mit Gebirgsvorlandklima**
    - Zunahme der Sommertemperaturen und der heißen Tage
    - klimatisch relativ stabil
  - Regionen mit Gebirgsklima**
    - Zunahme von Starkregen und Winterniederschlägen
    - Abnahme der Sommerniederschläge
    - Zunahme der Gefahr durch Sturzfluten und Überschwemmungen
    - negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt
  - überschwemmungsgefährdete Fläche durch Flusshochwasser
  - überschwemmungsgefährdete Fläche durch Sturmfluten
  - Verdichtungsräume laut Ministerkonferenz für Raumordnung
- \* im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961 bis 1990

Quelle: stern Infografik; Quellen: Umweltbundesamt, Adelphi, PRC, Eurac

## Welche Folgen hat der Klimawandel?



Quelle: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

— Was gehört zur Energiewende dazu?

Was muss getan werden, um unsere Energiewirtschaft umzubauen?



# Energiewende

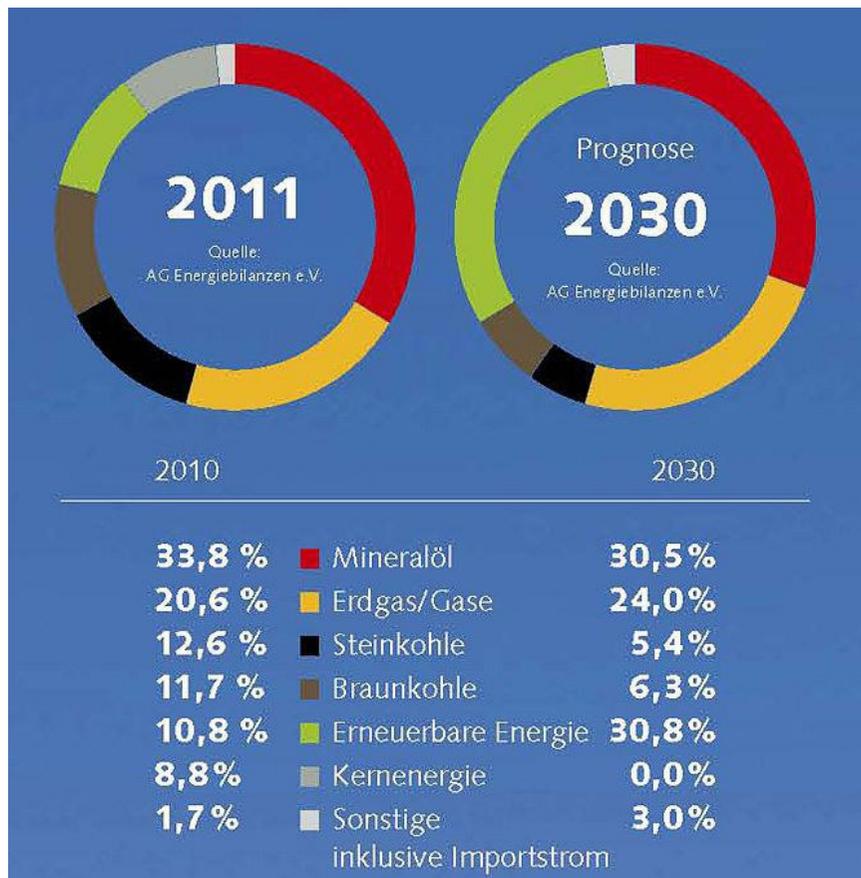
## Umbau der Energiewirtschaft



Quelle: Heinrich-Böll-Stiftung >>> **Energiewende einfach erklärt:**  
<https://www.youtube.com/watch?v=d-d7AAtVbLk&feature=youtu.be>

# Energiewende

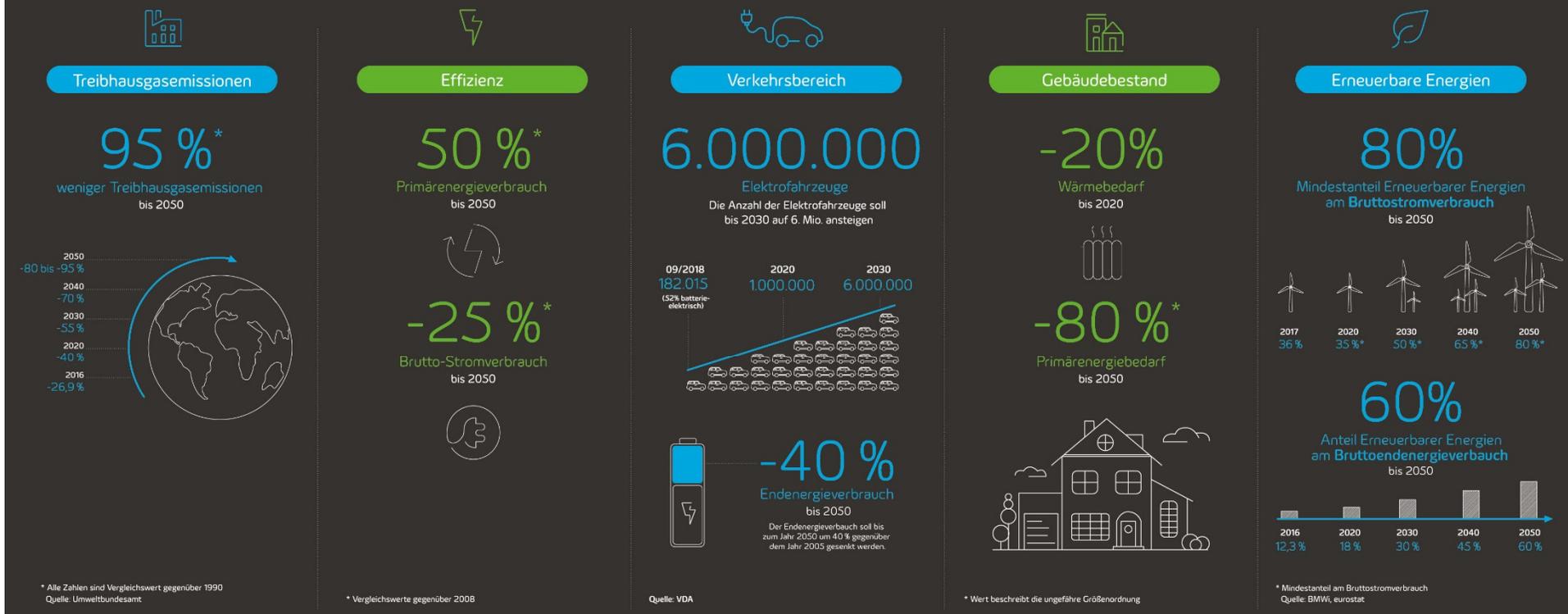
## Umbau der Energiewirtschaft



Quelle: AGEB Energiebilanzen e.V.

# Deutschlands Ziele der Energiewende

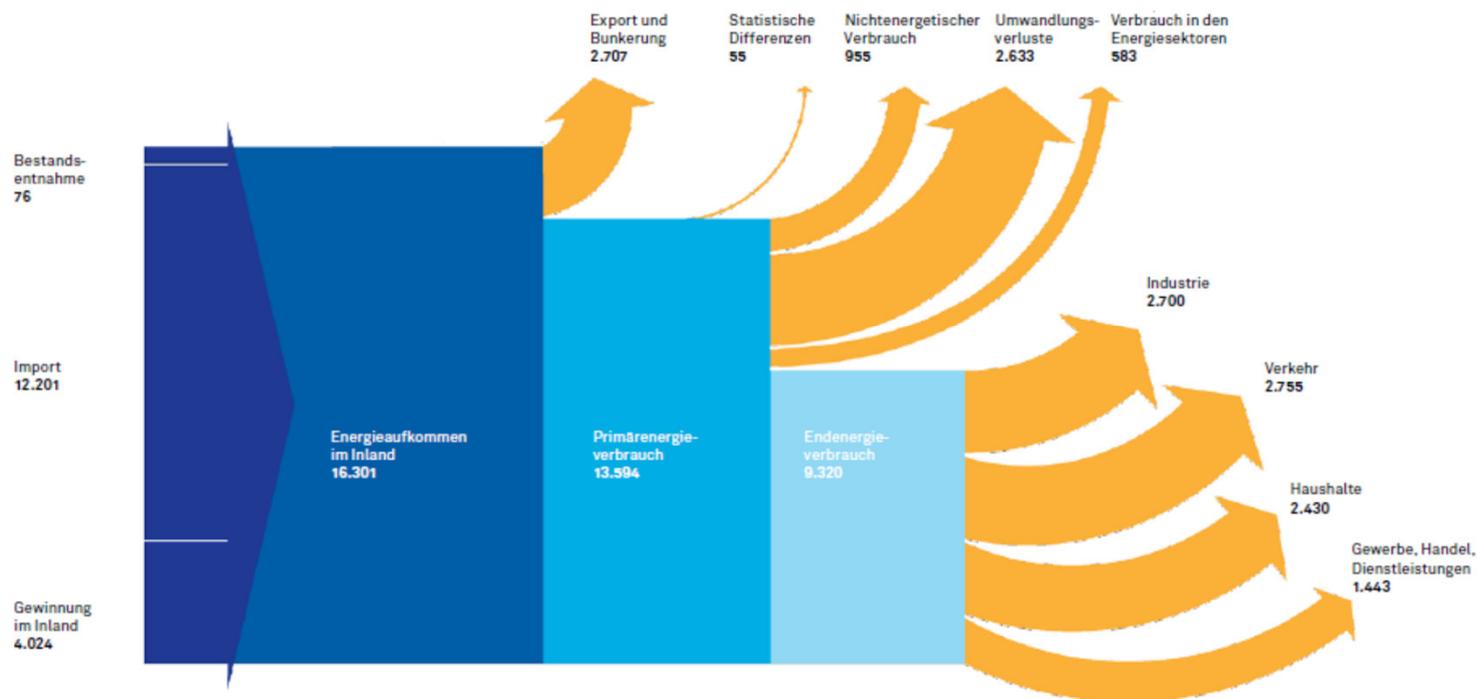
## Die Energiewende Alle Ziele auf einen Blick



Quelle: <https://enviam-gruppe.de/energiezukunft-ostdeutschland/energie-fakten/energiewende-in-deutschland>

# Energiewende

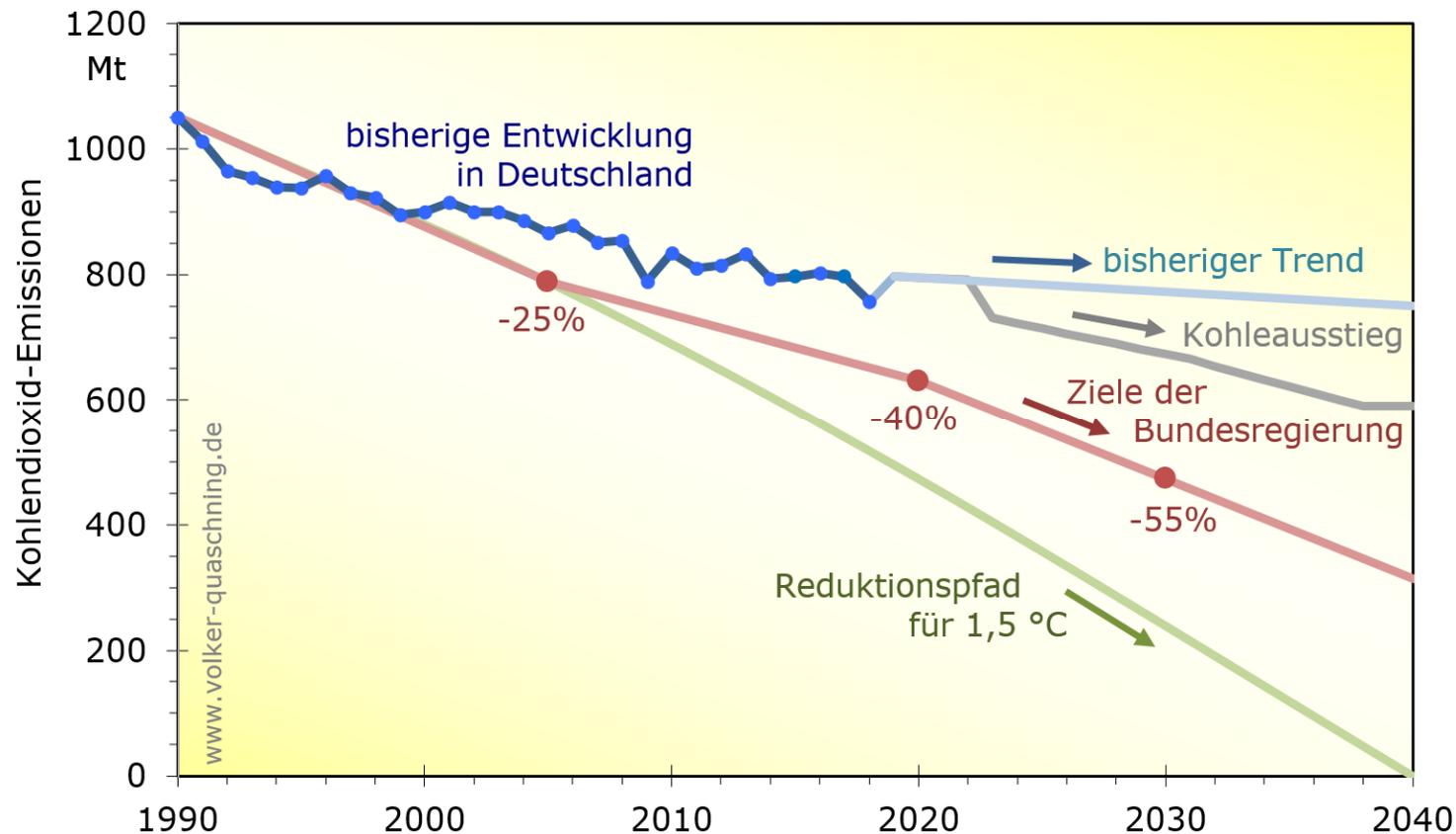
## — Energieaufkommen, Primär- und Endenergieverbrauch



Quelle: AGEB Energiebilanzen e.V.

# Energiewende

## Deutschlands Ziele der Energiewende



Quelle: Volker Quasching, basierend auf Daten des Umweltbundesamtes

---

## Kontakt:

**HOST – Hochschule Stralsund**  
**Institut für Regenerative EnergieSysteme – IRES**  
**Zur Schwedenschanze 15**  
**18435 Stralsund**



**Tel.: +49 3831 456702**

**E-Mail: romy.sommer@hochschule-stralsund.de**

**Internet: www.hochschule-stralsund.de**

**Dropbox:**

<https://www.dropbox.com/sh/1mh0rje851ah1xl/AADBx7S-7otRMrdPW0KpYJnga?dl=0>

