



# **Aktionstag:**

## **Klimanotstand in der Stadt Aachen**

### **Was macht die Stadt?**

Volkshochschule Aachen - Workshop 6:  
**Die Fakten - was empfiehlt die Wissenschaft?**

TL1

## **Aktionstag: Klimanotstand**

Volkshochschule Aachen - Workshop 6:



Dr. Alexander Graf - Prof. Mathias Hoehn - Tom Lehmann - Prof. Andreas Pfennig



## Slide 2

---

**TL1**    **ANDREAS PFENNIG - BILD**  
Thomas Lehmann; 26.05.2021

## Die Fakten – was empfiehlt die Wissenschaft?



- Welche Aussagen macht die **Wissenschaft** zu den bisherigen **Auswirkungen des Klimawandels** und den zukünftigen Folgen?
- Was bedeutet es, heute **nicht aktiv** zu werden?
- Wo hat die **Wissenschaft Lösungen parat** oder schon aktiv zu einer **positive Veränderung** beigetragen? Wo liegen ihre **Grenzen**?
- Wie können sich Wissenschaft, Bürger:innen, Politik und Verwaltung im Klimaschutz verständigen?

Das möchten wir nach einer Einführung gerne mit Ihnen diskutieren.

## Gliederung des Workshops



### 1. Impulsvortrag

- a) **Klimakrise und Handlungsbedarf**
- b) **Beispiele für Lösungsansätze:**
  - i) **langfristig und überregional**
  - ii) **„hier und heute“ in Aachen**
- c) **Vernetzung zwischen Wissenschaft und Bürger:innen**

### 2. Offene Diskussion

Darin Vertiefungsangebote:

- a) Was schlagen Sie vor, was jede:r einzelne tun kann?
- b) Wie kann unsere Ernährung und Landnutzung nachhaltiger werden?
- c) Wo liegen Probleme und Lösungsmöglichkeiten bei Gebäuden und Wohnen?
- a) Verständnisfragen zum Impulsvortrag oder zu den naturwissenschaftliche Grundlagen?

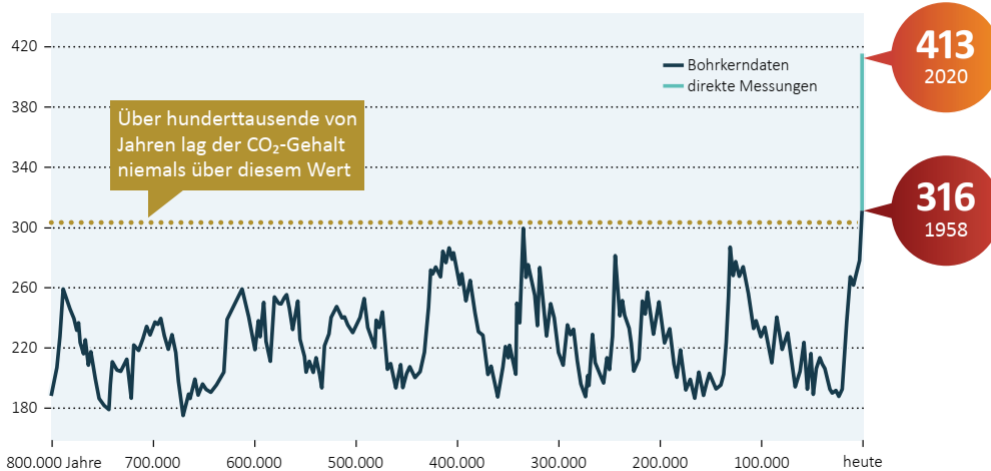


## Klimakrise und Handlungsbedarf

### Klimakrise und Handlungsbedarf: CO<sub>2</sub> global

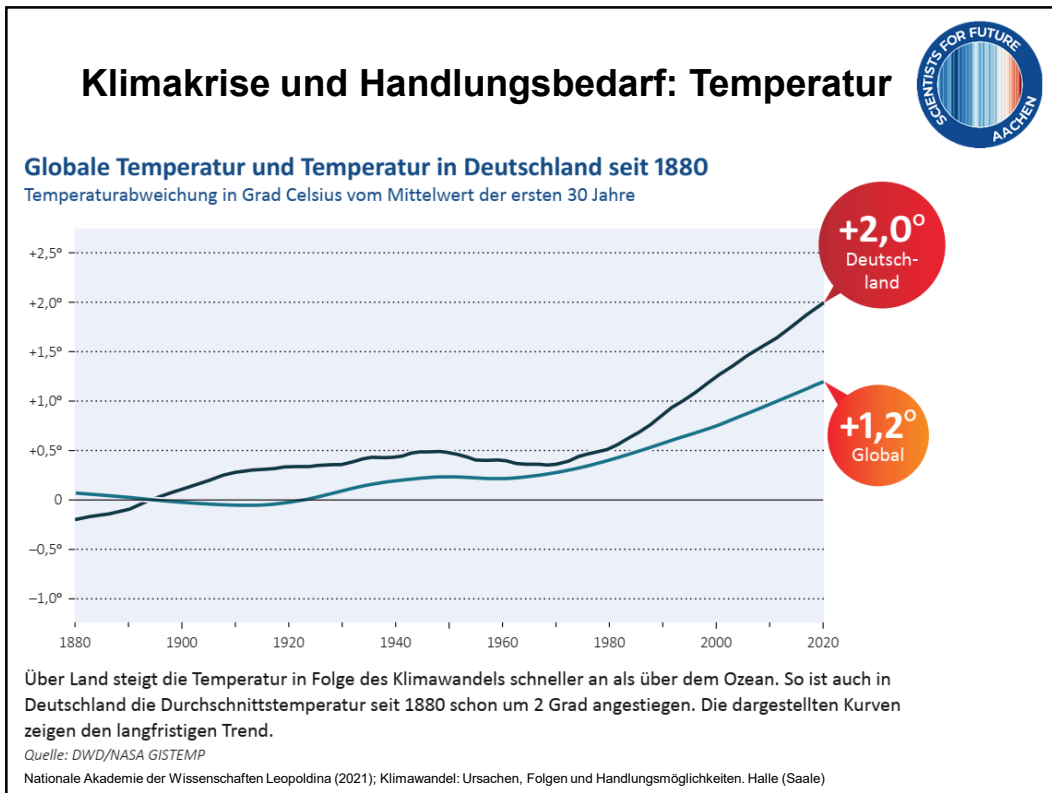
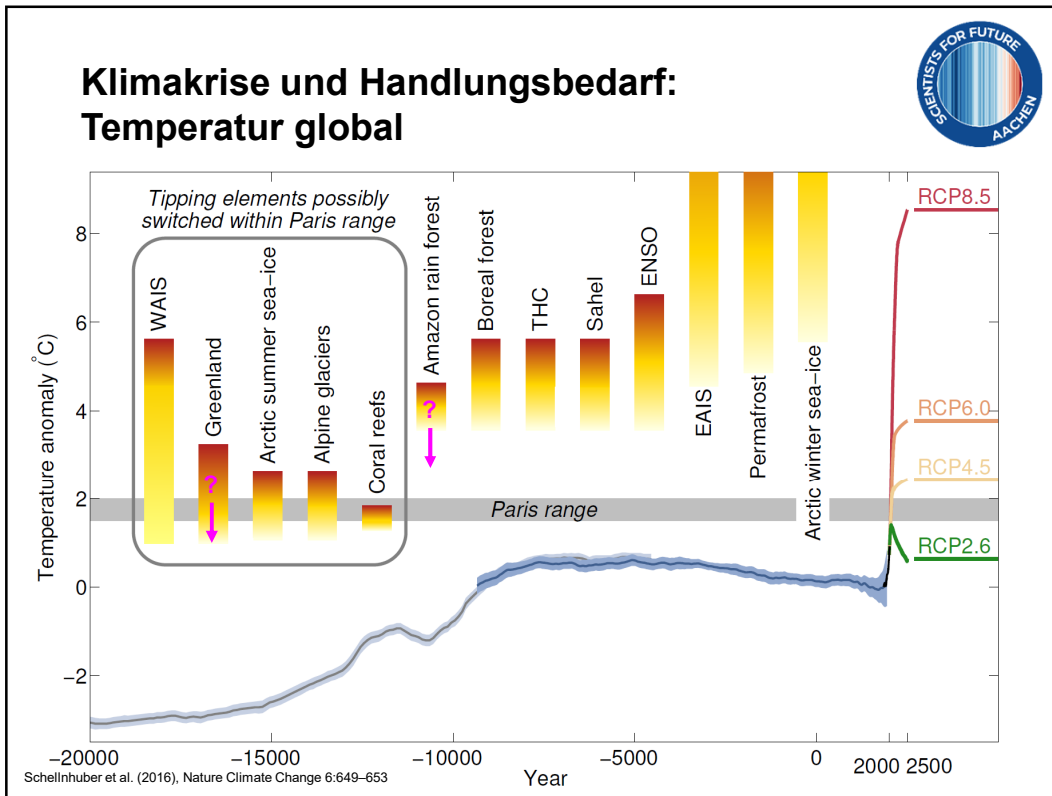


#### CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre in den letzten 800.000 Jahren in ppm („parts per million“ = Millionstel)



Quelle: Lüthi et al. (Nature 2008), Keeling et al. (Scripps CO<sub>2</sub> Program Data)

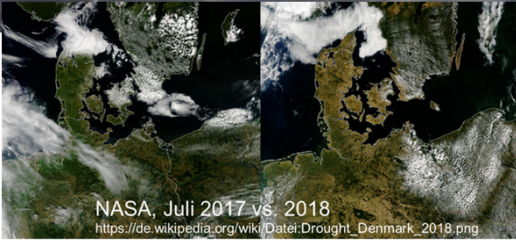
Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2021); Klimawandel: Ursachen, Folgen und Handlungsmöglichkeiten. Halle (Saale)



## Klimakrise und Handlungsbedarf: Konsequenzen für Deutschland



Kaiserplatz Aachen 2018 – Bildquelle: Julian Hofmann (RWTH Aachen: IWW)



NASA, Juli 2017 vs. 2018  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Drought\\_Denmark\\_2018.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Drought_Denmark_2018.png)

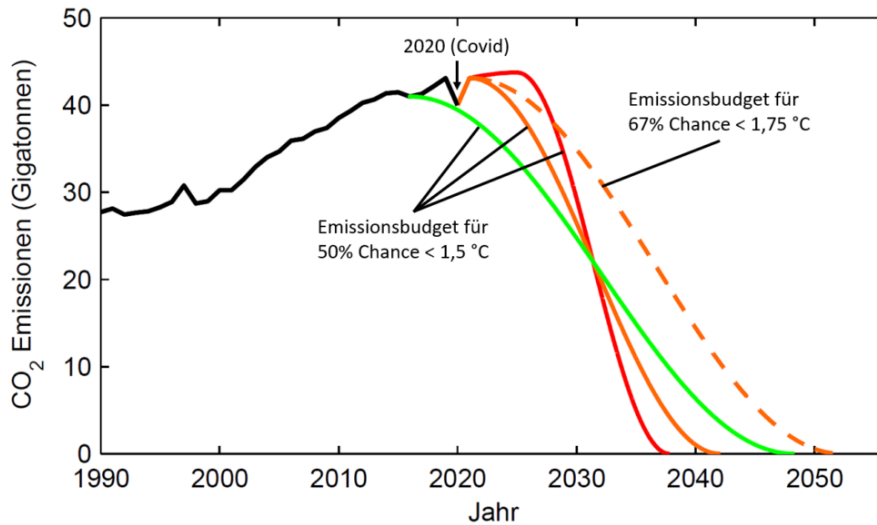


rip-online.de 13.08.2018

## Klimakrise und Handlungsbedarf: Emissionspfade global



Mit dem Pariser Abkommen vereinbare globale Emissionen

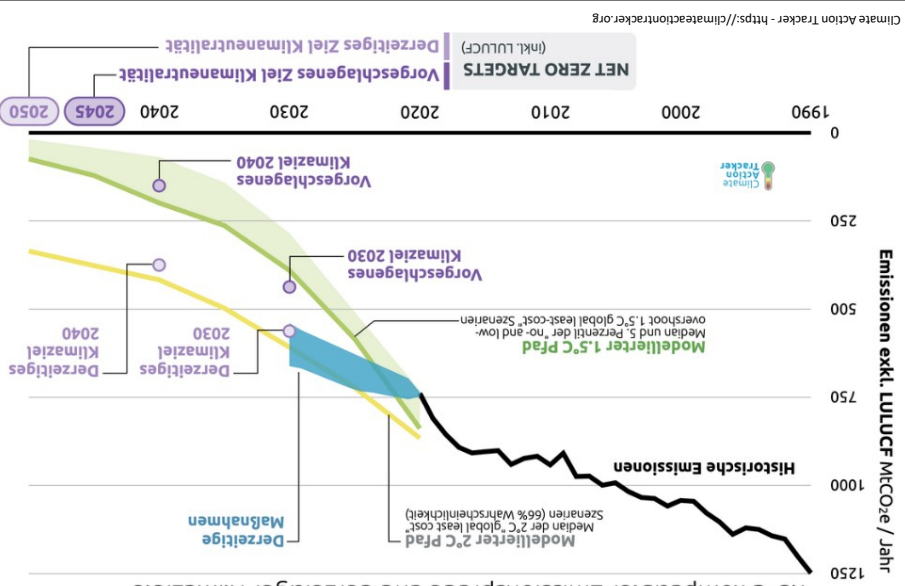


[https://scilogs.spektrum.de/kimalounge/zwei-grafiken-zeigen-den-weg-zu-15-grad/?utm\\_source=pocket-newtab-global-de-DE](https://scilogs.spektrum.de/kimalounge/zwei-grafiken-zeigen-den-weg-zu-15-grad/?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE)

# Klimakrise und Handlungsbedarf: Emissionspfade Deutschland



**DEUTSCHLAND** Vorgeschlagene Klimaziele im Kontext 1,5°C-kompatibler Emissionspfade und derzeitiger Klimaziele



# Beispiele für Lösungsansätze



## Beispiele für Lösungsansätze überregional



### 16-Punkte-Programm der Scientists for Future zur klimaverträglichen Energieversorgung Deutschlands

<https://de.scientists4future.org/klimavertraegliche-energieversorgung-de-in-16-punkten/>

Mitwirkende aus Aachen: Dr. Peter Klafka, Prof. Dr. Andreas Pfennig

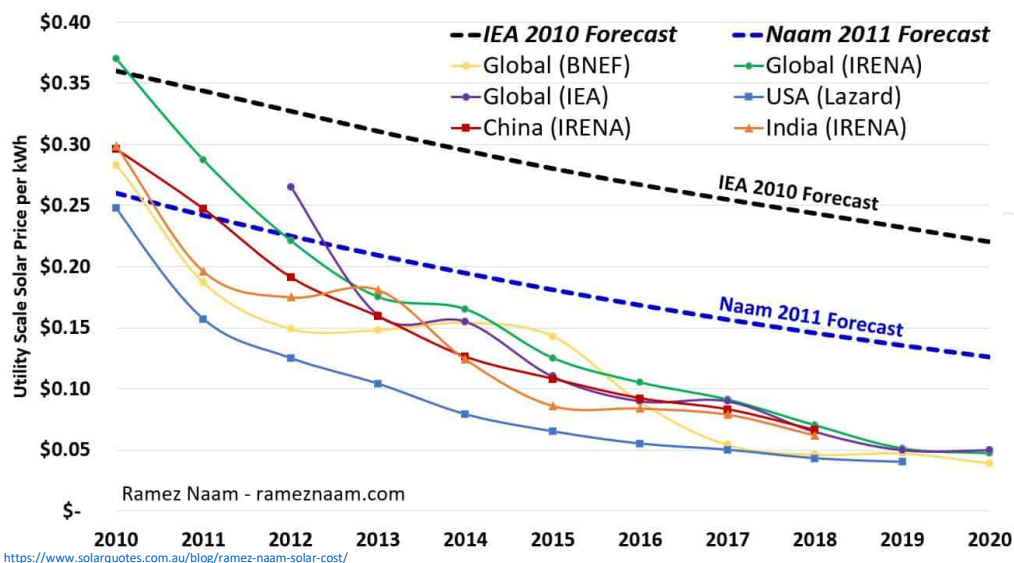


1. Zügige Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen
2. Beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien
3. Energieimporte
4. Biomasse und ökologische Zielkonflikte
5. Reduktion des Energiebedarfs
6. Transport- und Mobilitätssektor
7. Prozesswärme und prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen
8. Wärmeversorgung
9. Wasserstoff und Syntheseprodukte
10. Kernenergie
11. Ausbau von Solar- und Windkraftanlagen
12. Bedarf an Speichern im Elektrizitätssystem
13. Modernisierung von Elektrizitätsinfrastruktur und -Marktregeln
14. Kosten der Energiewende
15. Arbeitsmarkt
16. Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Energiewende

## Beispiele für Lösungsansätze überregional



### Solar Costs A Fraction of 2010-2011 Forecasts





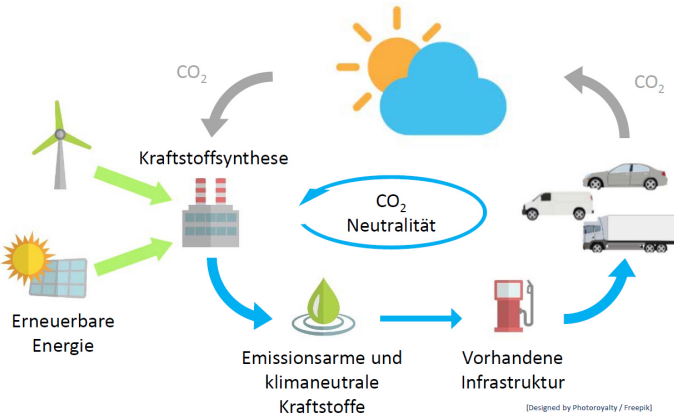
### Beispiele für Lösungsansätze Ernährung

The infographic is divided into three main sections. The top section, labeled 'pflanzlich' (plant-based) in a green banner, shows images of wheat, tomatoes, and corn, with the text 'Kalorien' (Calories) above. The middle section, labeled 'tierbasiert' (animal-based) in a red banner, shows images of a glass of beer, a bunch of flowers, and a cow, with the text '17,5%' below. The bottom section, labeled 'Landfläche' (land area) in a green banner, shows images of a cow, a pig, and a sheep, with the text '80%' below. The RWTH Aachen Scientists for Future logo is in the bottom right corner.

### Beispiele für Lösungsansätze Region Aachen

This collage features several logos and a map. At the top left is the RWTH Aachen University logo. Below it is the logo for the 'Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft' (Chair and Institute for Water Engineering and Water Management). To the right is the logo for 'RWTH REAL LAB IN AACHEN'. In the center is a circular diagram with logos for 'RWTH AACHEN UNIVERSITY', 'RAINWATER LIVING LAB AACHEN', 'WASSER IN DER STADT GEMEINSAM DENKEN ISB', and 'IFS Institut für Soziologie'. At the bottom right is the logo for 'Geographisches Institut'. On the left is a topographic map titled 'STARKREGENGEFÄHRENKARTEN AACHEN' (High Rainfall Hazard Maps Aachen) with a legend and text: 'Entwicklung von Starkregengefahrenkarten mit der Stadt Aachen und der Regionetz GmbH' and 'Tools zum Umgang mit Extremereignissen in Aachen'. The RWTH Aachen Scientists for Future logo is in the bottom right corner.

## Beispiele für Lösungsansätze Region Aachen



➔ Nutzung von CO<sub>2</sub> als Rohstoff

1. Neue Kraftstoffe direkt aus CO<sub>2</sub> aus der Luft
2. Abstimmung auf vorhandene Technologien
3. Weiterentwicklung von Motoren zur Nutzung von unterschiedlichen Kraftstoffen



## Beispiele für Lösungsansätze Region Aachen HPC-ABWÄRMENUTZUNG



### Bereich G16.X

#### Wärmeauskopplung G16.4v

- Planungen abgeschlossen
- LV für Bauausführung fertiggestellt, Veröffentlichung bis Ende 2020

#### Netzerweiterung

- Baubeginn im November 2020
- Fertigstellung Januar 2020

#### Gebäudeanbindung

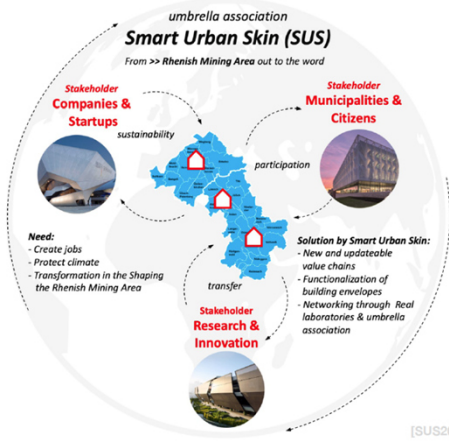
- LV für Umbau veröffentlicht
- Umbau im Sommer 2021
- Heizbetrieb ab Winter 2021/2022



# Beispiele für Lösungsansätze Region Aachen



## Forschungsvorhaben Smart Urban Skin



**Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen**

**ITA | RWTH AACHEN UNIVERSITY**  
Univ.-Prof. Prof. h.c. (MGU) Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Thomas Gries

**humtec | RWTH AACHEN UNIVERSITY**  
• Univ.-Prof. Dr. Gabriele Gramelsberger  
• Univ.-Prof. Dr. Stefan Bösch

**FAKULTÄT FÜR ARCHITEKTUR | RWTH AACHEN UNIVERSITY**  
• Univ.-Prof. Hartwig N. Schneider  
• Univ.-Prof. Dr.-Ing. Agnes Förster

**NaB | RWTH AACHEN UNIVERSITY**  
Univ.-Prof. Ing. Marzia Traverso

**RWTH AACHEN UNIVERSITY**  
Univ.-Prof. Dr. Frank Thomas Pillar

**JÜLICH Forschungszentrum**  
Prof. Dr. Andreas Wahner

+ 28 regionale Industriepartner und  
7 kommunale assoziierte Partner

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Jan Serode - [Jan\\_Serode@rwth-aachen.de](mailto:Jan_Serode@rwth-aachen.de)

# Beispiele für Lösungsansätze Region Aachen und dem Rheinland



Projekt "Regionale Ressourcenwende in der Bauwirtschaft (ReBAU)"



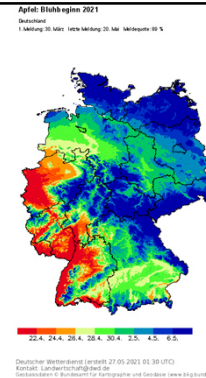
Ansprechpartner: Magdalena Zabek - [magdalena.zabek@rheinisches-revier.de](mailto:magdalena.zabek@rheinisches-revier.de) - @rebau.info



## Vernetzung zwischen Wissenschaft und Bürger:innen

### Vernetzung zwischen Wissenschaft und Bürger:innen

Citizen science



Scientists for Future (<https://de.scientists4future.org/>):  
Entstanden als Reaktion auf Fridays for Future.  
Inzwischen zahlreiche Vernetzungsaktivitäten, z.B.  
<https://de.scientists4future.org/zukunftsbilder/>



Bürger:innenräte: Beratung durch Wissenschaft

## Vernetzung zwischen Wissenschaft und Bürger:innen



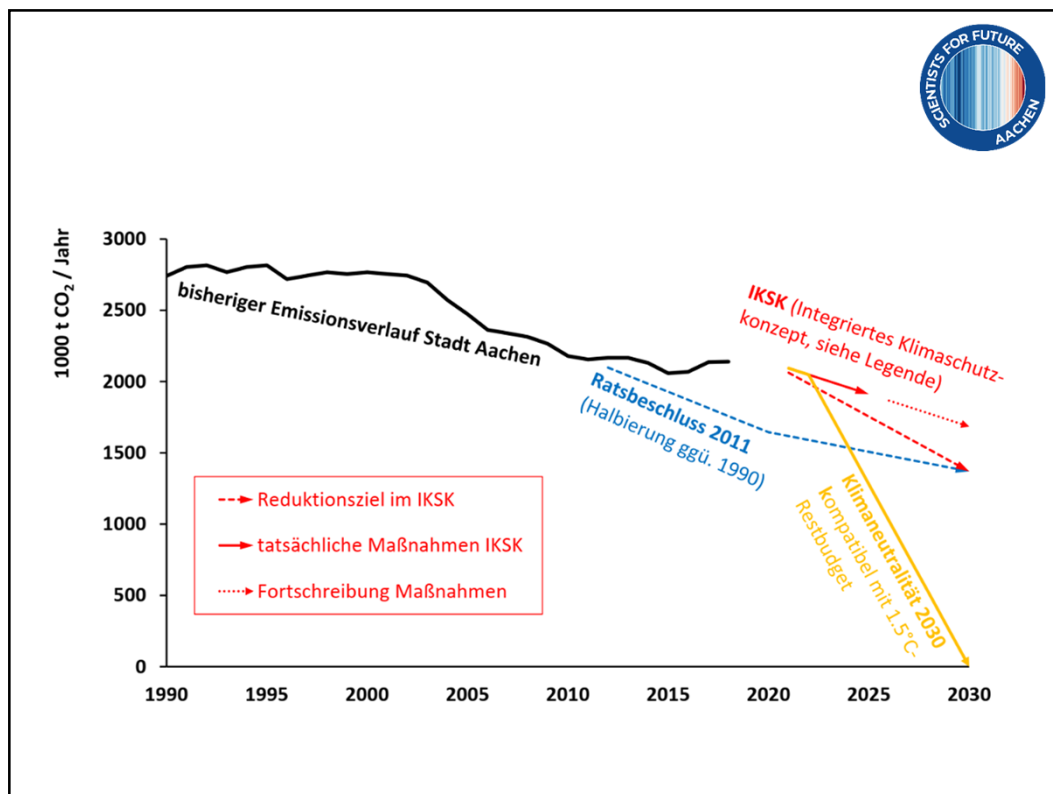
**Für eine lebenswerte Zukunft: Aachen 2030 klimaneutral**  
Aachens Beitrag zur Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5°C

### Wer sind wir und mit wem arbeiten wir zusammen?

- Aachener Einwohner:innen, teilweise aktiv in anderen Klimainitiativen
- Teil bundesweiter Initiative in Zusammenarbeit mit GermanZero
- Aktuell ca. 40 weitere Städte "Klimaentscheide", bereits 8 erfolgreich



"Wenn wir jetzt nichts ändern, ändert sich alles"





## Offene Diskussion

### Angebote

a) Was schlagen Sie vor, was jede:r einzelne tun kann?



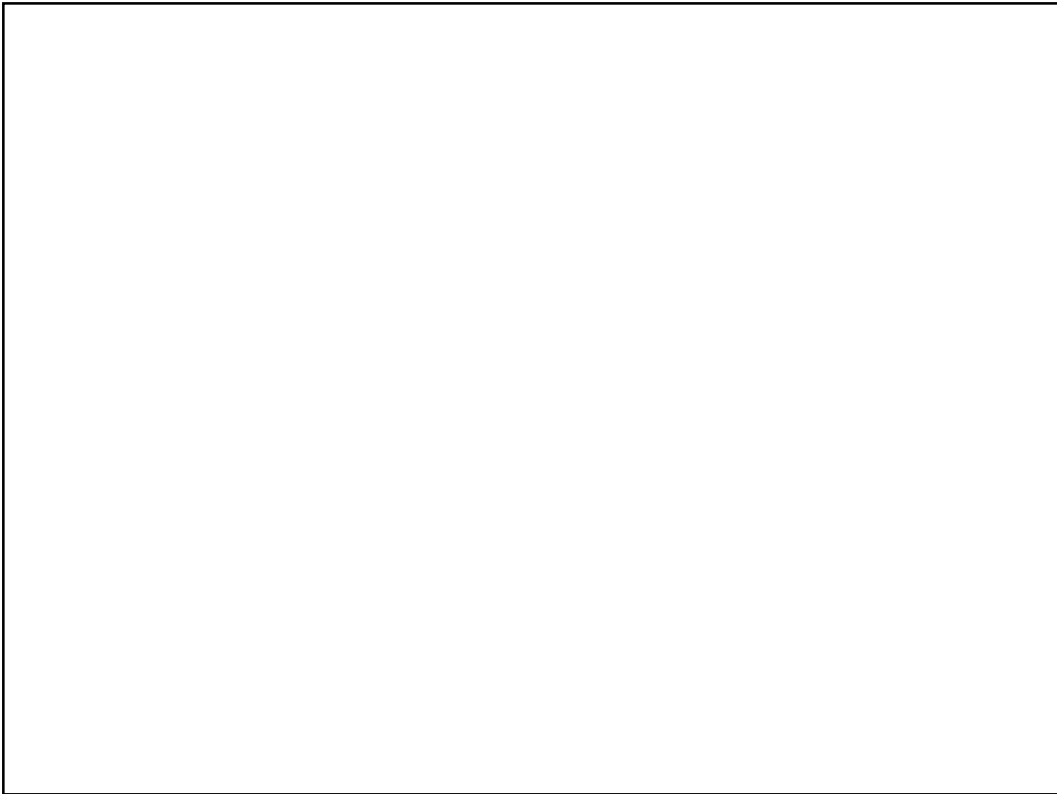
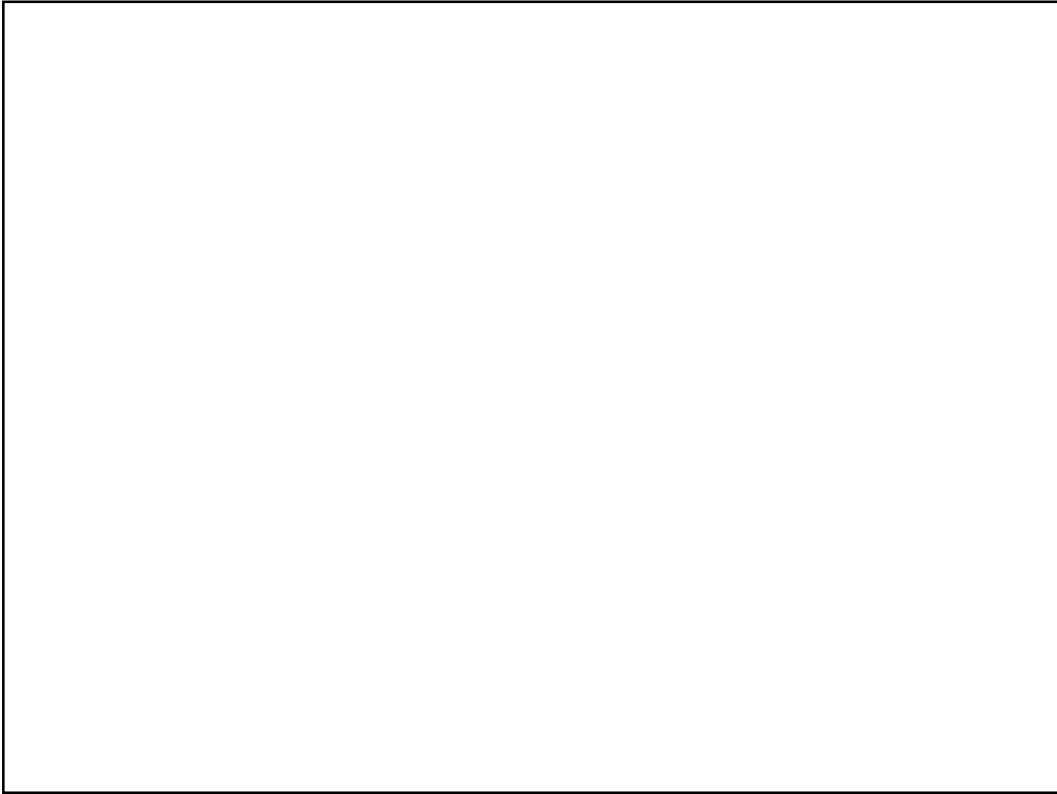
b) Wie kann unsere Ernährung und Landnutzung nachhaltiger werden?

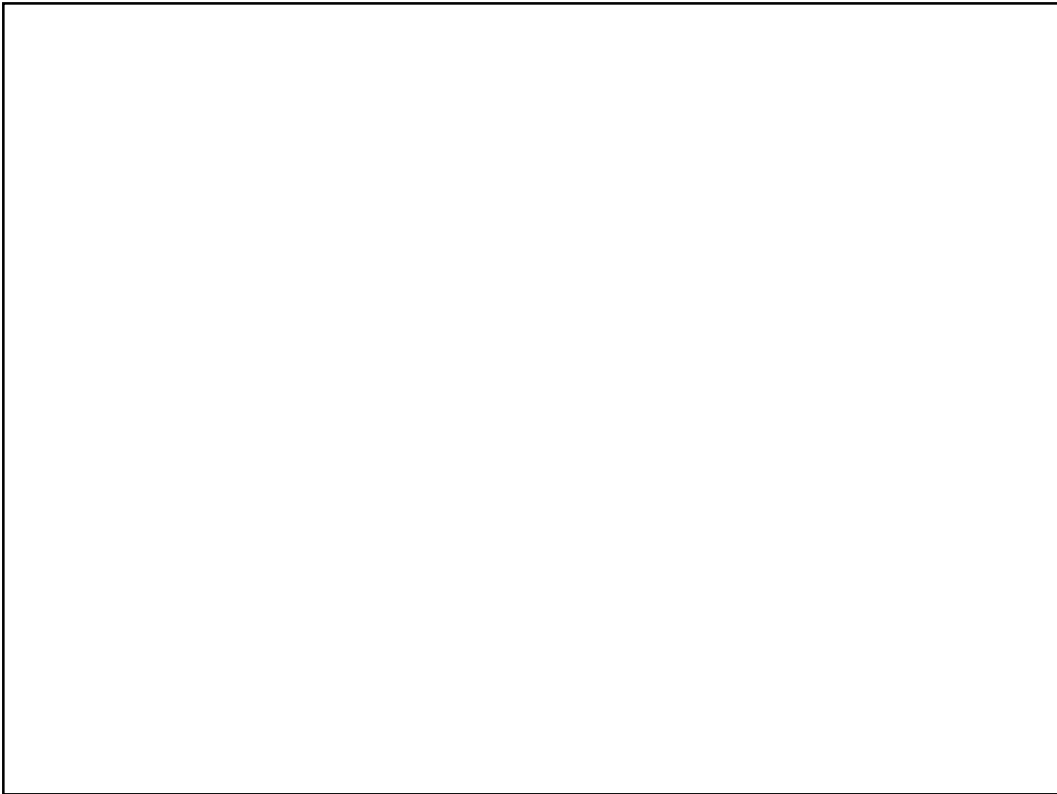
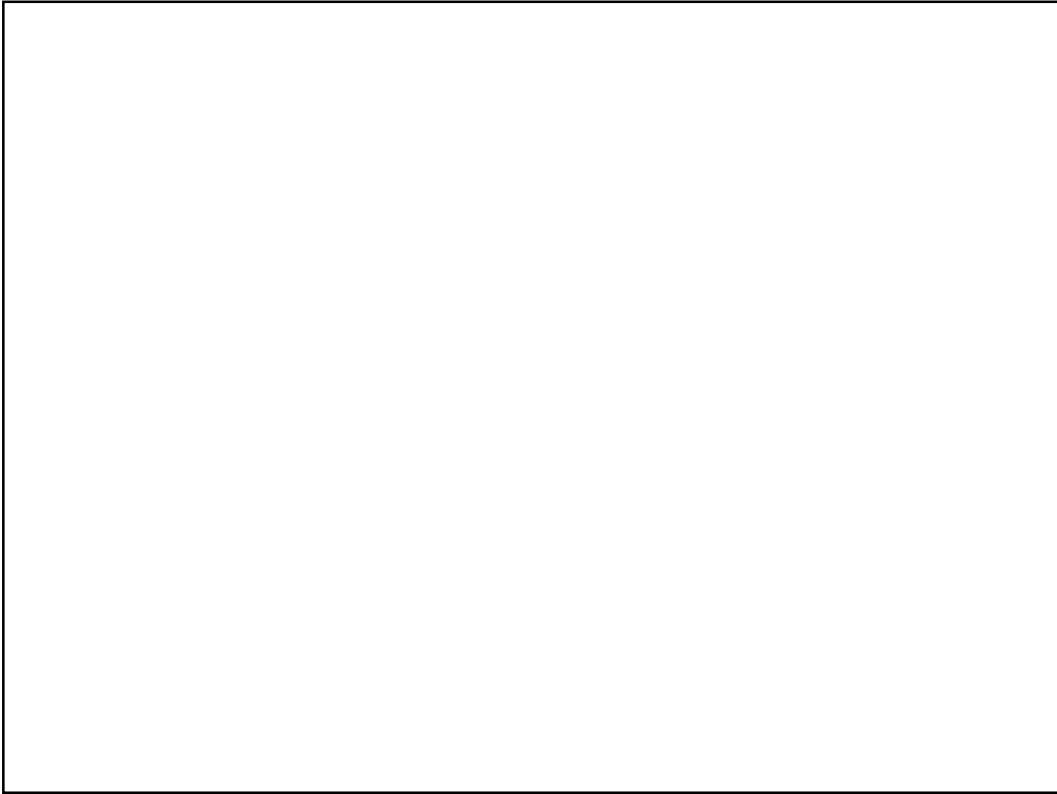
c) Wo liegen Probleme und Lösungsmöglichkeiten bei Gebäuden und Wohnen?



d) Verständnisfragen zum Impulsvortrag oder zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen?











Persönliche Herausforderung und Möglichkeit

### **Unser Anteil an CO<sub>2</sub>-Belastung in Deutschland**

Globale Emissionen: 42 Gt CO<sub>2</sub> pro Jahr

Zur Erreichung des 1,5°-Ziels mit 67% Wahrscheinlichkeit:

Rest-Budget zu Anfang 2021: 294 Gt CO<sub>2</sub>

# Unser persönlicher CO2-Fußabdruck

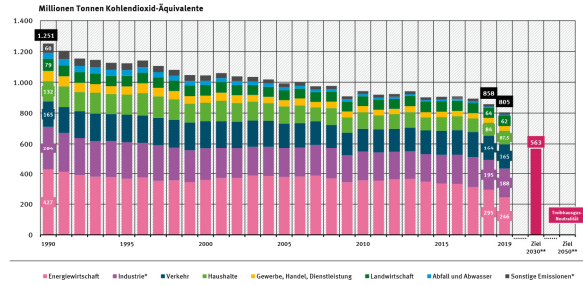
Derzeitige Emission Deutschlands: ca 800 Mt CO<sub>2</sub>e pro Jahr  
 Umgelegt auf 80 Millionen Menschen  
 => **10t CO<sub>2</sub>e pro Kopf und Jahr**

UBA Rechner für den persönlichen CO2-Fußabdruck:  
<https://uba.co2-rechner.de>

Berücksichtigung folgender Felder:

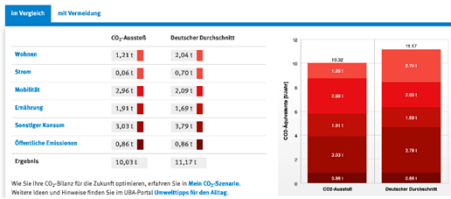
- Wohnen
- Strom
- Mobilität
- Ernährung
- Sonstiger Konsum
- Öffentliche Emissionen

Emission der von der UN-Klimarahmenkonvention abgedeckten Treibhausgase

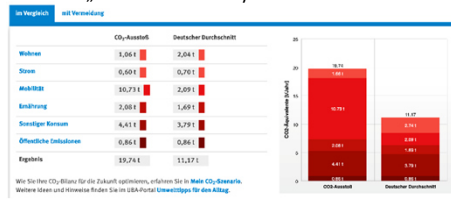


Emissionen nach Kategorien der UN-Berichterstattung ohne Landnutzung, Landwirtschaft und Forstwirtschaft  
 \*Emissionen Energie- und produktbegleitende Emissionen der Industrie (I. & II. S. 2)  
 \*\*Sonstige Emissionen: Sonstige Feuerwerke (EPF 1. & A. Reservoirs, 1. & 3. MRB) & diffuse Emissionen aus Brennstoffen (I. & II. S. 2)  
 \*\*\*Ziel: CO2-Bilanz 2050 (Bundes-Klimaschutzgesetz) (KSG), Fortschreibung (KSG) 2019, Nr. 48 vom 17.02.2019  
 2019: Schätzung, Emissionen aus Gewerbe, Handel & Dienstleistung in Sonstige Emissionen enthalten

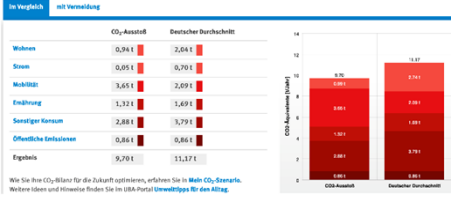
2 Personen-Haushalt, 65 qm; 1 Auto, 10T km pa  
 „Typisches“ Verhalten



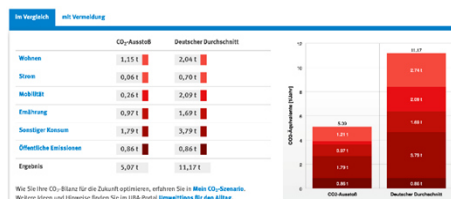
4 Personen-Haushalt, 150 qm; 2 Autos  
 „Oberklasse“ life-style



2 Personen-Haushalt, 90 qm; 1 Auto 12T km pa  
 Vegetarisch, gemäßigtes Konsumverhalten



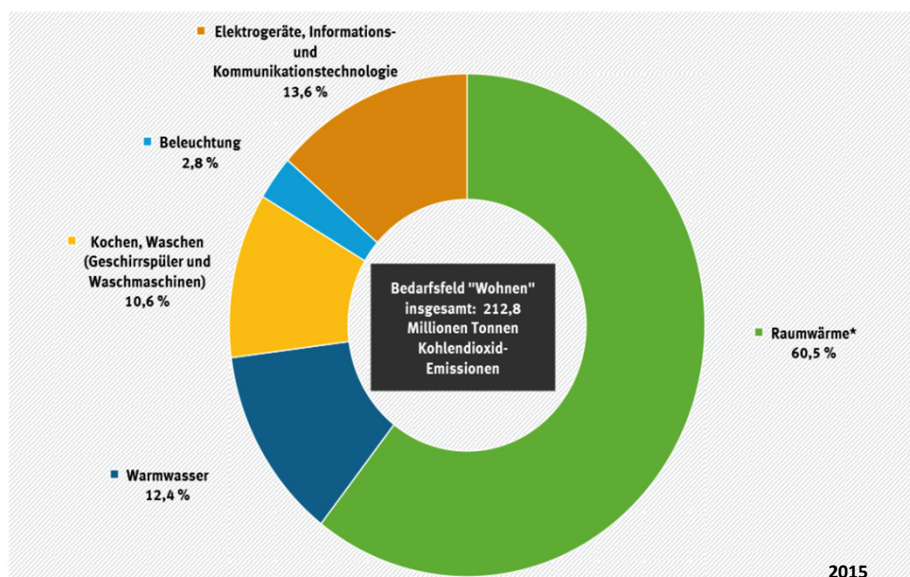
1 Person-Haushalt, 40 qm; kein Auto, kein Flug  
 Vegan, regionale+saisonale Bioprodukte, sparsam



## Was können wir persönlich tun?

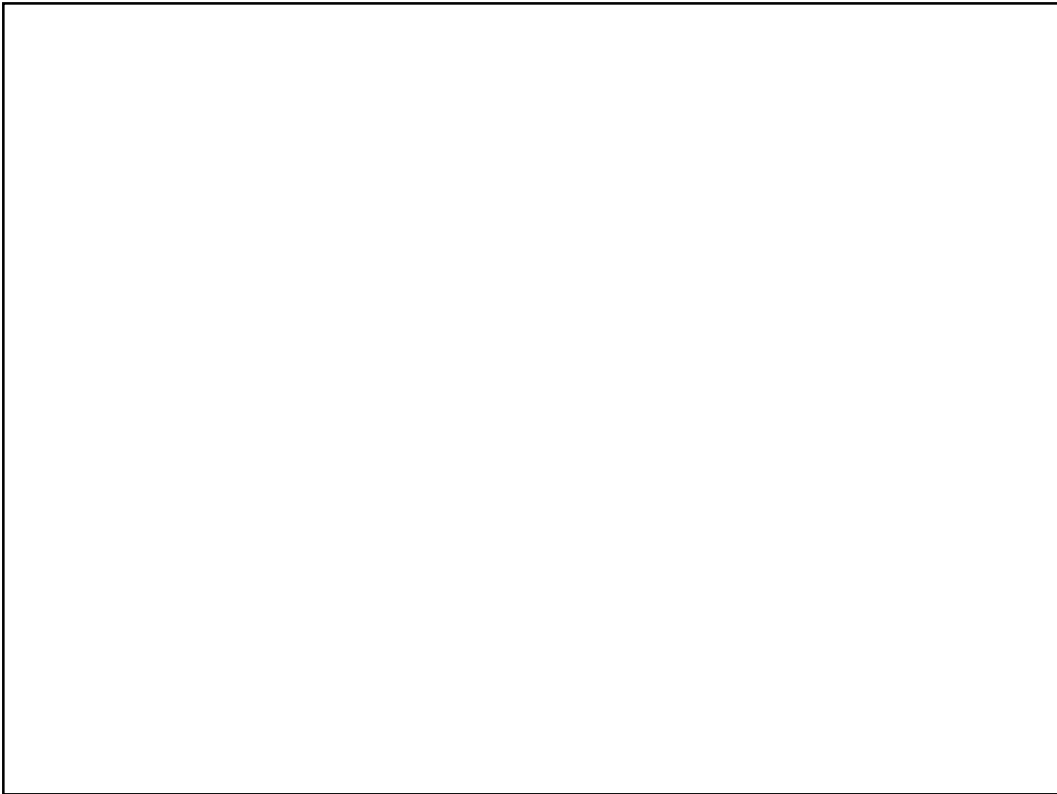
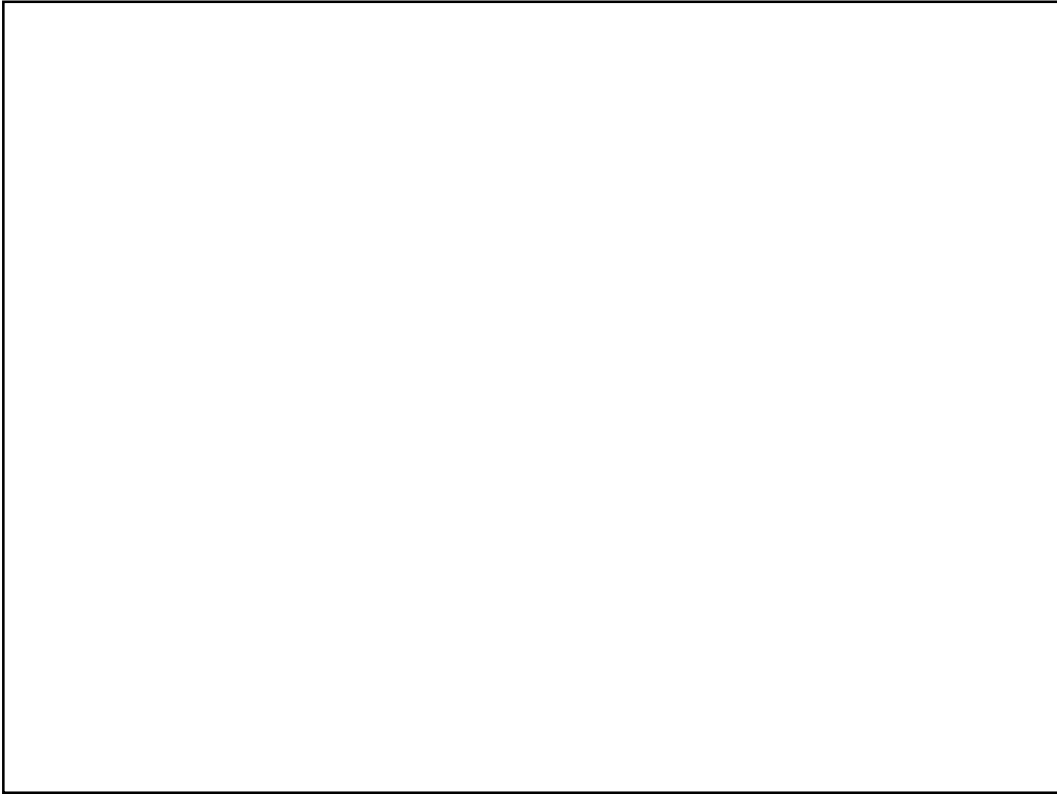
- Einwirkung auf Politiker (kommunale bis Bundestagebene) im eigenen Wahlkreis
- Einflussnahme auf kommunale Entwicklung (z.B.: <https://www.germanzero.de/klimaentscheide>)
- Als Mieter: Optimierung des Energieverbrauchs im persönlichen Wohnumfeld  
Wieviel Streaming muss sein? Welche 24h-Verbraucher sind notwendig?  
Heizkörper mit smarten Heizungsventilen  
Wechsel zu grünen Strom- und Gasanbietern (100% Ökostrom/-gas)
- Als Hausbesitzer: Photovoltaik auf dem Dach prüfen (kaufen/leasen)  
Neue energiesparende Heizung und Fenster sind wichtig, ggf. das Gebäude dämmen  
Bei Neukauf: Besser Bestand kaufen, als neu bauen! Wie viel Fläche brauche ich wirklich?
- Fahrgewohnheiten CO<sub>2</sub>-bewußt anpassen (wieviel PKW muss sein? >>> ÖPNV >>> Rad / zu Fuß)  
Prüfen, ob Carsharing oder gemeinschaftliche Nutzungen eine Alternative sind?
- Ernährungs- und Einkaufsgewohnheiten überdenken  
Schon 50% weniger Fleischkonsum sind ein Anfang und verändern global immens viel.  
Auf regionale und saisonale Ernährung achten.
- Viele kleine Änderungen im persönlichen Alltag - **Faltblatt dazu zum Download: <https://s4f-aachen.de/>**

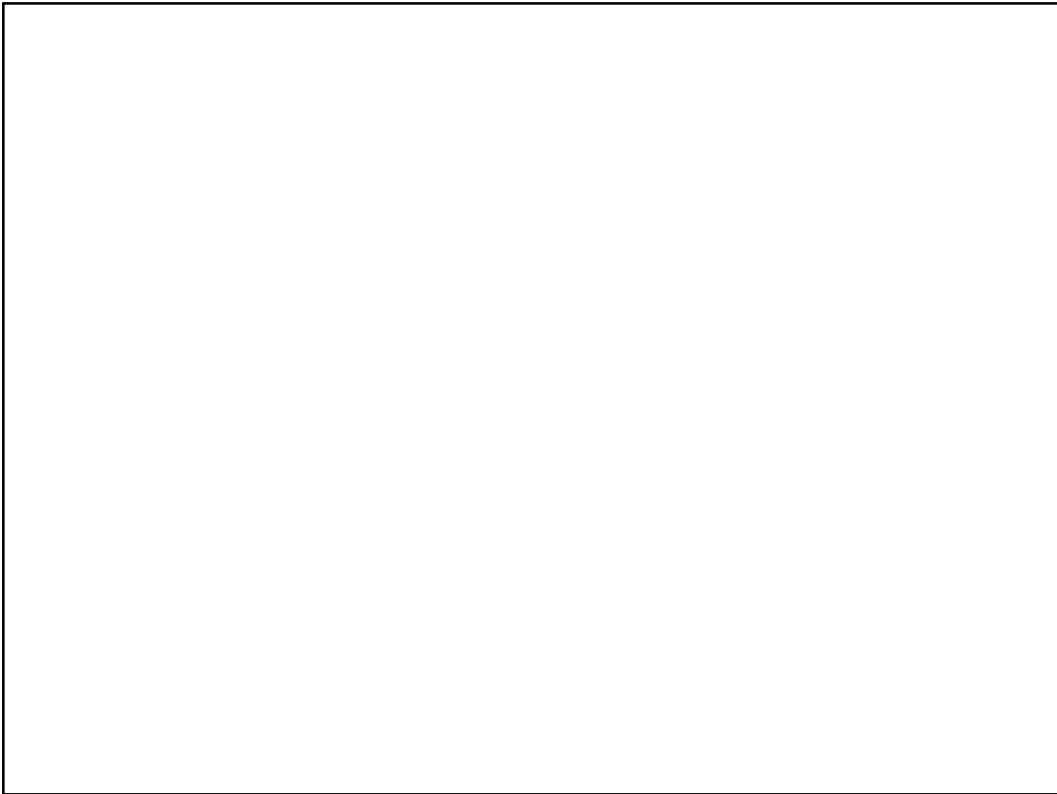
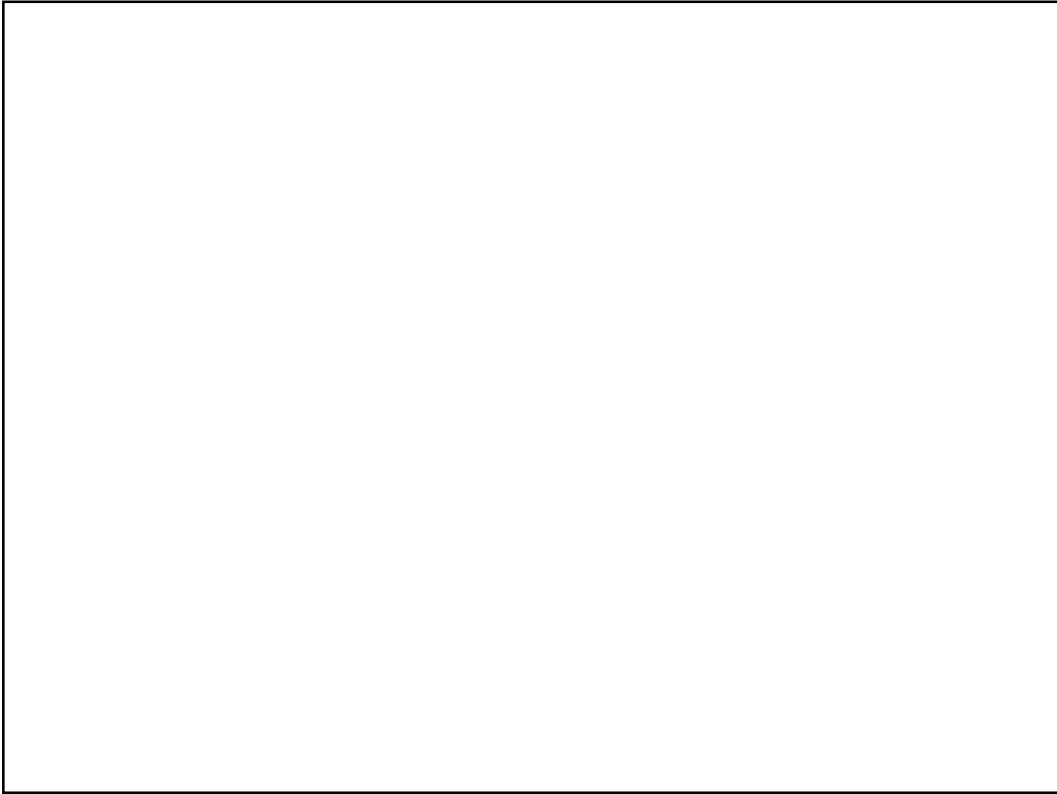
## CO<sub>2</sub> Emissionen im Bedarfsfeld „Wohnen“



\* einschließlich Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse (Brennholz) und Biotreibstoffen  
\* temperaturbereinigt

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltnutzung und Wirtschaft, Teil 2 Energie, Tab. 3.3.6.5, Wiesbaden 2017





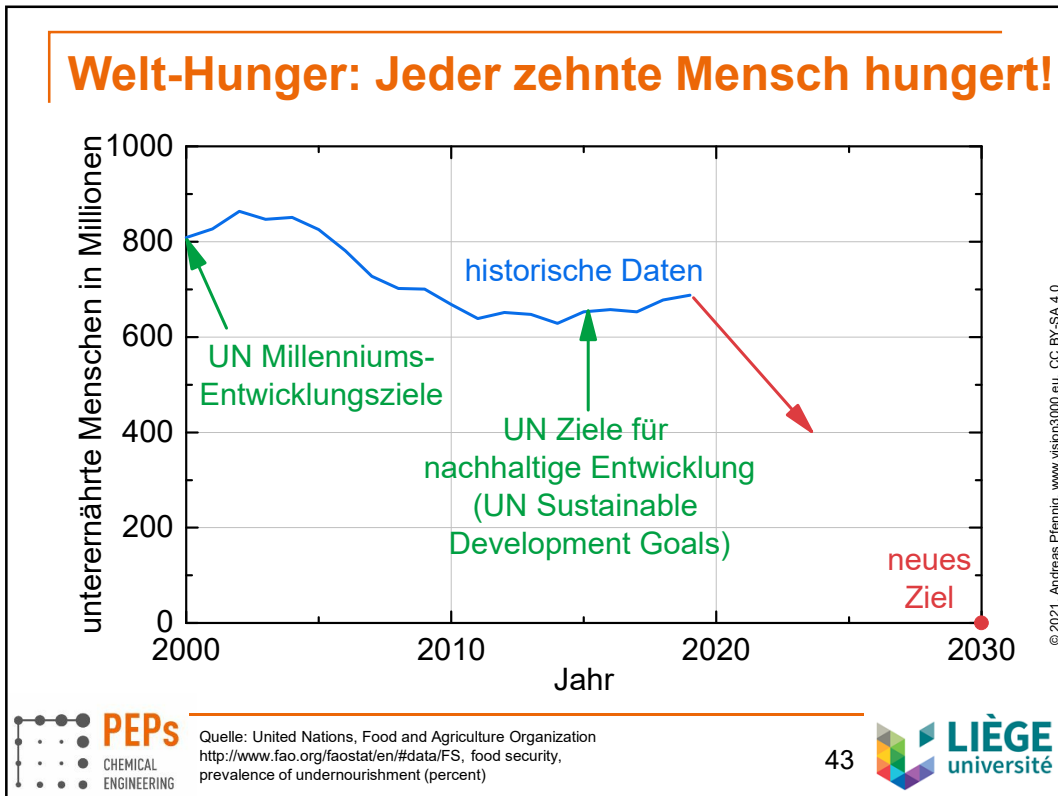
## Klima-Wende-Zeit

# VHS Aktionstag Klimanotstand

Andreas Pfennig  
 Products, Environment, and Processes (PEPs)  
 Department of Chemical Engineering  
 Université de Liège  
[www.chemeng.uliege.be/pfennig](http://www.chemeng.uliege.be/pfennig)  
[www.vision3000.eu](http://www.vision3000.eu)  
[andreas.pfennig@uliege.be](mailto:andreas.pfennig@uliege.be)

aktiv bei:





## tierbasierte Nahrungsmittel sind flächen-ineffizient

**Landfläche**



**Kalorien**



**80 %**



**tierbasiert**

**17,5%**



pflanzlich

**PEPs** CHEMICAL ENGINEERING

45 **LIÈGE université**

© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Brandrodung in Brasilien



**PEPs** CHEMICAL ENGINEERING

46 **LIÈGE université**

© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0



# Zusätzlicher Bedarf an Agrarfläche



© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

# ethische Wahl der Nahrungsmittel

global vegan



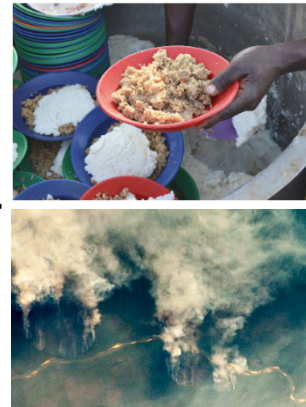
bei uns:



? oder:



woanders:



© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Ziele nachhaltiger Entwicklung

<b>1</b> KEINE ARMUT 	<b>2</b> KEIN HUNGER 	<b>3</b> GESUNDHEIT UND WOHLERGEHEN 	<b>4</b> HOCHWERTIGE BILDUNG 	<b>5</b> GESCHLECHTER- GLEICHSTELLUNG 	<b>6</b> SAUBERES WASSER UND SANITÄRVER- SORGUNG 
<b>7</b> BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE 	<b>8</b> MENSCHENWÜRDIGE ARBEIT UND WIRTSCHAFTS- WACHSTUM 	<b>9</b> INDUSTRIE, INNOVATION UND INFRASTRUKTUR 	<b>10</b> WENIGER UNGLEICHHEITEN 	<b>11</b> NACHHALTIGE STÄDTE UND GEMEINDEN 	<b>12</b> VERANTWORTUNGS- VOLLE KONSUM- UND PRODUKTIONSMUSTER 
<b>13</b> MASSNAHMEN ZUM KLIMASCHUTZ 	<b>14</b> LEBEN UNTER WASSER 	<b>15</b> LEBEN AN LAND 	<b>16</b> FRIEDEN, GERECHTIGKEIT UND STARKE INSTITUTIONEN 	<b>17</b> PARTNERSCHAFTEN ZUR ERREICHUNG DER ZIELE 	 <b>THE GLOBAL GOALS</b> For Sustainable Development

© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0



**PEPs**

CHEMICAL  
ENGINEERING

49



## Ziele nachhaltiger Entwicklung

<b>1</b> KEINE ARMUT 	<b>2</b> KEIN HUNGER 	<b>3</b> GESUNDHEIT UND WOHLERGEHEN 	<b>4</b> HOCHWERTIGE BILDUNG 	<b>5</b> GESCHLECHTER- GLEICHSTELLUNG 	<b>6</b> SAUBERES WASSER UND SANITÄRVER- SORGUNG 
<b>7</b> BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE 	<b>8</b> MENSCHENWÜRDIGE ARBEIT UND WIRTSCHAFTS- WACHSTUM 	<b>9</b> INDUSTRIE, INNOVATION UND INFRASTRUKTUR 	<b>10</b> WENIGER UNGLEICHHEITEN 	<b>11</b> NACHHALTIGE STÄDTE UND GEMEINDEN 	<b>12</b> VERANTWORTUNGS- VOLLE KONSUM- UND PRODUKTIONSMUSTER 
<b>13</b> MASSNAHMEN ZUM KLIMASCHUTZ 	<b>14</b> LEBEN UNTER WASSER 	<b>15</b> LEBEN AN LAND 	<b>16</b> FRIEDEN, GERECHTIGKEIT UND STARKE INSTITUTIONEN 	<b>17</b> PARTNERSCHAFTEN ZUR ERREICHUNG DER ZIELE 	 <b>THE GLOBAL GOALS</b> For Sustainable Development





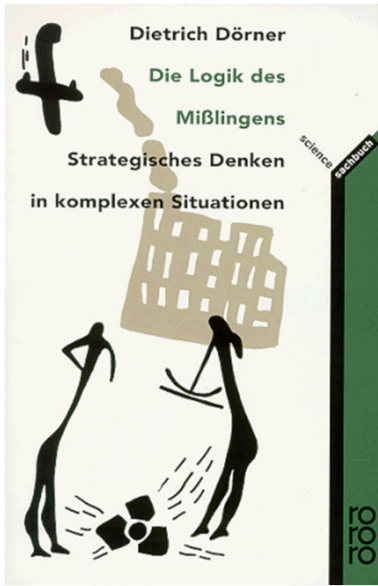
**PEPs**

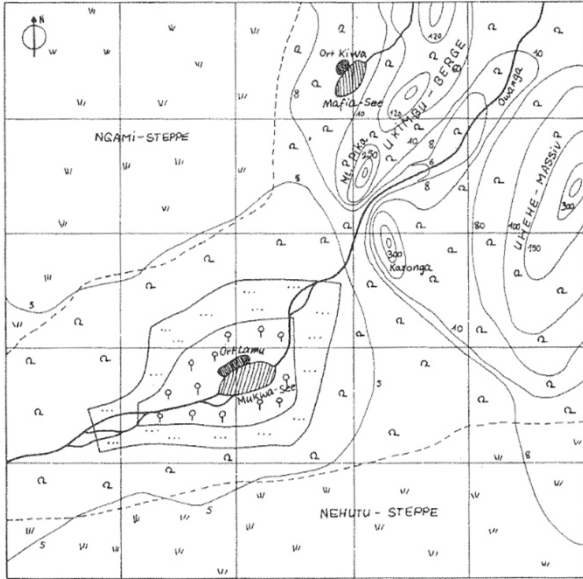
CHEMICAL  
ENGINEERING

50




## Dietrich Dörner: Tanaland





**PEPs**  
CHEMICAL  
ENGINEERING

51




© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Was müssen wir tun?

- **Energiewende so schnell wie möglich**
- **Energiesparen wo es viel bringt, Verschwendung vermeiden**
- **Umstellen auf pflanzliche Ernährung**
- **Entwicklungs-Partnerschaften intensivieren**

**PEPs**  
CHEMICAL  
ENGINEERING

52

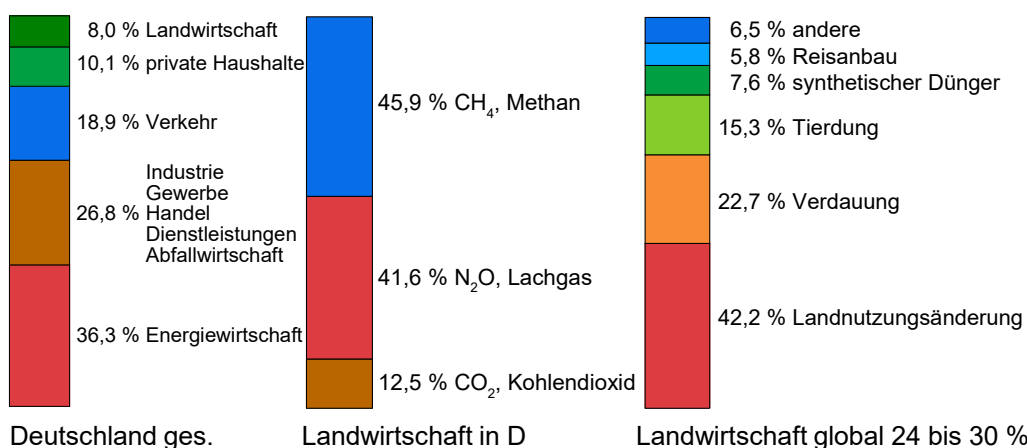


© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Was müssen wir tun?

- Energiewende so schnell wie möglich
- Energiesparen wo es viel bringt, Verschwendung vermeiden
- Umstellen auf pflanzliche Ernährung
- Entwicklungs-Partnerschaften intensivieren

## Emissionen in Deutschland aufgeschlüsselt



## durchschnittliche Emissionen pro Person in Deutschland

	CO <sub>2</sub> -Ausstoß	Anteil
Wohnen	2 040 kg	18,3 %
Strom	700 kg	6,3 %
Mobilität	2 090 kg	18,7 %
Ernährung	1 690 kg	15,1 %
sonstiger Konsum	3 790 kg	33,9 %
öffentliche Emissionen	860 kg	7,7 %
<b>Summe</b>	<b>11 170 kg</b>	

© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

Quelle: <https://uba.co2-rechner.de>

55



## durchschnittliche Emissionen pro Person in Deutschland

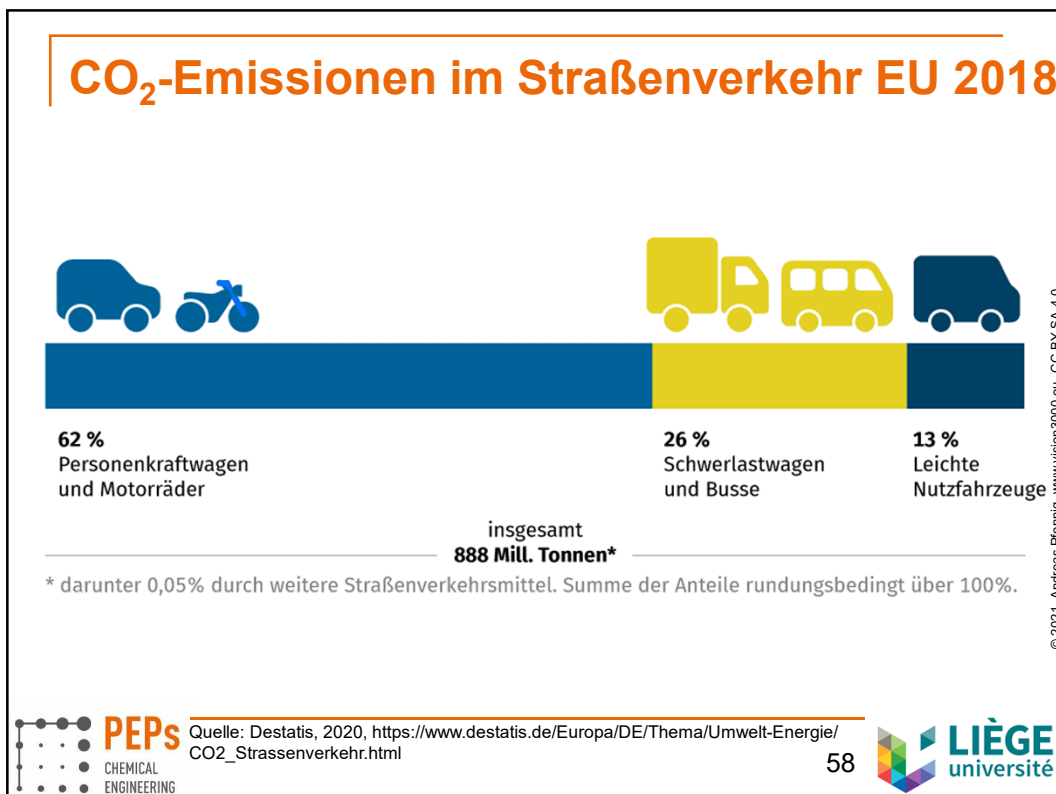
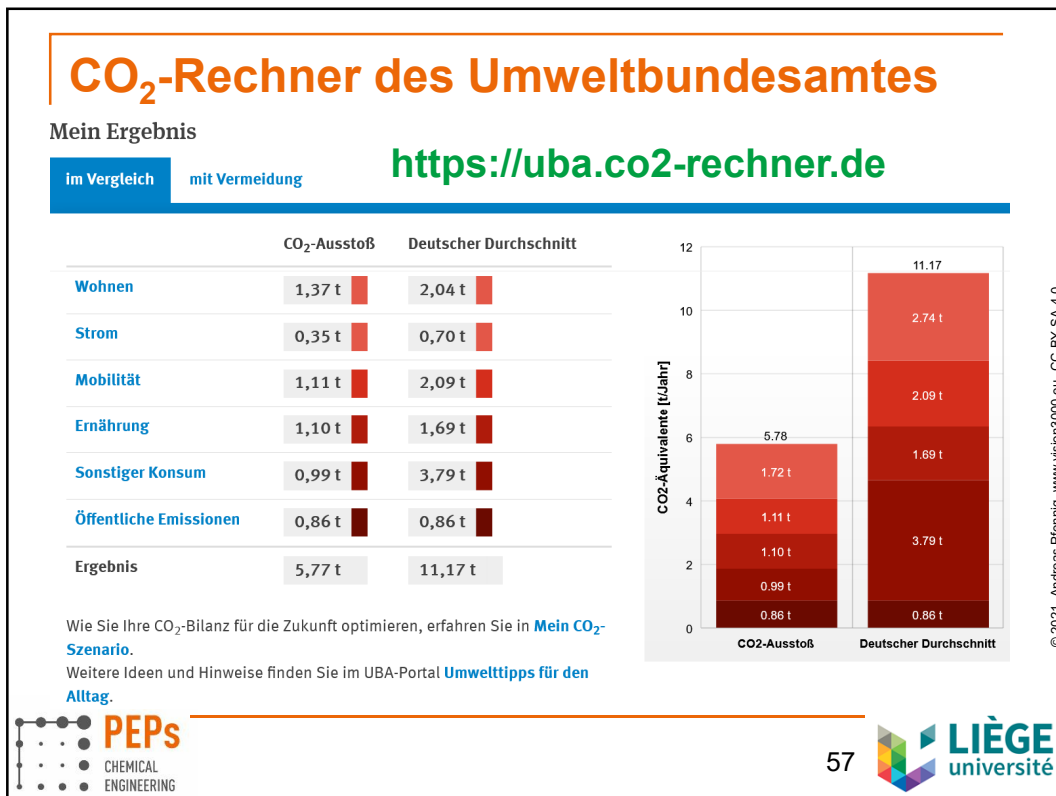
	CO <sub>2</sub> -Ausstoß	Anteil
Raumwärme	1 670 kg	15,0 %
Warmwasser	350 kg	3,1 %
Kochen, Waschen (Geschirrspüler und Waschmaschinen)	260 kg	2,3 %
Beleuchtung	70 kg	0,6 %
Elektrogeräte, Informations- und Kommunikationstechnologie	390 kg	3,5 %
Fahrten, Reisen (ohne Flüge)	1 600 kg	14,3 %
Flüge	490 kg	4,4 %
Ernährung	1 690 kg	15,1 %
sonstiger Konsum	3 790 kg	33,9 %
öffentliche Emissionen	860 kg	7,7 %
<b>Summe</b>	<b>11 170 kg</b>	

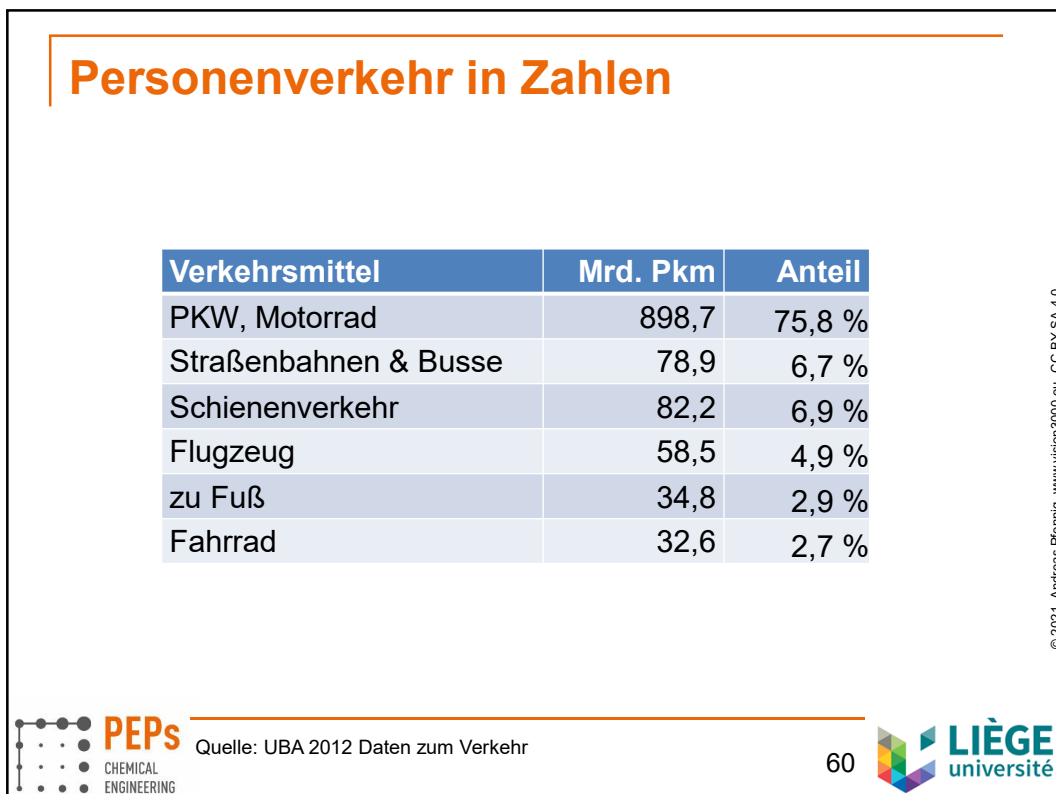
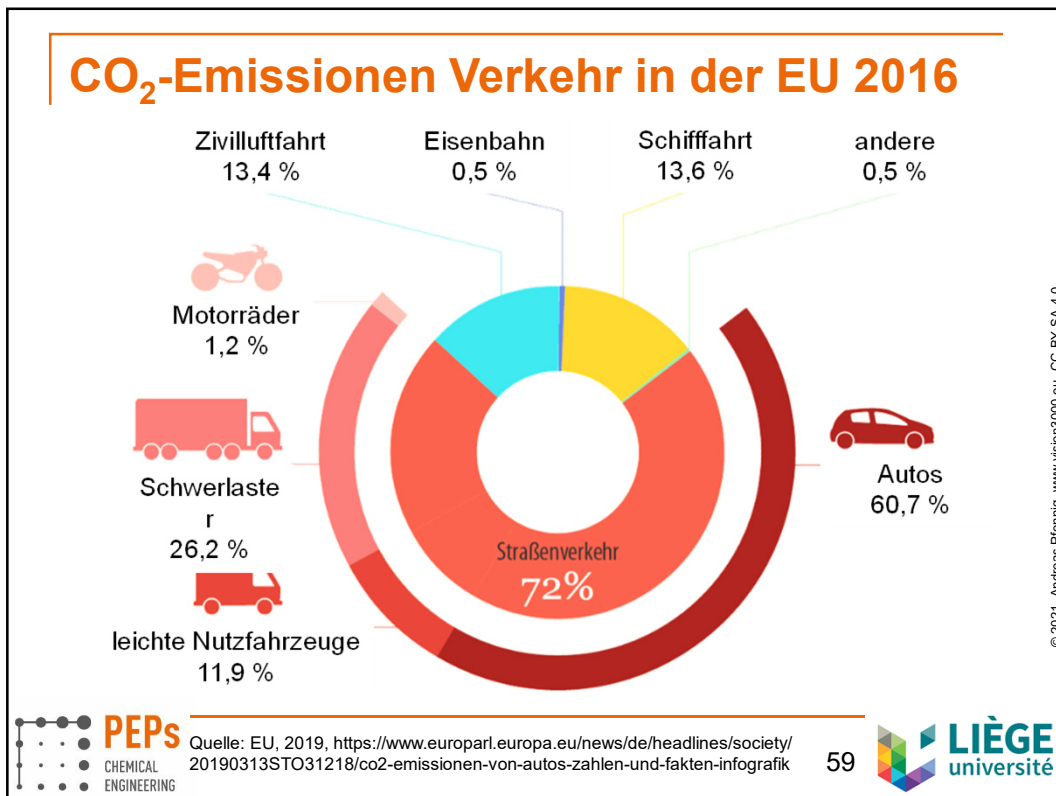
© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

Quelle: [https://uba.co2-rechner.de/de\\_DE/](https://uba.co2-rechner.de/de_DE/)

56







## Personenverkehr in Zahlen

Anlass	Mrd. Pkm	Anteil
Freizeit	420,9	35,5 %
Beruf	214,8	18,1 %
Einkauf	194,6	16,4 %
Geschäft	164,8	13,9 %
Urlaub	88,5	7,5 %
Begleitung	60,3	5,1 %
Ausbildung	41,6	3,5 %

© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

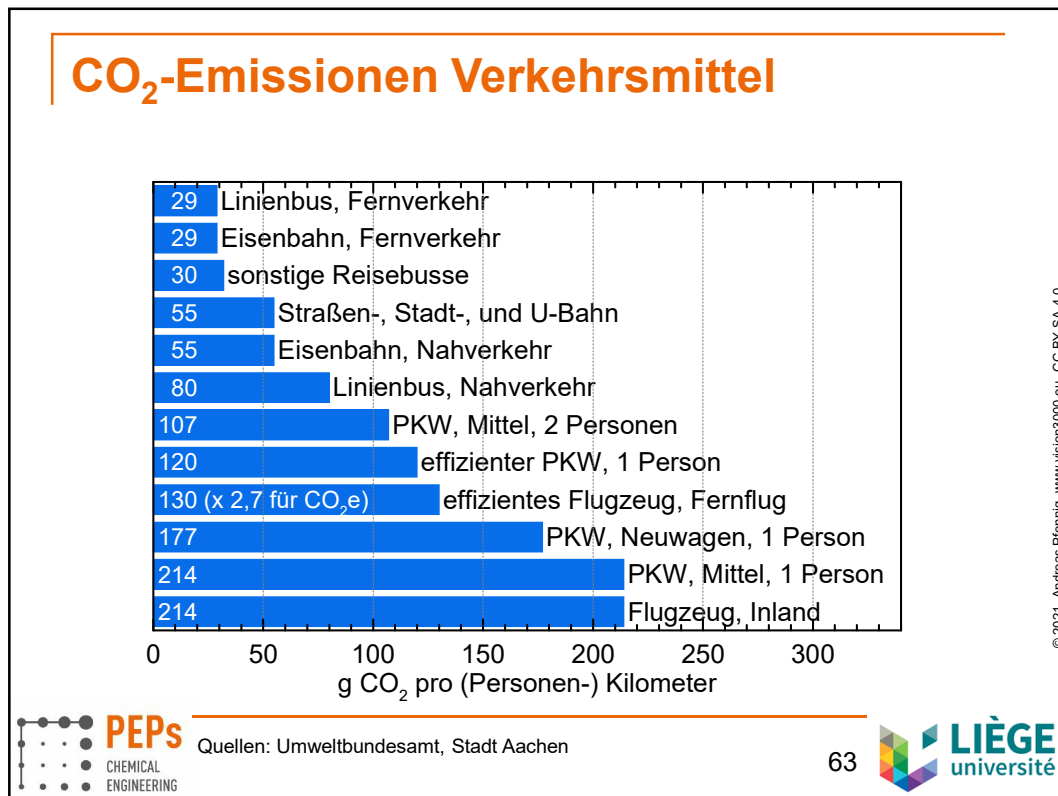
## CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Brennstoffe

Brennstoff	spezifische CO <sub>2</sub> -Emissionen			
	Verbrennung/Wärme		Stromerzeugung	
	ohne VK	mit VK	ohne VK	mit VK
	kgCO <sub>2</sub> /kWh	kgCO <sub>2</sub> /kWh	kgCO <sub>2</sub> /kWh	kgCO <sub>2</sub> /kWh
Braunkohle	0,40	0,41	1,15	1,18
Steinkohle	0,34	0,35	0,89	0,93
Erd-, Heizöl	0,28	0,32	0,78	0,86
Erdgas	0,20	0,22	0,47	0,52
Diesel	0,26	0,30		
Benzin	0,23	0,30		

VK: Vorkette, also Gewinnung, Raffinerie, und ähnliche Schritte

© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0





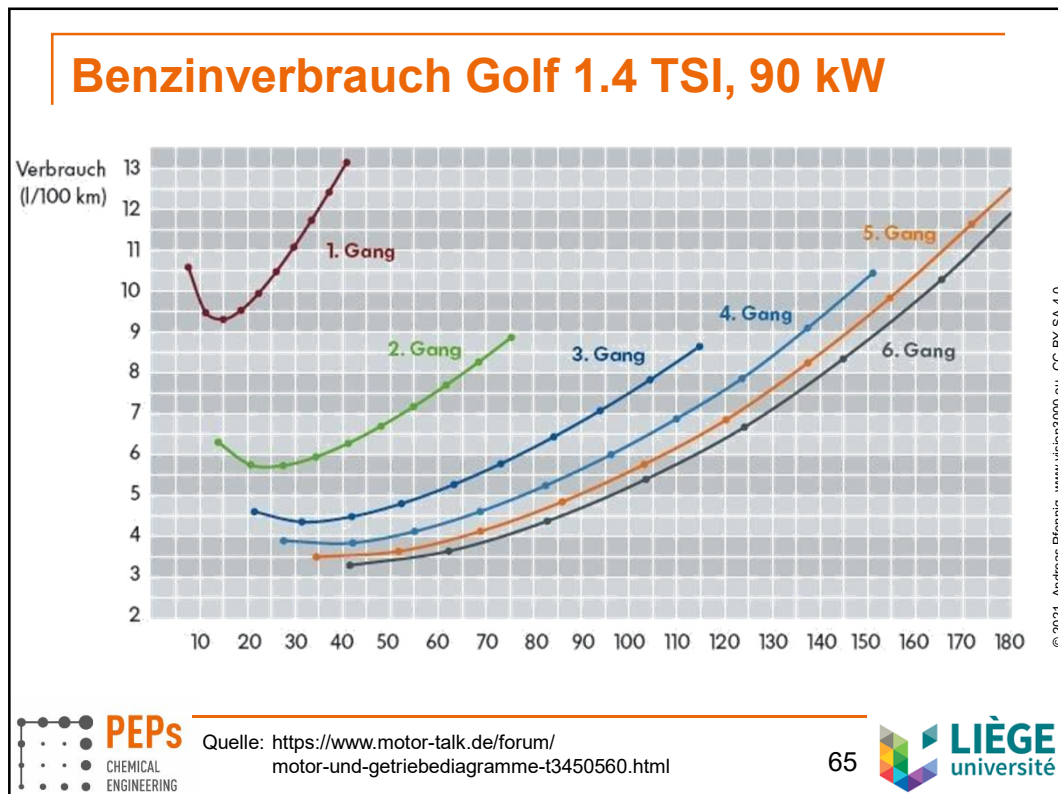
## Sprit-Verbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

Verbrauch	Benzin	Diesel
l / 100 km	g CO <sub>2</sub> / km	g CO <sub>2</sub> / km
1	23,5	26
3	70	78
4	94	105
5	117	131
7	164	183
10	235	262
15	352	392

© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

PEPs CHEMICAL ENGINEERING

64 LIÈGE université

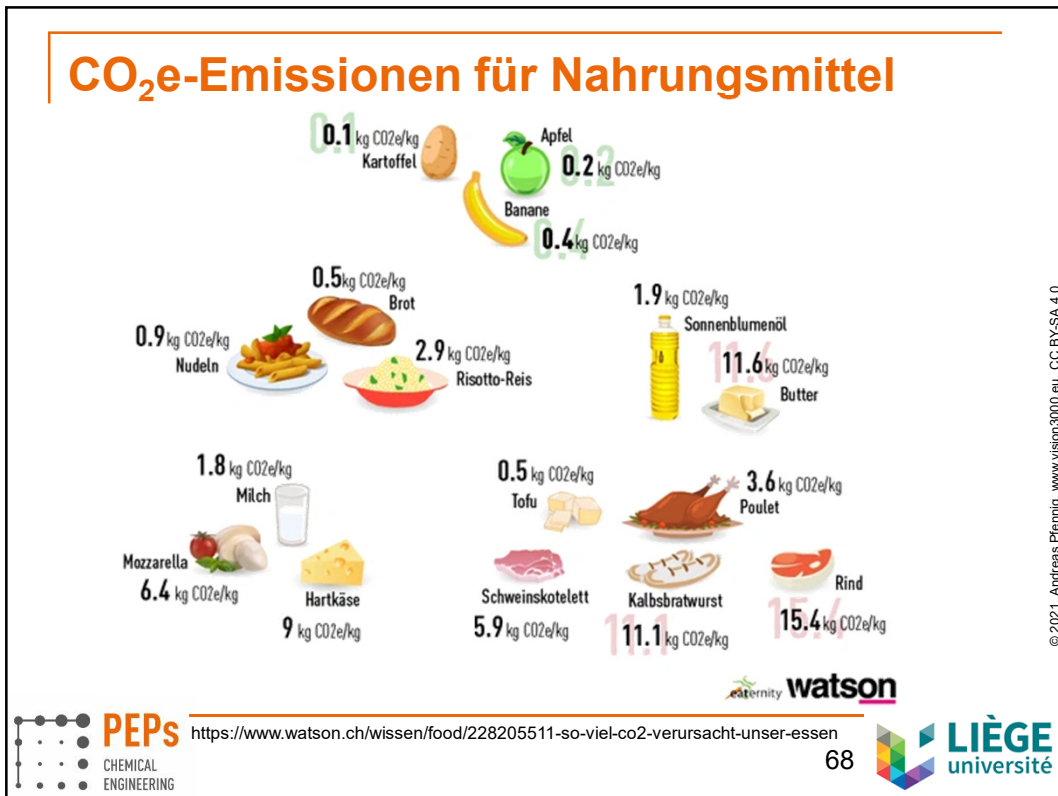
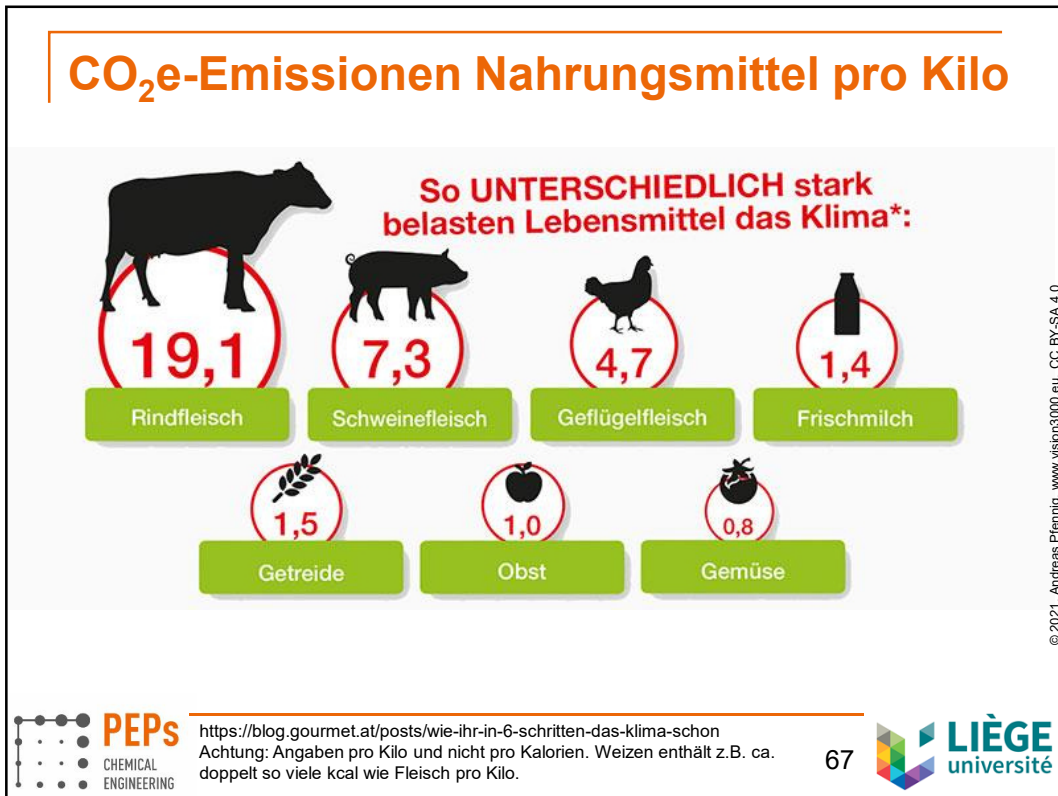


## Reisen

Flug nach Bangkok oder San Francisco und zurück	1 650 kg CO <sub>2</sub> pro Person 4 400 kg CO <sub>2</sub> e pro Person
Flug nach Mallorca und zurück	300 kg CO <sub>2</sub> pro Person 850 kg CO <sub>2</sub> e pro Person
Flug Köln-Bonn - München und zurück	180 kg CO <sub>2</sub> pro Person
Autofahrt Bedburg - München und zurück, 1 Person	210 kg CO <sub>2</sub> pro Person
Autofahrt Bedburg - München und zurück, 4 Personen	53 kg CO <sub>2</sub> pro Person
Bahnfahrt Bedburg - München und zurück	35 kg CO <sub>2</sub> pro Person

Flugreisen: <https://www.arktik.de>

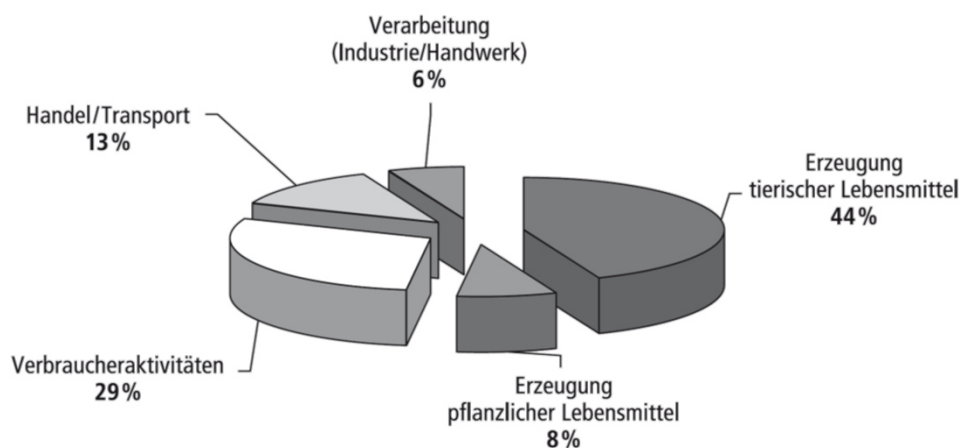
© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0



## CO<sub>2</sub>e-Emissionen unterschiedlicher Lebensmittel pro Kilo

Butter	23.800	Pflanzenöl	2.250
Rindfleisch	13.300	Obstsäfte	1.650
Käse	8.500	Margarine	1.350
Rohwurst	8.000	Teigwaren	900
Rahm	7.600	Mischbrot	750
Schweineschinken	4.800	Weizenmehl	600
Geflügel	3.500	Äpfel	550
Schweinefleisch	3.250	Tomaten (Saison)	350
Eier	1.950	Erdbeeren	300
Joghurt	1.250	Kartoffeln (frisch)	200
Milch	950	Gemüse (frisch)	150

## Zuordnung der Emissionen für Lebensmittel



## CO<sub>2</sub>-Äquivalente in g pro kg Tomaten

Konventioneller Anbau im heimischen beheizten Gewächshaus ausserhalb der Saison	9.300
Ökologischer Anbau im heimischen beheizten Gewächshaus ausserhalb der Saison	9.200
Flugware von den Kanaren	7.200
Konventioneller Anbau im nicht beheizten Gewächshaus	2.300
Freilandtomaten saisonal	600
Konventioneller Anbau in der Region während der Saison	85
Ökologischer Anbau in der Region während der Saison	35

## Einflussfaktoren Ernährungs-Emissionen

Bevorzugung regionaler Ware + Verzicht auf Flugimporte	7	-1%
Bevorzugung saisonaler Ware + Verzicht auf Gewächshausgemüse	83	-5%
Ernährung mit 100% Bio-Gemüse	99	-6%
Verringerung des Fleischkonsums (d.h. 2 mal wöchentlich vegetarisch)	99	-6%
Vegetarische Ernährung	429	-26%
Vegane Ernährung	495	-30%

## Grunddaten (gerundet)

1 Liter Benzin, Diesel, Heizöl, 10 kWh	2,5 kg CO <sub>2</sub>
1 °C weniger Heizen	6 % Einsparung
SUV statt Limousine	1 bis 2 l/100 km Mehrverbrauch
5 Minuten Duschen	0,6 kg CO <sub>2</sub> (Heizöl) 0,4 kg CO <sub>2</sub> (Erdgas)
Vollbad 120 Liter	1,1 kg CO <sub>2</sub> (Heizöl) 0,8 kg CO <sub>2</sub> (Erdgas)
PKW-km im Mittel	15 000 Pkm/a

© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Duschen

	Person 1	Person 2	Person 3	Person 4
Dauer	20 min	5 min	3 min	3 min
Wasserverbrauch	12 l/min	12 l/min	8.5 l/min	8.5 l/min
Duschwassertemperatur	40 °C	40 °C	38 °C	kalt
Duschtage pro Jahr	365 Tage	365 Tage	365 Tage	365 Tage
<b>Kosten pro Duschen</b>	<b>1.83 €</b>	<b>0.46 €</b>	<b>0.19 €</b>	<b>0.12 €</b>
<b>Kosten pro Jahr</b>	<b>668.86 €</b>	<b>167.21 €</b>	<b>69.16 €</b>	<b>42.54 €</b>
<b>Energie pro Jahr</b>	<b>4359 kWh</b>	<b>1090 kWh</b>	<b>432 kWh</b>	<b>0 kWh</b>
<b>CO<sub>2</sub> pro Jahr (Erdgas)</b>	<b>959 kg</b>	<b>240 kg</b>	<b>95 kg</b>	<b>0 kg</b>

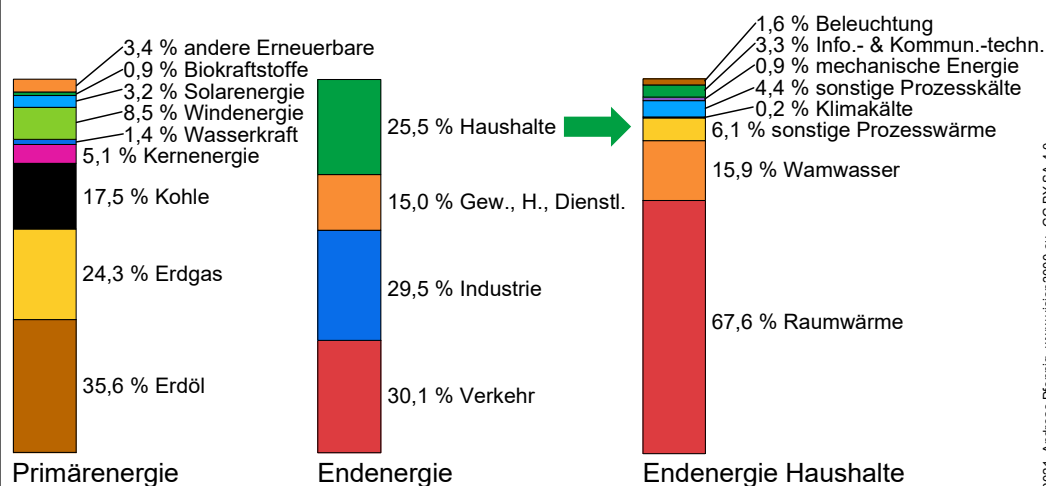
3 Minuten Duschen genügt, wenn beim Einseifen das Wasser abgestellt wird.  
Emissionen ohne Wasserbereitstellung und Abwasserbehandlung.  
8,5 l/min erreicht man mit Spararmaturen.

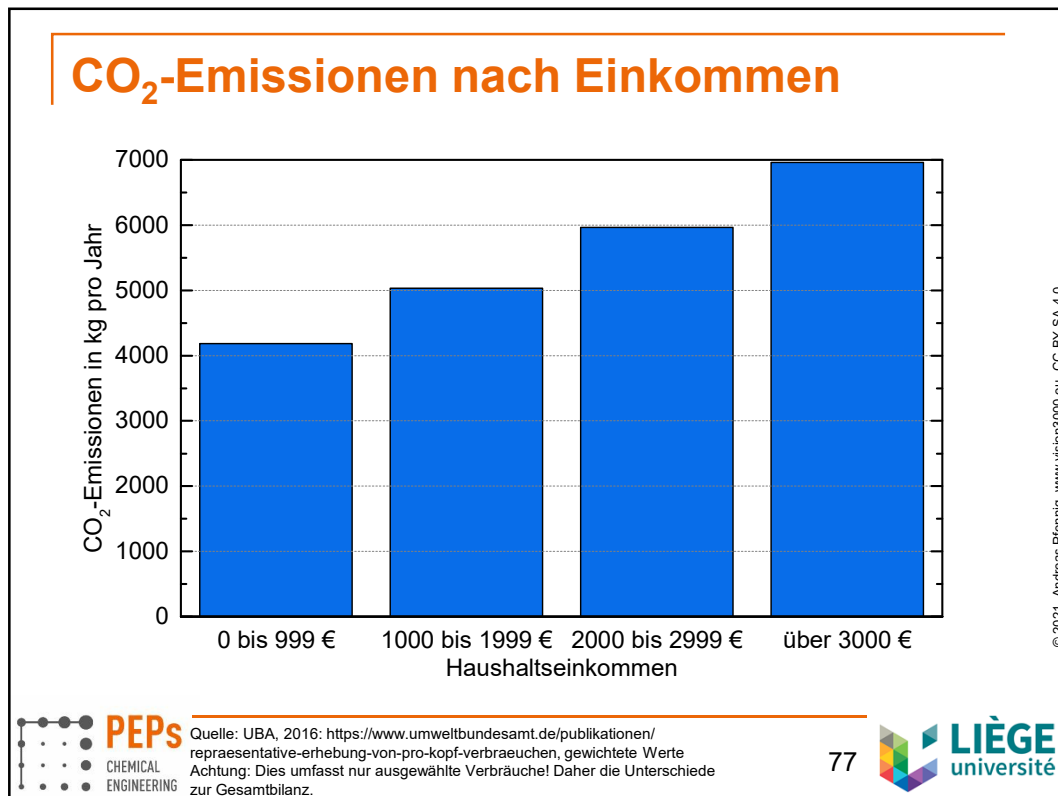
© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## jährliche Einsparmöglichkeiten (beispielhaft für Studenten)

Bahn statt Flugzeug in Europa nutzen	1 900 kg CO <sub>2</sub>
ÖPNV nutzen	690 kg CO <sub>2</sub>
Fahrgemeinschaften bilden	450 kg CO <sub>2</sub>
mit dem Fahrrad zur Arbeit fahren	400 kg CO <sub>2</sub>
weniger Fleisch und Milchprodukte essen	340 kg CO <sub>2</sub>
Wasser aus dem Wasserhahn trinken	250 kg CO <sub>2</sub>
Online-Videos in geringerer Auflösung schauen als HD	250 kg CO <sub>2</sub>
saisonale Gemüse und Obst kaufen	240 kg CO <sub>2</sub>
Kleidung eine zweite Saison tragen	240 kg CO <sub>2</sub>
2 °C kälter heizen	220 kg CO <sub>2</sub>
Stoßlüften	210 kg CO <sub>2</sub>
weniger weit entfernte Reiseziele bei Urlaub und Freizeit	200 kg CO <sub>2</sub>
regionales Obst und Gemüse kaufen - wenn saisonal	170 kg CO <sub>2</sub>
gebrauchte Möbel kaufen	160 kg CO <sub>2</sub>
Second-Hand-Kleidung kaufen	130 kg CO <sub>2</sub>
sparsamere Elektrogeräte	50 kg CO <sub>2</sub>

## Energiekonsum in Deutschland





## Rebound-Effekt

- Rebound-Effekt: Auffressen eines Umweltvorteils durch Verhaltensänderung.  
 Beispiel: PKW mit geringerem Verbrauch kaufen, dafür am Wochenende Spritztour machen, die man sonst nicht gemacht hätte.
- Lizenzierungseffekt (moralischer, psychologischer Rebound): eine kleine gute Umwelt-Tat wird als Rechtfertigung für eine größere Umweltsünde herangezogen  
 Beispiel: Die ganze Woche über wird statt eines Einwegbechers für den Kaffee ein Mehrwegbecher genutzt. So viel Umwelt-Engagement wird als Rechtfertigung für eine Spritztour am Wochenende herangezogen. Dabei spart der Mehrwegbecher in der Woche insgesamt z.B. 60 g Kunststoff, was ca. 300 g CO<sub>2</sub> entspricht (Faktor 2 für Herstellungsprozess, Faktor 2,5 für CO<sub>2</sub> aus Kunststoff, Reinigungsaufwand für den Mehrwegbecher nicht gegengerechnet), das entspricht einer Spritztour von weniger als 3 km.

PEPs CHEMICAL ENGINEERING

78

LIÈGE université

© 2021, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0



## Klima-Wende-Zeit

# VHS Aktionstag Klimanotstand

Andreas Pfennig  
Products, Environment, and Processes (PEPs)  
Department of Chemical Engineering  
Université de Liège  
[www.chemeng.uliege.be/pfennig](http://www.chemeng.uliege.be/pfennig)  
[www.vision3000.eu](http://www.vision3000.eu)  
[andreas.pfennig@uliege.be](mailto:andreas.pfennig@uliege.be)

aktiv bei:

