

14.06.2022, Realschule im Kultur und Bildungszentrum Alsdorf & Aber Hallo e.V.

## Klima-Wende-Zeit: Was tun, um innerhalb der planetaren Grenzen zu überleben?



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:



## Copyright, Zitierung, Kontakt

- **Copyright:** © Andreas Pfennig, 2021, [www.vision3000.eu](http://www.vision3000.eu), CC BY-SA 4.0, wo nicht anders angegeben
- **Kontakt:** Falls Sie Kontakt mit mir aufnehmen möchten oder Interesse an einem Vortrag von mir haben, schreiben Sie mir bitte an: [andreas.pfennig@uliege.be](mailto:andreas.pfennig@uliege.be)

© 2022, Andreas Pfennig, [www.vision3000.eu](http://www.vision3000.eu), CC BY-SA 4.0



## weiterführende Quellen



Sustainability and Future  
Human Development  
[www.youtube.com  
playlist](https://www.youtube.com/playlist)



[www.vision3000.eu](http://www.vision3000.eu)  
inkl. Szenarien-Explorer



2019  
Books on Demand  
Norderstedt, 15€

**A. Pfennig:**  
**Sustainable Bio- or CO<sub>2</sub> Economy:**  
**Chances, Risks, and Systems Perspective**  
**ChemBioEng Reviews 2019, 6(3)**  
[doi.org/10.1002/cben.201900006](https://doi.org/10.1002/cben.201900006)



© 2022, Andreas Pfennig, [www.vision3000.eu](http://www.vision3000.eu), CC BY-SA 4.0

## über mich

### Andreas Pfennig

- 1979 bis 1984 Studium der Verfahrenstechnik an der RWTH Aachen
- 1984 bis 1985 Forschung bei J.M. Prausnitz, UC Berkeley, California
- 1985 bis 1987 Promotion im Bereich Verfahrenstechnik an der RWTH Aachen
- 1988 bis 1995 Habilitation an der TU Darmstadt
- 1995 bis 2011 Universitätsprofessor, RWTH Aachen
- 2011 bis 2014 Universitätsprofessor, TU Graz, Österreich
- seit 2014 Universitätsprofessor, Department of Chemical Engineering, University of Liège, Belgien
- seit 2019 aktiv bei Scientists4Future, Aachen  
Beirats-Mitglied Scientists4Future, Deutschland



© 2022, Andreas Pfennig, [www.vision3000.eu](http://www.vision3000.eu), CC BY-SA 4.0

## Klimawandel

- Wie betrifft der Klimawandel uns in Europa?
- Was bedeutet Klimawandel konkret für uns persönlich?





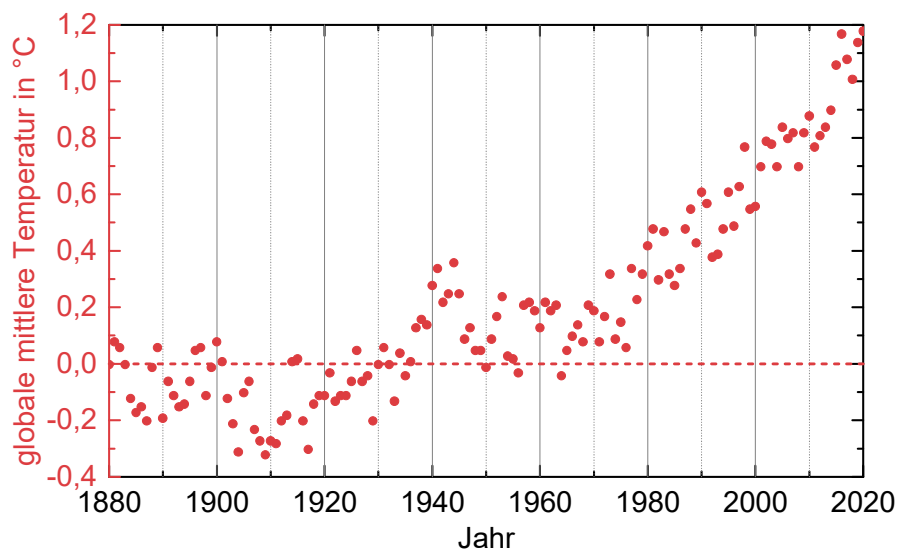
## Niedrigwasser des Rhein 2016 & 2018



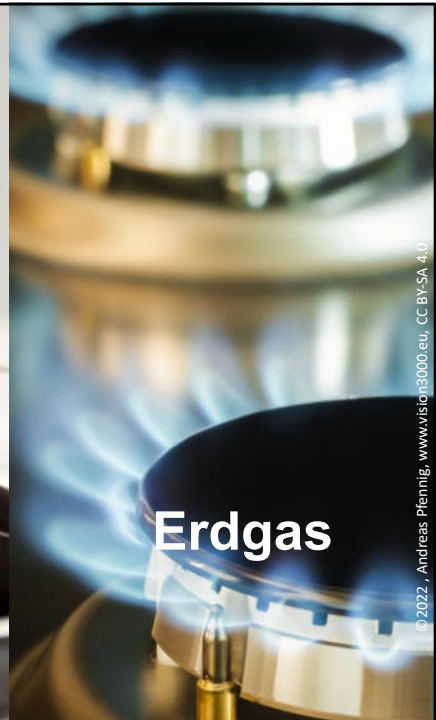
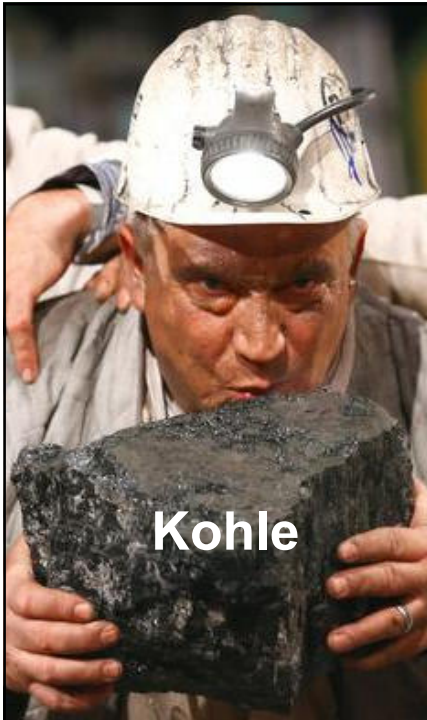
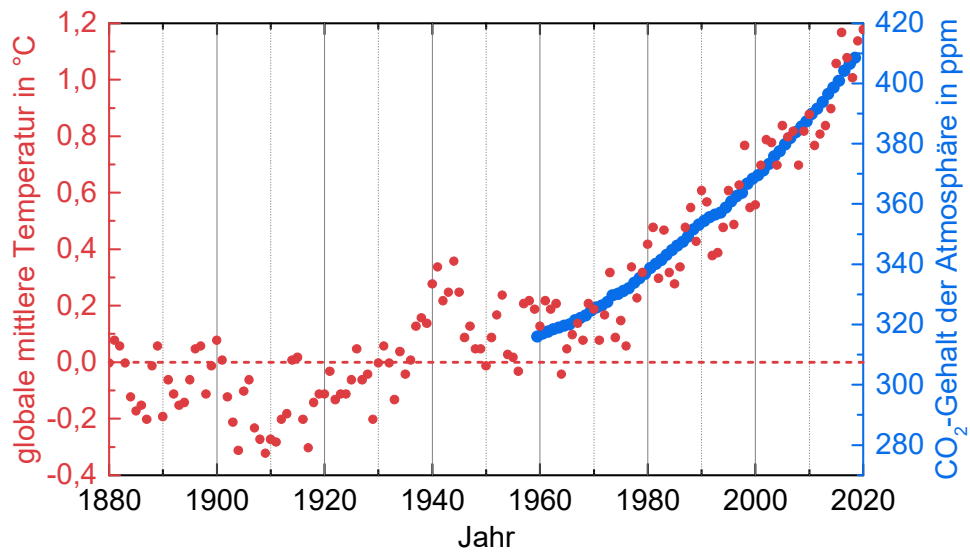
## Klimawandel

- Was ist die Ursache?

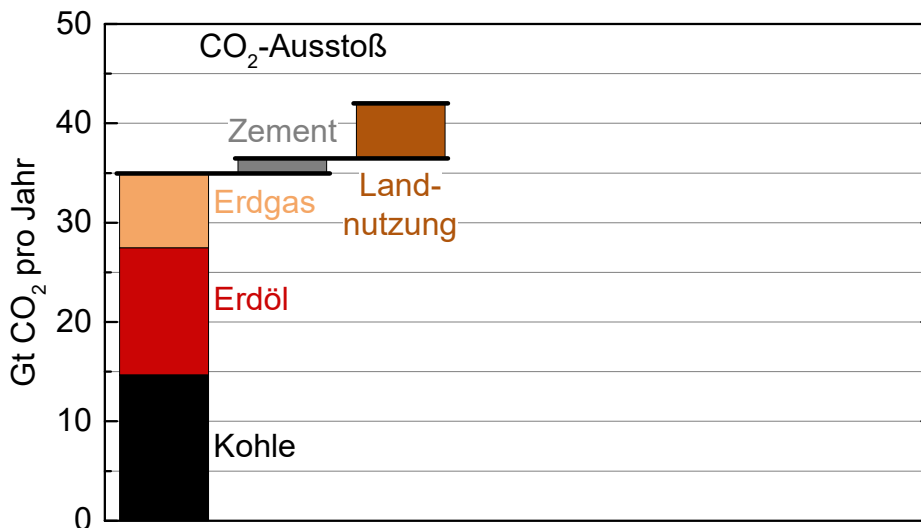
## Ursache des Klimawandels



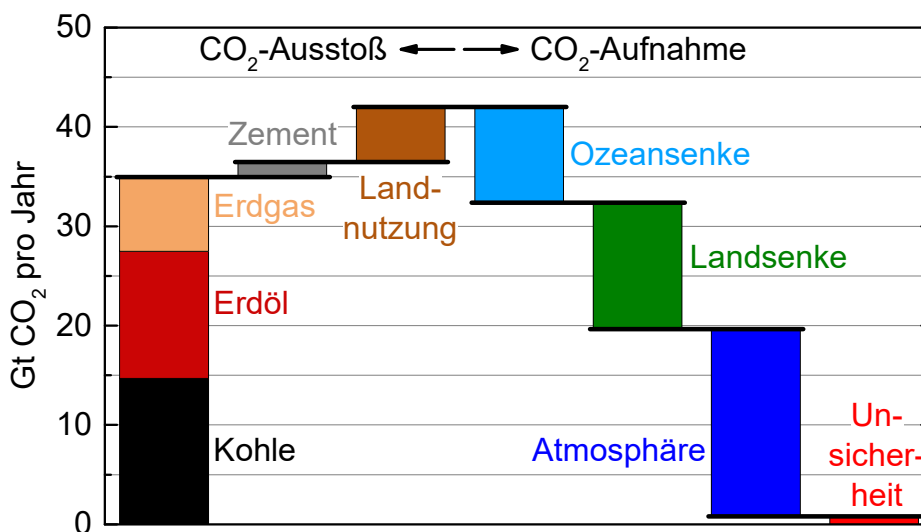
## Ursache des Klimawandels



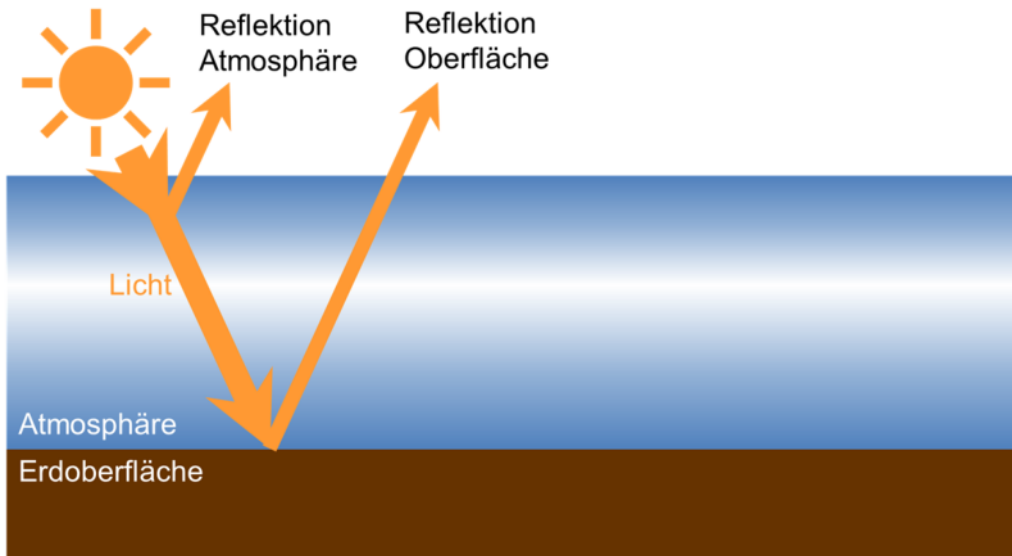
## aktuelles globales CO<sub>2</sub>-Budget (2018)



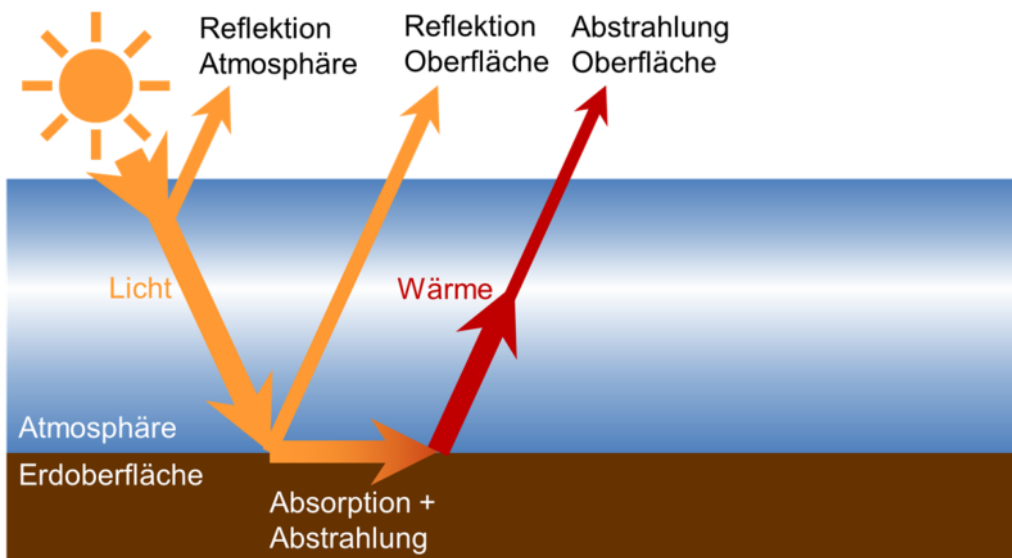
## aktuelles globales CO<sub>2</sub>-Budget (2018)



## Treibhauseffekt

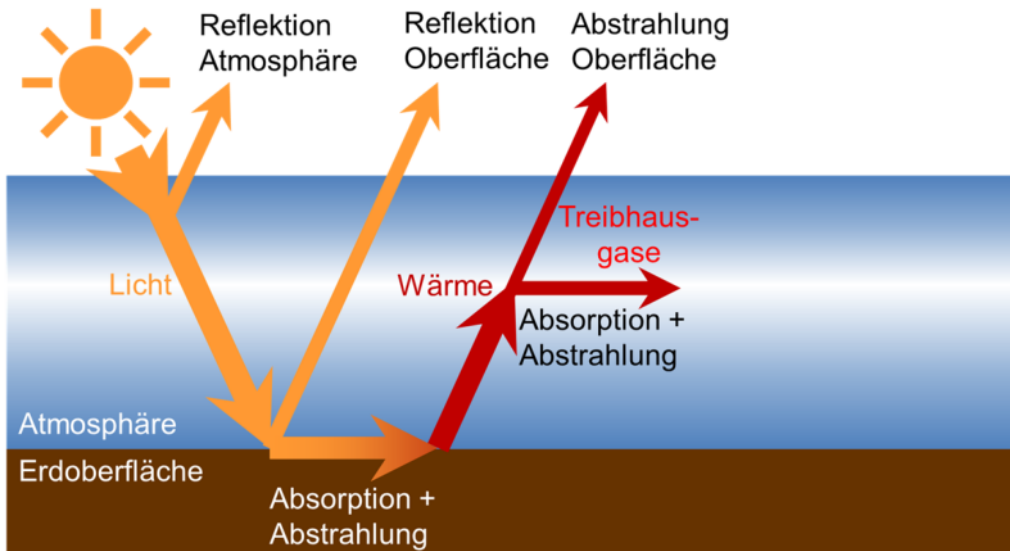


## Treibhauseffekt

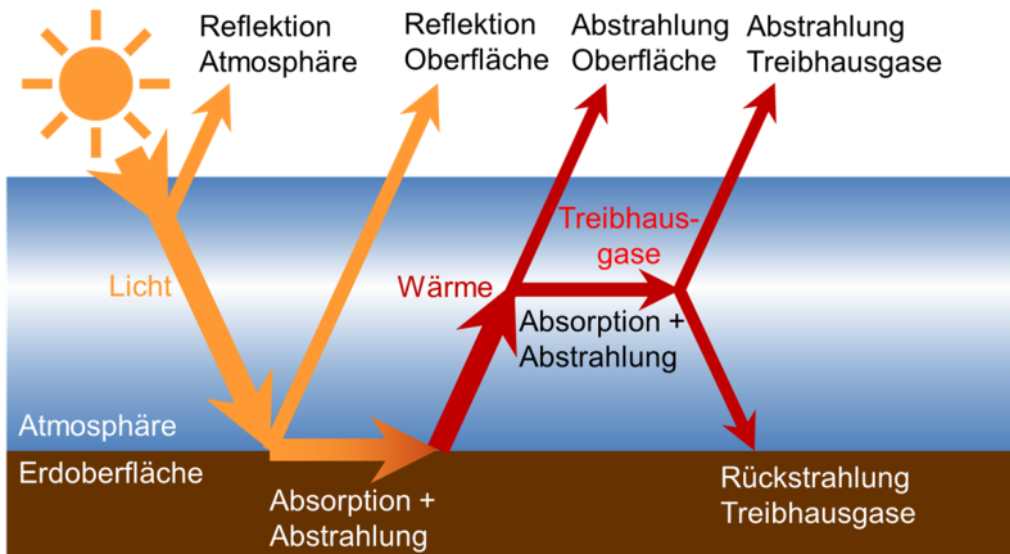




## Treibhauseffekt



## Treibhauseffekt



## Klimawandel

- Wie können wir ihn stoppen?



## erneuerbare Energie



[www.smartflower-germany.de](http://www.smartflower-germany.de)

Pariser Klimaabkommen von der COP22, 2015:  
„... auf deutlich unter 2 °C“ zu begrenzen  
„Anstrengungen unternommen werden, um  
... auf 1,5 °C ... zu begrenzen“

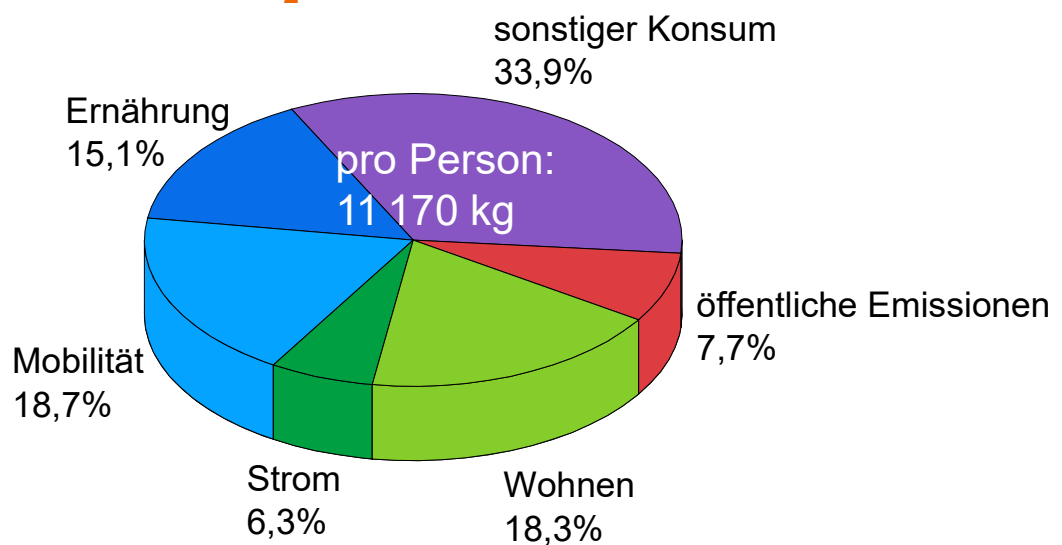


## Was müssen wir tun?

### ■ Maßnahmen fokussieren auf:

- **Energiewende**  
⇒ **Klima retten**
- **Energiesparen wo besonders effizient**  
⇒ **Energiewende einfacher**

## durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland



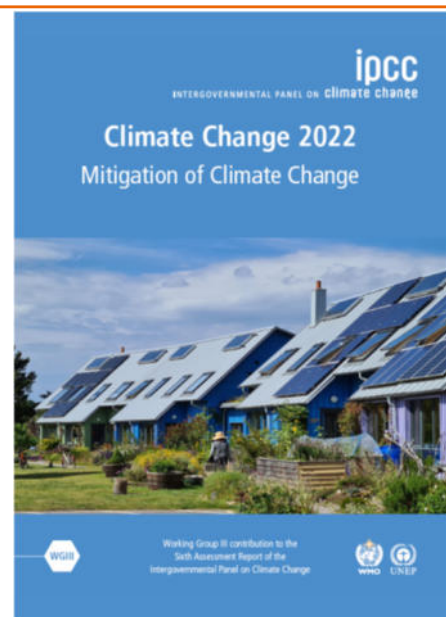
## Klimawandel

- Was kommt danach?

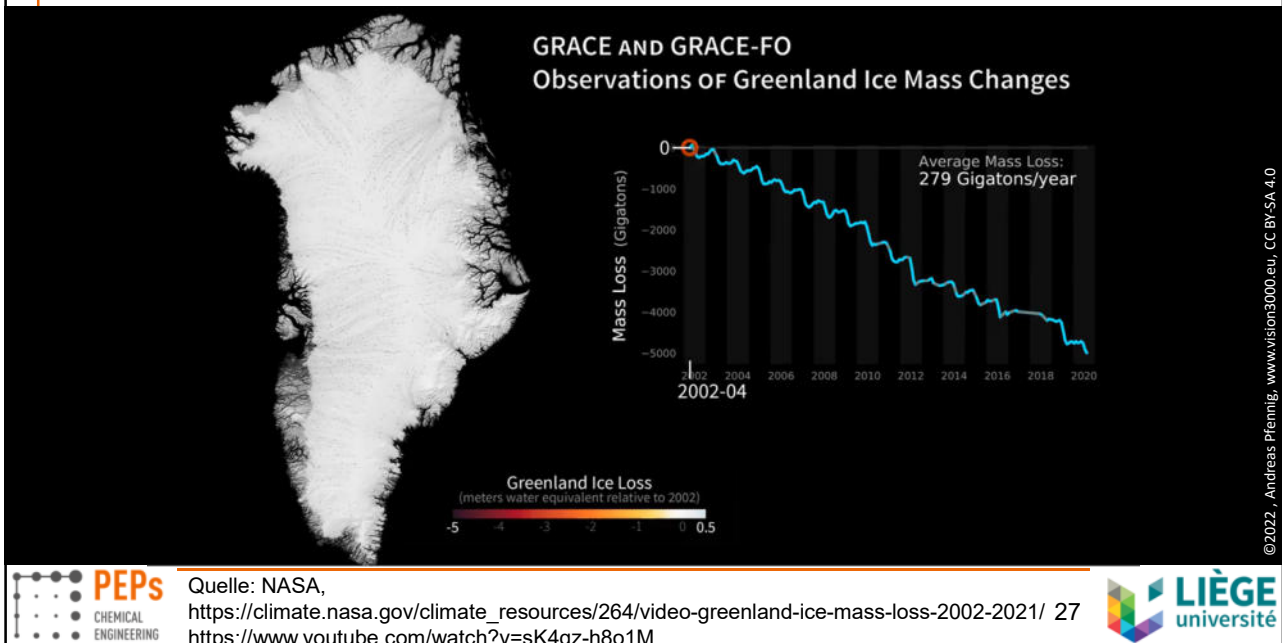
## 6. Bericht des Weltklimarates 4. April 2022

Intergovernmental Panel on Climate Change:  
IPCC = Weltklimarat

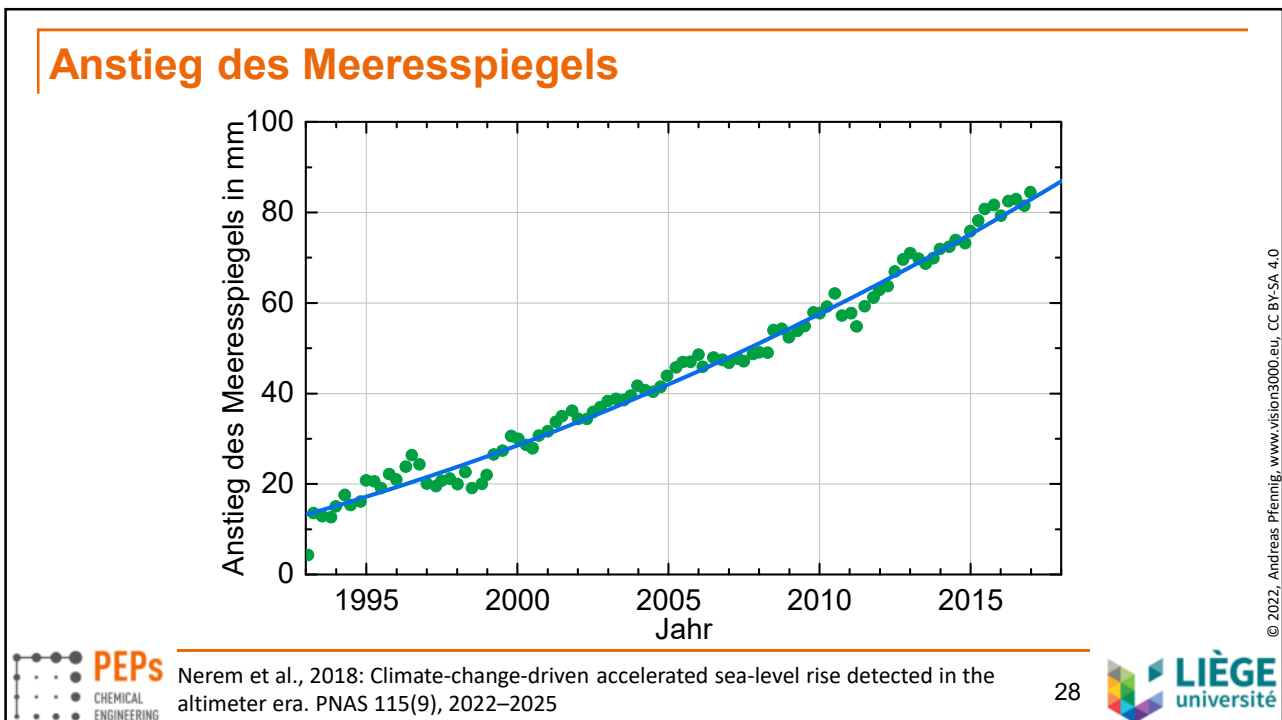
1988 gegründet durch  
World Meteorological Organization (WMO)  
United Nations Environment Programme (UNEP)



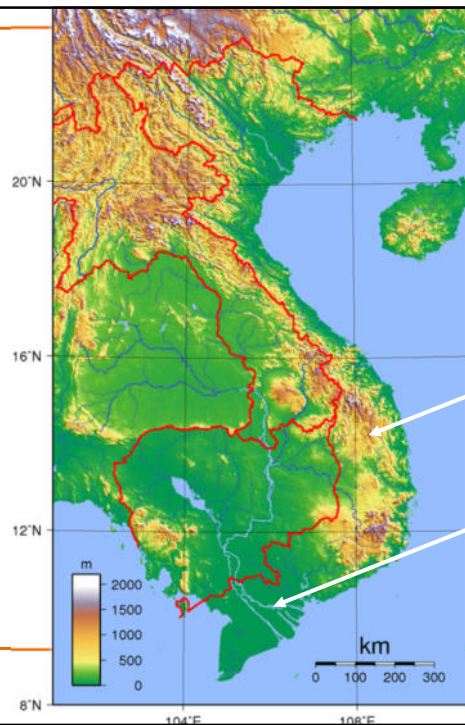
## Abschmelzen des Grönlandeises



## Anstieg des Meeresspiegels



## Vietnam



Minderhoud, Coumou, Erkens, Middelkoop, Stouthamer 2019  
Mekong delta much lower than previously assumed in sea-level  
rise impact assessments. nature communications 10:3847,  
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-11602-1>

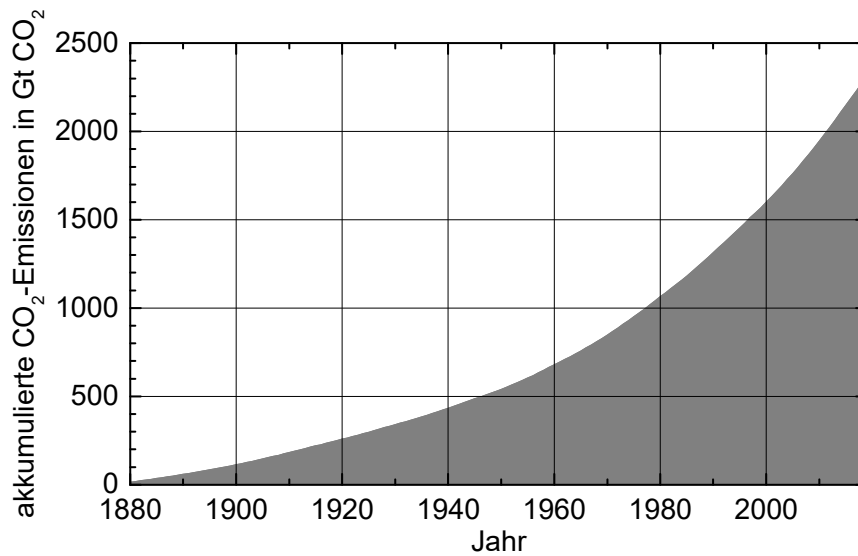
Vietnam

Mekong-Delta  
im Mittel 80 cm über N.N.

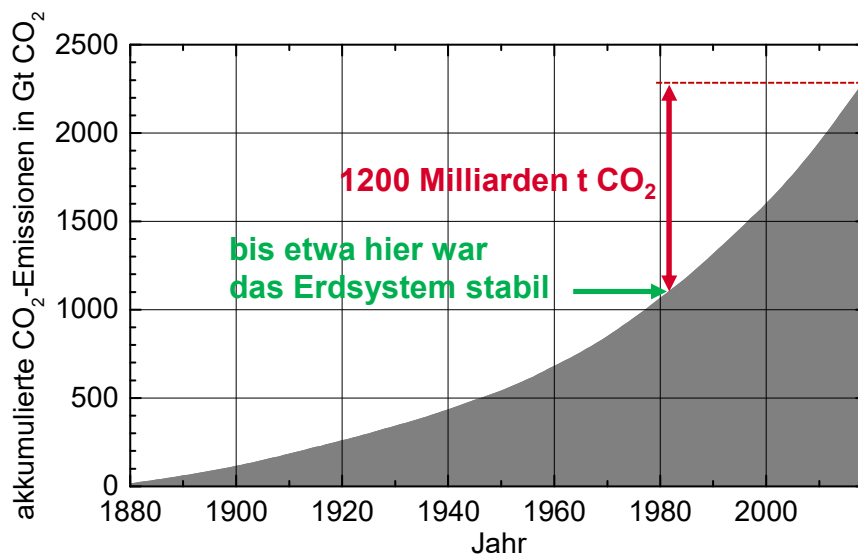
## Erdsystem stabilisieren

- Welche Möglichkeiten gibt es?

## insgesamt emittiertes CO<sub>2</sub> seit Industrialisierung



## insgesamt emittiertes CO<sub>2</sub> seit Industrialisierung





## Erdsystem stabilisieren

- Aufforsten, Moore wiedervernässen
- Humusbildung im Boden, nachhaltige Landwirtschaft

## Erdsystem stabilisieren

- Aufforsten, Moore wiedervernässen
- Humusbildung im Boden, nachhaltige Landwirtschaft
  - ⇒ einfach
  - ⇒ preiswert, 0 bis 100 € pro t CO<sub>2</sub>
  - ⇒ maximal etwa 650 Milliarden t CO<sub>2</sub>
  - ⇒ benötigt fruchtbare Landfläche

## Erdsystem stabilisieren

- Aufforsten, Moore wiedervernässen
- Humusbildung im Boden, nachhaltige Landwirtschaft
- DACCS (direct air carbon capture and storage)

## DACCS/U direct air carbon capture & storage/utilization



<https://carbonengineering.com>  
<https://www.climeworks.com>  
<https://globalthermostat.com>  
etc.

## Erdsystem stabilisieren

- Aufforsten, Moore wiedervernässen
- Humusbildung im Boden, nachhaltige Landwirtschaft
- DACCS (direct air carbon capture and storage)

⇒ aufwändig

⇒ teuer: 250 € pro t CO<sub>2</sub>

Kompensation CO<sub>2</sub>-Emissionen des Kraftwerks Weisweiler:  
Absorber 128 m x 7 000 m  
über 4,5 Mrd. € pro Jahr ≈ 6-fach die Einnahmen aus Strom

## Erdsystem stabilisieren

- Aufforsten, Moore wiedervernässen
- Humusbildung im Boden, nachhaltige Landwirtschaft
- DACCS (direct air carbon capture and storage)
- BECCS (bioenergy with carbon capture and storage)

## BECCS (bio-energy with carbon capture and storage)



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Erdsystem stabilisieren

- Aufforsten, Moore wiedervernässen
- Humusbildung im Boden, nachhaltige Landwirtschaft
- DACCS (direct air carbon capture and storage)
- BECCS (bioenergy with carbon capture and storage)
  - ⇒ preiswert, Erlös aus Bioenergie, < 100 € pro t CO<sub>2</sub>
  - ⇒ benötigt fruchtbare Landfläche

© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Erdsystem stabilisieren

- Aufforsten, Moore wiedervernässen
- Humusbildung im Boden, nachhaltige Landwirtschaft
- DACCS (direct air carbon capture and storage)
- BECCS (bioenergy with carbon capture and storage)
- etc.

## Erdsystem stabilisieren

- DACCS ist teuer:  
Woher bekommen wir das Geld?
- BECCS braucht viel fruchtbare Landfläche:  
Woher bekommen wir die Fläche?

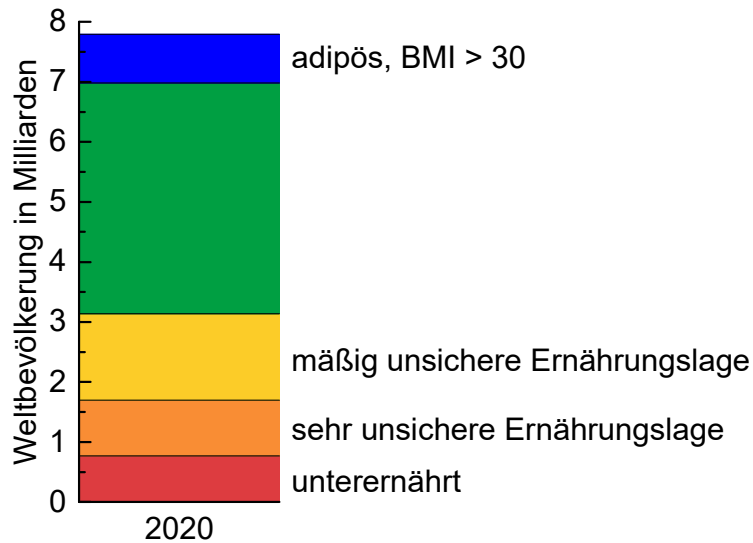
## Erdsystem stabilisieren

- DACCS ist teuer:  
Woher bekommen wir das Geld?  
pro Person in entwickelten Länder: ca. 1500 € pro Jahr  
4-köpfige Familie: 6000 € pro Jahr  $\approx$  2 Monatseinkommen
- BECCS braucht viel fruchtbare Landfläche:  
Woher bekommen wir die Fläche?

## Erdsystem stabilisieren

- ~~■ DACCS ist teuer:  
Woher bekommen wir das Geld?  
pro Person in entwickelten Länder: ca. 1500 € pro Jahr  
4-köpfige Familie: 6000 € pro Jahr  $\approx$  2 Monatseinkommen~~
- BECCS braucht viel fruchtbare Landfläche:  
Woher bekommen wir die Fläche?

## Ernährungszustand der Weltbevölkerung



## Nutzung der Landfläche pro Person

2020

verfügbare fruchtbare Landfläche pro Person

## pflanzliche Nahrungsmittel



## Bio-Kraftstoffe





## bio-basierte Materialien



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Nutzung der Landfläche pro Person

2020



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Futtermittel



## Weiden



## Nutzung der Landfläche pro Person

2020



Quelle: <http://www.fao.org/faostat/en/> & eigene Auswertungen

53



© 2022, Andreas Pfennig, [www.vision3000.eu](http://www.vision3000.eu), CC BY-SA 4.0

## Nutzung der Landfläche pro Person

2050 ???

2020



Quelle: <http://www.fao.org/faostat/en/> & eigene Auswertungen

54



© 2022, Andreas Pfennig, [www.vision3000.eu](http://www.vision3000.eu), CC BY-SA 4.0



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu

## Nutzung der Landfläche pro Person



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

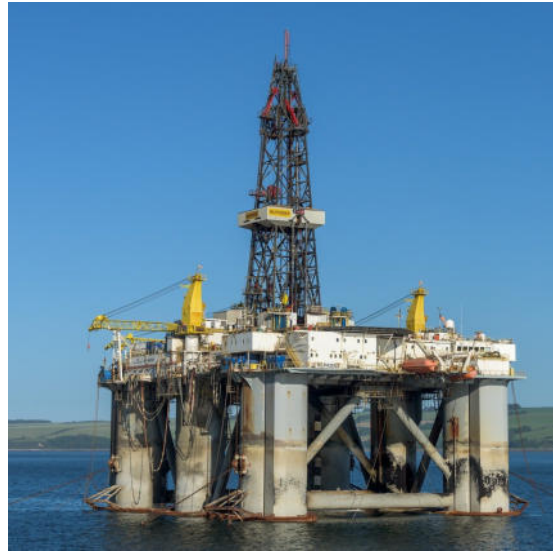
## Nutzung der Landfläche pro Person



## Aufforstung zur CO<sub>2</sub>-Bindung aus der Atmosphäre



## BECCS (bio-energy with carbon capture and storage)



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## nachhaltige Landwirtschaft



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Blühstreifen und Brachland für Biodiversität



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## Nutzung der Landfläche pro Person



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## tierbasierte Nahrungsmittel



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0

## tierbasierte Nahrungsmittel: 95 % Flächen-Verschwendung



© 2022, Andreas Pfennig, www.vision3000.eu, CC BY-SA 4.0



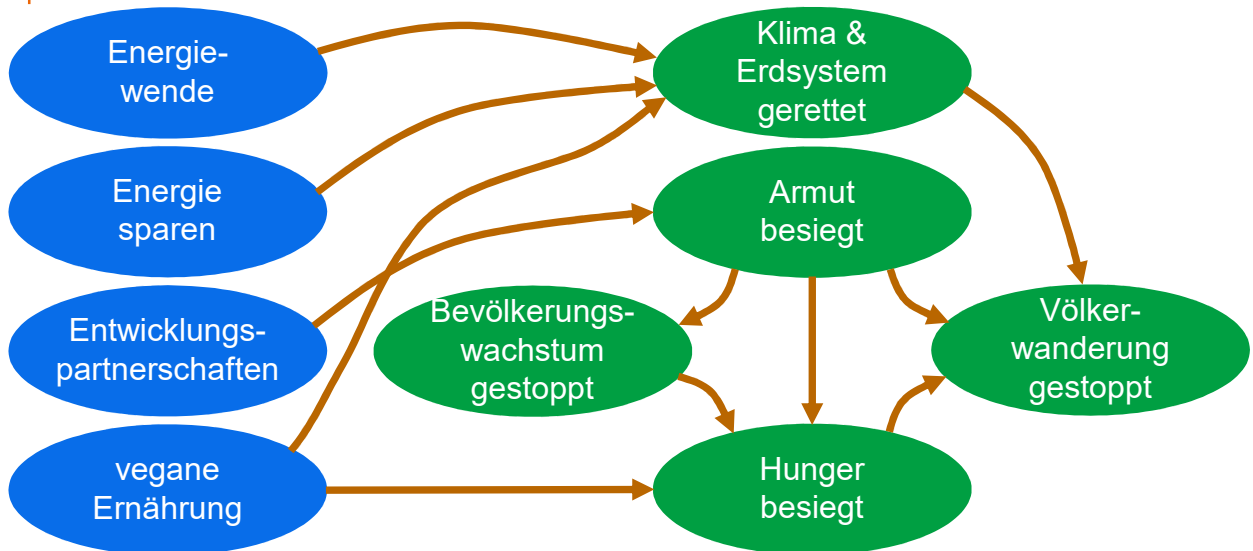
## Erdsystem stabilisieren

- ~~DACCS ist teuer:  
Woher bekommen wir das Geld?  
pro Person in entwickelten Länder: ca. 1500 € pro Jahr  
4-köpfige Familie: 6000 € pro Jahr ≈ 2 Monatseinkommen~~
- BECCS braucht viel fruchtbare Landfläche:  
Woher bekommen wir die Fläche?  
geht gerade auf mit rein pflanzlicher Ernährung

## Was müssen wir tun?

- **Maßnahmen fokussieren auf:**
  - **Energiewende**  
⇒ **Klima retten**
  - **Energiesparen wo besonders effizient**  
⇒ **Energiewende einfacher**
  - **vegane Ernährungswende**  
⇒ **fruchtbare Landfläche ⇒ Nachhaltigkeit & kein Hunger**
  - **Entwicklungs-Partnerschaften**  
⇒ **Bevölkerungswachstum stoppen**

## Was müssen wir tun?



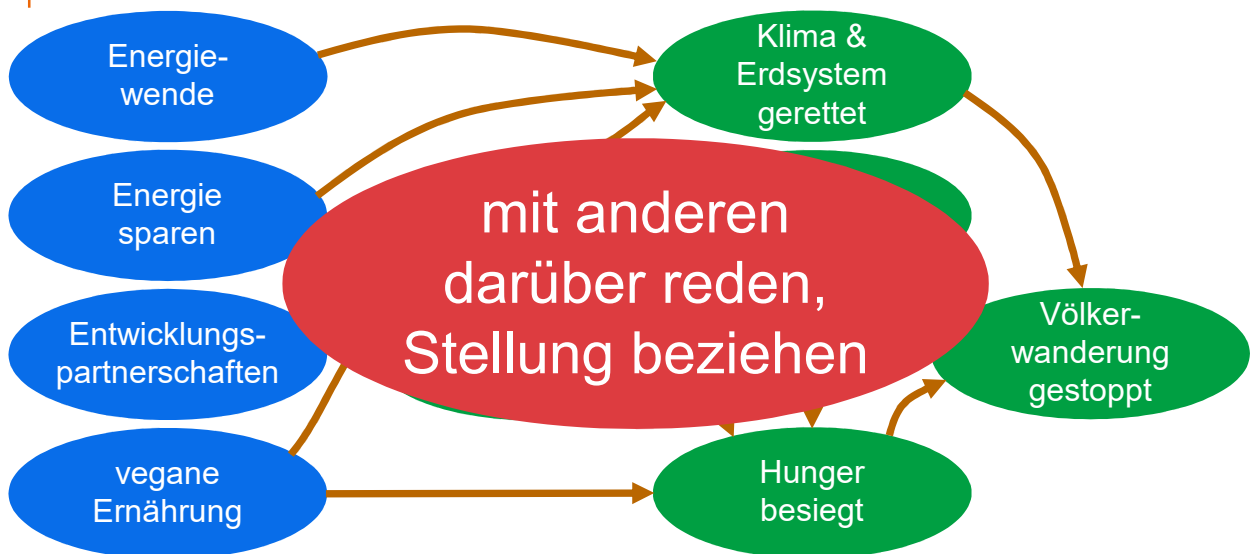
## Ziele nachhaltiger Entwicklung, SDGs



## Ziele nachhaltiger Entwicklung, SDGs



## Was müssen wir tun?



**zustehenden Anteil kreativ und nachhaltig nutzen!**



14.06.2022, Realschule im Kultur und Bildungszentrum Alsdorf & Aber Hallo e.V.

## **Klima-Wende-Zeit: Was tun, um innerhalb der planetaren Grenzen zu überleben?**

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:

