

Seminarüberblick

Fachübergreifende Ursachen des Klimawandels, Folgen und Lösungsansätze

Modul 1

Fachübergreifende Ursachen des Klimawandels, Folgen und Lösungsansätze



Inhalte Modul 1

Ziele des Seminars, Fachübergreifender Ansatz

1. Fragen stellen, Eigenständiges Denken, Wissenschaft
- 2. Klimawissenschaft und Technik**

Teilnehmerwünsche



Welche Erwartungen haben Sie an die Veranstaltung?
Welche Erkenntnisse möchten Sie aus dem Seminar mitnehmen?

1 Fragen stellen, **Eigenständiges Denken**, Wissenschaft

Eigenständiges Denken

- **Buddha**, ca. 560-480 v. Chr.
Rede an die Kalamer, AN III, 66
- **Horaz**, 65-8 v. Chr.
- Aufklärung: **Immanuel Kant**, 1724-1804
- **Hannah Arendt**, 1906-1975



1 Fragen stellen, **Eigenständiges Denken**, Wissenschaft



KLIMASCHUTZ
BILDUNG
WACKERKAR

Eigenständiges Denken: warum? Brainstorming

Was ist konkret gemeint?

1 Fragen stellen, Eigenständiges Denken, Wissenschaft

Was ist Wissenschaft?

- Kurze Einführung in die Wissenschaftstheorie
- Wert von SkeptikerInnen
- **Georg Christoph Lichtenberg,**
1742-1799





2 Klimawissenschaft, Umweltschutz u. Technik

Einführung in die Klimawissenschaft - Übersicht

1. Grundbegriffe Klima, Wetter
2. Treibhauseffekt, Energiebilanz der Erde, Natürliche Schwankungen
3. Zahlen und Begriffe
4. Praktische Nachweise / Messmethoden heute
5. Klimamodelle und Geschichte der Klimawissenschaft
6. Folgen des Klimawandels und aktuelle Erkenntnisse
7. Klimaszenarien
8. Klimawandelskeptische Positionen
9. Verursacher der Treibhausgase

Frage zur Klimawissenschaft

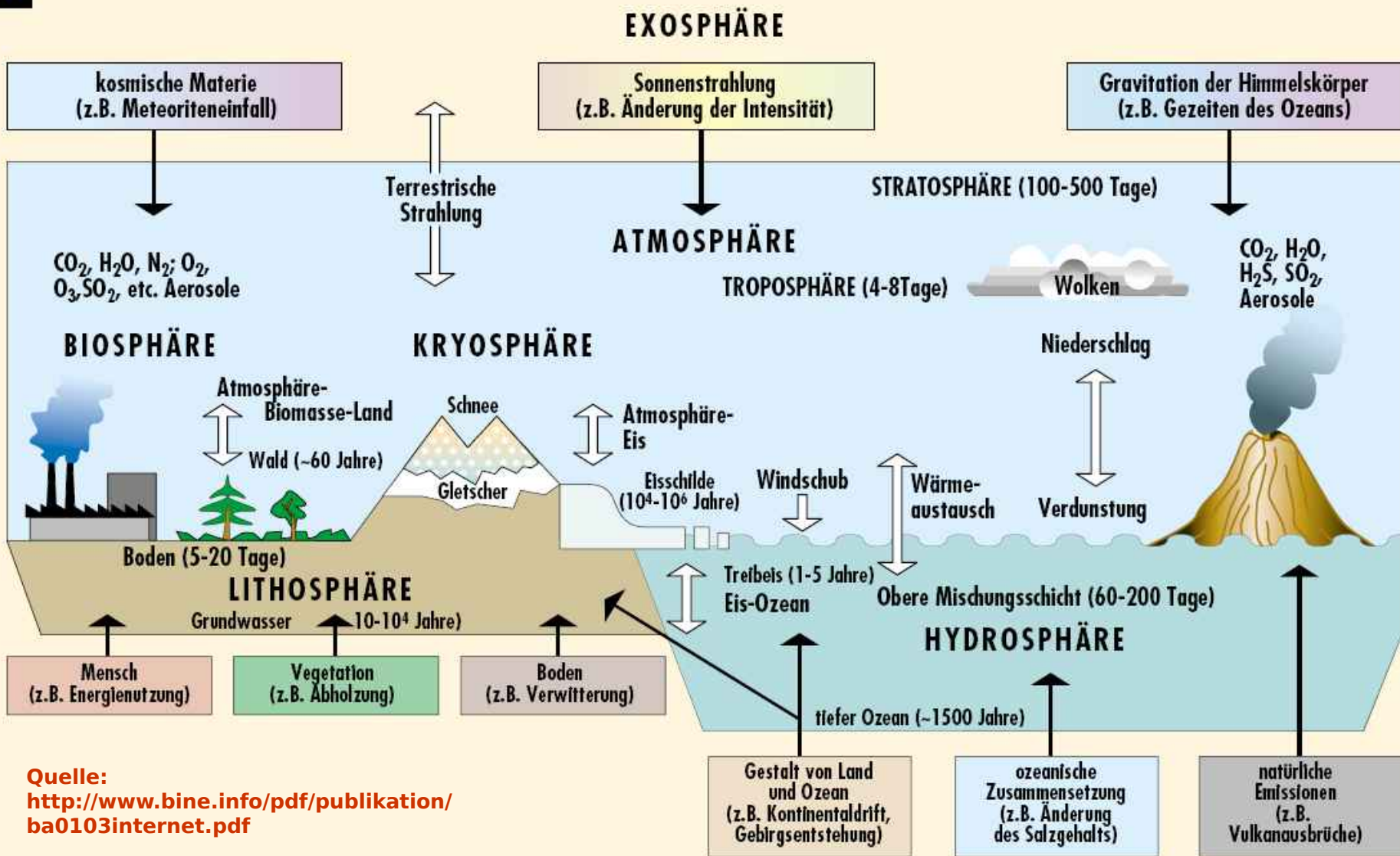


Was verbinden **Sie** mit den Begriffen Klimawandel oder Globale Erwärmung?

Bedeutung, Ursachen, Belegbarkeit und Folgen?

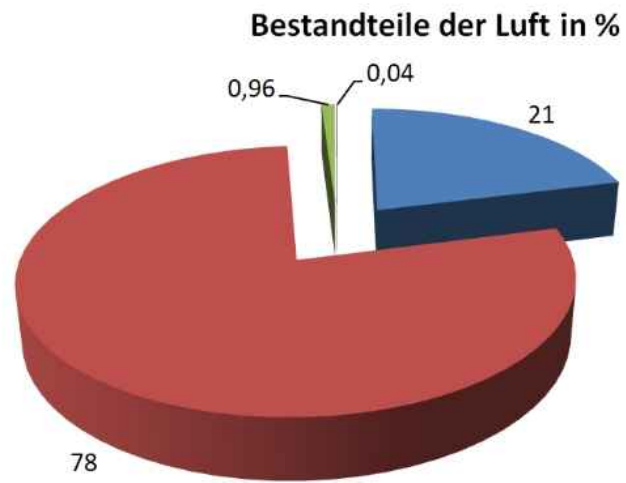
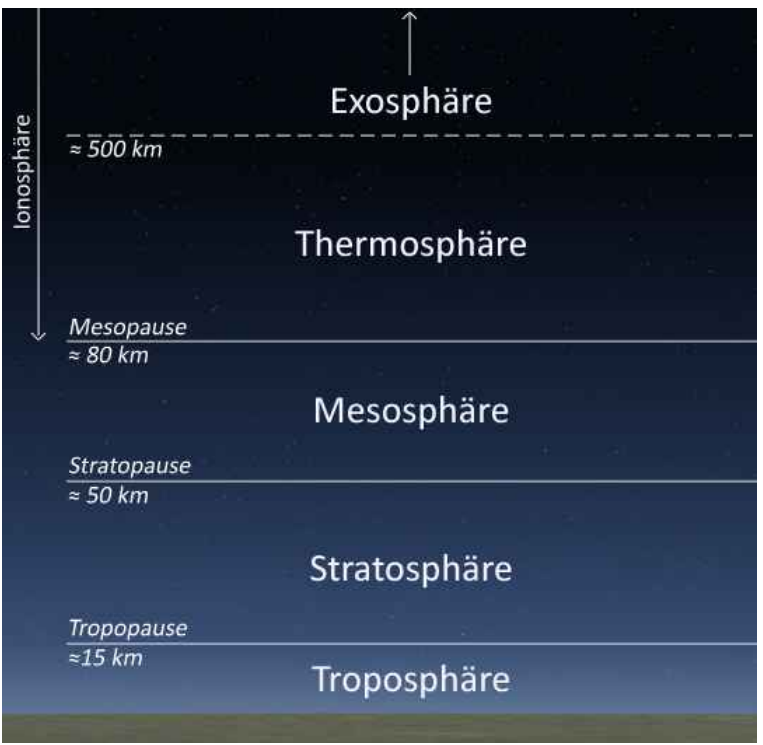
1. Grundbegriffe: Wichtige Bereiche des Klimasystems

- Atmosphäre
- Hydrosphäre (Ozeane)
- Kryosphäre (Eismassen): Arktis, Antarktis, Grönland, Gletscher
- Biosphäre: u. a. Eingriff des Menschen in die Umwelt



Quelle:
<http://www.bine.info/pdf/publikation/ba0103internet.pdf>

1. Grundbegriffe: Aufbau der Atmosphäre



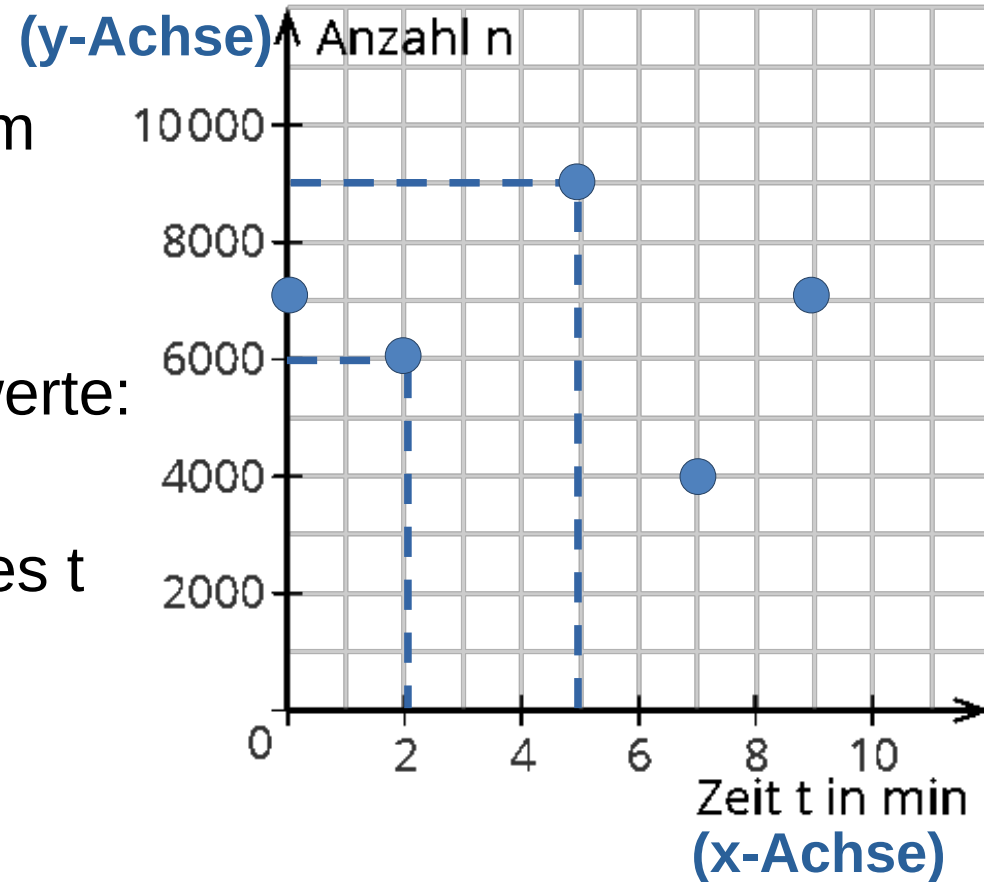
- Sauerstoff
- Stickstoff
- Argon
- Kohlendioxid

Gas	Prozentanteil
Stickstoff	78,08 %
Sauerstoff	20,95 %
Argon	0,93 %
Kohlenstoffdioxid	0,04 %

Quelle: Wikipedia > Erdatmosphäre, Chemieseiten.de

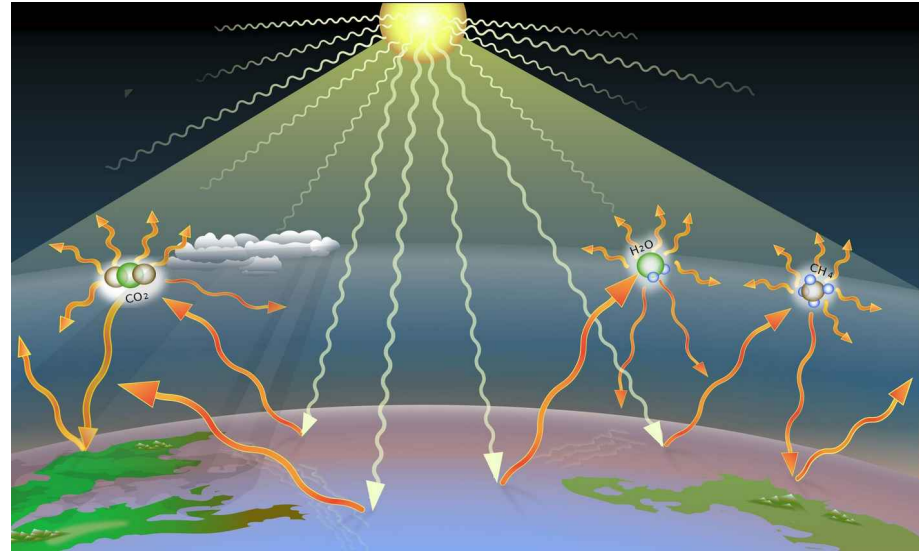
Diagramme: Auffrischung

- Wie liest man / frau ein Diagramm im „kartesischen“ Koordinatensystem (Standard-x-y-KoSy)?
- z. B. **x-Achse**: Zeit t in min, Ablesewerte: **x-y-Werte** parallel zu KoSy-Achsen, bei zeitl. Verläufen: 1 y-Wert für jedes t
- **Bsp.:** $t = 2 \text{ min} \rightarrow 6000$
 $t = 5 \text{ min} \rightarrow 9000$
 $t = 0 \text{ min} / 7 \text{ min} / 9 \text{ min} \rightarrow ?$



2. Treibhauseffekt (THE)

- Hauptklimagase:
 - Kohlendioxid CO_2
 - Methan CH_4
 - Lachgas N_2O , SF_6 usw.
- Lebensdauer, Wirksamkeit
- CO_2 -Äquivalent

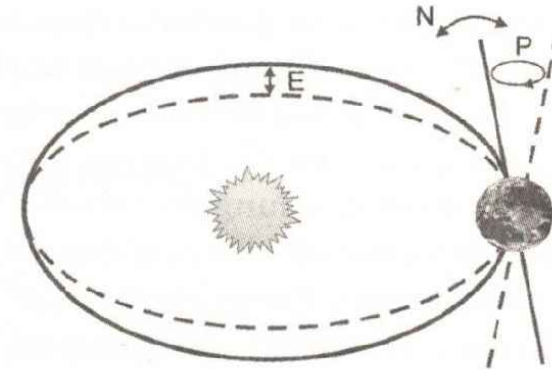


- Sonnenstrahlung (in weiß) trifft auf die Erde, wird absorbiert und in Wärme umgewandelt
- Die Wärmestrahlung (orange dargestellt) wird in die Atmosphäre abgegeben und trifft auf Treibhausgase (THG)
- Durch zunehmenden Anteil der THG ändert sich die Strahlungsbilanz, wodurch die Erdtemperatur steigt

2. Natürliche Klimaschwankungen

- Eiszeitzyklen und Erdumlaufbahn:
Milankovic-Zyklen (1920)

Abb. 1.4: Schwankungen in der Erdbahn um die Sonne verursachen die Eiszeitzyklen.
E: Variation der Exzentrizität der Erdbahn.
N: Variation des Neigungswinkels der Erdachse.
P: Präzession der Äquinoccien.



Quelle: Der Klimawandel,
Rahmstorf, Schellnhuber, 2018

- Sonnenaktivität: Sonnenflecken
- Vulkanaktivitäten (Kohlenstoffzyklus): Entweichen von Gas aus dem Erdinneren

3. Zahlen und Begriffe - Übersicht

- Einheiten, Größenordnungen, Fehler, Größer/kleiner $>$, $<$
- Diagramme: Skalierung
- Möglichkeiten physikal. Abschätzungen: Fermi-Probleme
- Möglichkeiten und Grenzen von Computerberechnungen
- Wahrscheinlichkeitsrechnung
- Begriff: „Statistische Aussagen“



2 Klimawissenschaft, Umweltschutz und Technik

3. Zahlen und Begriffe

Diagramme: Skalierung

- Bei Lesen eines Diagramms
Achsenbeschriftung
(Achsenanfang, Einheit) beachten!

- Lineare Skalierung (üblich)



logarithmische Skalierung

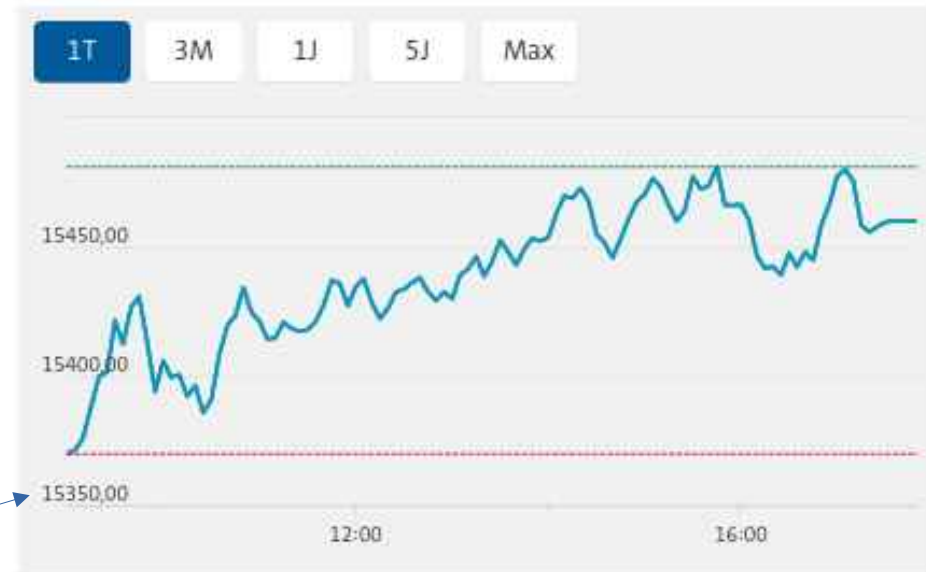
11.10.2023, 17:55:00 Uhr

15.460,01PKT

+36,49 (+0,24%)

WKN: 846900 | ISIN: DE0008469008 | Wertpapiertyp: Index

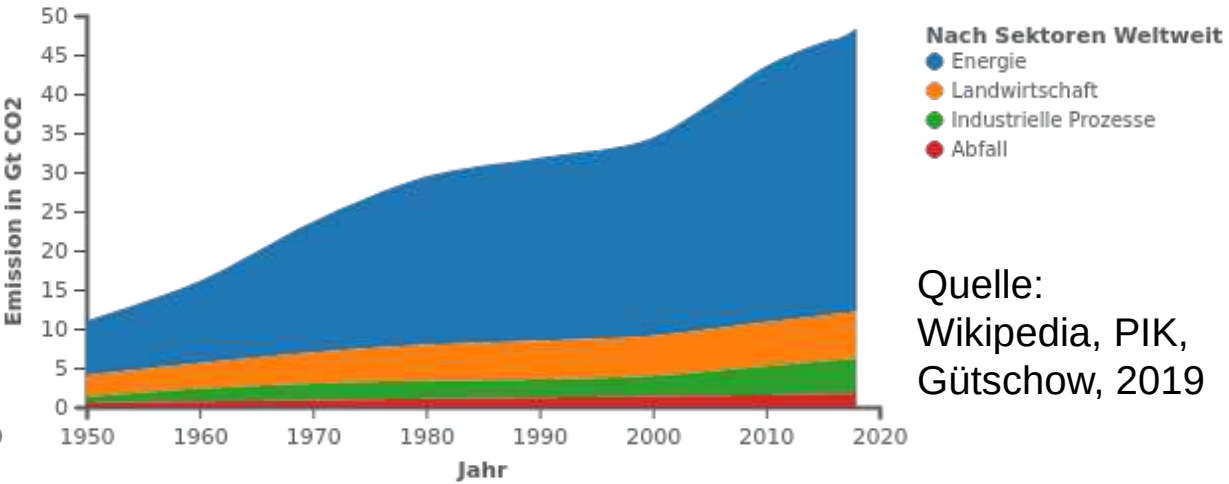
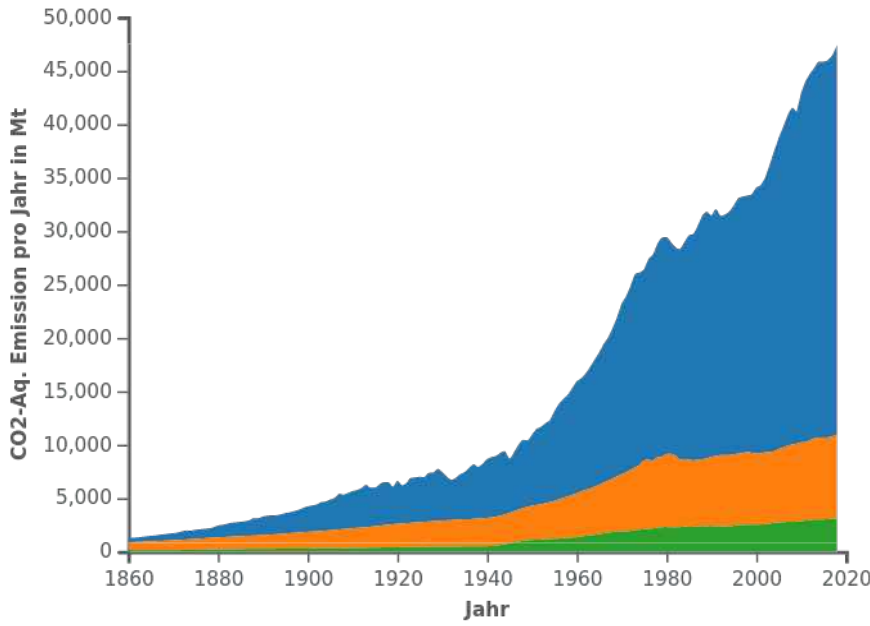
Währung: Punkte | Börse: Xetra



4. Praktische Nachweise / Messmethoden heute - **Übersicht**

- Direkte Temperaturmessdaten (ab ca. 1890) und Proxydaten: Tiefseebohrkerne, Eisbohrkerne, Tropfsteine, Baumringe
- Rückgang der Eismassen: Gletscher, Arktis, Grönland-Eis
- CO₂-Konzentration in Atmosphäre
- Anstieg Meeresspiegel
- Zunahme tropischer Stürme im Nordatlantik

4. Entwicklung der THG-Emissionen Welt, nach Gas und Sektoren



Quelle:
Wikipedia, PIK,
Gütschow, 2019

5. Klimamodelle: Modellarten

- **Globale** Klimamodelle: General Circulation Model, GCM: Kombination aus Atmospheric General Circulation Model, AGCM und Ozeanic General Circulation Model, OGCM.
 1. Modell: 1969, **Syukuro Manabe**, *1931 und **Kirk Bryan**, *1929
- **Regionale** Klimamodelle (höhere Auflösung bis zu einem 1 km, es werden deterministische (physikalische) und statistische (empirische) Modelle unterschieden)
- **Erdsystemmodelle**: GCM-Erweiterung um Kryo- und Biosphäre

6. Folgen des Klimawandels

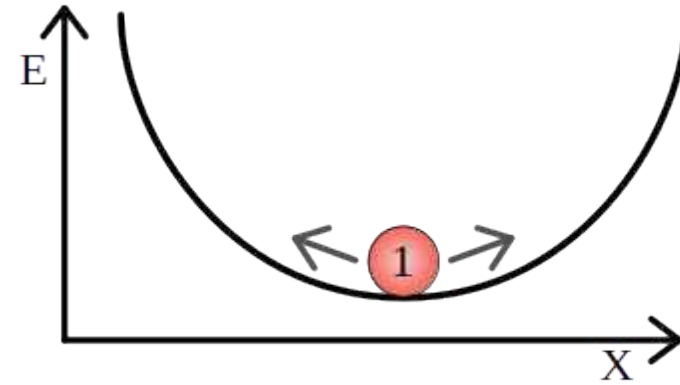
- Hitzeperioden
- Dürren, Wasserknappheit
- Extremereignisse:
 - Stürme, Stark-, Dauerregen ...
- Meeresspiegelanstieg
- Artensterben, Ökologie
- Kippelemente d. Erdsystems



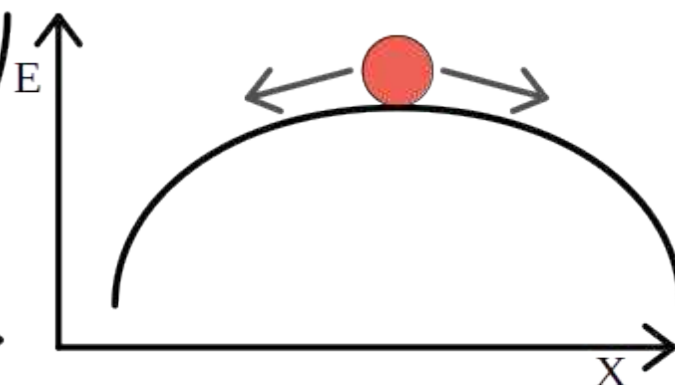
Klima-Risiko-Index, Germanwatch

6. Kippelemente des Erdsystems

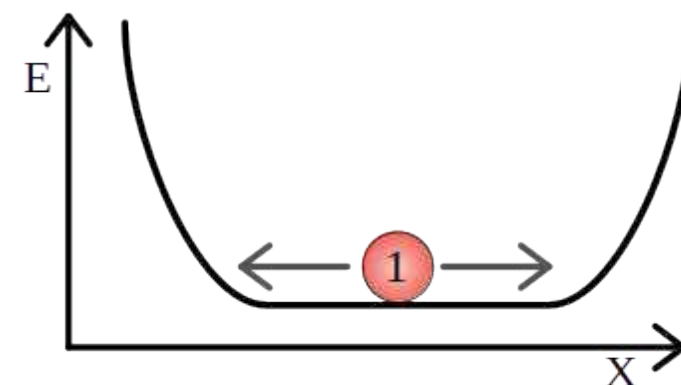
- Stabilität <> Instabilität



Stabiles Gleichgewicht



Labiles Gleichgewicht



Indifferentes Gleichgewicht

6. Aktuelle Erkenntnisse, 6. Sachstandsbericht (AR6), IPCC

- AR6: Struktur und Begriffe
- Was wird berücksichtigt
- Hauptaussagen
- Verbleibendes CO₂-Budget (in 7. Klimaprognosen)

2 Klimawissenschaft, Umweltschutz und Technik



7. Szenarien

Verbleibendes CO₂-Budget, ab 2018

IPCC, SP1.5, 2018, S.108

Table 2.2 | The assessed remaining carbon budget and its uncertainties. Shaded blue horizontal bands illustrate the uncertainty in historical temperature increase from the 1850–1900 base period until the 2006–2015 period as estimated from global near-surface air temperatures, which impacts the additional warming until a specific temperature limit like 1.5°C or 2°C relative to the 1850–1900 period. Shaded grey cells indicate values for when historical temperature increase is estimated from a blend of near-surface air temperatures over land and sea ice regions and sea-surface temperatures over oceans.

Additional Warming since 2006–2015 [°C] ⁽¹⁷⁾	Approximate Warming since 1850–1900 [°C] ⁽¹⁸⁾	Remaining Carbon Budget (Excluding Additional Earth System Feedbacks ⁽¹⁹⁾) [GtCO ₂ from 1.1.2018] ⁽²⁰⁾			Key Uncertainties and Variations ⁽²⁴⁾					
		Percentiles of TCRE ⁽³⁾			Earth System Feedbacks ⁽⁵⁾	Non-CO ₂ scenario variation ⁽⁶⁾	Non-CO ₂ forcing and response uncertainty	TCRE distribution uncertainty ⁽⁷⁾	Historical temperature uncertainty ⁽¹⁾	Recent emissions uncertainty ⁽⁸⁾
		33rd	50th	67th	[GtCO ₂]	[GtCO ₂]	[GtCO ₂]	[GtCO ₂]	[GtCO ₂]	[GtCO ₂]
0.3		290	160	80	Budgets on the left are reduced by about -100 on centennial time scales	±250	-400 to +200	+100 to +200	±250	±20
0.4		530	350	230						
0.5		770	530	380						
0.53	~1.5°C	840	580	420						
0.6		1010	710	530						
0.63		1080	770	570						
0.7		1240	900	680						
0.78		1440	1040	800						
0.8		1480	1080	830						
0.9		1720	1260	980						
1		1960	1450	1120						
1.03	~2°C	2030	1500	1170						
1.1		2200	1630	1280						
1.13		2270	1690	1320						
1.2		2440	1820	1430						



Einzelaufgabe zum verbleibenden CO₂-Budget: Tab. AR6

1. Bestimmung des verbleibenden CO₂-Budget (ab 2018)
 - 1.a) für das 1,5°C-Ziel bei 50 %-Wahrscheinlichkeit
 - 2.b) Für das 2°C-Ziel bei 67 %-Wahrscheinlichkeit
2. Annahme: ab jetzt **konstanter** Ausstoß Welt mit 50 Mrd. t CO₂-Äquivalent/Jahr: wie lange reicht das Budget?
3. zu 2.: Wie viel CO₂/a/Pers. dürfen 8 Mrd. Menschen emittieren?
- 4.* zu 2.: bei **linearem Rückgang**: wie lange reicht das Budget?



8. Klima(wandel)skeptische Positionen - **Übersicht**

- **Skeptiker:** Lindzen, USA, Vahrenholt, Kirstein, *von Storch*
- **Think-Tanks:** Heartland-Institute, USA, EIKE, BRD
- **Unternehmen:** ExxonMobil
- **Arten der Klimawandelskepsis:** Trend-, Ursachen- und Maßnahmenkepsis
- **Einzelargumente**



8. Klimawandelskepsis - Bedeutung, Gefahren und Nutzen

Diskussion



9. Verursacher der Treibhausgase - Übersicht

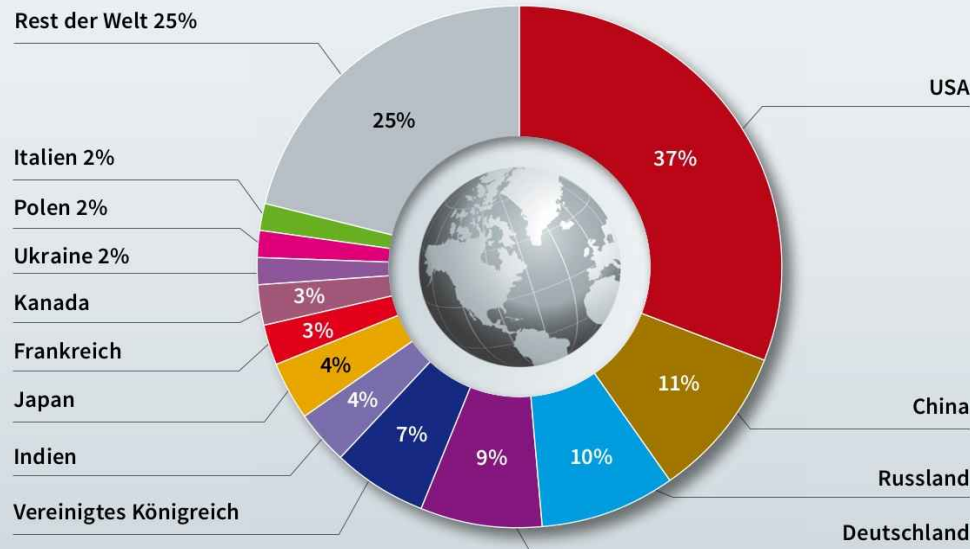
1. Kumulierte (historische) Emissionen nach Ländern
2. Pro-Kopf-Emissionen aktuell, Darstellungsweisen
3. Entwicklung der Emissionen in Deutschland nach Sektoren

9. Verursacher der THG nach Ländern

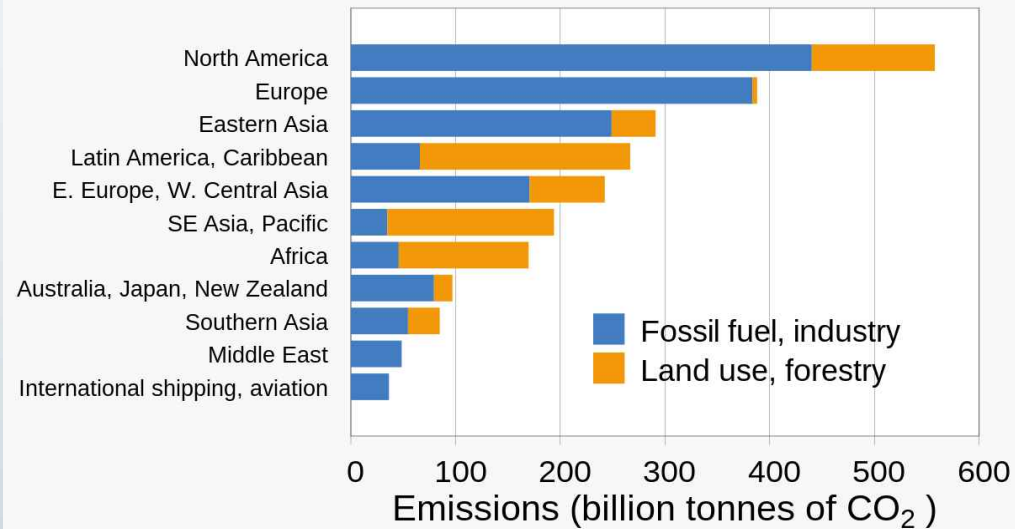
Kumulierte CO₂-Emissionen, Germanwatch

AR6, WGIII

Abb. 7: Kumulierte historische energiebedingte CO₂-Emissionen 1850–2012.³⁸

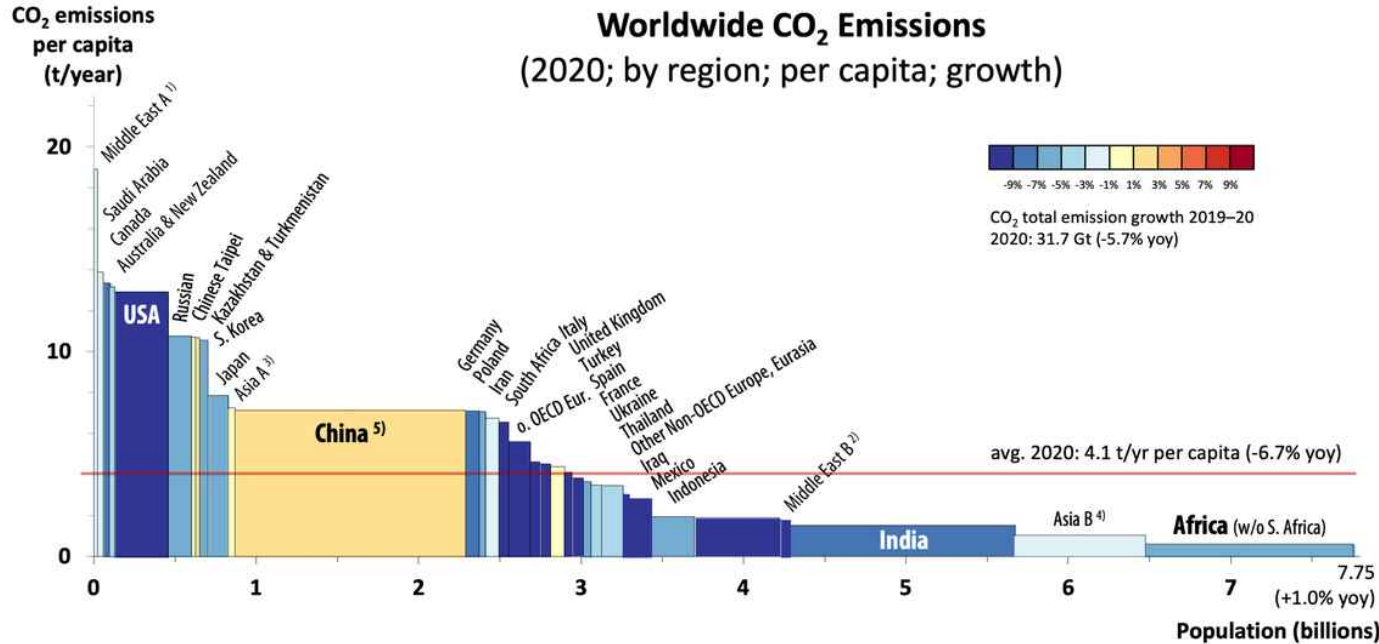


Cumulative CO₂ emissions (1850-2019)



Eigene Darstellung aus: Germanwatch, Globale Klimakrise, 2017

9. Verursacher - Pro-Kopf-Emissionen weltweit, aktuell, IEA, 2020



Notes:

CO₂ emissions from fuel combustion only; no other greenhouse gases or natural sources; aviation and marine bunkers not shown as territory but included in average and totals.

¹ Middle East A: Bahrain, Oman, Kuwait, Qatar, United Arab Emirates

² Middle East B: Israel, Jordan, Lebanon, Syrian Arab Republic, Yemen

³ Asia A: Brunei Darussalam, Malaysia, Mongolia, Singapore

⁴ Asia B: Asia without Asia A, China, India, Thailand, Chinese Taipei, Indonesia, S. Korea, Japan

⁵ China: People's Rep. of China, Hong Kong

Attribution:

Based on IEA (2022), "Greenhouse gas emissions from energy", www.iea.org/statistics. All rights reserved; as modified by Thomas Schulz, AQAL Capital GmbH.

This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Version: 12-Nov-2022 by Thomas Schulz, AQAL Capital GmbH

blog commentary: <https://aqalcapital.com/2020-worldwide-co2-emissions>





Gruppenarbeit

- **Jährliche** und **kumulierte** THG-Emissionen bzw. **Pro-Kopf-Emissionen** für den weltweiten Klimaschutz?
- Bedeutung in Bezug auf Klimagerechtigkeit?

Technik - Übersicht

1. **Grundbegriffe:** Energie, Leistung, Wirkungsgrad
2. **Welt:** THG-Emissionen und Energieverbrauch
3. **Deutschland:** THG-Emissionen und Energieverbrauch
 - Stromerzeugung, - Wärme, - Verkehr, - Landwirtschaft
4. (Erzeugungs-) **Potentiale** Welt und Deutschland, Kosten
5. Persönlicher Handlungsspielraum
6. Neue Technologien

2 Klimawissenschaft, Umweltschutz und Technik



KLIMASCHUTZ
BILDUNG
WARENKAR

1. Begriffe: Energie E

Beispiele aus dem Alltag

1 Kilowattstunde Energie entspricht	
85 Stunden elektrisch rasieren	
72 Stunden den Kühlschrank in Betrieb halten	
50 Stunden den Fernseher im Stand-by-Modus	
10 Stunden Licht mit einer 100 W-Lampe oder 100 Stunden Licht mit einer 10 W Sparlampe	
1 Stunde Haare fönen	
3 Minuten duschen (25 l Warmwasser)	
1 Stunde Sonneneinstrahlung auf 1 m ² Fläche an einem Sommertag	
3 Mittelklasse-PKW auf die Turmspitze der Münchener Frauenkirche heben	
1600 volle Bierkästen vom Keller in den 3. Stock tragen	

Quelle: Ladener, Späte: Solaranlagen, 2003

20.11.2023

32

3. Deutschland: THG-Emissionen und Energieverbrauch

- THG-Emissionen
- Energieverbrauch nach Sektoren: Überblick
- Energieverbrauch nach Energieträgern, Erdgas
- Strom, Wärmeversorgung, Ern. Energien (EE): Akt. Stand
- EE-Quellen: Vor- und Nachteile, Kosten, Energiespeicher
- Wärmeversorgung, Gebäudeenergieeffizienz



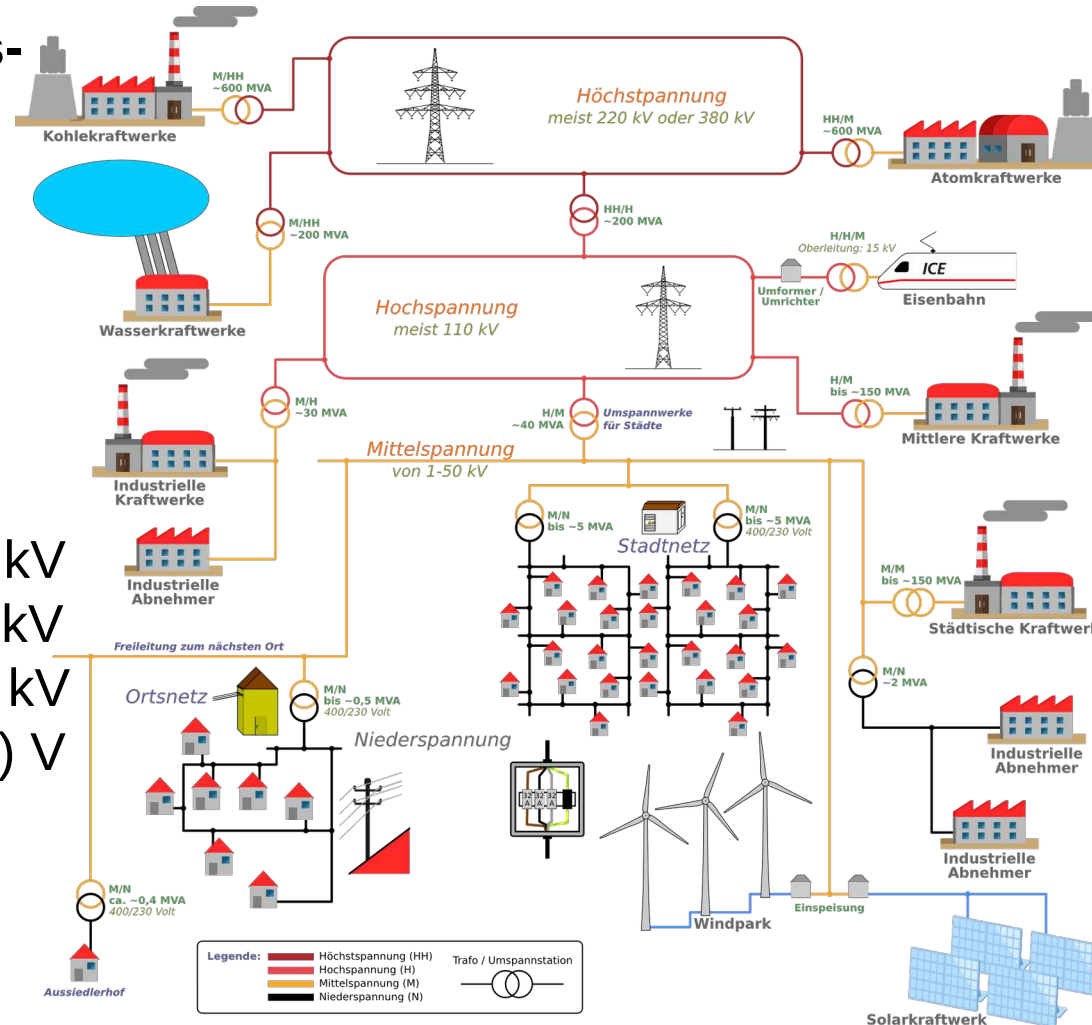
3. Deutschland: Stromversorgung - Übersicht

- **Grundlagen** der Energietechnik: 3-Phasen-Wechselstrom
- **Gesamtsystem** und Bestandteile
- **Energieverbrauch** (Haushalte, Industrie, Gewerbe, Verkehr)
- **Erzeugung** in Kraftwerken
- **Stromtransport**: Übertragung und Verteilung
- Bereitstellung von **Regelenergie**

3. Stromversorgungssystem Deutschland (schematisch)

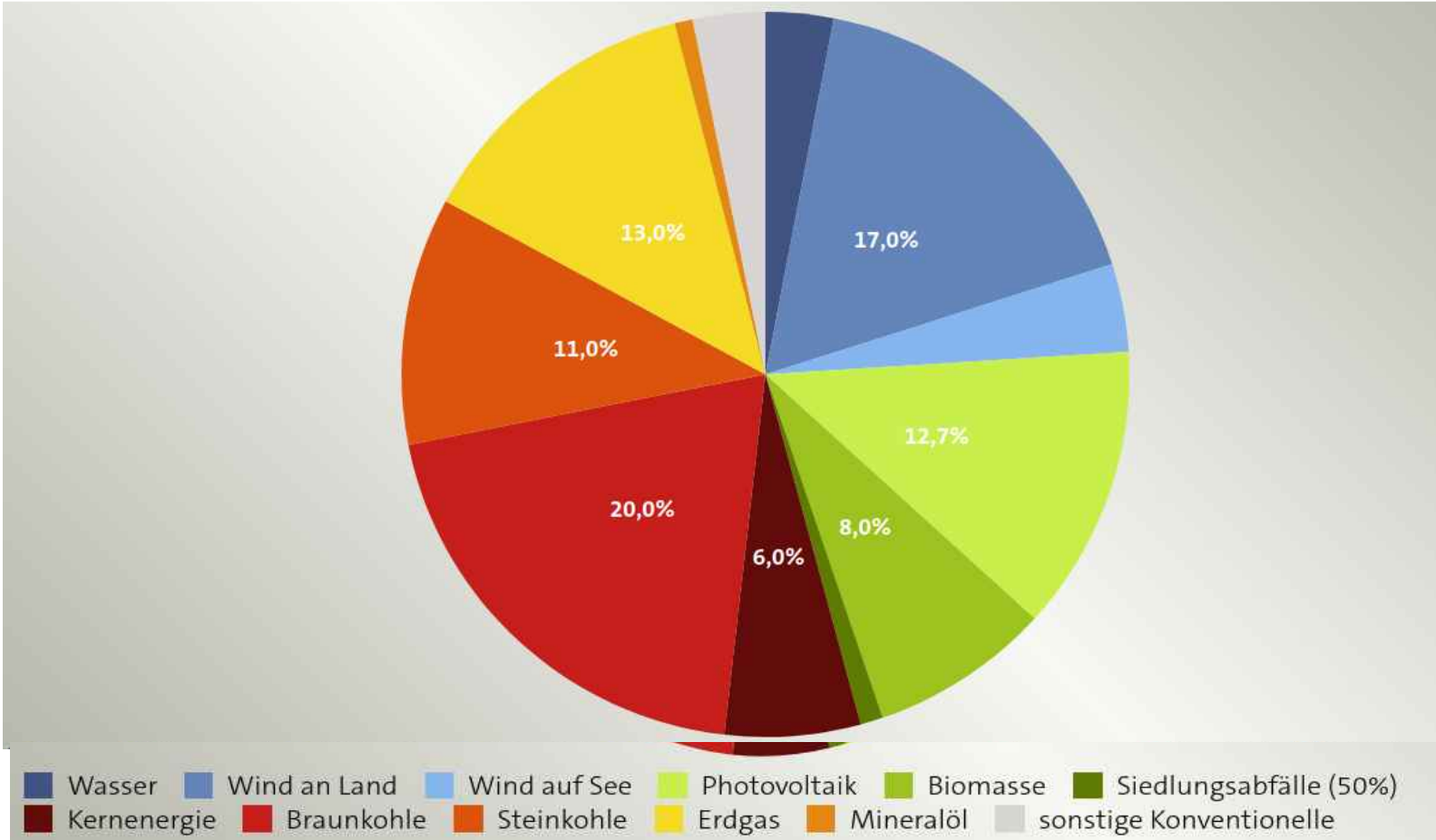
Erzeugung, Transport und Verbrauch nach Spannungsebenen:

- Höchstspg. 380/220 kV
- Hochspg. 110 kV
- Mittelspg. 20/10 kV
- Niederspg. 400/(230) V



2 Klimawissenschaft. Umweltschutz und Technik

Bruttostrom-Erzeugung nach Energieträgern (BDEW, 2022)





3. Erneuerbare Energien Deutschland - Übersicht

- Vor- und Nachteile, Kosten
- Ausbau aktuell

2 Klimawissenschaft, Umweltschutz und Technik



KLIMASCHUTZ
BILDUNG
WARERKAR

3. Ern. Energien - Stromerzeugung - Eigenschaften

Energieform	Vorteile	Nachteile	Erzeugungskosten In ct/kWh	Bemerkung
Windenergie				
an Land (Onshore)	Erzeugungskosten, Dezentral	Sichtbarkeit, Geräusch, Schattenwurf		
auf See (Offshore)	Potential, Gleichmäßigere Leistung <> an Land	Beeinflussung der Meerestiere		
Photovoltaik	Dezentral	Blendwirkung		
Wasserkraft	Erzeugungskosten	Potential ausgeschöpft		
Biogas	regelbar	Begrenztes Potential		
Klär- und Deponiegas	regelbar	Begrenztes Potential		
Biogene Brennstoffe	regelbar	Begrenztes Potential		
Biogener Anteil des Abfalls	regelbar	Begrenztes Potential		
Geothermie	regelbar			

3. Anteil Erneuerbarer Energien in Deutschland, 2022

- am Bruttostromverbrauch (550 TWh): 46 %
- am Wärmeverbrauch (1155 TWh): 17 %
- im Verkehrsbereich (600 TWh): 7 % (**unverändert** ↔ 2021)
- am Gesamtenergieverbrauch: 20,4 %

Quelle: Erneuerbare Energien in Deutschland, Umweltbundesamt, 2023

3. Deutschland - Verkehr - Übersicht

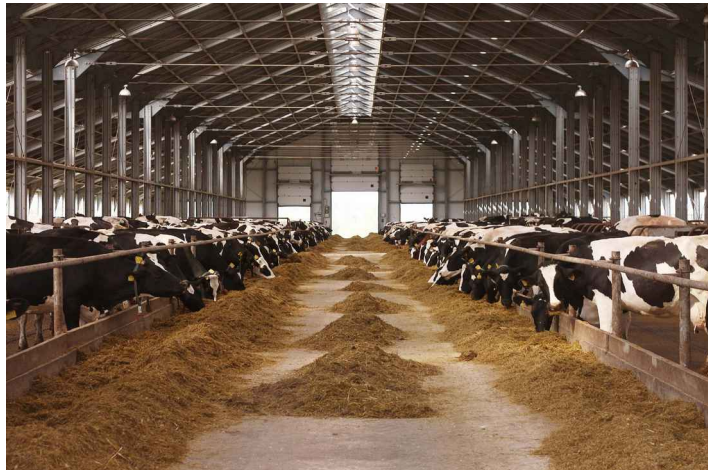
- Verkehrsmittel
- Anteil an THG-Emissionen
- PKW: Anzahl, Verbräuche
- Bahn, Flugverkehr
- Positionen von z. B. VCD, ADAC
- Entwicklung?



2 Klimawissenschaft, Umweltschutz und Technik

3. Deutschland: Landwirtschaft / Ernährung

- Anteil an THG: 6 % der Gesamtemissionen:
Methan (CH_4) durch Rinder,
Düngung m. Gülle (Futteranbau) → Lachgas (N_2O)
- Positionen Foodwatch, Bundesregierung





4. (Erzeugungs-) Potentiale Welt und Deutschland

- Begriffe
- Potentiale / Perspektiven von EE: Strom, Wärme, Verkehr
- Simulationen / Szenarien
- Energiespeicher: Kosten und Perspektiven
- Potentiale Landwirtschaft
- Technologiekosten

4. Techn. Potential der Solarenergie und Weltenergiebedarf

Weltenergiebedarf

kann von 700 km * 700 km-Fläche gedeckt werden!

Annahme: Wirkungsgrad 10 %



4. Potentiale Ern. Energien Stromerzeugung Deutschland

Bruttostromerzeugung 2022: **550 TWh**

Energieform	Erzeugung in Twh (=Mrd. Kwh), UBA, 2022	Anteil an Bruttostromverbrauch, UBA, 2022	Techn. Potential in Twh, Energiestudie, SIJ, 2010
Windenergie			
an Land (Onshore)	100	18 %	80
auf See (Offshore)	25	5 %	140
Photovoltaik	61	11 %	100
Wasserkraft	18	3 %	25
Biogas	32	6 %	20
Klär- und Deponiegas	2	0 %	
Biogene Brennstoffe	11	2 %	34
Biogener Anteil des Abfalls	6	1 %	
Geothermie	0,2	0,04 %	66
Gesamt	254	46 %	465

Quelle:

Erneuerbare Energien in Deutschland, 2023, Umweltbundesamt (UBA), Energiestudie, 2010, Solar-Institut Jülich (SIJ)

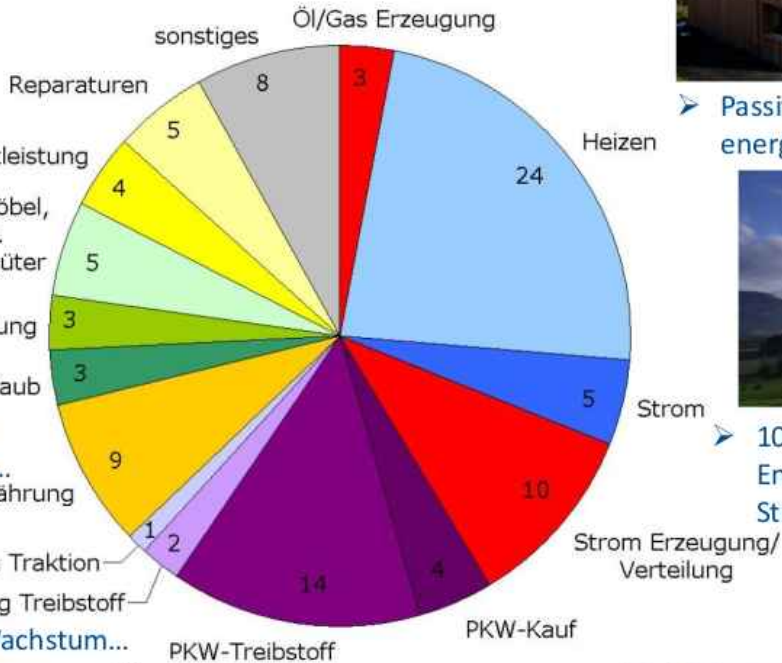
2 Klimawissenschaft, Umweltschutz und Technik

Primärenergieverbrauch durch Konsum der Haushalte:
Was kann der Einzelne tun?

➤ Nachhaltigkeit...,
Verhalten...,
Langlebigkeit
der Produkte...

➤ Verschwendung, bio,
regional, vegetarisch...

➤ Synth. Treibstoffe? Wachstum...



➤ Passivhäuser...,
energetische Sanierung...



➤ 100% Erneuerbare
Energien, Speicherung,
Stromtrassen...



➤ E-Mobilität, ÖPNV,
Infrastruktur, Batterien,
nachhaltige Herstellung...



Quelle: Prof. Curtius, Uni Frankfurt



6. Neue Technologien - Übersicht

- Geoengineering: SRM (Spiegel, Chemikalien), DAC
- Carbon Capture and Storage (CCS), Varianten
- Großtechnologien: Kernfusion, Kernspaltung: neue Typen
- Sektorkopplung, Energiespeicher
- Erfahrungen mit Technik: Atomenergie, Abfall...
- Vorteile erprobter Technik