

A large, thick yellow circular arc frames the text, starting from the top left and curving around the right side.

We work for
tomorrow

UNIVERSITÄT GRAZ



Mathematisches Modellieren für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung

Michael Fischer

Institut für Mathematik und wissenschaftliches Rechnen

Tag der Mathematik, Donnerstag, 05.02.2026

Mathematisches Modellieren für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung



01

- Was ist Bildung für nachhaltige Entwicklung?

02

- Was ist (normatives) Modellieren?

03

- Was können wir in so einem NATURE-Beitrag niederschwellig erarbeiten?

04

- Teil 1: Wer sind die CO₂-Sünder:innen?

05

- Teil 2: Wer glaubt eigentlich an den Kohleausstieg?

06

- Teil 3: Können wir selbst Resultate aus einem NATURE-Beitrag reproduzieren?

07

- Werbeeinschaltung & Literatur

08

- (BNE ToGo)



**Was ist Bildung für nachhaltige
Entwicklung?**

Was ist Bildung für nachhaltige Entwicklung (im Mathematikunterricht)?

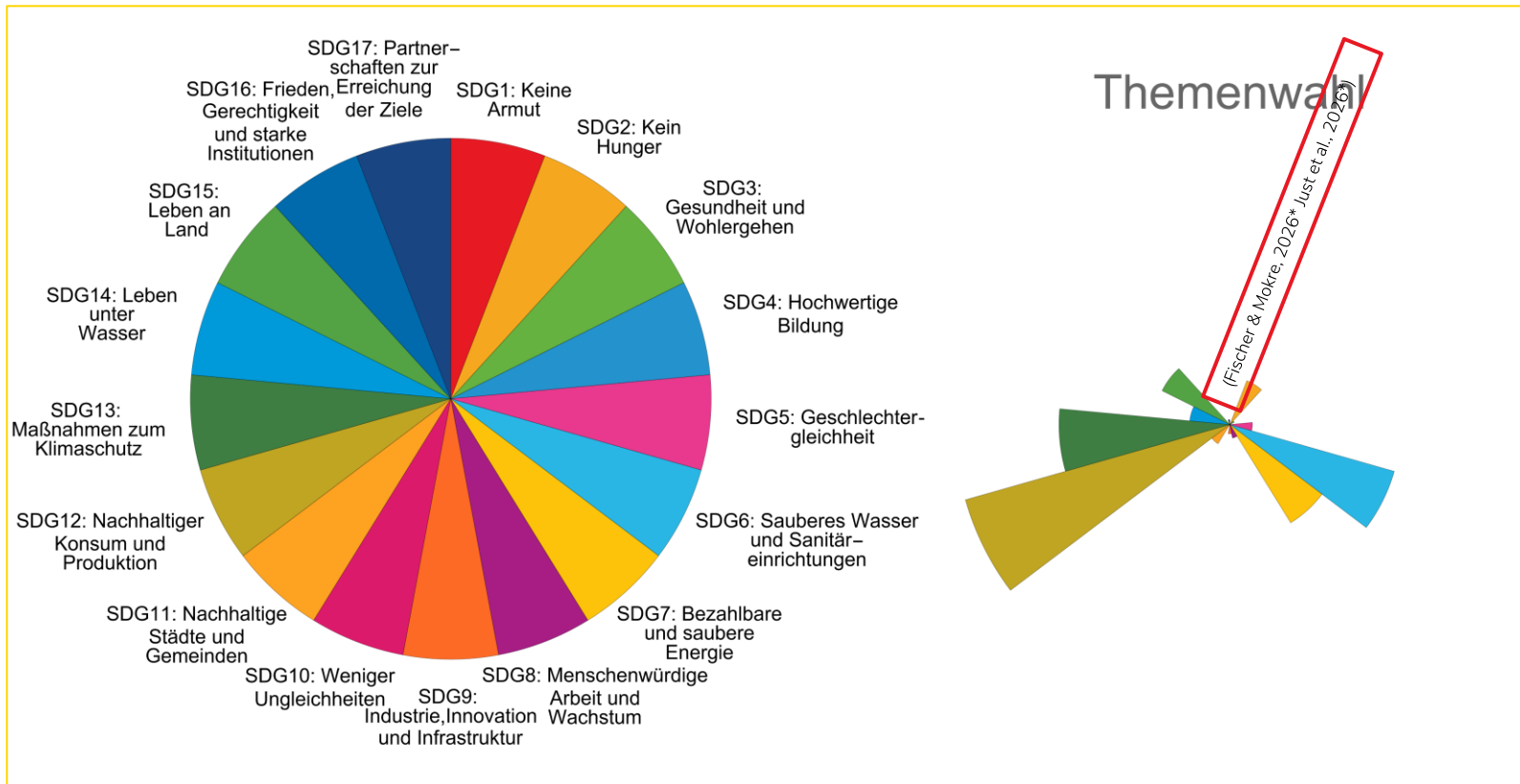
- BNE ist seit 2023 zentral in Lehrplänen verankert!
- „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung muss als allgemeines Anliegen und Leitidee an der ganzen Schule gesehen werden.“ (Lehrplan Unterstufe, Allgemeiner Teil)
- BNE konkret im Lehrplanentwurf AHS Oberstufe Mathematik
- Schnittmenge mit 13 fächerübergreifenden Themen
- Chancen und Herausforderungen
 - Herstellung eines realitätsnahen, authentischen Unterrichts
 - Exaktheit der Mathematik
 - Herausforderung der Unterrichtsgestaltung/-moderation
 - uvm. (Siller & Vorhölder, 2025)

- 17 SDGs als übergreifende Themenbereiche, beispielsweise:
 - SDG1: keine Armut
 - SDG11: nachhaltige Städte und Gemeinden
 - SDG16: Frieden, Recht und starke Institutionen
- Drei Lerndimensionen
 - kognitive Kompetenz: Schüler*innen verstehen globale und lokale Probleme
 - sozio-emotionale Kompetenz: Schüler*innen entwickeln Werte und Verantwortung
 - verhaltensbezogene Kompetenz: Schüler*innen entwickeln handlungsorientierte Kompetenzen



UNESCO (2021)

SDG-Wahl angehender Lehrkräfte



(Fischer et al., 2026*)

Aufgabentypen



Transformative Projekte

- „Plane mit deiner Klasse, ...“
 - Fächerübergreifend,
 - transformativ
 - kooperativ und projektorientiert
 - emotions- und handlungsorientiert
 - visionär und reflektiv
 - relevant und kritisch
- Im Link (Empfehlung K. Marquardt)
 - "Hitze in Deutschland: Unterrichtsreihe zur Hitze und Gesundheit im Klimawandel für Klasse 5/6" (1.-2.)
 - "Extreme Armut beseitigen, ein globales Entwicklungsziel"

Sachaufgaben/authentisch eingekleidete Textaufgaben

- „From 17 Watermelons to 17 SDGs“
- BNE ToGo (J. Hackl)
- Thematische Einbettung in einen SDG-Kontext
- Bspw. Authentische Daten
- Passend zu mathematischem Fachgebiet und Schulstufe
- Beachtung mindestens einer Lerndimension

Modellierungsaufgaben

- Deskriptive Modellierung
- Normative Modellierung
- Atomare Modellierungsaufgaben
- Holistische Modellierungsprojekte
 - „wofür brauch ich das?“
 - Modellierung auch als authentische Wissenschaftskommunikation

Der tropfende Wasserhahn bzw. Wasser laufen lassen während dem Zähneputzen



Aufgabenstellung 3: Solltest Du den Wasserhahn reparieren lassen?

Aufgabenstellung 2: Der Wasserhahn tropft. Lohnt es sich, den Wasserhahn reparieren zu lassen?

Infobox 1 (Bsp.): WHO empfiehlt mindestens 15 L/Tag pro Person (Ziel, mindestens 20L)

Aufgabenstellung 1: Nimm diesen Messbecher, schau, wie viel Wasser während dieser Schulstunde im Zeitraum 30 Minuten tropft. Rechne dies auf 24 Stunden um.

Offenheit 1 (Bsp.): Verbessern wir unser Ergebnis über mehrere Messungen?

Infobox 2 (Bsp.): Viva con Agua Österreich: 25 L/Tag pro Person an den Versorgungsstellen sicherzustellen

Offenheit 2 (Bsp.): Wie setzt man es im Klassenzimmer um? Über Zeit (60s,y) oder Volumen (t,1L)?

Gegenargument 1: Stagnationswasser



Normatives Modellieren (Gildehaus et al., 2023, 2025; Skovsmose, 2021)
Modellannahmen sichtbar machen
Alternativen systematisch vergleichen
Bewertungsmaßstäbe explizieren
Organisation normativer Schritte als demokratisch
zu verhandelnde Urteilsbildung



Neue Themen für BNE und Mathematikunterricht,

sowohl wissenschaftlich als auch interessant

[nature](#) > [letters](#) > article

Letter | Published: 01 July 2019

Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5 °C climate target

[Dan Tong](#), [Qiang Zhang](#) , [Yixuan Zheng](#), [Ken Caldeira](#), [Christine Shearer](#), [Chaopeng Hong](#), [Yue Qin](#) & [Steven J. Davis](#) 

[Nature](#) **572**, 373–377 (2019) | [Cite this article](#)

42k Accesses | **699** Citations | **3372** Altmetric | [Metrics](#)

Wer glaubt an den Kohleausstieg? Eine Analyse von Investitionsentscheidungen (Fischer, 2026*)



- Im renommierten Nature-Magazin erschien 2019 ein Artikel mit dem Titel 'Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5°C climate target' (Verpflichtete Emissionen aus bestehender Energieinfrastruktur gefährden das 1,5°C-Klimaziels). Darin bemerken die Autor*innen, dass 'insgesamt die Altersstruktur der fossilen Kraftwerke weltweit auffällig ist'.
- Tatsächlich wurde knapp die Hälfte der derzeit betriebenen Kraftwerke erst nach 2004 in Betrieb genommen.
- 'Committed emissions' sind gebundene, sogenannte (ein-)geplante Emissionen
- Authentische Ausgangsbasis: Reale wissenschaftliche Studie (Tong et al., 2019, Nature). Lernende rekonstruieren Originaldaten und Modelle. Stärkt Wissenschaftsverständnis, Datenkritik und Vertrauen in Evidenz.
- Integration mehrerer SDGs: Schwerpunkt auf SDG 7 (Saubere Energie), SDG 9 (Industrie & Innovation), SDG 12 (Nachhaltiger Konsum) und SDG 13 (Klimaschutz).
- Interdisziplinäre Anschlussfähigkeit: Verknüpfung von Mathematik mit Geographie, Wirtschaft und Politik.





Teil 1, Datenanalyse, Perspektivenwechsel

Anteile abschätzen

○ Welchen Anteil hat ...

- ... das Fliegen am CO₂ Ausstoß
- ... die Energieerzeugung

$$\bullet P = \frac{188+358}{188+358+162+48+6+10+42+18+18} \approx 0,645$$

○ ... 2018, heute und 2030?

○ SuS lernen dabei Werte und Größenordnungen in der kognitiven Lerndimension.

- Auch in der handlungsorientierten?
- Geht auch mehr?

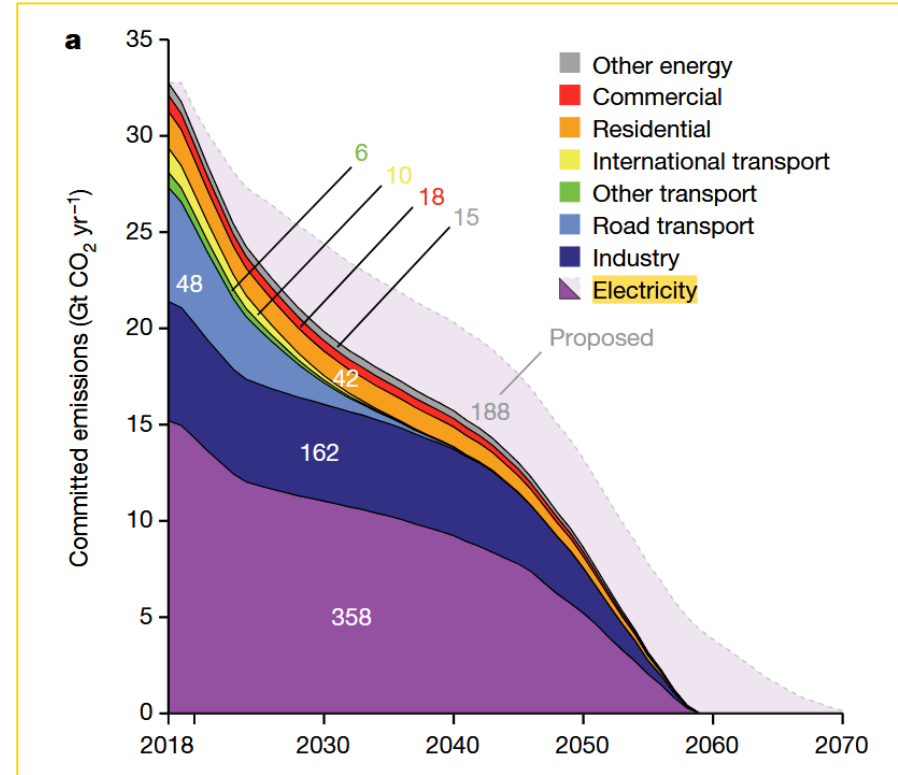


Abbildung 1 in Tong et. al (2019)

Abbildung 2 in Tong et al. (2019)

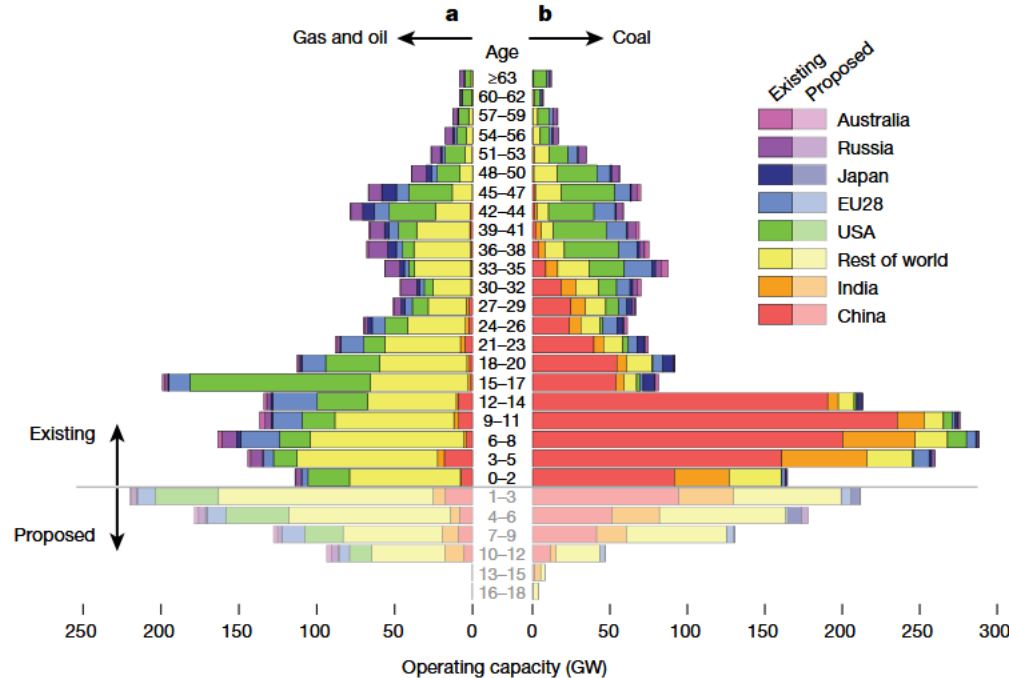


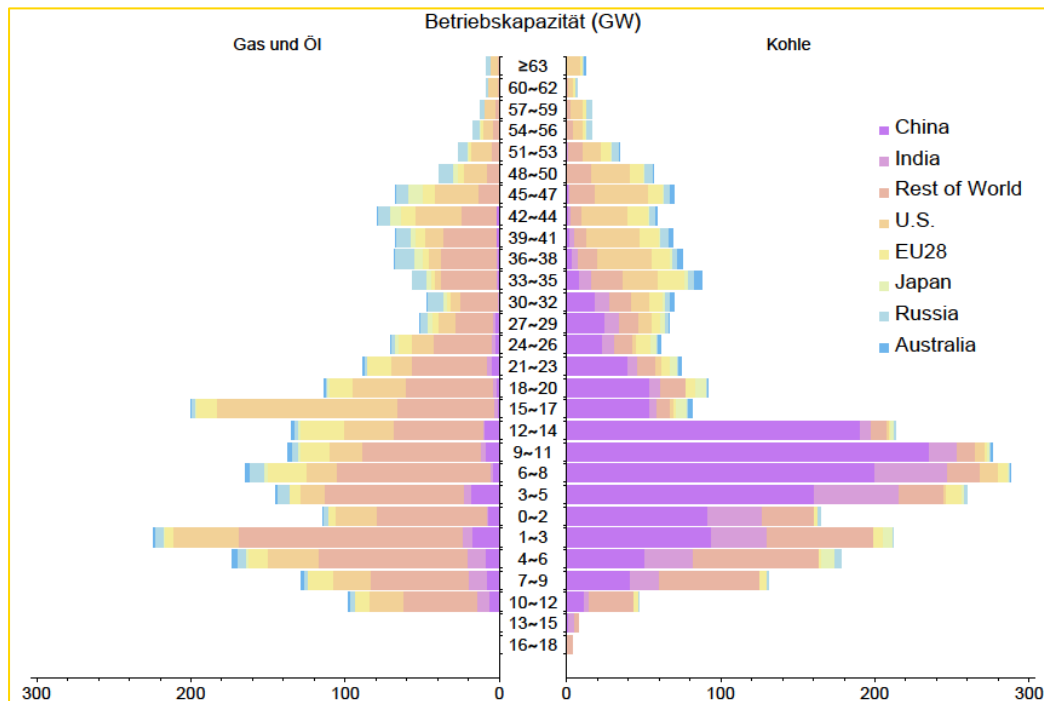
Fig. 2 | Age structure of global electricity-generating capacity. a, b. The operating capacity of gas- and oil-fired electricity-generating power units (a) and coal-fired units (b). The youngest existing units are shown at the bottom of the 'existing' section. The more lightly shaded bars underneath show proposed electricity-generating units according to the year (from

now) that they are expected to be commissioned. The recent trends in Chinese and Indian coal-fired units (red and orange at the lower right) and US gas-fired units (green at the lower left) are easily apparent. '0 years old' means that the power units began operating in 2018.

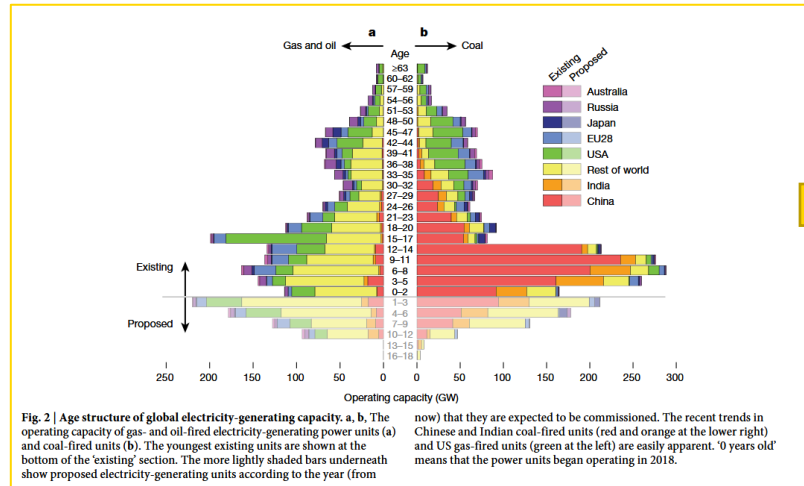
Abbildung 2 in Tong et. al (2019)

Grafiken reproduzieren

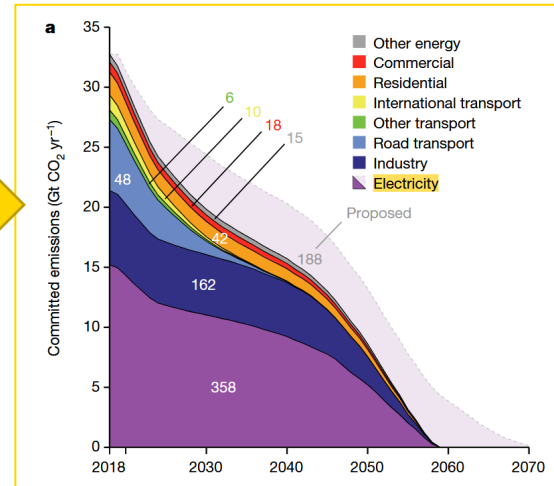
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1 Age	China	India	Rest of World	U.S.	EU28	Japan	Russia	Australia	
2 ≥63	0	0	1	4	0	0	3	0	
3 60~62	0	0	1	6	0	0	1	0	
4 57~59	0	0	2	7	0	0	3	0	
5 54~56	0	0	4	6	2	1	5	0	
6 51~53	0	0	4	13	2	1	6	0	
7 48~50	0	0	8	15	4	4	9	0	
8 45~47	0	0	13	28	8	10	8	1	
9 42~44	1	0	23	30	10	7	8	0	
10 39~41	2	0	34	12	6	3	9	1	
11 36~38	1	0	37	7	4	6	12	1	
12 33~35	1	1	36	4	3	3	10	0	
13 30~32	0	1	24	6	3	2	10	1	
14 27~29	2	2	24	10	5	3	4	1	
15 24~26	2	2	37	14	8	3	2	0	
16 21~23	5	3	49	13	15	0	2	1	
17 18~20	2	2	56	35	15	1	1	1	
18 15~17	1	2	63	117	13	1	2	1	
19 12~14	9	1	57	32	28	2	3	2	
20 9~11	9	3	77	21	19	1	4	4	
21 6~8	4	2	99	20	25	3	9	3	
22 3~5	18	4	91	15	7	0	8	2	
23 0~2	7	1	71	27	4	0	4	1	
24 1~3	17	6	146	42	6	1	5	2	
25 4~6	9	11	97	33	13	1	5	4	
26 7~9	8	11	64	25	17	0	2	2	
27 10~12	6	8	48	21	10	0	3	1	
28 13~15	0	0	0	0	0	0	0	0	
29 16~18	0	0	0	0	0	0	0	0	



GW in CO2 umrechnen



now) that they are expected to be commissioned. The recent trends in Chinese and Indian coal-fired units (red and orange at the lower right) and US gas-fired units (green at the left) are easily apparent. '0 years old' means that the power units began operating in 2018.



GW in CO₂ umrechnen

LETTER RESEARCH

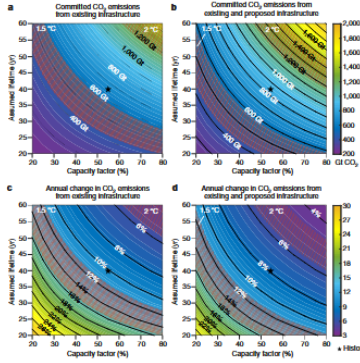


Fig. 3 | Sensitivity of committed emissions and mitigation rates to utilization rates and assumed lifetimes. a, b, Committed CO₂ emissions. Contours show estimates of committed CO₂ emissions related to existing infrastructure (a) and existing infrastructure plus proposed power plants (b) when the assumed lifetimes and utilization rates of electricity and industry infrastructure are varied from 20 years to 60 years (vertical axes) and from 20% to 80% (horizontal axes). c, d, Committed mitigation rates. For the same ranges of lifetime and utilization as in panels a, b, the annual rates of emission reduction span from 3% to 30% (c, d). Hatched orange and red zones indicate carbon budgets and mitigation rates that are likely to limit mean warming to 1.5°C and 2°C. Stars denote carbon budgets if existing infrastructure is operated as historically.

commissioned after 2004; in China and India, the post-2004 capacity is 79% and 69%, respectively. The average age of coal-fired power plants operating in China and India (11.1 and 12.2 years, respectively) is thus much lower than in the USA and EU28 (39.6 and 32.8 years, respectively; Fig. 2b), with correspondingly longer remaining lifetimes. The predominance of young Chinese infrastructure (which extends to the industrial and transportation sectors; Extended Data Figs. 2, 3) reflects the scale and speed of the country's industrialization and urbanization since the turn of the century. As a result, infrastructural inertia is greatest in China, accounting for 41% of all committed emissions (270 Gt CO₂; Fig. 1b). By comparison, infrastructure in India, the USA and the EU28 represents much smaller commitments: 57 Gt, 57 Gt and 49 Gt CO₂, respectively (Fig. 1b, Supplementary Table 1).

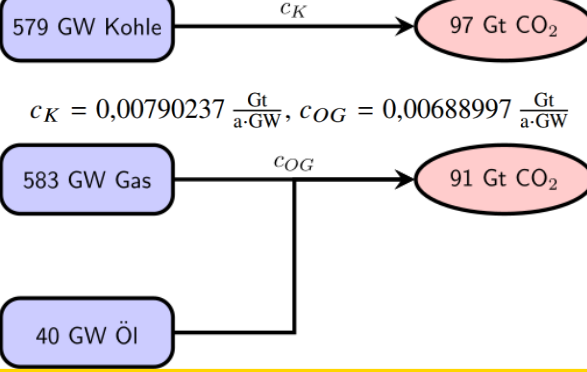
In addition to existing infrastructure, new power plants are being planned, permitted or constructed, and the committed emissions related to such proposed plants can be estimated^{11,12}. As of the end of 2018, the best available data showed that 579 gigawatts (GW), 583 GW and 40 GW of coal-, gas- and oil-fired generating capacity respectively was proposed to be built over the next few years (some 20% of it in China; Fig. 2). If built and operated as historically, this proposed capacity would represent an additional 188 Gt CO₂ committed: 97 Gt CO₂ from coal-fired and 91 Gt CO₂ from gas-, oil- and other-fuel-fired generating units (Supplementary Table 2).

Together, committed emissions from existing infrastructure and proposed power plants total 846 Gt CO₂ if all proposed plants are built and all infrastructure is operated as historically (Fig. 1).

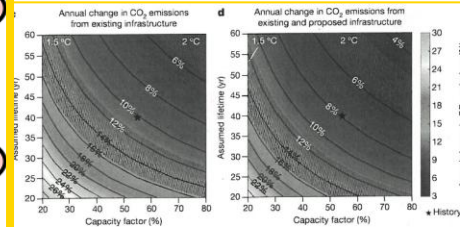
Existing electricity and industry infrastructure accounts for 79% of total committed emissions if operated as historically (that is, with a 40-year lifetime and 53% utilization rate; Fig. 1a). However, the lifetime and operation of such infrastructure will ultimately depend on the relative costs of competing technologies, which are in turn influenced by factors such as technological progress and the climate and energy policies in each region²⁰. Figure 3 highlights the sensitivity of committed emissions (Fig. 3a, b) and the rate of annual emissions

reductions (Fig. 3c, d; see Methods) and utilization rates (that is, the capacity factor) of electricity infrastructure (note that the structure in other sectors do not vary from the star in each panel indicating historical total committed emissions related to existing infrastructure) to around 200 Gt CO₂ if lifetimes are 20%, but increase to almost 1,500 Gt CO₂ if lifetimes are 60 years and utilization are 80%. The annual rates of emission reduction span from 3% to 30% (c, d). Hatched orange and red zones indicate carbon budgets and mitigation rates that are likely to limit mean warming to 1.5°C and 2°C. Stars denote carbon budgets if existing infrastructure is operated as historically.

For comparison, the hatched red and orange zones in Fig. 3a, b show the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)'s most recent estimated ranges of remaining cumulative carbon budgets that span the 60%–50% probabilities of limiting global warming to 1.5°C and 2°C, relative to the preindustrial era²¹. Excluding proposed power plants, our central estimate of committed emissions (658 Gt CO₂ star in Fig. 1a) exceeds the range of the remaining 1.5°C budget (420–580 Gt CO₂). When proposed plants are included, our estimate of committed emissions (846 Gt CO₂ star in Fig. 3b) is two-thirds of the lower estimates of the 2°C budgets (1,170–1,500 Gt CO₂)²¹. This suggests that, unless compensated by negative-emissions technologies or by retrofitting with carbon capture and storage, 1.5°C carbon budgets allow for no new emitting infrastructure and require substantial changes to the lifetime



In addition to existing infrastructure, new power plants are being planned, permitted or constructed, and the committed emissions related to such proposed plants can be estimated^{11,12}. As of the end of 2018, the best available data showed that 579 gigawatts (GW), 583 GW and 40 GW of coal-, gas- and oil-fired generating capacity respectively was proposed to be built over the next few years (some 20% of it in China; Fig. 2). If built and operated as historically, this proposed capacity would represent an additional 188 Gt CO₂ committed: 97 Gt CO₂ from coal-fired and 91 Gt CO₂ from gas-, oil- and other-fuel-fired generating units (Supplementary Table 2).



commissioned after 2004; in China and India, the post-2004 capacity is 79% and 69%, respectively. The average age of coal-fired power plants operating in China and India (11.1 and 12.2 years, respectively) is thus much lower than in the USA and EU28 (39.6 and 32.8 years, respectively; Fig. 2b), with correspondingly longer remaining lifetimes. The predominance of young Chinese infrastructure (which extends to the industrial and transportation sectors; Extended Data Figs. 2, 3) reflects the scale and speed of the country's industrialization and urbanization since the turn of the century. As a result, infrastructural inertia is greatest in China, accounting for 41% of all committed emissions (270 Gt CO₂; Fig. 1b). By comparison, infrastructure in India, the USA and the EU28 represents much smaller commitments: 57 Gt, 57 Gt and 49 Gt CO₂, respectively (Fig. 1b, Supplementary Table 1).

In addition to existing infrastructure, new power plants are being planned, permitted or constructed, and the committed emissions related to such proposed plants can be estimated^{11,12}. As of the end of 2018, the best available data showed that 579 gigawatts (GW), 583 GW and 40 GW of coal-, gas- and oil-fired generating capacity respectively was proposed to be built over the next few years (some 20% of it in China; Fig. 2). If built and operated as historically, this proposed capacity would represent an additional 188 Gt CO₂ committed: 97 Gt CO₂ from coal-fired and 91 Gt CO₂ from gas-, oil- and other-fuel-fired generating units (Supplementary Table 2).

reductions (Fig. 3c, d; see Methods) and utilization rates (that is, the capacity factors) of electricity and industry infrastructure (note that the lifetimes and operation of infrastructure in other sectors do not vary from historical averages), with the star in each panel indicating historical average values. For example, total committed emissions related to existing infrastructure decrease to around 200 Gt CO₂ if lifetimes are 20 years and capacity factors are 20%, but increase to almost 1,500 Gt CO₂ if lifetimes and capacity factors are respectively 60 years and 80% (Fig. 3a). The ranges of lifetimes and utilization are quite wide, at the low end probably exceeding economic feasibility for recouping capital investments and covering fixed operating and maintenance costs. When proposed power plants are included, total committed emissions over the same range of lifetimes and capacity factors increase to 263–1,906 Gt CO₂ (Fig. 3b). Maintaining historical capacity factors, a 5-year difference in the lifetime of existing infrastructure represents roughly 70–100 Gt of future CO₂ emissions (Fig. 3a), or about 90–130 Gt if proposed power plants are included (Fig. 3b). Maintaining historical lifetimes and changing the assumed capacity factor by a comparable 9% (for example, from 46% to 55%) results in roughly the same changes in committed emissions, suggesting that these factors have a similar influence.

For comparison, the hatched red and orange zones in Fig. 3a, b show the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)'s most recent

rates if existing/and proposed infrastructure is operated as historically.

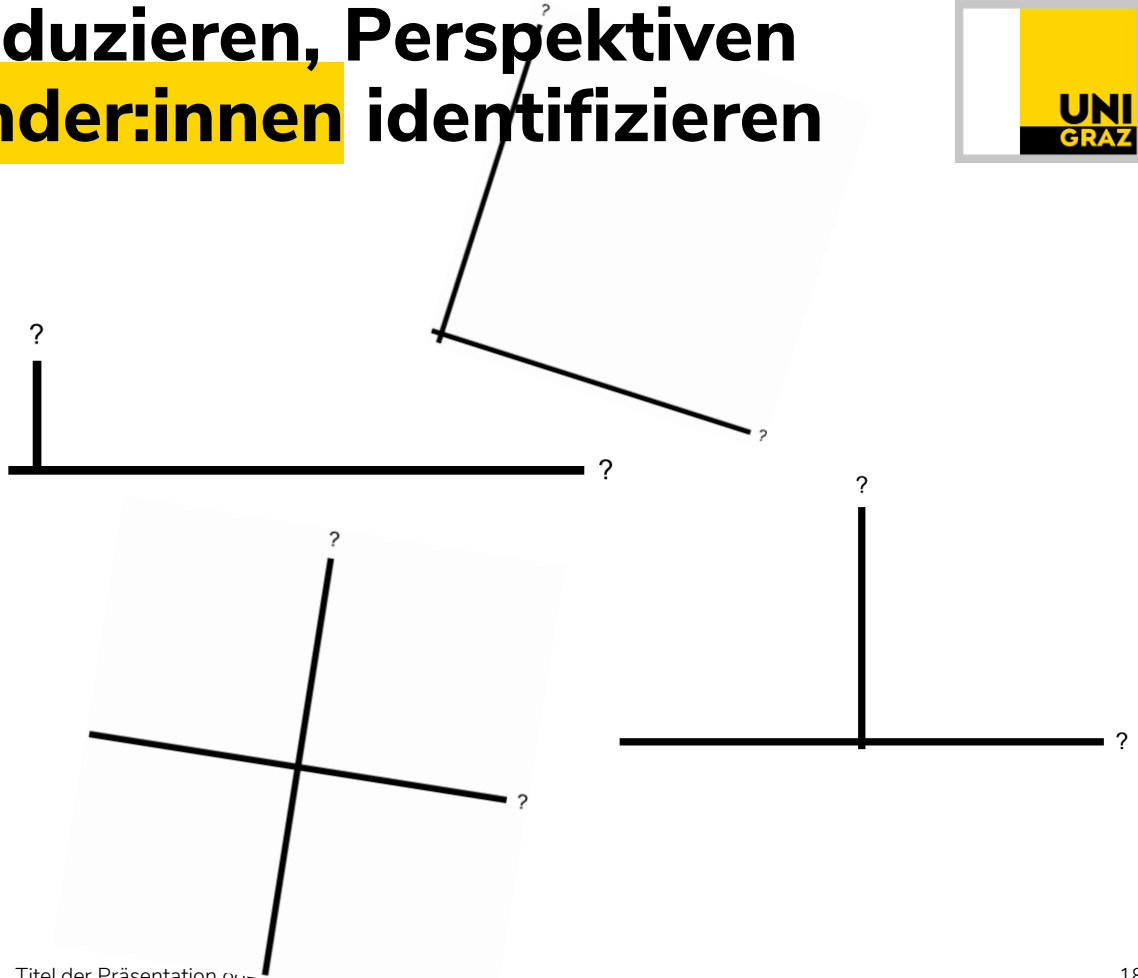
Handwritten notes: coal 579 GW, gas 583 GW, oil 40 GW, 97 Gt CO2, 91 Gt CO2, 40 Gt CO2, 188 Gt CO2, 846 Gt CO2, 270 Gt CO2, 57 Gt CO2, 57 Gt CO2, 49 Gt CO2, 263-1906 Gt CO2, 70-100 Gt CO2, 90-130 Gt CO2, 7-95, 123, 91, 583.

Grafiken selber produzieren, Perspektiven wechseln, **Klimasünder:innen** identifizieren

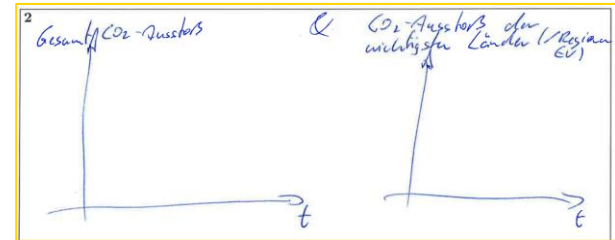
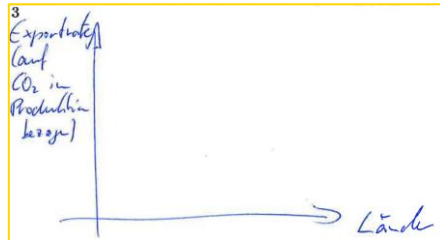
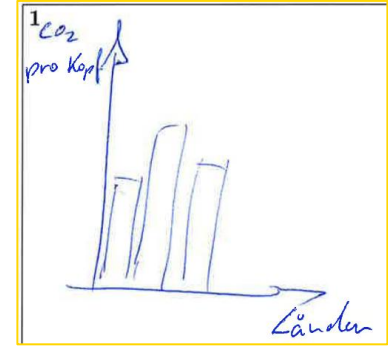
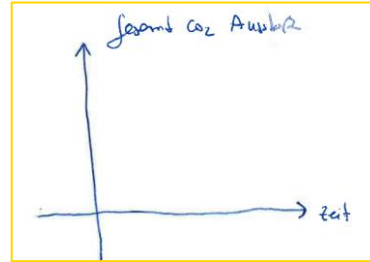
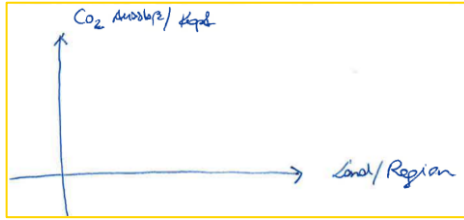


- Was haben wir?
 - GW abhängig von
 - Kohle/Gas&Öl
 - Alter
 - Region
 - GW in CO2 abhängig von
 - Kohle
 - Gas&Öl
- Anteil der CO2 durch fossile Energie am Gesamtausstoß
- Historische Laufzeit 40 Jahre

a single reference lifetime of 40 years

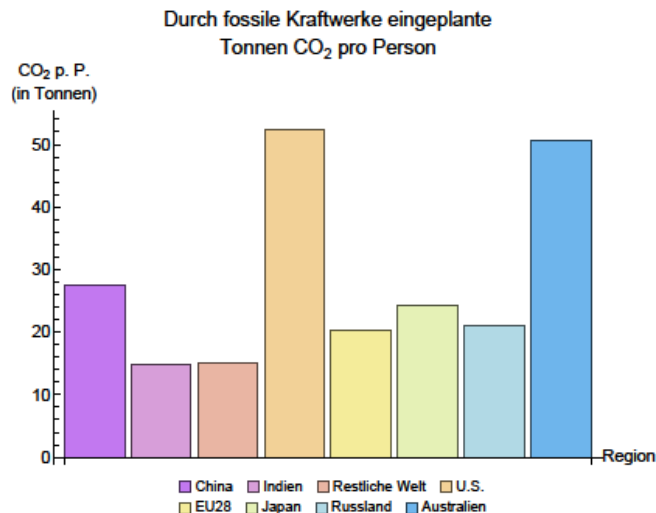


Ansätze aus dem Hörsaal #1

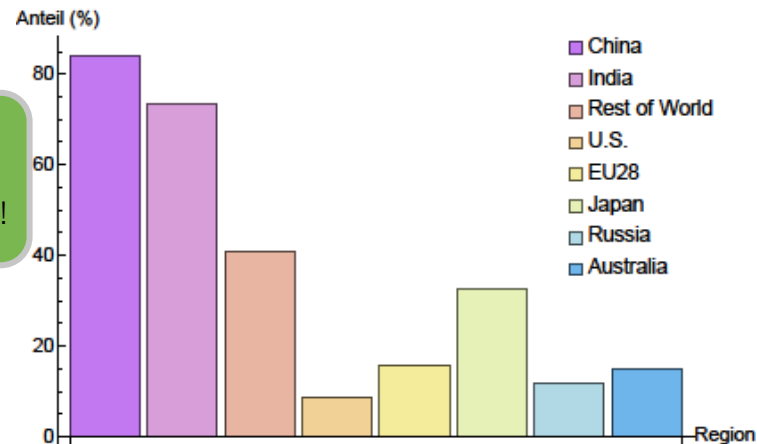


Beispielhafte SuS-Lösungen (geschönt)

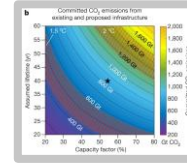
- Antwort auf die Alterspyramide (Abbildung 2)
- Eingepante oder laufende (verpflichtete) Kraftwerte CO₂ **pro Person** für jede Region
- Stichwort Klimagerechtigkeit
- Relativer Anteil an Kraftwerken pro Region, die bei einem Ausstieg 2038 nicht ihre historische Laufzeit erreichen (laut Artikel 40 Jahre)



Ein Datensatz, Sie
entscheiden,
modellieren und
analysieren normativ!

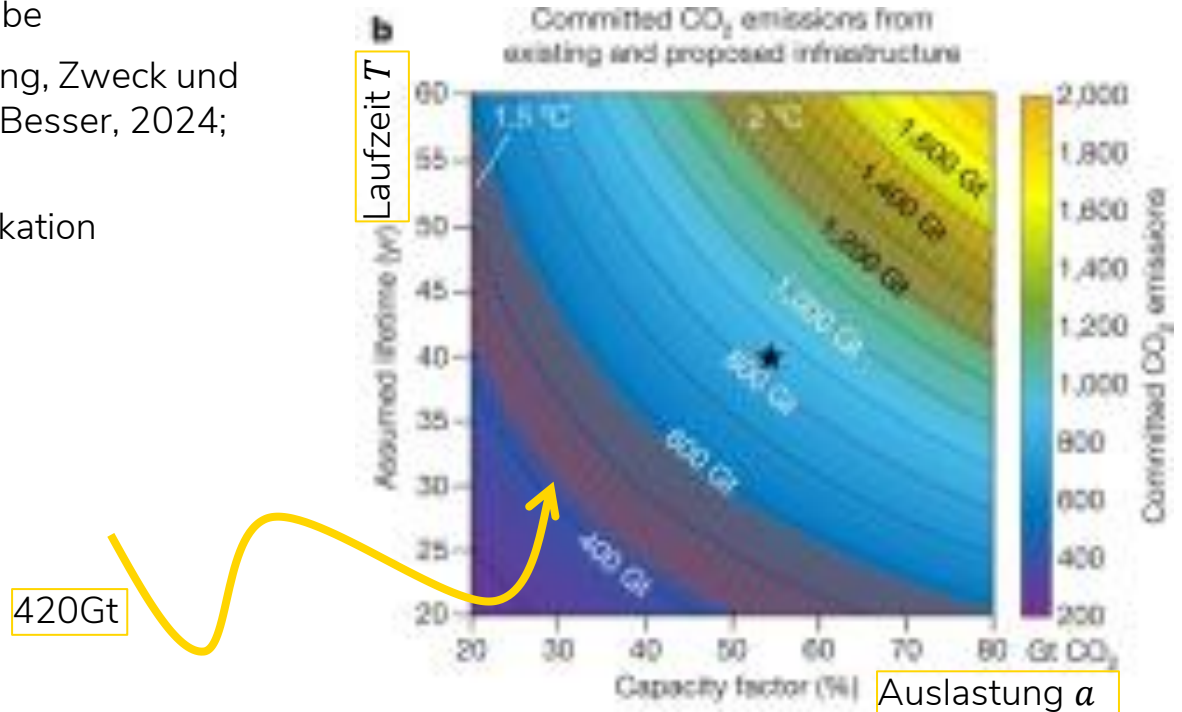


Teil 3, Gebundene CO₂-Emissionen berechnen



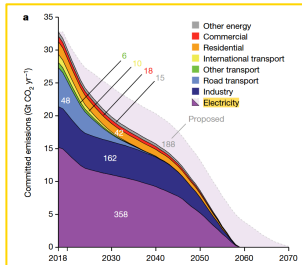
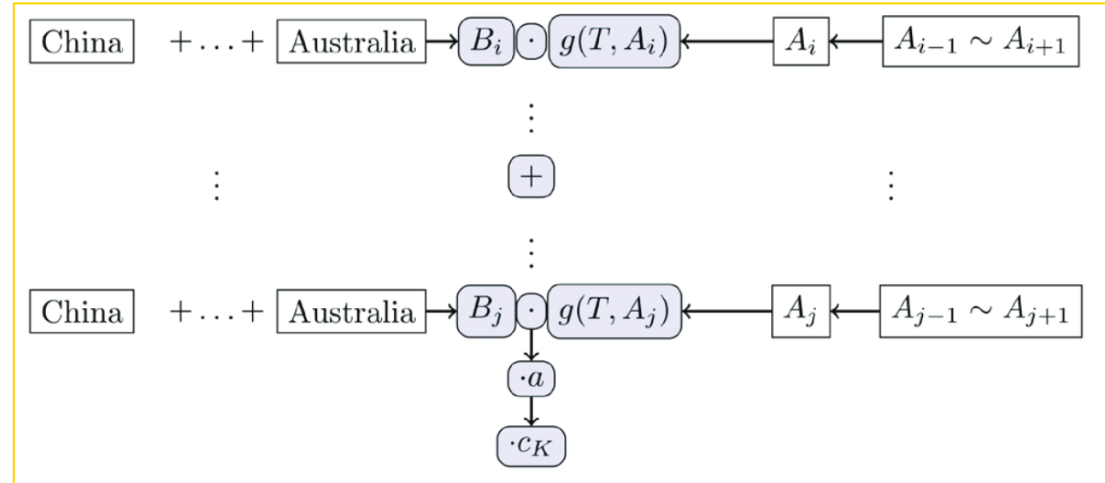
Hauptresultat reproduzieren

- Tendenziell geschlossene Aufgabe
- Authentische Daten, Fragestellung, Zweck und Mathematiknutzung (Schlüter & Besser, 2024; Vos, 2018)
- Ziel der Wissenschaftskommunikation
- Sind das Hyperbeln???



Hauptresultat reproduzieren

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Age	China	India	Rest of World	U.S.	EU28	Japan	Russia	Australia
2	≥63	0	0	1	4	0	0	3	0
3	60~62	0	0	1	6	0	0	1	0
4	57~59	0	0	2	7	0	0	3	0
5	54~56	0	0	4	6	2	1	5	0
6	51~53	0	0	4	13	2	1	6	0
7	48~50	0	0	8	15	4	4	9	0
8	45~47	0	0	13	28	8	10	8	1
9	42~44	1	0	23	30	10	7	8	0
10	39~41	2	0	34	12	6	3	9	1
11	36~38	1	0	37	7	4	6	12	1
12	33~35	1	1	36	4	3	3	10	0
13	30~32	0	1	24	6	3	2	10	1
14	27~29	2	2	24	10	5	3	4	1
15	24~26	2	2	37	14	8	3	2	0
16	21~23	5	3	49	13	15	0	2	1
17	18~20	2	2	56	35	15	1	1	1
18	15~17	1	2	63	117	13	1	2	1
19	12~14	9	1	57	32	28	2	3	2
20	9~11	9	3	77	21	19	1	4	4
21	6~8	4	2	99	20	25	3	9	3
22	3~5	18	4	91	15	7	0	8	2
23	0~2	7	1	71	27	4	0	4	1
24	1~3	17	6	146	42	6	1	5	2
25	4~6	9	11	97	33	13	1	5	4
26	7~9	8	11	64	25	17	0	2	2
27	10~12	6	8	48	21	10	0	3	1
28	13~15	0	0	0	0	0	0	0	0
29	16~18	0	0	0	0	0	0	0	0



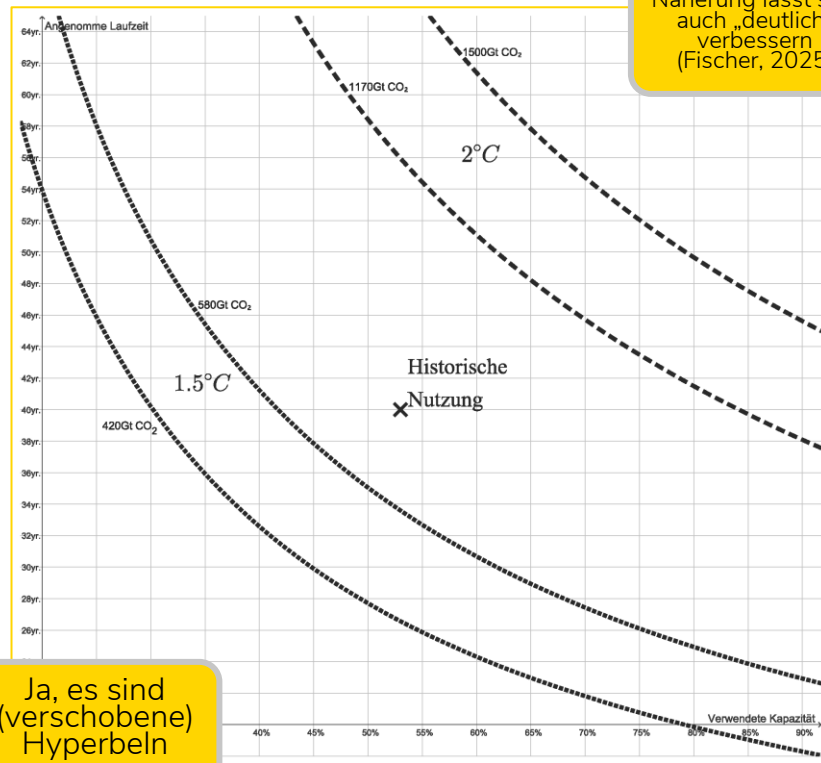
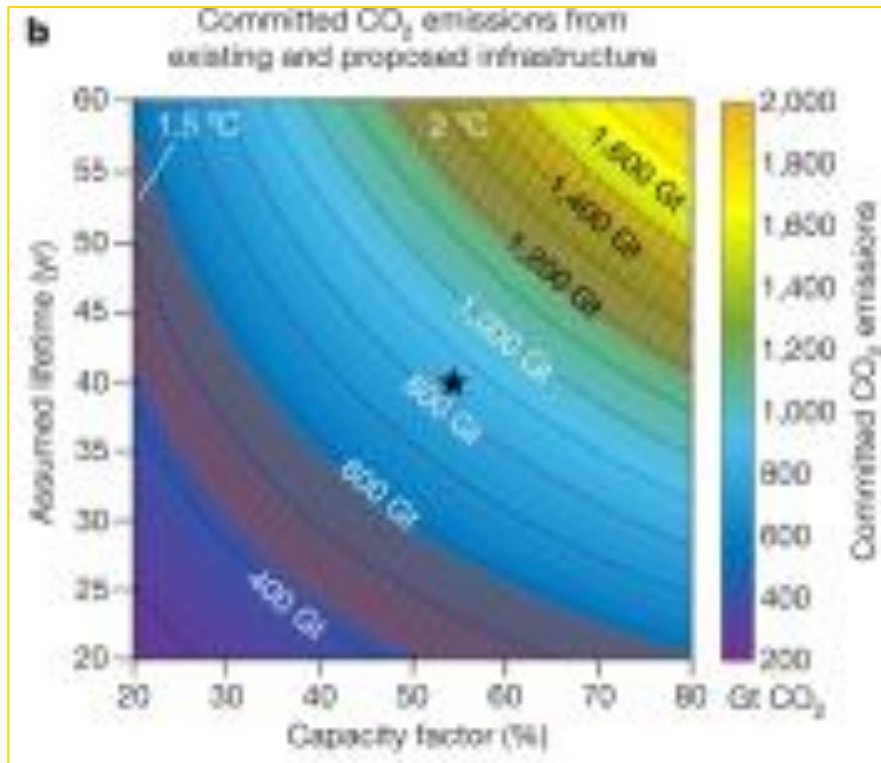
$$P \approx 0,645$$

$$P \cdot 420 = \sum_{j=2}^{29} g(T, A_j) \cdot B_j \cdot c_{OG} \cdot a + \sum_{j=2}^{29} g(T, A_j) \cdot D_j \cdot c_K \cdot a.$$

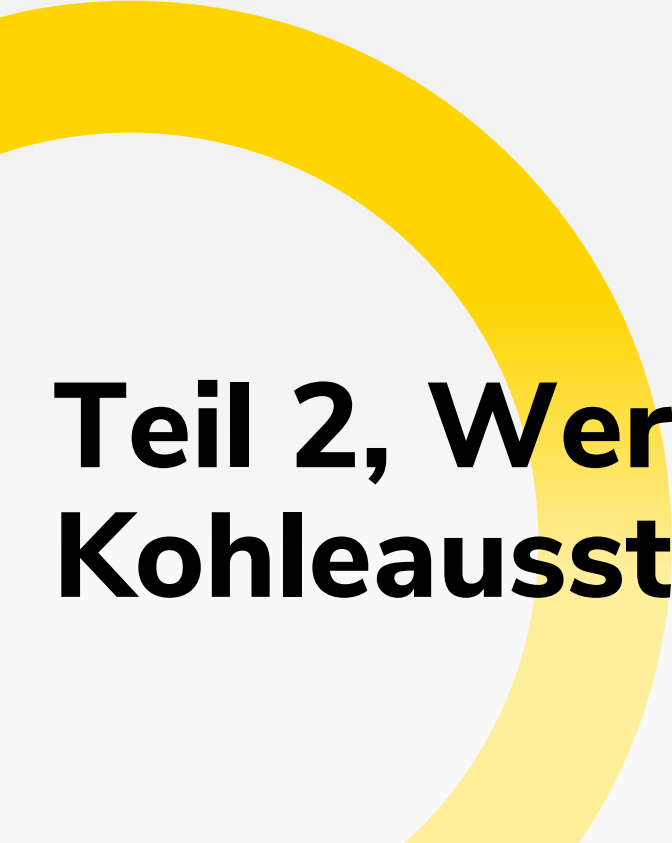
$$P \cdot 420 = f(T, a)$$

Gebundene CO₂-Emissionen berechnen

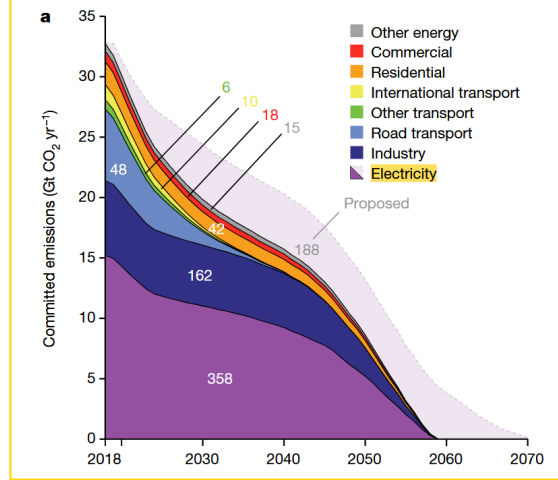
Näherung lässt sich auch „deutlich“ verbessern (Fischer, 2025)



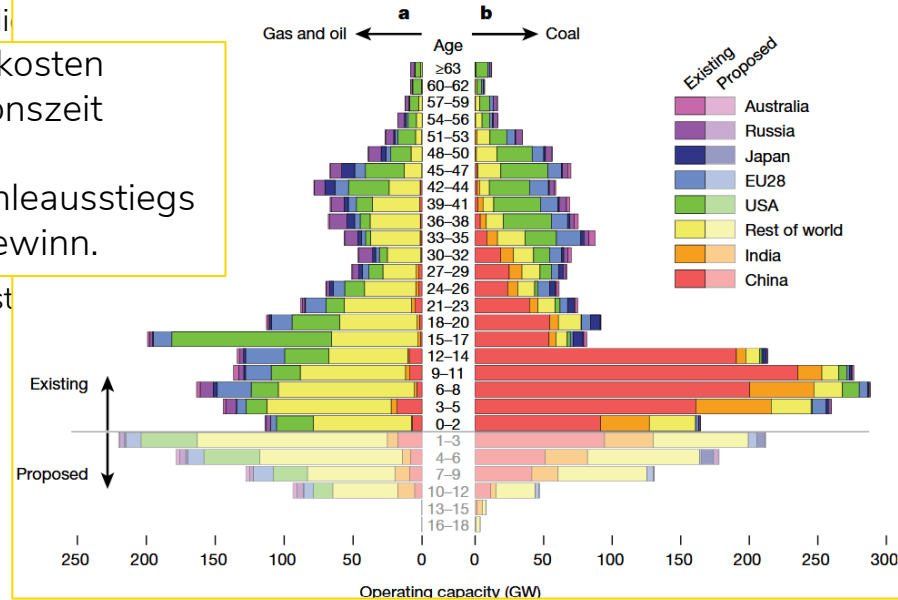
Ja, es sind
(verschobene)
Hyperbeln



Teil 2, Wer glaubt an den Kohleausstieg?



die Amortisationszeit, b die
 bewirkt I_0 die Investitionskosten
 ons T_a die Amortisationszeit
 b die Bauzeit,
 (Ja t das Jahr des Kohleausstiegs
 relativ k der (jährliche Gewinn.
 Geben Sie eine möglichst



40-year lifetime and 53% utilization rate; Fig. 1a). However, the lifetime and operation of such infrastructure will ultimately depend on the relative costs of competing technologies, which are in turn influenced by factors such as technological progress and the climate and energy policies in each region^{22,26}. Figure 3 highlights the sensitivity of

Assumed lifetime of electricity infrastructure. In the resulting GPED-2018, the global average lifetimes of retired coal-, natural-gas- and oil-fired power units are 35.9, 37.1 and 33.9 years, respectively. Consistent with ref. ⁹, we simplify these ranges to a single reference lifetime of 40 years for all electricity-generating units for our ‘as historically’ case, and show the sensitivity of committed emissions to this assumption in Fig. 3. When units are already operating beyond their assumed lifetime, we randomly retire them over the next five years in order to avoid unrealistically abrupt changes in emissions between 2018 and 2019.

Global committed emissions are now at the apex of a 20-year trend. From 2002 to 2014, as China emerged as a global economic power, total committed emissions grew at an average annual rate of 9% per year (Extended Data Fig. 1a). Meanwhile, committed emissions related to infrastructure in the USA and the 28 member states of the European Union (EU28) have been shrinking since 2006 (Extended Data Fig. 1c). Since 2014, the rate of infrastructure expansion in China and India has also fallen, and committed emissions in China declined by 7% between 2014 and 2018, even as committed emissions in the rest of the world have continued to climb (Extended Data Fig. 1a, c). These most recent trends may reflect nascent shifts in China's economic structure¹⁹ and global trade²⁰, and may be important harbingers of future changes in regional annual CO₂ emissions⁹.

Ansätze aus dem Hörsaal #2



$$V = (k \cdot (12 - b) - l_0)$$

falls $12 - b > \bar{T}_a$: finanziell möglich
trotzdem nicht bauen ☹

$$\text{Gewinn Verlust} = k \cdot \frac{t - 2026}{100} - b) - l_0$$

Falls $t - 2026 - b > T_a$

Dann: Bauen! (aus finanzieller Sicht)

„Mein“ Ansatz



- Sei k der jährliche Gewinn, I_0 die Investitionskosten, T_a die Amortisationszeit, b die Bauzeit und t das Jahr des Kohleausstiegs.
- Der Verlust ist dann gegeben durch $V_b(t) = I_0 - k(t - b)$
- mit $T_a = \frac{I_0}{k}$ ergibt sich $V_b(t) = I_0 - \frac{I_0}{T_a}(t - b) = I_0(1 - \frac{t-b}{T_a})$
- Setzen wir $t = 12, b = 0$, wir erhalten $V = I_0(1 - \frac{12}{T_a})$
- Annahme $T_a \in [20, 40]$
- Das führt zu einer Abschätzung des Verlusts zwischen 40% und 70% der Angangsinvestitionen $0.4I_0 \leq V \leq 0.7I_0$
- Subjektive Wahrscheinlichkeit: man hält den Kohleausstieg für sehr unwahrscheinlich



Fazit

Die angesprochenen Lerndimensionen

Kognitive Dimension:

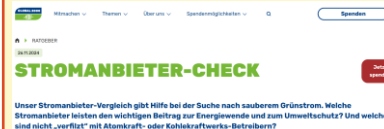
- Größen & Einheiten sicher verknüpfen: Zusammenhang von GW ↔ Gt CO₂
- Vergleichsmaßstäbe verstehen: Absolutwerte vs. pro-Kopf/pro kWh/pro BIP
- Mathematische Inhalte und Data-Literacy

Sozio-emotionale Dimension:

- billige Energie vs. Klimaziele; nationale Ziele vs. globaler Fußabdruck vs. Klimagerechtigkeit
- Werte klären & begründen: Welche Normen stecken in Modellannahmen?
- Was gilt als „fair“ (pro-Kopf, historische Verantwortung, Exportrollen)?

Handlungsorientierte Dimension:

- Diskurskompetenz stärken
- Strommarkt realistisch analysieren (AT/EU)



Quelle: WWF, Global2000



Literatur und Werbeschaltung

BMBWF. (2024a). RIS-Lehrpläne der AHS.
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>

BMBWF. (2024b). RIS-Lehrpläne der Mittelschulen.
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850>

Fischer, M. (2025). Das 1,5°-Ziel in Gefahr. Plus Lucis, (03), 8–11.

Fischer, M. (2026). Wer glaubt an den Kohleausstieg? Eine Analyse von Investitionsentscheidungen. In H. S. Siller & K. Vorhölter (Hrsg.), Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht (Bd. 11). Springer Berlin Heidelberg.

Fischer, M., Hackl, J., Sitte, J., Lobnig, T., Binder, C., Greiler, M., & Göller, R. (2026). Österreich und BNE, das heißt nachhaltiger Konsum, Klima-schutz und sauberes Wasser. Beiträge zum Mathematikunterricht 2026, Beiträge zum Mathematikunterricht. 59. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. <https://hal.science/hal-04879323>

Fischer, M., & Mokre, P. (2026). Ungleichheit greifbar machen. In H.-S. Siller & K. Vorhölter (Hrsg.), Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht (Bd. 11). Springer Berlin Heidelberg.

Gildehaus, L., Göller, R., Vajen, B., & Liebendoerfer, M. (2023). CiviMatics – Challenges and potentials of an interdisciplinary approach on normative modelling. Proceedings of the 12th International Conference of Mathematics Education and Society. International Conference of Mathematics Education and Society.

Gildehaus, L., Liebendörfer, M., Hüsing, S., Gottschalk, R., & Strauß, F. (2025). Normatives Modellieren im Kontext des Klimawandels – wie viel CO₂ stoßen Lebensmittel aus? In M. Besser, M. Hagen, J. Krawitz, & N. Tropper-Grimann (Hrsg.), Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht 10 (S. 81–91). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-69989-8_6

Just, J., Münch, K., Matheis, P., Martin, R., & Siller, H. Stefan. (2026). Wer ist eigentlich arm? – Güte und Grenzen mathematischer Modelle zur Erfassung von Armut. In H. S. Siller & K. Vorhölter (Hrsg.), Neue Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht (Bd. 11). Springer Spektrum.

Schlüter, D., & Besser, M. (2024). Assessing authenticity in modelling test items: Deriving a theoretical model. Frontiers in Education, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1343510>

Siller, H.-S., & Vorhölter, K. (2025). Bildung für nachhaltige Entwicklung im Mathematikunterricht: Potentiale und Herausforderungen für die Mathematikdidaktik [ESD in mathematics teaching: potential and challenges for mathematics education]. Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, (118), Artikel 118.

Skovsmose, O. (2021). Mathematics and crises. Educational Studies in Mathematics, 108(1–2), Artikel 1–2. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10037-0>

Tong, D., Zhang, Q., Zheng, Y., Caldeira, K., Shearer, C., Hong, C., Qin, Y., & Davis, S. J. (2019a). Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5 C climate target. Nature, 572(7769), 373–377. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1364-3>

Tong, D., Zhang, Q., Zheng, Y., Caldeira, K., Shearer, C., Hong, C., Qin, Y., & Davis, S. J. (2019b). Committed emissions from existing energy infrastructure jeopardize 1.5 C climate target. Nature, 572(7769), 373–377.

Vos, P. (2018). “How Real People Really Need Mathematics in the Real World”—Authenticity in Mathematics Education. Education Sciences, 8(4), 195. <https://doi.org/10.3390/educsci8040195>

BNE ToGo (Johanna Hackl für MmF)



PROJEKT MMF

AB – PROZENTE

Gender Pay Gap 

Verdienen Frauen und Männer heutzutage gleich viel?

Mit dem Gender Pay Gap wird der Unterschied des durchschnittlichen Bruttostundenverdienstes von Frauen und Männern in der Privatwirtschaft gemessen. Dabei verdienen Frauen in Österreich 2022 um 18,7% weniger. Dabei können von diesen 18,7 Prozentpunkten 6,4 Prozentpunkte durch strukturelle Unterschiede erklärt werden.

- Wie viele Prozentpunkte bleiben daher ungeklärt?
- Wie viel Prozent des Gender Pay Gaps können erklärt werden und wie viele nicht?



Strukturelle Unterschiede: Damit ist beispielsweise hier gemeint, dass Frauen öfter in schlechtbezahlten Branchen und mehr in Teilzeit arbeiten.

Quelle: Geisberger, Tamara; Glaser, Thomas. Gender Pay Gap: Welche Faktoren beeinflussen den Lohnunterschied zwischen Frauen und Männern. In: STATjournal 3.



Bonus: Suche die angegebene Quelle und finde weitere Gründe für den Gender Pay Gap. Was fällt dir auf?

PROJEKT MMF

AB – STATISTIK

Biodiversität 

Österreich hat sechs Nationalparks, die insgesamt 3% der Landesfläche einnehmen. In diesem Raum finden sich sogenannte Biodiversitäts-Hotspots. Das sind Räume, in denen ein Großteil der österreichischen Arten angesiedelt sind. Es sind in den österreichischen Nationalparks 87% der Säugetier-Arten, 94% der Brutvogel-Arten, 79% der Reptilien-Arten, 86% der Amphibien-Arten, 81% der Fisch-Arten und 69% der Pflanzen-Arten vertreten. Diese Daten sollen nun für die Infotafel an deiner Schule allen Schüler*innen schnell verständlich gemacht werden. Zeichne dafür ein Diagramm, um diese Artenvielfalt in Österreichs Nationalparks zu veranschaulichen.



Info: Für Arten, die außerhalb von Nationalparks keine Überlebenschance mehr haben, bieten Nationalparks wichtige Rückzugsgebiete. Dennoch machen der Klimawandel und invasive Arten auch vor den Nationalparks-Grenzen keinen Halt.

Quelle: Umweltbundesamt, Studie: Hotspots der Biodiversität, 2021.



Bonus: Die Politik ist für den Schutz der Nationalparks verantwortlich. Dennoch dürfen alle Bürger*innen Forderungen an die Politik stellen! Solche Forderungen kannst du auch schon jetzt als Jugendliche stellen und ebenso kannst du für Forderungen anderer abstimmen. Scanne dafür den QR-Code.





Danke für Ihre Aufmerksamkeit.



Universität Graz
Institut für Mathematik und wissenschaftliches Rechnen I
MmF & Didaktik der Mathematik

Dr.rer.nat. Michael Fischer
Leechgasse 42, 8010 Graz, Österreich
michael.fischer@uni-graz.at
Abteilung.uni-graz.at