



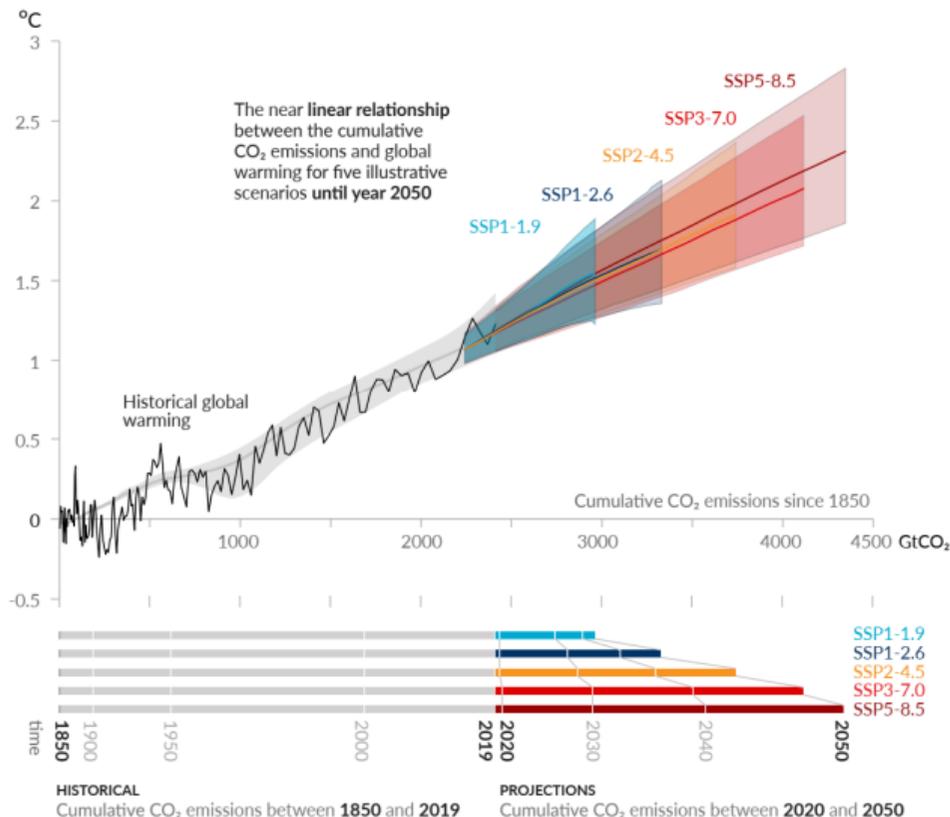
Adobe Stock 524027149

Vom globalen zum individuellen CO₂-Budget

Prof. Philippe Thalmann, EPFL
Kantonsschule Musegg, 03.05.2024

Kumulierter Kohlenstoffausstoß und globale Erwärmung

Global surface temperature increase since 1850-1900 (°C) as a function of cumulative CO₂ emissions (GtCO₂)



Die Wissenschaft gibt kein "Ziel" vor, und selbst das Klimaübereinkommen von Paris ist nicht präzis:

"... der Anstieg der durchschnittlichen Erdtemperatur deutlich unter 2°C über dem vorindustriellen Niveau gehalten wird und Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg auf 1,5°C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen" (SR 0.814.012)

Annahme: **600 Milliarden Tonnen**, um 3'000 Gt in 2050 nicht zu überschreiten

Future cumulative CO₂ emissions differ across scenarios, and determine how much warming we will experience

Vom globalen zum nationalen CO₂-Budget

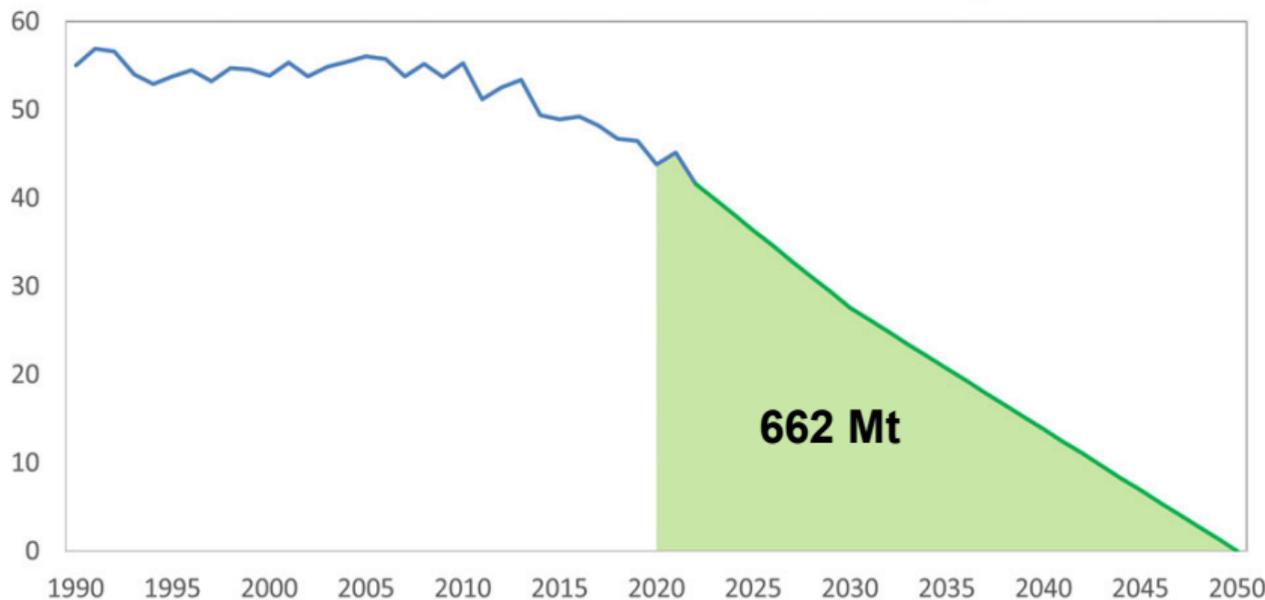
- Seltsames Budget: jeder kann sich darin bedienen !
- Es gibt viele Möglichkeiten, das gesamte CO₂-Budget auf die 193 Staaten der UNO zu verteilen: Einkommensniveau, Potential zur Dekarbonisierung, vergangene CO₂-Emissionen, Verwundbarkeit durch den Klimawandel, Reichtum an fossilen Ressourcen, Bevölkerungsgrösse, ...
- Am wenigsten umstritten ist die Aufteilung nach Bevölkerungsgrösse
- Für die Schweiz bedeutet dies ein Budget von 660 Mio. tCO₂

2020	Welt	Schweiz	%
Bevölkerung (Millionen)	7'841	8.6	0.11
CO ₂ -Budget (Millionen tCO ₂)	600'000	660	0.11
CO ₂ -Budget pro Person (tCO ₂)	77	77	

Welches Budget hat sich die Schweiz gegeben?

- THG-Ausstoss 2020-2022: 130 MtCO₂eq
- "Fahrplan" Bundesrat, CO₂-Gesetz für 2023-2030, Klima- und Innovationsgesetz für 2031-50

Treibhausgas-Ausstoss der Schweiz
1990-2022 Inventar, 2023-2050 laut Gesetze (MtCO₂eq)



- Das entspricht fast genau dem von uns veranschlagten Budget !
- Aber: ohne internationalen Flugverkehr

Somit alles im grünen Bereich?

- Dieses Budget berücksichtigt nur die Emissionen in der Schweiz, nicht aber den gesamten **Klimafussabdruck** (der etwa dreimal grösser ist) und auch nicht den Flugverkehr
- Wie sollen die Reduktionsziele erreicht werden?
 - Ganz im Inland oder teilweise im Ausland?
 - Netto-Null...
 - Werden sie überhaupt erreicht?
- Wären individuelle CO₂-Budgets ein Ansatz?

Instrumentarium der Schweizer Klimapolitik

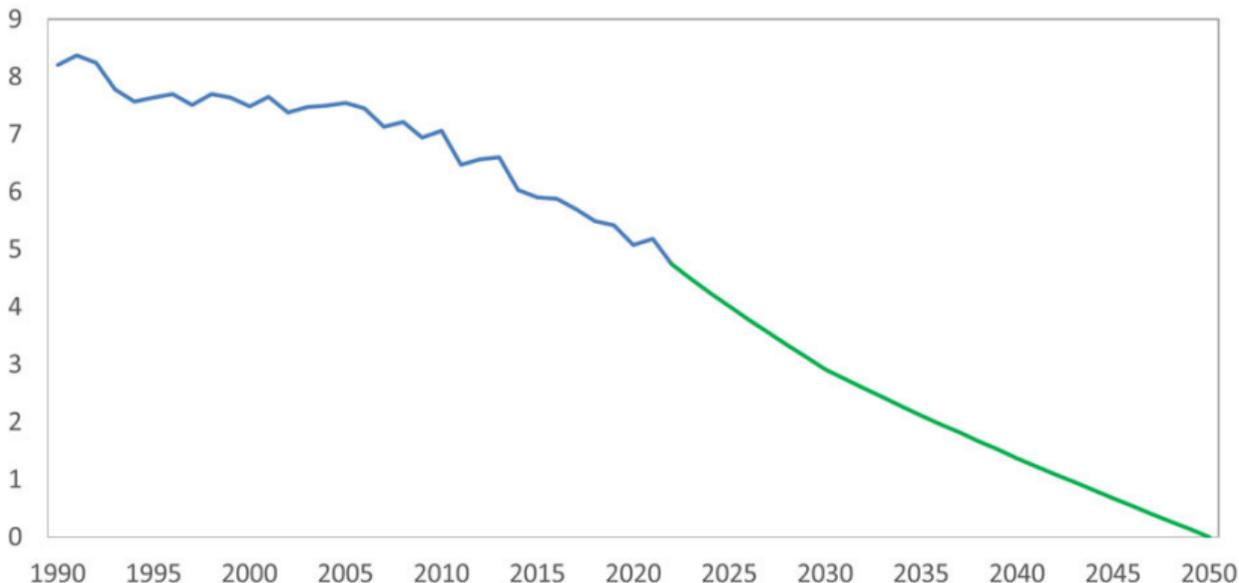
Instrumentenfamilien	Eingesetzt
Informieren, motivieren	<ul style="list-style-type: none"> • Online-Rechner zur Schätzung des Energieverbrauchs und Tipps zur Verbrauchsreduktion • EcoDrive-Schulungen
Erleichtern	<ul style="list-style-type: none"> • Öffentliche Verkehrsmittel • Energieetiketten für Fahrzeuge, Geräte und Fenster • Forschung
Finanzielle Anreize schaffen	<ul style="list-style-type: none"> • Subventionen aus dem Gebäudeprogramm • Steuerbefreiung für Agrotreibstoffe
Ökonomischen Druck ausüben	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂-Abgabe auf Brennstoffe • Handelbare Emissionszertifikate • Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe LSWA
Vorschreiben, genehmigungspflichtig machen, verbieten	<ul style="list-style-type: none"> • Kantonale Gebäudevorschriften • Kompensationspflicht für einen Teil der Treibstoffemissionen • Emissionsgrenzwerte für Neuwagen und leichte Lastwagen • Abfall- und Chemikalienverordnungen

Individuelle CO₂-Budgets

- Berechnung oben: jedem Mitglied der Bevölkerung steht von 2020 bis 2050 ein Budget von 77 Tonnen CO₂ zur Verfügung

- Treibhausgas-emissionen 2022: 4.74 t/Kopf (Inland)
- Die Pro-Kopf-Emissionen müssen aufgrund des Bevölkerungswachstums (2020-2050: +22%) noch stärker sinken als die Gesamtemissionen

Pro-Kopf Treibhausgas-Ausstoss der Schweiz
1990-2022 Inventar, 2023-2050 laut Gesetze (tCO₂eq)



Umsetzung

- Jedes Produkt, jede Dienstleistung erhält einen zweiten Preis: den CO₂-Gehalt, d.h. den CO₂-Ausstoss bei Herstellung, Transport und Nutzung
- Jede Bürgerin, jeder Bürger erhält ein zweites Einkommen: ein CO₂-Budget
- Unterschied: das gleiche CO₂-Budget für alle!
- Jedes Jahr wird das CO₂-Budget kleiner
- Flexibilität durch Sparen/Borgen und durch Übertragung, kostenlos oder gegen Bezahlung
- Vgl. Emissionshandelssysteme



Herausforderungen Umsetzung

- CO₂-Gehalt ausreichend genau messen
- Andere Treibhausgase als CO₂
- Ein grosser Teil der Emissionen kann nicht direkt den Bürgern zugerechnet werden: öffentliche Infrastruktur und Verwaltung, Krankenhäuser, Militär...
- Es wäre einfacher, in Bereichen anzufangen, in denen der CO₂-Gehalt leicht zu berechnen ist (Wohnen, Mobilität); dies erfordert jedoch Budgets für diese Teilbereiche



CO₂-Emission
115.94 kg

Apple iPhone 15 bei Galaxus

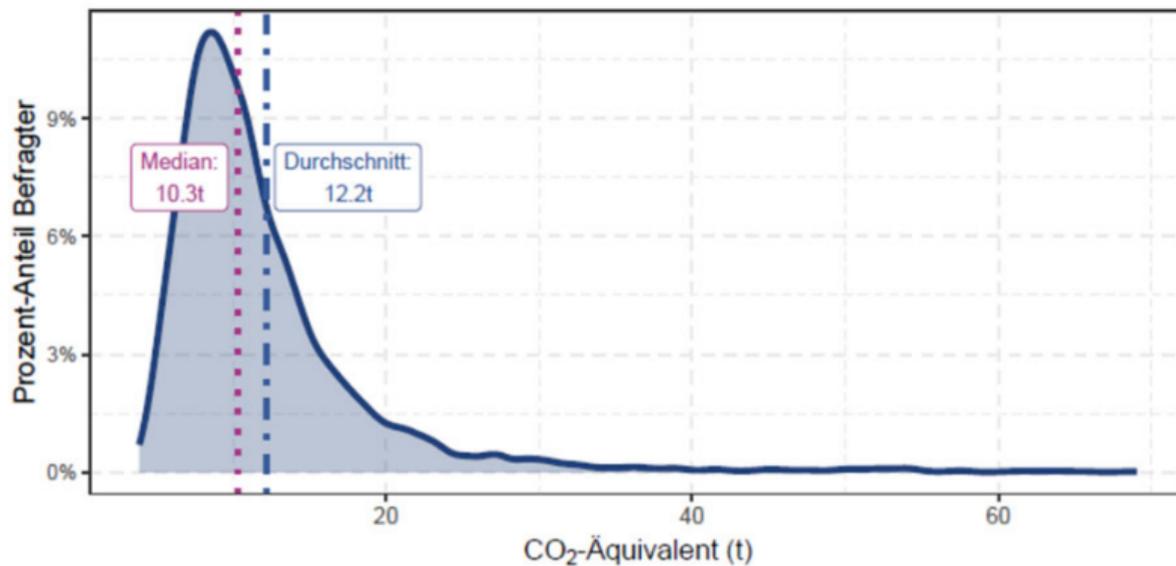
Die Tonnen summieren sich...

Von einem **Fussabdruck** von 12.5 tCO₂ pro Person runterkommen...

Verbrauch	Emissionen (tCO ₂ eq)	Kommentar
Ein 140 m ² grosses Hauses ein Jahr lang mit Öl heizen	5.7	durch die Zahl der Einwohner dividieren
Eine 90 m ² grosse Wohnung ein Jahr lang mit Öl heizen	3.1	
10.700 km mit einem Mittelklassewagen fahren (8 l Benzin/100 km)	2.0	
Von der Schweiz zu einer europäischen Destination hin- und zurückfliegen in der Economy Class	0.3	
Von der Schweiz zu einer Destination auf einem anderen Kontinent hin- und zurückfliegen in der Economy Class	1.6	
Ein Interkontinentalflug in der Business Class	5.0	
Eine zehntägige Kreuzfahrt	3.4	
Eine Standard-Fleischdiät über ein Jahr	2.1	
Ein Jahr lang vegetarisch ernähren	1.3	

Grosse Unterschiede in der Bevölkerung

Abbildung 1: Persönliche CO₂-Fussabdrücke

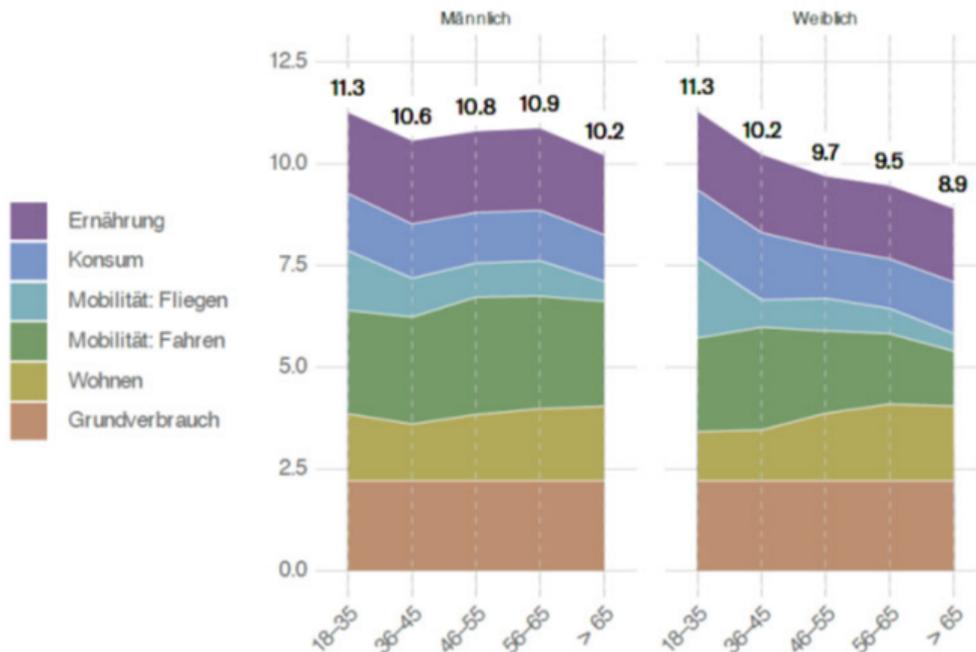


Gomm, Sarah, et al. (2023); Grosse Unterschiede beim individuellen CO₂-Fussabdruck: Ursachen und Konsequenzen. Bericht zu Welle 10, Schweizer Umweltpanel; ETH Zürich

Unterschiede nach Alter

Fussabdruck nach Geschlecht und Alter (kombiniert) (Abb. 2)

Der durchschnittliche Fussabdruck (in Tonnen CO₂) basiert auf Fragen zum Verhalten der Befragten, sowie Daten zum CO₂-Ausstoss des Footprint-Rechners von Swiss Climate und des CO₂-Rechners des deutschen Umweltbundesamtes.

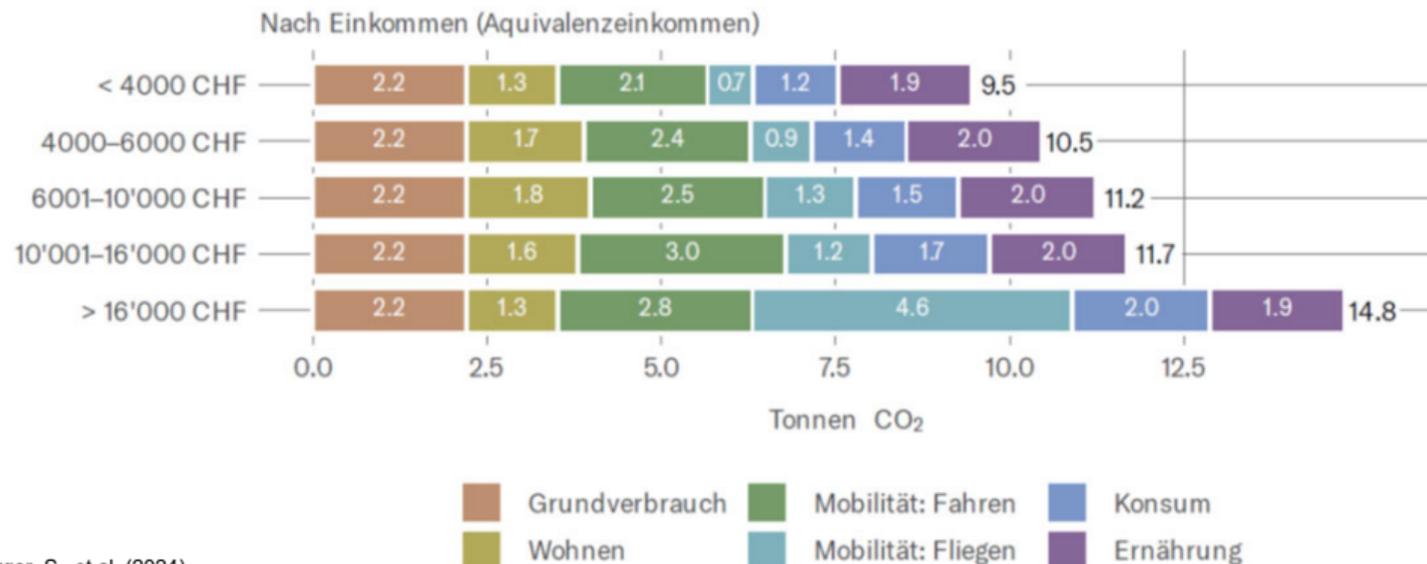


Stükelberger, S., et al. (2024),
Helion Energiewende-Index.
Zürich, Sotomo und Helion

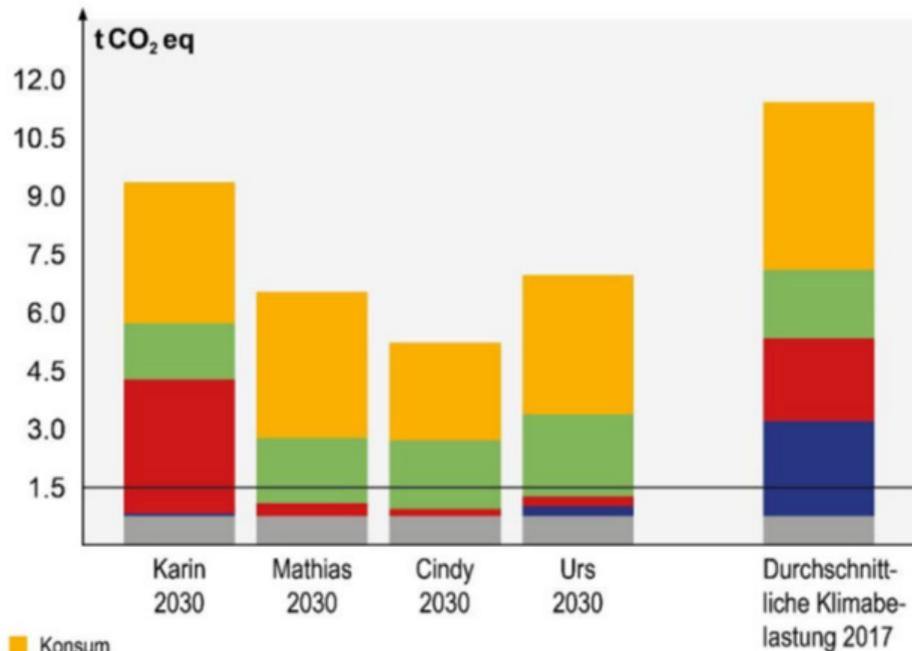
Unterschiede nach Einkommen

Fussabdruck nach Äquivalenzeinkommen (Abb. 4)

Der durchschnittliche Fussabdruck (in Tonnen CO₂) basiert auf Fragen zum Verhalten der Befragten, sowie Daten zum CO₂-Ausstoss des Footprint-Rechners von Swiss Climate und des CO₂-Rechners des deutschen Umweltbundesamtes.



Unterschiedliche Lebensstile



EBP (2017) Persönlicher Treibhausgas Budget-Ansatz in der Schweiz, OcCC - Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung, Zollikon

Karin, 40, "postmateriell", wohnt in einer komplett sanierten Altbauwohnung; hat kein Auto; nutzt Mobility, Velo und ÖV; isst vegetarisch, trinkt aber gerne Kaffee und Wein; gönnt sich alle zwei Jahre eine Fernreise (Indien)

Mathias, 47, "bürgerliche Mitte", wohnt mit seiner Familie in einem Minergie-Haus mit viel Eigenenergieproduktion; sie haben ein Elektro- und ein Hybridauto; essen ausgewogen Fleisch- und Milchprodukte; fahren mit dem Hybridauto in die Italienferien

Cindy, 32, "konsumorientierte Basis", wohnt mit ihrer kleinen Tochter in einer Mietwohnung mit Fernwärme; kann sich kein Auto leisten, nur ein lokales ÖV-Abo; isst gerne Fertiggerichte und Snäcks; verbringt ihre Ferien bei Verwandten im Tessin

Projekt Klimagenossenschaft in Zürich

Für die Bewohner gilt ein fixes CO₂-Budget

Radikales Wohnexperiment Eine Genossenschaft will für 500 Menschen eine neue Siedlung beim HB errichten. Klimaaktivist Dominik Waser und Wohnaktivist Hans Widmer spannen für das Vorhaben zusammen.

Wer auf Fleisch verzichtet, darf länger Netflix schauen

Wohnexperiment Eine Genossenschaft plant in Zürich ein radikales Projekt. Derweil fordern die Akademien der Wissenschaften einen Masterplan für die Energiewende.

Mögliches CO₂-Jahresbudget in der Klimagenossenschaft

Bewohnende haben pro Kopf und Jahr 100 Belastungseinheiten CO₂ (Eh) zur Verfügung. Diese können sie unterschiedlich aufteilen. Zum Beispiel so:

Ökologischer Preis, in Eh

2000 l Trinkwasser	1,4
1000 kWh Strom	3,2
50 kg vegane Ernährung	4,4
2000 km im Zug	5,6
40 l Milch	8,8
18 m ² Wohnfläche	16,4
10 kg Fleisch	20,3
200 h Internet	22,4
optional:	
6264 km im Zug	17,5
5,8 kg Rindfleisch	17,5
700 km Flug	17,5

Grafik: mre, bat / Quelle: Die Andere Stadt, 2017, S.118 (Gabor Doka)

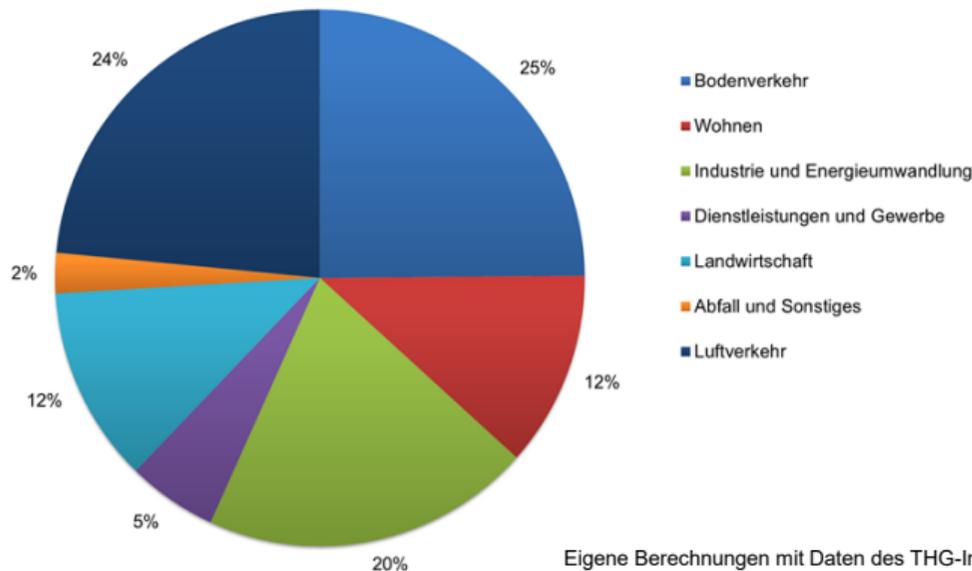
Akzeptanz

- Viele denken oder argumentieren bereits so:
 - "Ich fliege dieses Jahr in die Karibik, dafür esse ich kein Fleisch"
 - "Ich habe ein grosses Auto, aber nur eine kleine Wohnung"
- Gerechtigkeit durch Gleichheit
- Flankierende Massnahmen, die helfen, sein CO₂-Fussabdruck zu reduzieren und sozial abfedern
- Aber: es bleibt eine zusätzliche Einschränkung, wo viele noch von einer schmerzlosen Klimawende träumen ("die Technik wird es schon richten")

Prioritäre Anwendung: Fliegen

Der Flugverkehr ist der blinde Fleck in der internationalen und schweizerischen Klimapolitik

Anteile der wichtigsten Sektoren, inkl. internationaler Flugverkehr (RFI=3), am Treibhausgasausstoss der Schweiz in 2022



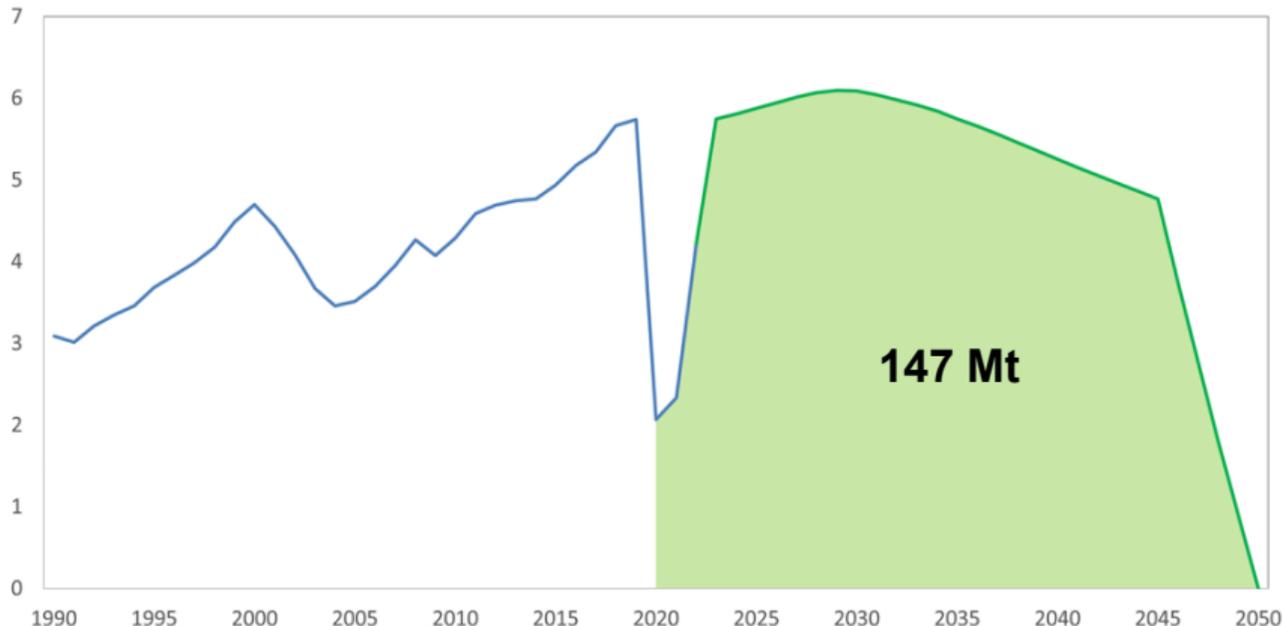
Ausstoss an Gasen und Partikeln eines Reiseflugzeugs während einer Flugstunde, BAZL, CO₂-Emissionen des Luftverkehrs, Grundsätzliches und Zahlen, Jan. 2020

- Tatsächliche Klimawirkung: 3x CO₂-Ausstoss (*Radiative Forcing Index* RFI-Faktor = 3)
- Beinahe Hauptklimawirkung der Schweizer Bevölkerung

Welches Budget für das Fliegen?

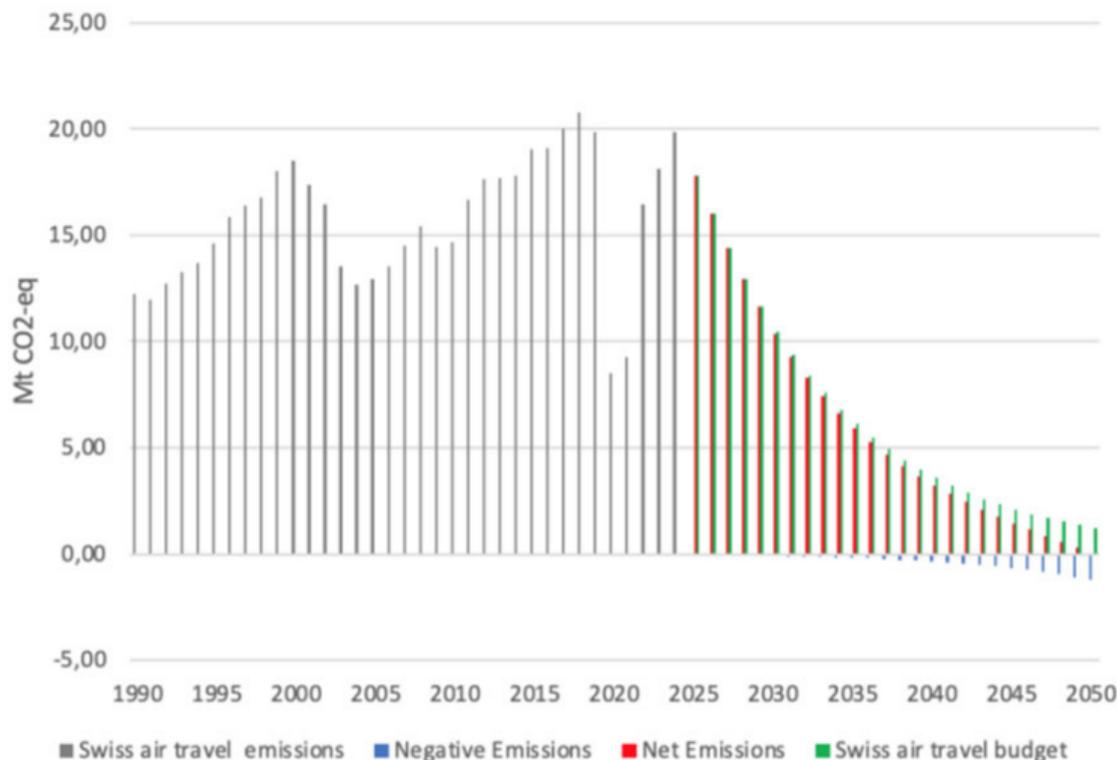
"Fahrplan" Bundesrat, Energieperspektiven 2050+

Treibhausgas-Ausstoss internationaler Flugverkehr von der Schweiz aus
1990-2022 Inventar, 2023-2050 EP2050+ (ZERO Basis), (MtCO₂eq)



- Der internationale Flugverkehr erhöht das CO₂-Budget von 662 auf 810 Millionen Tonnen
- Es wird mit dem vollständigen Ersatz von Kerosin durch eFuels zwischen 2045 und 2050 gerechnet...

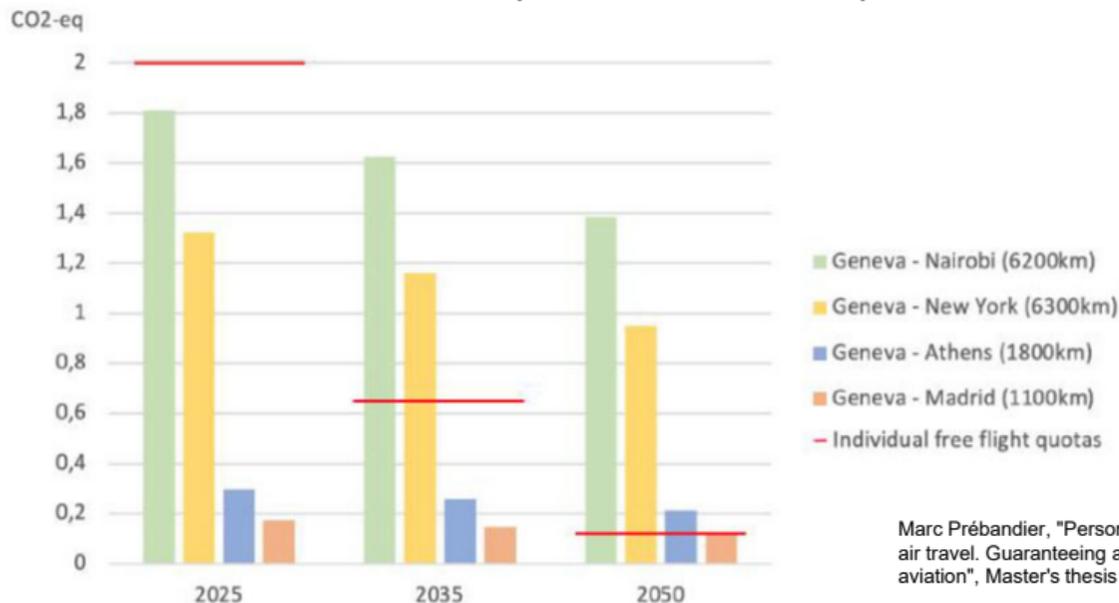
Gesamtbudgetkompatibler Absenkepfad



- Flugemissionsbudget für die Bevölkerung der Schweiz (hier mit RFI=3)
- Trotz negativer Emissionen müssten die Emissionen bis 2050 rasch auf 10% des Niveaus von 1990 sinken

Marc Prébandier, "Personal carbon trading applied to Swiss air travel. Guaranteeing a fair access to climate ambitious aviation", Master's thesis ETHZ/EPFL, 15.04.2024

Entsprechendes Budget pro Person (hier mit RFI=3)



Marc Prébandier, "Personal carbon trading applied to Swiss air travel. Guaranteeing a fair access to climate ambitious aviation", Master's thesis ETHZ/EPFL, 15.04.2024

- 2025 kann man noch nach Nairobi und New York fliegen, aber nicht mehr im selben Jahr zurück
- 2035 reicht das Budget noch für einen Hin- und Rückflug pro Jahr nach Griechenland
- 2050 reicht es nur noch für einen einfachen Flug nach Madrid

Wer ist von der Reisebeschränkung betroffen?

Daten: Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015

Simulation: Es ist das Jahr 2015 und jede in der Schweiz wohnhafte Person erhält ein Flugreisebudget, das 90% der durchschnittlich geflogenen Distanz entspricht (also 5'400 km hin und zurück)

Frage: Für wie viele Personen wäre dies keine Einschränkung, d.h., wie viele Personen könnten einen Teil ihres Budgets verkaufen und wären somit "Gewinner"?

%winners	Total	Up to 4'000 CHF included	4'001 to 8'000 CHF	8'001 to 12'000 CHF	More than 12'000 CHF
Total	51%	97%	57%	25%	1%
6-17 years old	99%	-	-	-	-
18-24 years old	26%	89%	15%	13%	6%
25-44 years old	14%	94%	9%	13%	0%
45-64 years old	46%	93%	78%	32%	0%
65-79 years old	86%	100%	90%	55%	1%
80+ years old	100%	100%	100%	-	-

Marc Prébandier,
"Personal carbon trading applied to Swiss air travel. Guaranteeing a fair access to climate ambitious aviation",
Master's thesis
ETHZ/EPFL,
15.04.2024

Zusammenfassend

- Die Schweiz hat ein CO₂-Budget gewählt, das Paris-kompatibel erscheint ... ohne Flugverkehr und nur im Inland
- Es muss aber noch vollständig in der Schweiz eingehalten werden
- Die heutigen Förder- und Lenkungsinstrumente reichen dazu nicht aus
- Individuelle CO₂-Budgets sind zu prüfen
- Insbesondere für den Flugverkehr
- CO₂-Budgets sind besonders für Besserverdienende und Menschen mit klimabelastendem Lebensstil verbindlich, auch für Jugendliche!