

Willkommen
Welcome
Bienvenue



Empa

Materials Science and Technology

Vom Ressourcenverbrauchs- zum Energiewende-Champion

Marcel Gauch, Harald Desing

Technology & Society Laboratory (TSL), Empa, Lerchenfeldstrasse 5,
9014 St. Gallen, Switzerland

29.6.2022

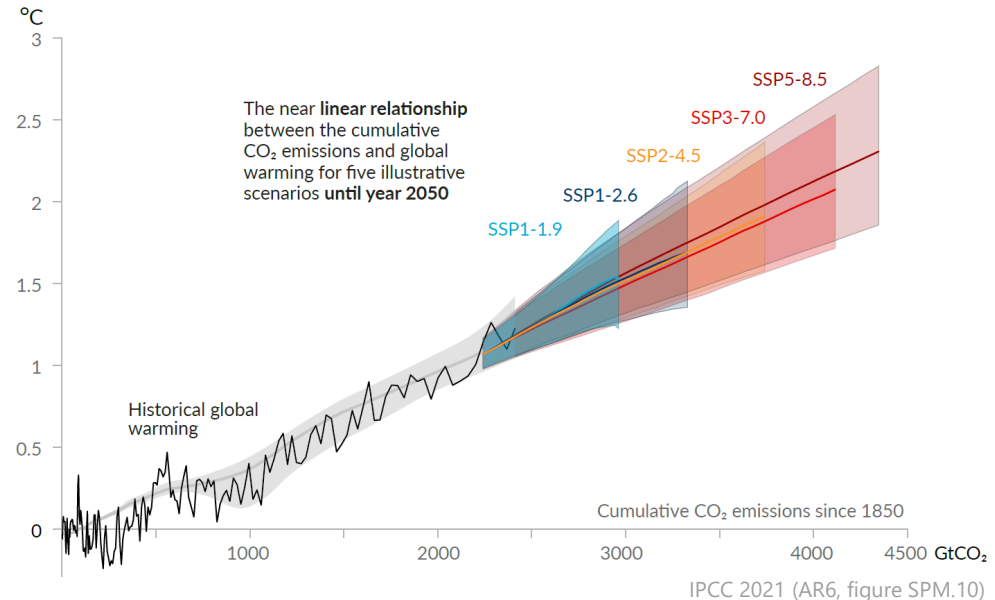
Technology Briefing: Materials for CO2UNTdown

$< 0.0000001 \text{ 1/h}$



... und für das Klima?

- Paris Agreement: "... holding the increase in the global average temperature to well below 2°C, preferably to 1.5°C, above pre-industrial levels."
- Übersetzt in Restbudgets für CO₂
- Bereits 1.5°C kann zur existentiellen Bedrohung werden
- Trotzdem werden Transitionspfade so entworfen, dass 1.5°C mit einer Wahrscheinlichkeit von 40% - 80% überschritten wird.
- Stabilisierung des Klimas benötigt CO₂ Konzentration <350ppm



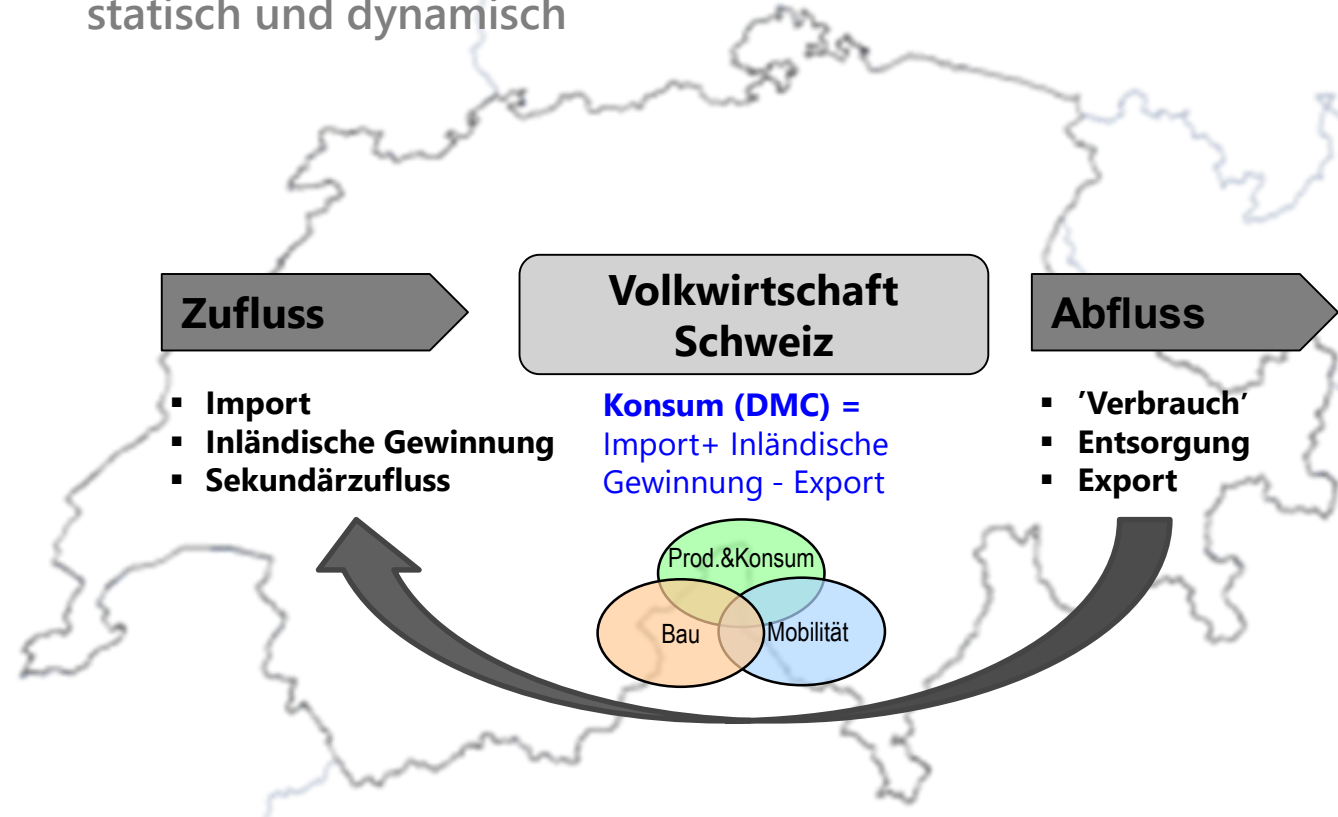
MatCH – Materialfluss Schweiz

Prinzip: Massen- und Energieflussanalyse
statisch und dynamisch



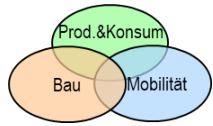
Berichtserie z.Hd. BAFU

MatCH – Bau (2016)
MatCH – Mobilität (2017)
MatCH – Produktion&Konsum (2018)
MatCH – Synthese (2019)
MatCH – Tool+ (2022 in prep.)



Ermöglicht: Analysen der Materialflüsse und Umweltauswirkungen für die Vergangenheit und Zukunft

Volkswirtschaft CH

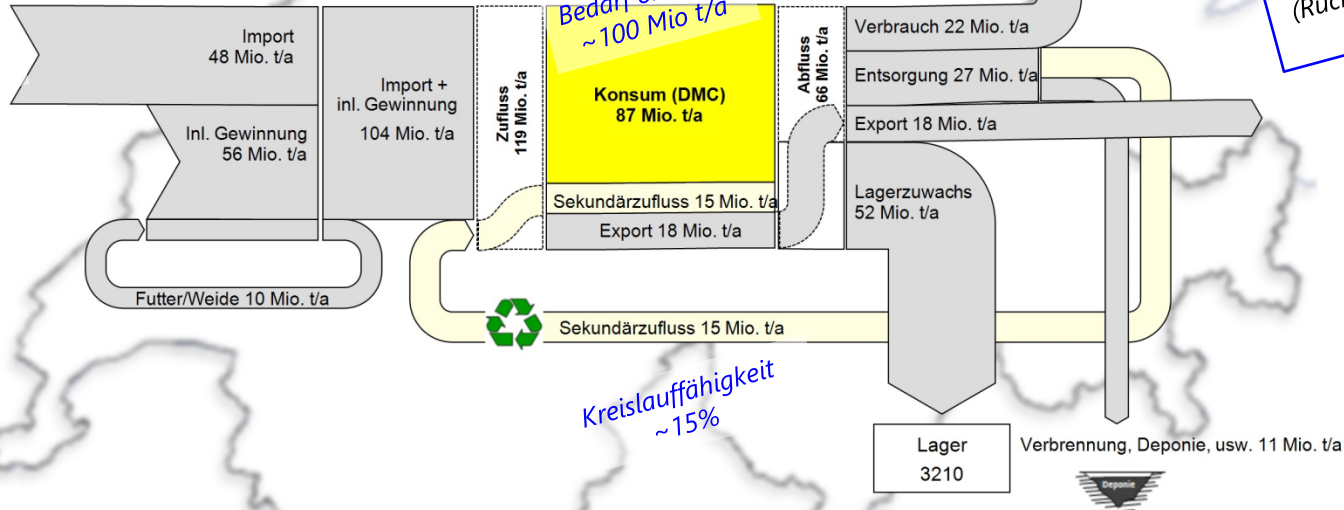


Materialflüsse der schweizerischen Volkswirtschaft

Umweltauswirkungen

THG CO ₂ eq	99 Mio t CO ₂ -eq/a
Grüne Energie	1.6 Mio. TJ/a
UWP	164 Bio. UBP/a

Importanteil
~50%



Statische Momentaufnahme
(Rückblick 2018, Fotografie)
MatCH-Synthese

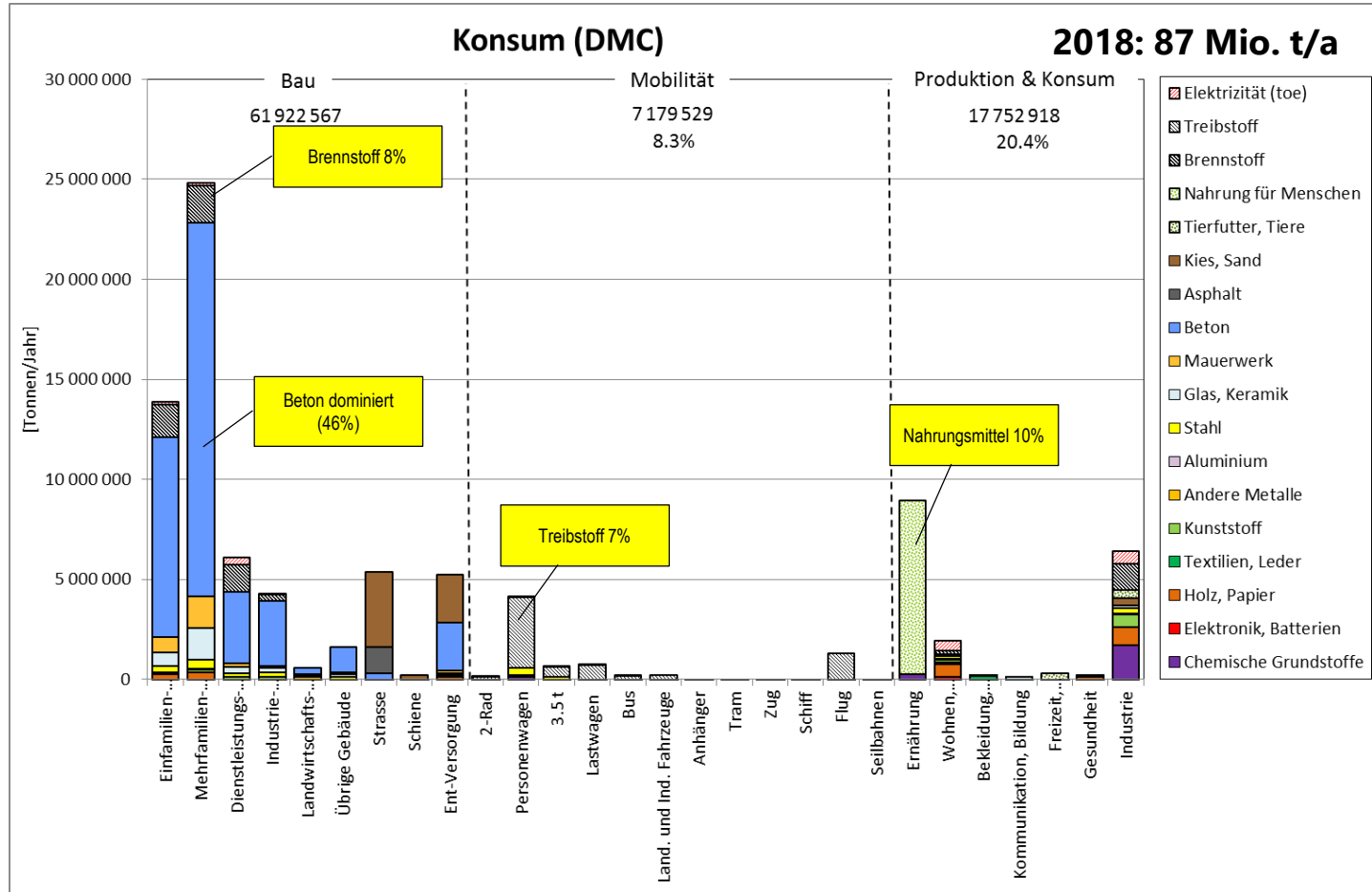
Wie sieht ein möglicher Film über die Zukunft aus?

- Welche Einflussfaktoren beeinflussen den Verlauf des Films? Verantwortung? Verhalten?
- Lässt sich ein Happy End mit einem guten Drehbuch planen?



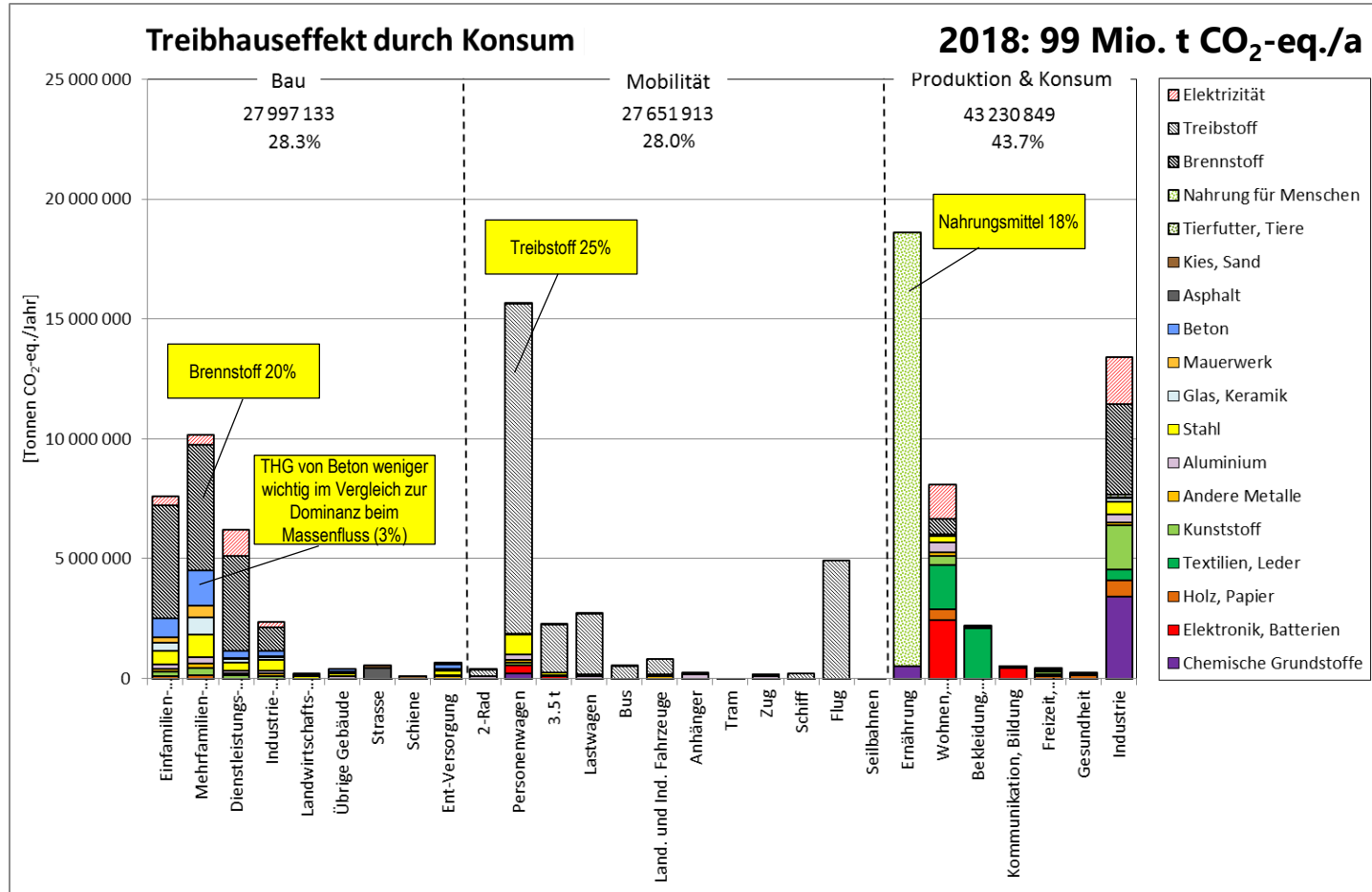
Dynamische Prognose
(Ausblick, Film)
MatCH-Tool+

Konsum DMC ('flow')



MatCH-Synthese
Massenfluss dominiert durch Bausektor, Energieträger, Nahrungsmittel.

Umweltbelastung (Treibhauseffekt) durch DMC



MatCH-Synthese
Hoher Massenfluss bedeutet nicht automatisch hohe Umweltbelastung
It's all about energy!

MatCH Tool+

Cockpit – Steuerung von Szenarien mit Parametern

Welche Akteure haben einen Einfluss (illustrativ)

Akteure	Politische Massnahme
Behörde	Ressourcentalog 2030, BAFU

Welche politische Massnahmen haben einen Einfluss (illustrativ)

Parameter

Startpunkt: Letzte bekannte Parameterwerte gültig für das Jahr: 2020

Wert für das Referenzjahr

Parameter: 41 Parameter in 7 Bereichen

Bevölkerung	
Ständige Wohnbevölkerung	8.67E+06
Wohnen	
Grösse der Wohnfläche	46
Sanierungsquote	0.9%
Ersatzneubaute	1.06%
Bedarf Raumwärme	96
Haushaltsbedarf Warmwasser	1705
Gesamter Bedarf an Elektrizität (ohne Raumwärme, Warmwasser, Mobilität)	44
Zusammensetzung Brennstoffmix (Raumwärme & Warmwasser)	31%
Zusammensetzung Neubauten	4%
Mobilität (ohne Flug)	
Distanz motorisierter Individualverkehr (MIV)	24
Auslastung Pkw	11.6
Treibstoffverbrauch	1.0
Anteil Elektrofahrzeuge auf der Strasse (inkl. Bus und 2-Räder)	2%
Stromverbrauch Elektrofahrzeuge	18
Transportleistung ÖV	9
Transportleistung Güterverkehr	28
Anteil Güterverkehr Schiene/Total Güterverkehr	37%
Flug	
Transportleistung Flugverkehr	3720
Verbrauch Flugverkehr	3.2
Ernährung	
Foodwaste	33%
Zusammensetzung Ernährungsstile	65%
Konsum/Recycling	
Recycling Kies und Sand	72%
Recycling Asphalt	80%
Recycling Beton	85%
Recycling Mauerwerk	80%
Recycling Glas	94%
Recycling Minerale	0%
Recycling Stahl	98%
Recycling Aluminium	81%
Recycling andere Metalle	90%
Recycling Kunststoff	7%
Recycling Textilien	2%
Recycling Holz	5%
Recycling Papier	82%
Recycling Elektronik	63%
Recycling Batterien	60%
Recycling chemische Grundstoffe	12%
Anteil Recycling Beton zu Beton (statt zu Tiefbau) von total	25%
Konsumierte Masse an Materialien pro Person (ohne Gebäude, Mobilität)	522
Produktion	
Zusammensetzung Elektrizität (Strom-Mix)	59%
Fossiler Anteil im globalen Energiemix, Vergleich zum Startpunkt	100%

Wahl von Szenarien:
 . 8 x Vorgegeben
 . 3 x Referenzszenario
 . 1 x Sandbox

Szenario (Wahl)

Szenario für Jahr 2050

Bezugsjahr für Parameterwerte der Szenarien

Minimaler Wert (Hypothese) **Maximaler Wert (Hypothese)**

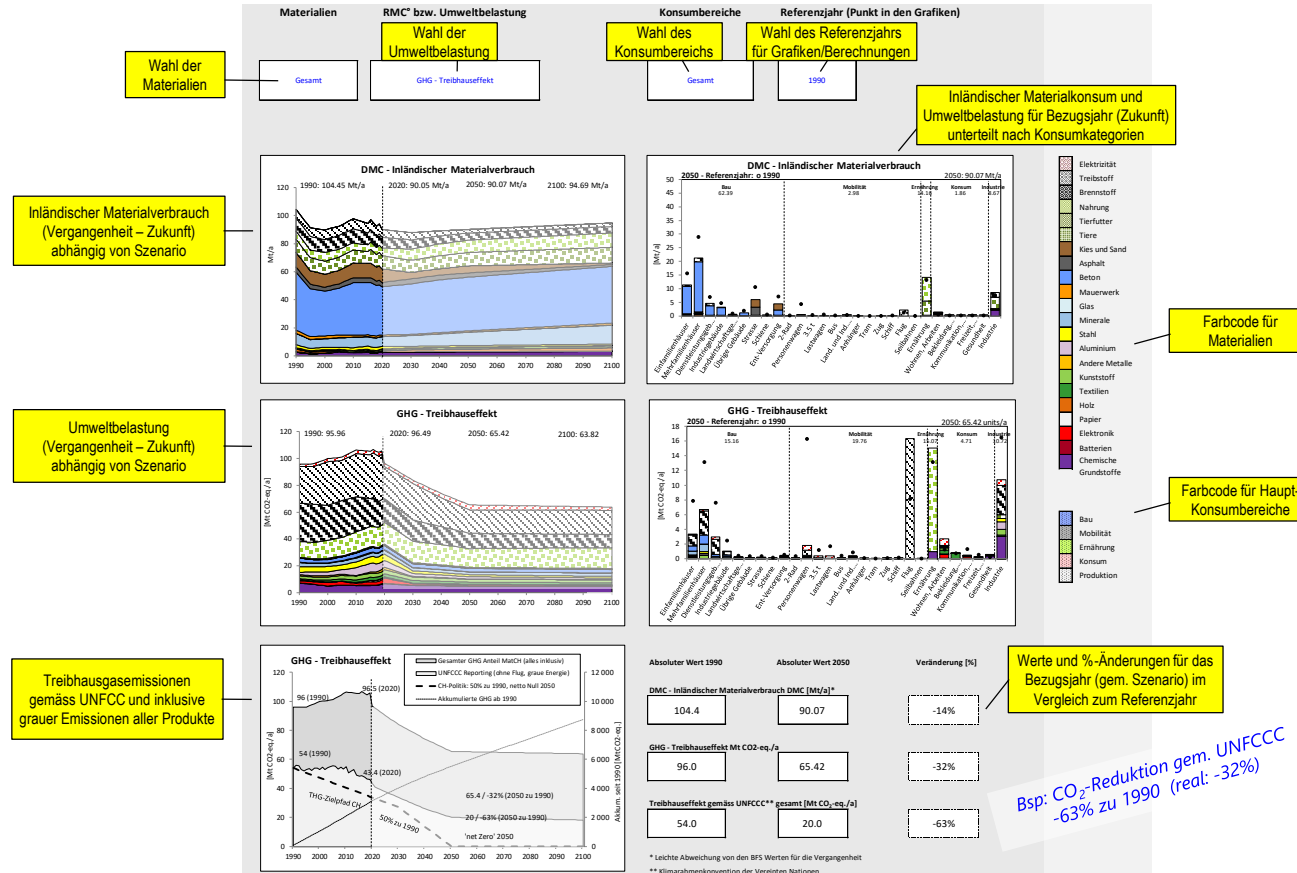
Werte für den ausgewählten Szenario des Bezugsjahrs

Erklärungen

2050	8.50E+06	1,04E+07	1,41E+07	Einwohner
51	0.0%	0.0%	5.0%	m ² /p
6.0%	0.0%	0.0%	5.0%	% Gebäudebestand
4.0%	0.0%	0.0%	20%	% Gebäudebestand kWh/m ² /a
22	0%	0%	60	kWh/p/a
44%	0%	0%	100%	Max. kWh/a Stromverbrauch in CH
4%	0%	0%	20%	Anteil erneuerbare Energie % Brennstoffmix (kWh Endenergie) → siehe 1) unten
24	0%	0%	50	Anteil Holz-% Volumen der Materialien bei Neubauten → siehe 2) unten
1.6	1.0	2.9	5.0	km Pkw/p/d
90%	0%	0%	100%	g/Verkehr
15	10	15	25	l/100km
9	0	9	50	% Fahrzeuge
31	20	31	50	kWh/100 km
37%	0%	0%	100%	km/p/d
11239	0	11239	20700	Mia. tkm/a
3.1	1.0	3.1	8.5	% jährliche tkmr Güterverkehr
25%	0%	0%	40%	km/p/a
67%	0%	0%	100%	l Treibstoff/100 Sitzplatz-km
74%	0%	0%	100%	% Nahrung
82%	0%	0%	100%	% pflanzliche Produkte → siehe 3) unten
87%	0%	0%	100%	% entsorgte Kies und Sand *
82%	0%	0%	100%	% entsorgter Asphalt *
96%	0%	0%	100%	% entsorgter Beton *
2%	0%	0%	100%	% entsorgtes Mauerwerk *
98%	0%	0%	100%	% entsorgtes Glas **
98%	0%	0%	100%	% entsorgte Minerale *
83%	0%	0%	100%	% entsorgter Stahl *
92%	0%	0%	100%	% entsorgtes Aluminium *
27%	0%	0%	100%	% entsorgte andere Metalle *
7%	0%	0%	100%	% entsorgter Kunststoff *
7%	0%	0%	100%	% entsorgte Textilien **
84%	0%	0%	100%	% entsorgtes Holz **
68%	0%	0%	100%	% entsorgtes Papier **
70%	0%	0%	100%	% entsorgte Elektronik *
14%	0%	0%	100%	% entsorgte Batterien *
60%	0%	0%	100%	% entsorgte chemische Grundstoffe *
522	0%	0%	100%	% entsorgter RC-Beton/total entsorgter Beton
69%	0%	0%	100%	kg DMK/p/a
47%	0%	0%	100%	* Closed und open loop; ** Nur closed loop
	0%	0%	100%	Anteil erneuerbare Energie % Strommix (kWh, Endenergie) → siehe 4) unten
	0%	0%	100%	Fossiler Anteil im globalen Energiemix, Vergleich zum Startpunkt

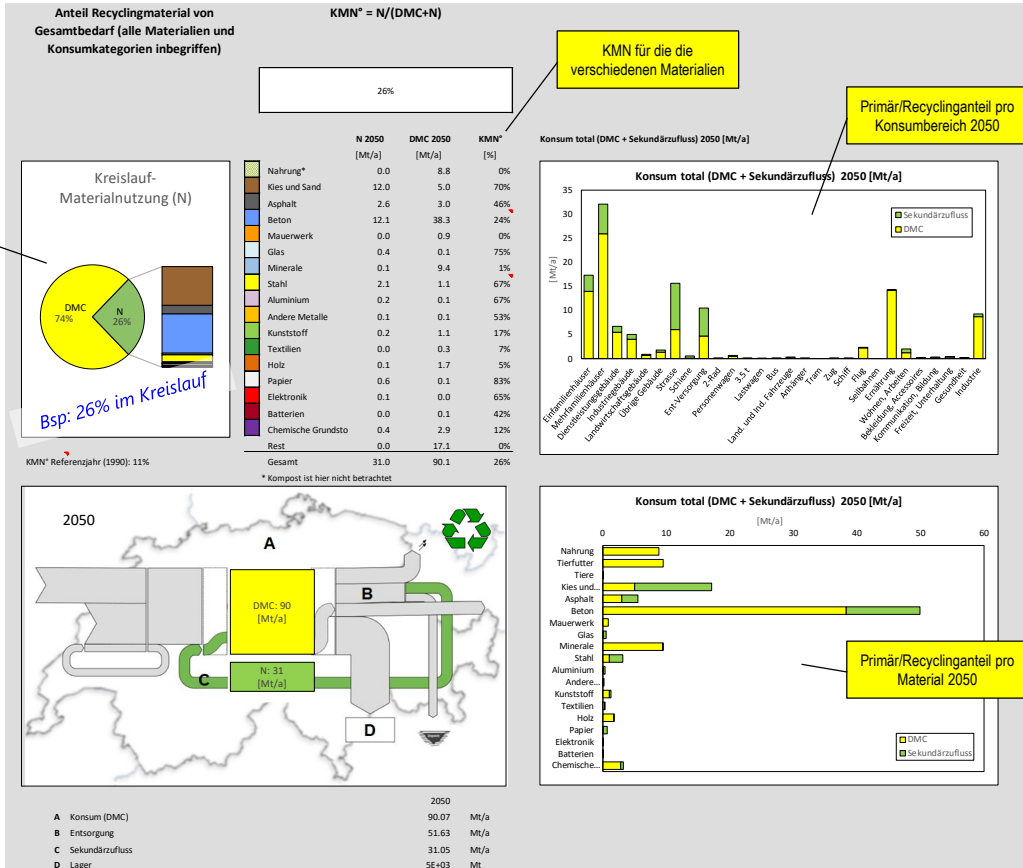
MatCH Tool+

Welche Einflüsse (=Parameter) wirken auf welche Bereiche der Volkswirtschaft?



MatCH Tool+

Cockpit – Kreislaufwirtschaft



Kreislauf-Materialnutzungsquote KMN

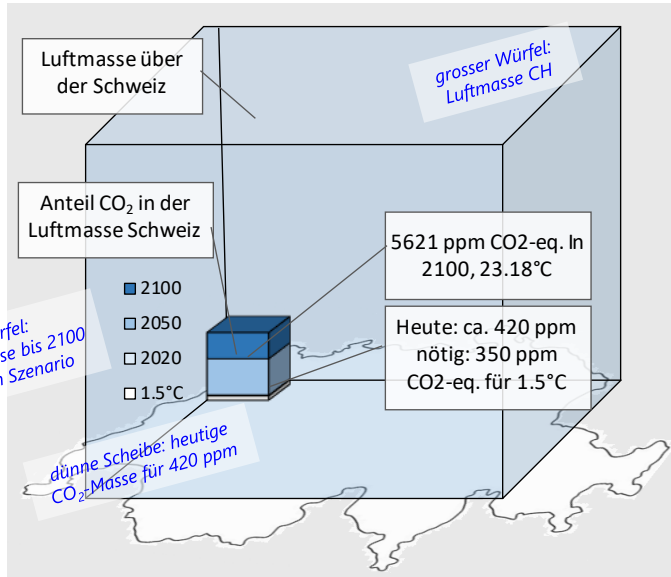


Methodik neu gemäss BFS
übernommen von Eurostat/feu

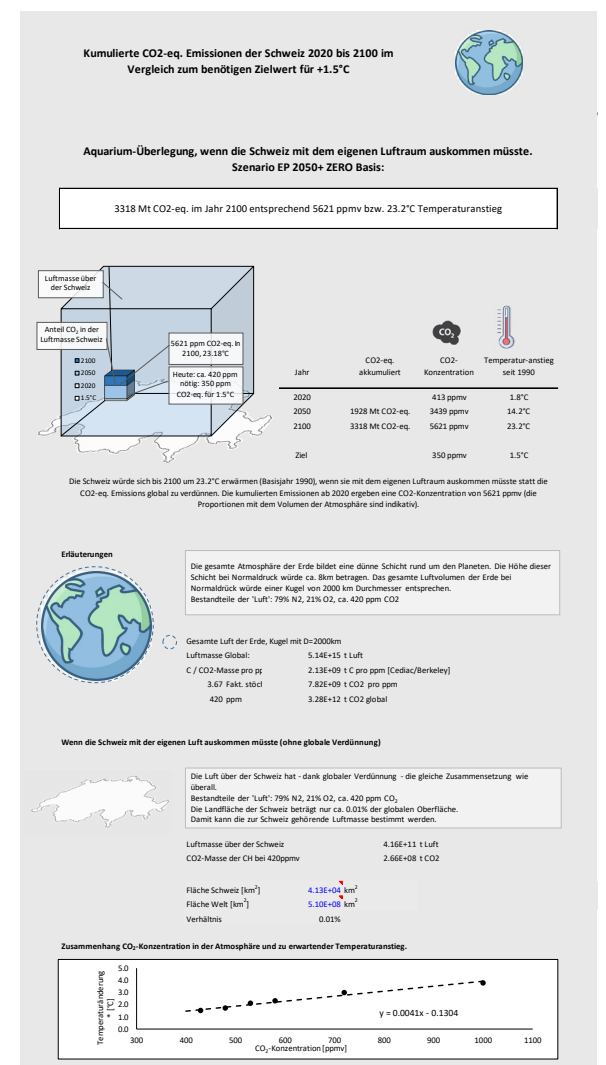
MatCH Tool+

Visualisierung: CO₂ Entwicklung der Schweiz

- Akkumulierte Emissionen 2020 - 2050 - 2100
Territorialprinzip für Emissionen, keine globale Verdünnung:
 Was wäre, wenn die Schweiz nur den eigenen Luftraum zur Verfügung hätte und die eigenen Emissionen tragen müsste?



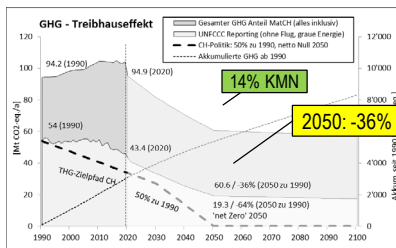
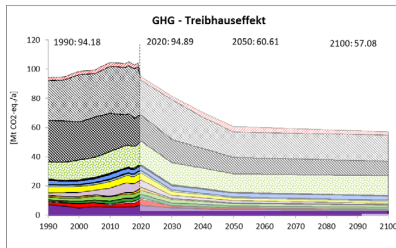
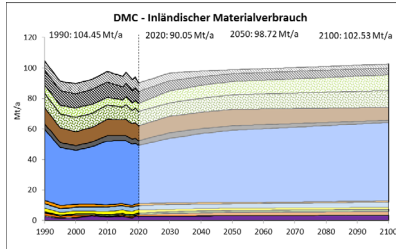
Die Schweiz als Aquarium...
mit einem gasdichten Zaun um unsere Grenze



Vorstellung der Resultate von vorberechneten Szenarien

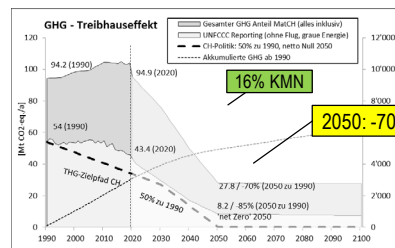
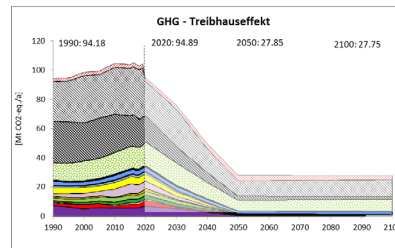
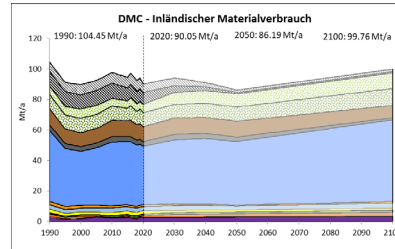
■ WWB MatCH;

WWB MatCH



EP 2050+ ZERO Basis;

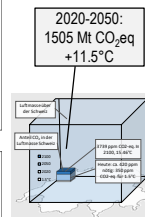
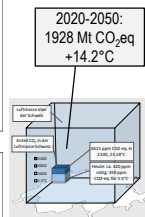
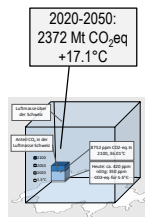
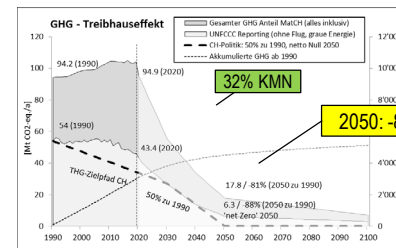
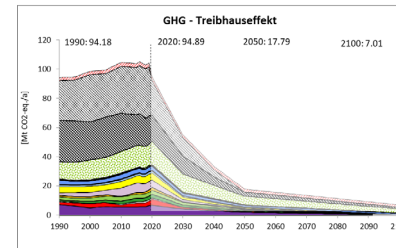
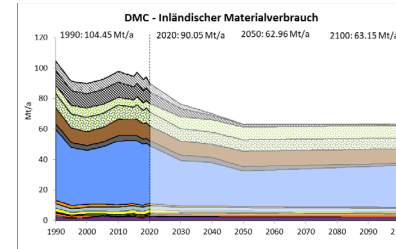
Energieperspektiven 2050+ ZERO Basis



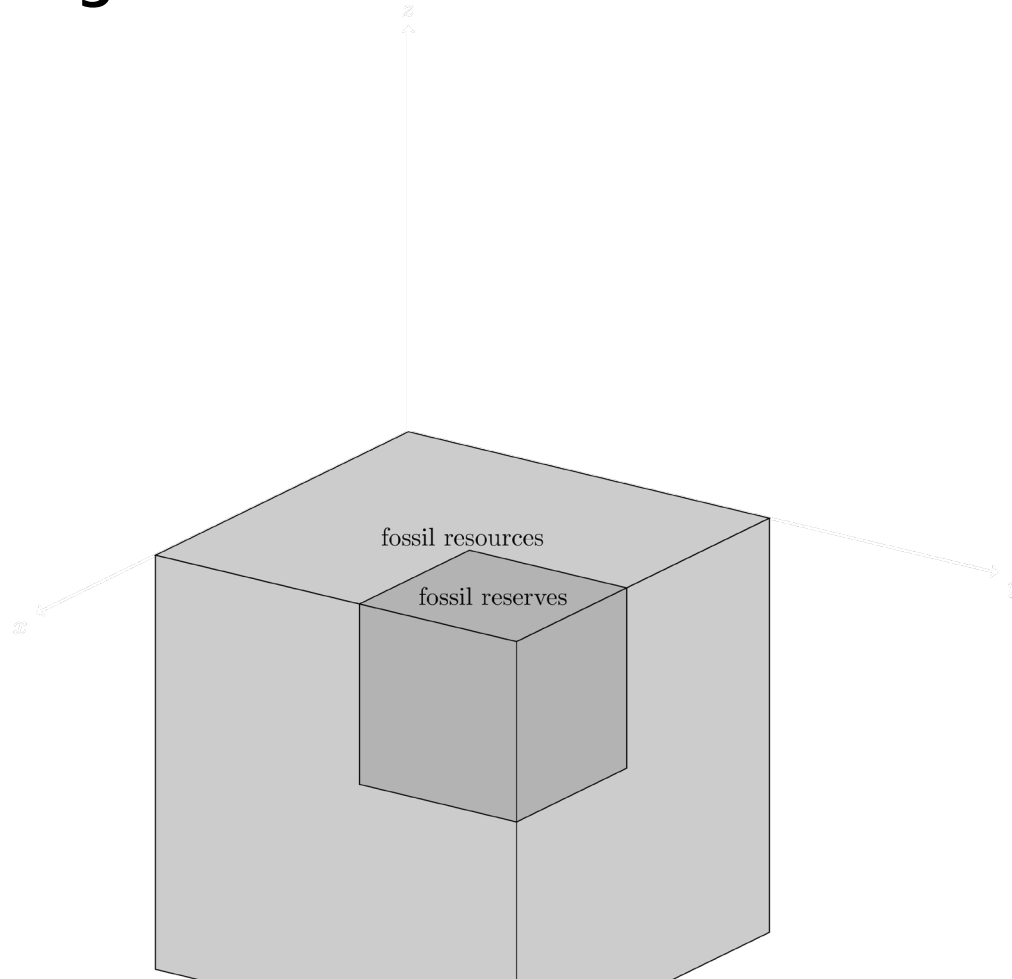
Tief

Progressive Entwicklung, tiefes Bevölkerungswachstum, grosse Anstrengungen:
Bauen: verschärfte Bauvorschriften, verdichtetes Wohnen, gute Energieeffizienz
Mobilität: Weitgehende Elektrifizierung
Produktion&Konsum: Weniger Fleischkonsum, CO₂-armer Energiemix, gutes Recycling

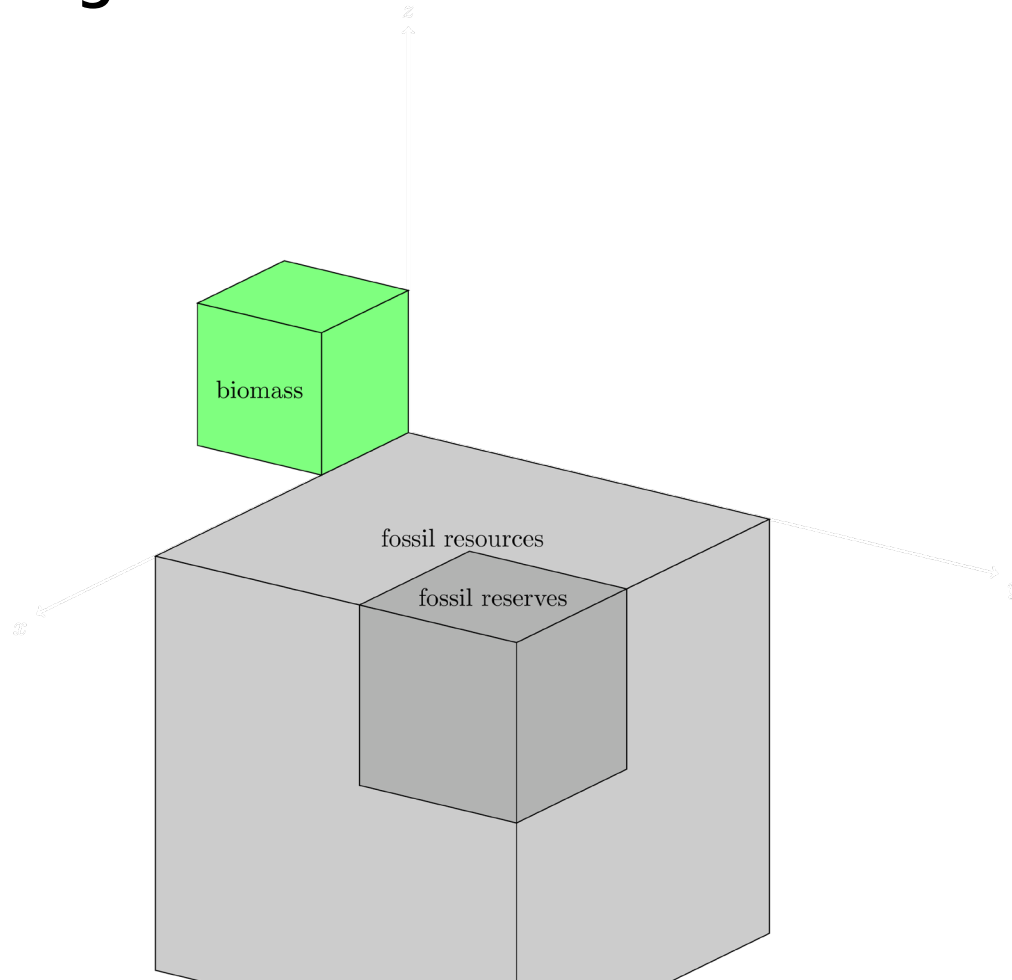
Tief



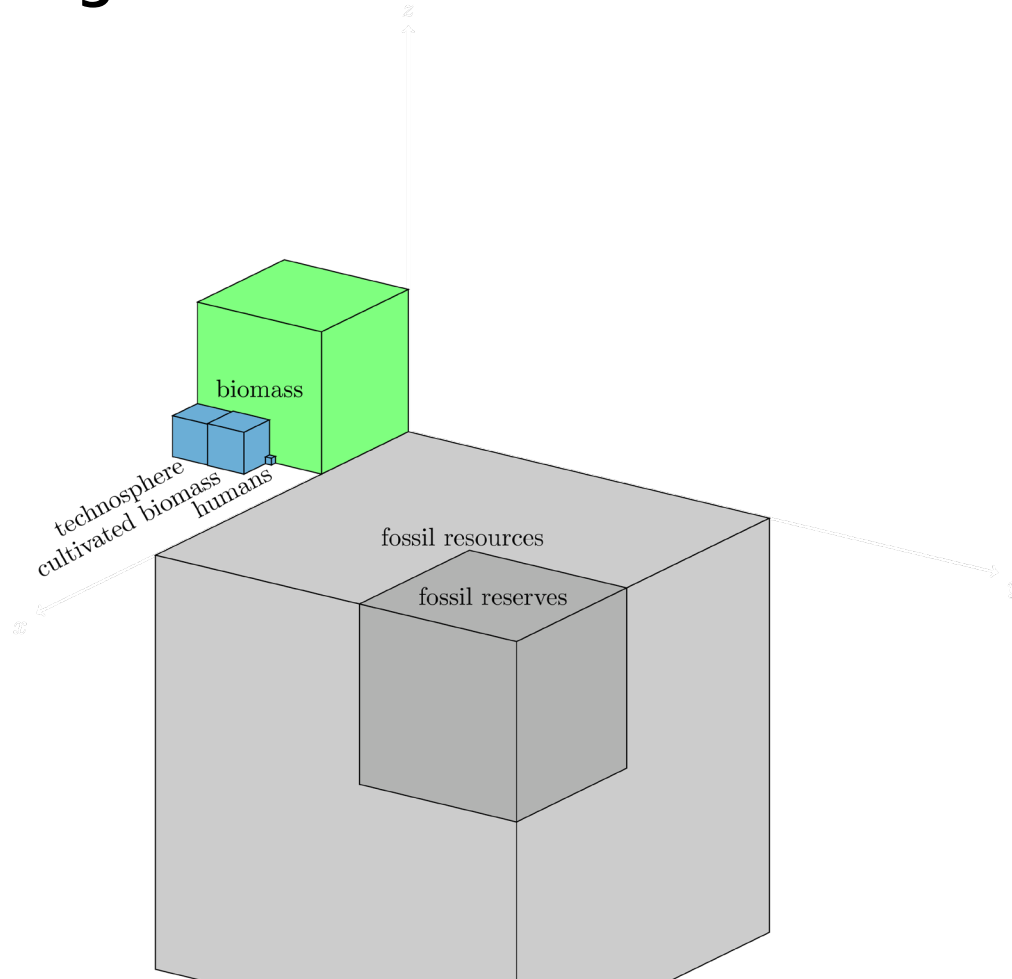
Fossiles C im Vergleich



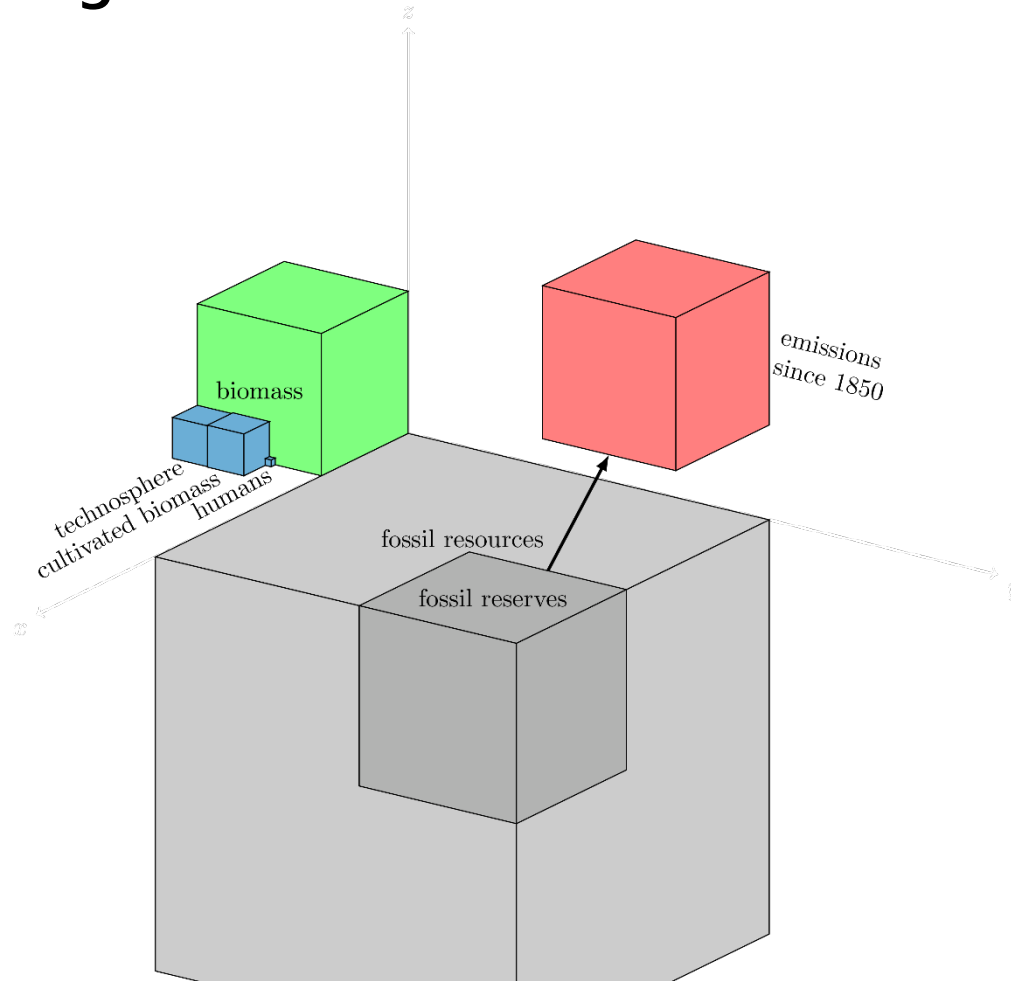
Fossiles C im Vergleich

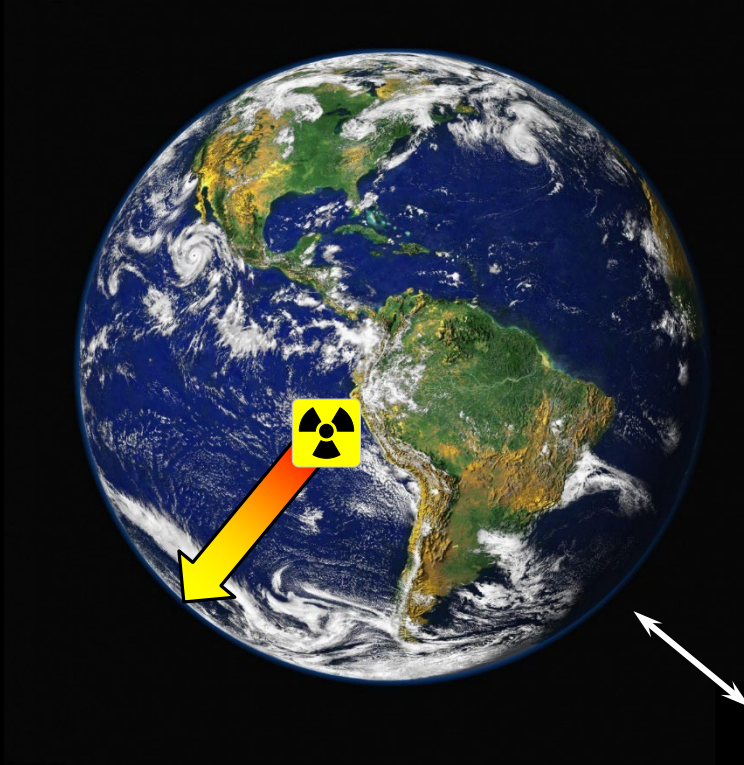
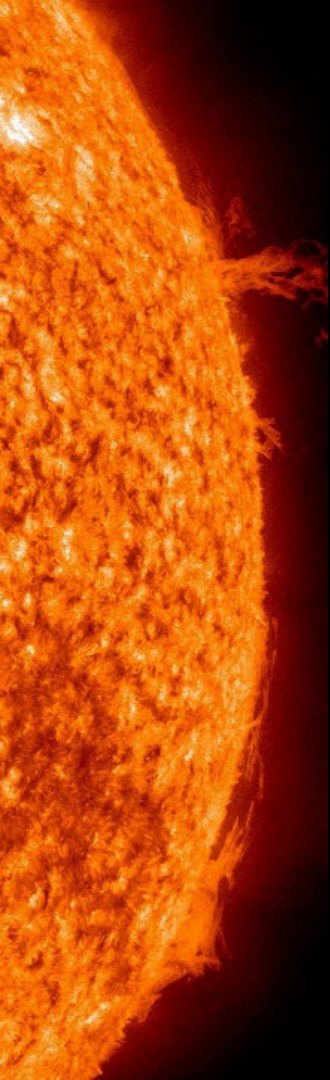


Fossiles C im Vergleich

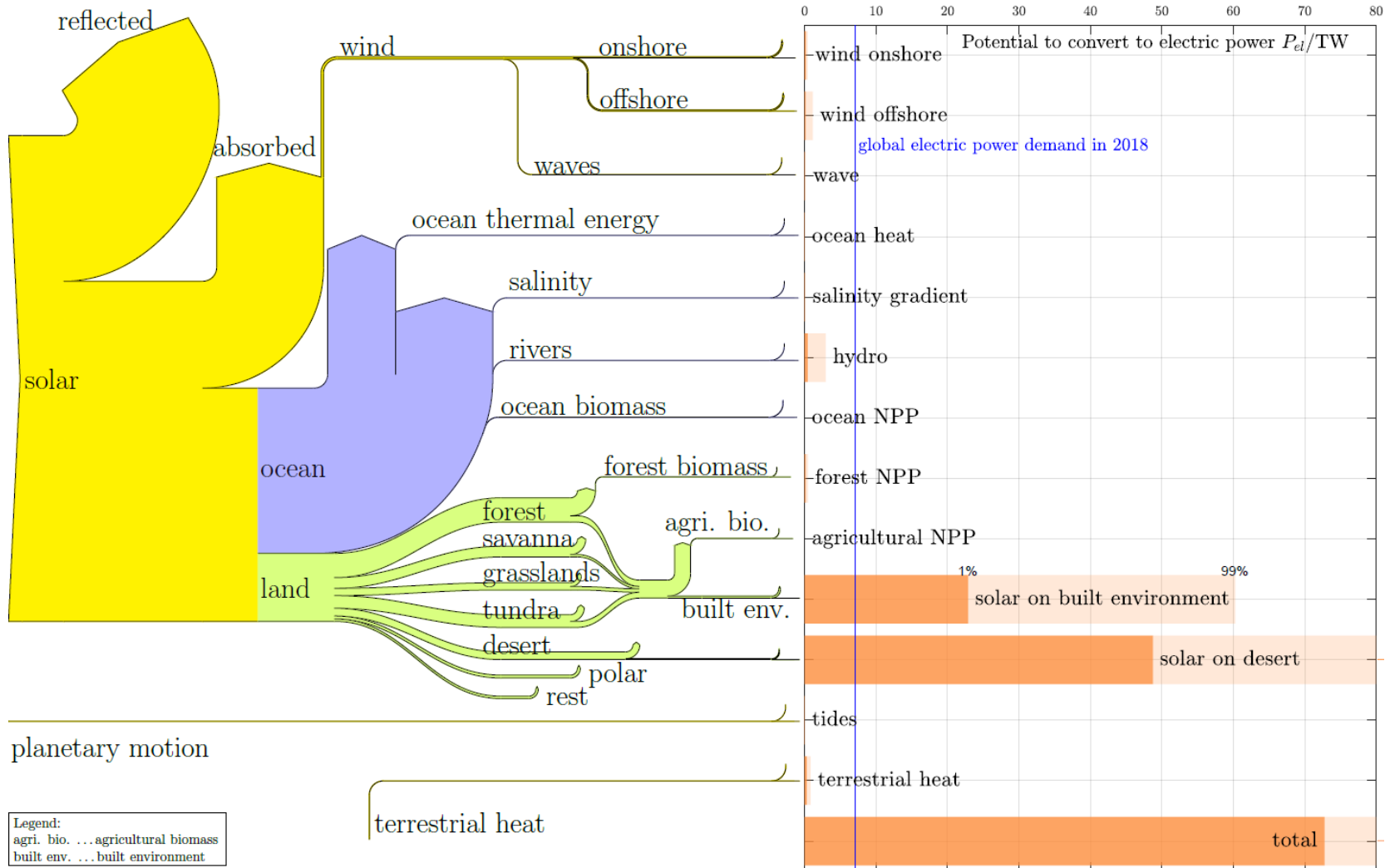


Fossiles C im Vergleich





Das globale Potential der erneuerbaren Energien



Fossil zu Solar

Current state today



Idle capacity

Current fossil power

Today's renewables

Fossil investment

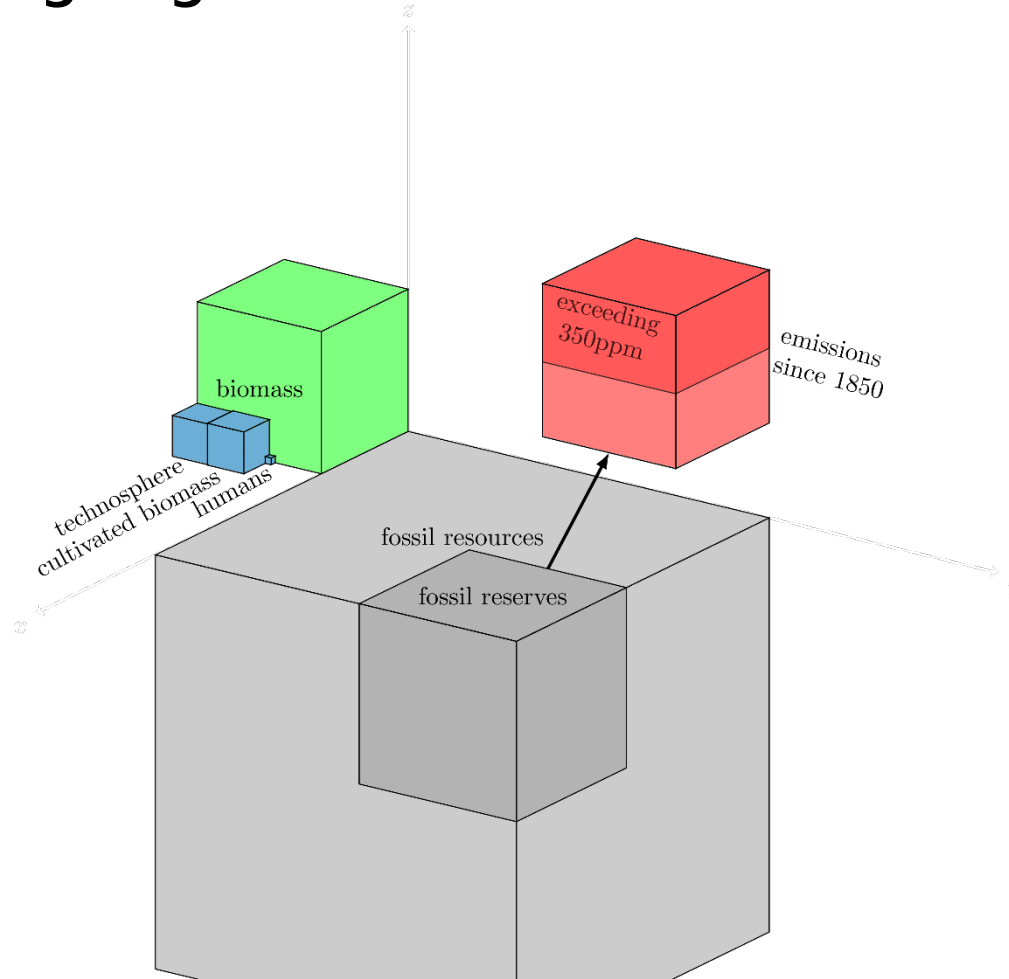
- Transition can be completed in <5a!
- Even the fastest possible transition leads to ~20% probability to exceed 1.5°C heating

Solar power

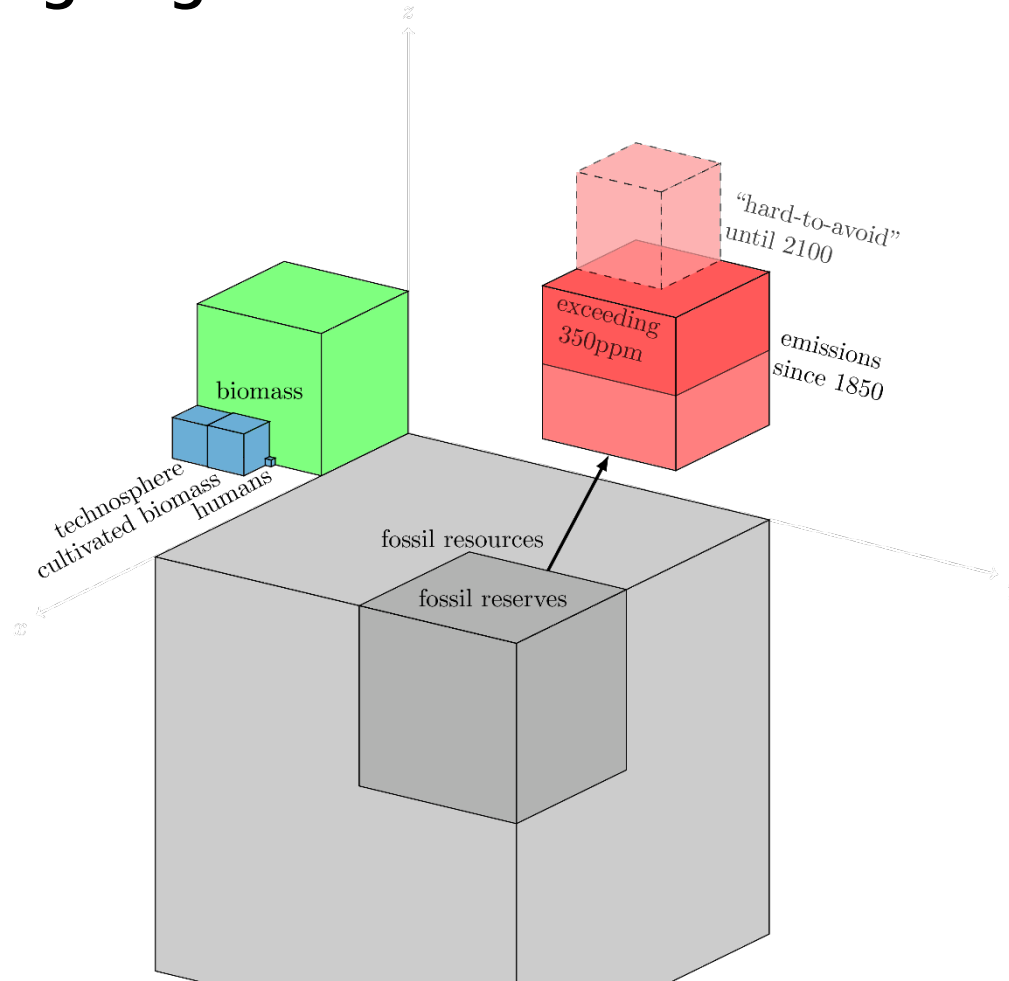


future

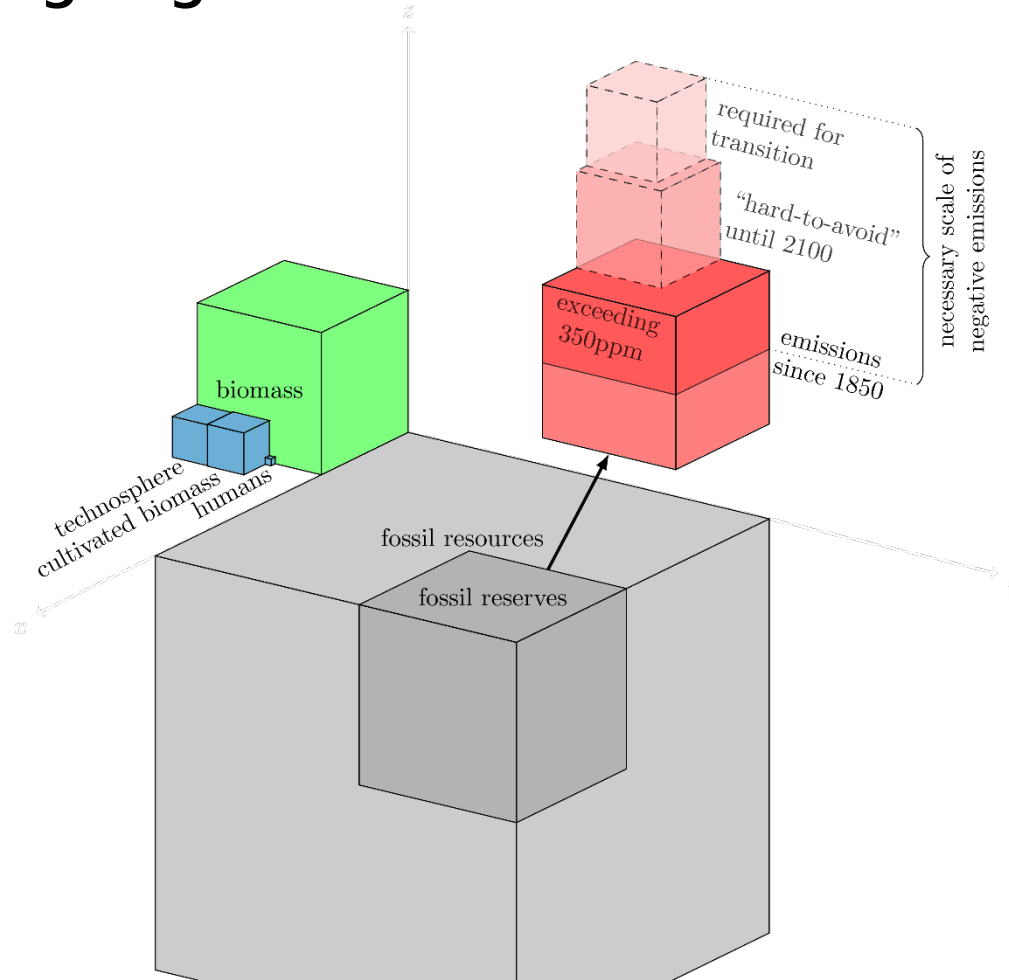
Größenordnung negative Emissionen



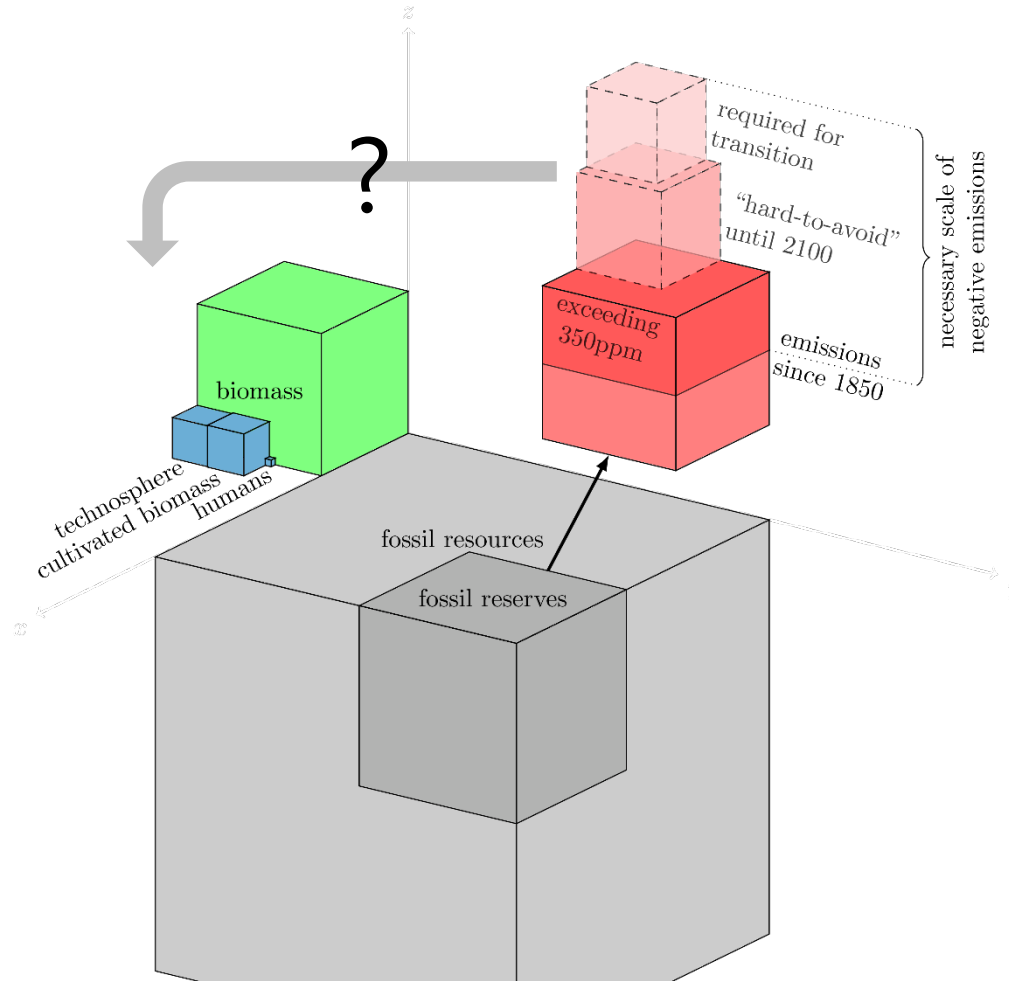
Größenordnung negative Emissionen



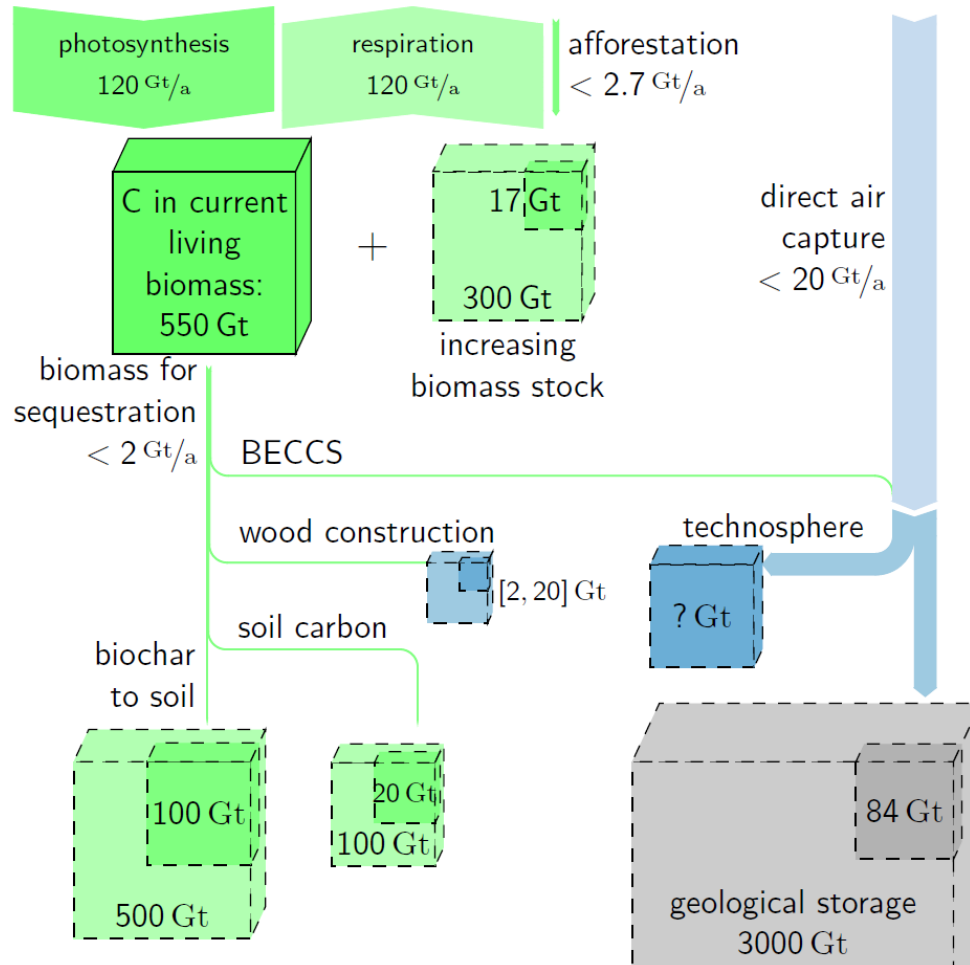
Größenordnung negative Emissionen



Wohin mit all dem C?



Wohin mit all dem C?



Ideale Startbedingungen...

- Exzellente Infrastruktur: öffentlicher Verkehr, elektrifizierter Bahnverkehr, Trolleybusse, Stromnetz,...
- Exzellente Bildung: hohes Innovationspotential
- Große Pumpspeicherkraftwerke, hoher Wasserkraftanteil
- ...

... oder Klotz am Bein?

- Lebensstil: hoher Ressourcen- und Energiebedarf
- Abhängigkeit von globalen Lieferketten
- Existierende Infrastruktur am Leben halten und betreiben oder aufgeben
- ...

- MatCH Berichte, Bundesamt für Umwelt BAFU; <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/abfall/publikationen-studien/studien.html>
- Desing, H., Brunner, D., Takacs, F., Nahrath, S., Frankenberger, K., & Hischier, R. (2020). A circular economy within the planetary boundaries: Towards a resource-based, systemic approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 155. www.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104673
- Desing, H., Rolf Widmer, Didier Beloin-Saint-Pierre, Roland Hischier, and Patrick Wäger. Powering a sustainable and circular economy—an engineering approach to estimating renewable energy potentials within earth system boundaries. *Energies*, 12(24):1–18, 2019. www.doi.org/10.3390/en12244723
- Desing, H. and R. Widmer (2021). "Reducing climate risks with fast and complete energy transitions: applying the precautionary principle to the Paris agreement." *Environmental Research Letters*. www.doi.org/10.1088/1748-9326/ac36f9
- Desing, H. and R. Widmer (2022). "How much energy storage can we afford? On the need for a sunflower society, aligning demand with renewable supply." *Biophysical economy and sustainability*, www.doi.org/10.1007/s41247-022-00097-y
- Desing, H., A. Gerber, R. Hischier, P. Wäger and R. Widmer (submitted). "The 3-machines energy transition model: a tool for finding pathways to reach 350ppm before 2100." *Earth's Future*, www.doi.org/10.31219/osf.io/fcwt8.
- Desing, H. (submitted). "Below Zero" www.doi.org/10.31219/osf.io/fj7ag

Questions?



Empa

Materials Science and Technology

Marcel Gauch
Dr. Harald Desing
Empa - Technology and Society Lab
Lerchenfeldstraße 5
9014 St.Gallen
Harald.desing@empa.ch
www.empa.ch

Thank you for your attention!