

Klimaerwärmung

Die Rolle der Energie

*Jürg Rohrer Prof. for Ecological Engineering
Head of Research Group for Renewable Energy*

IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Inhalt

- 1) Was muss(t)en wir tun? Stand der Wissenschaft
- 2) Zielsetzungen div. Organisationen
- 3) Herkunft der Schweizer Treibhausgas-Emissionen
- 4) Lösungen im Bereich Energie
 - a) Mobilität, Gebäude
 - b) Stromversorgung
 - c) Politische Massnahmen
- 5) Schlussfolgerungen

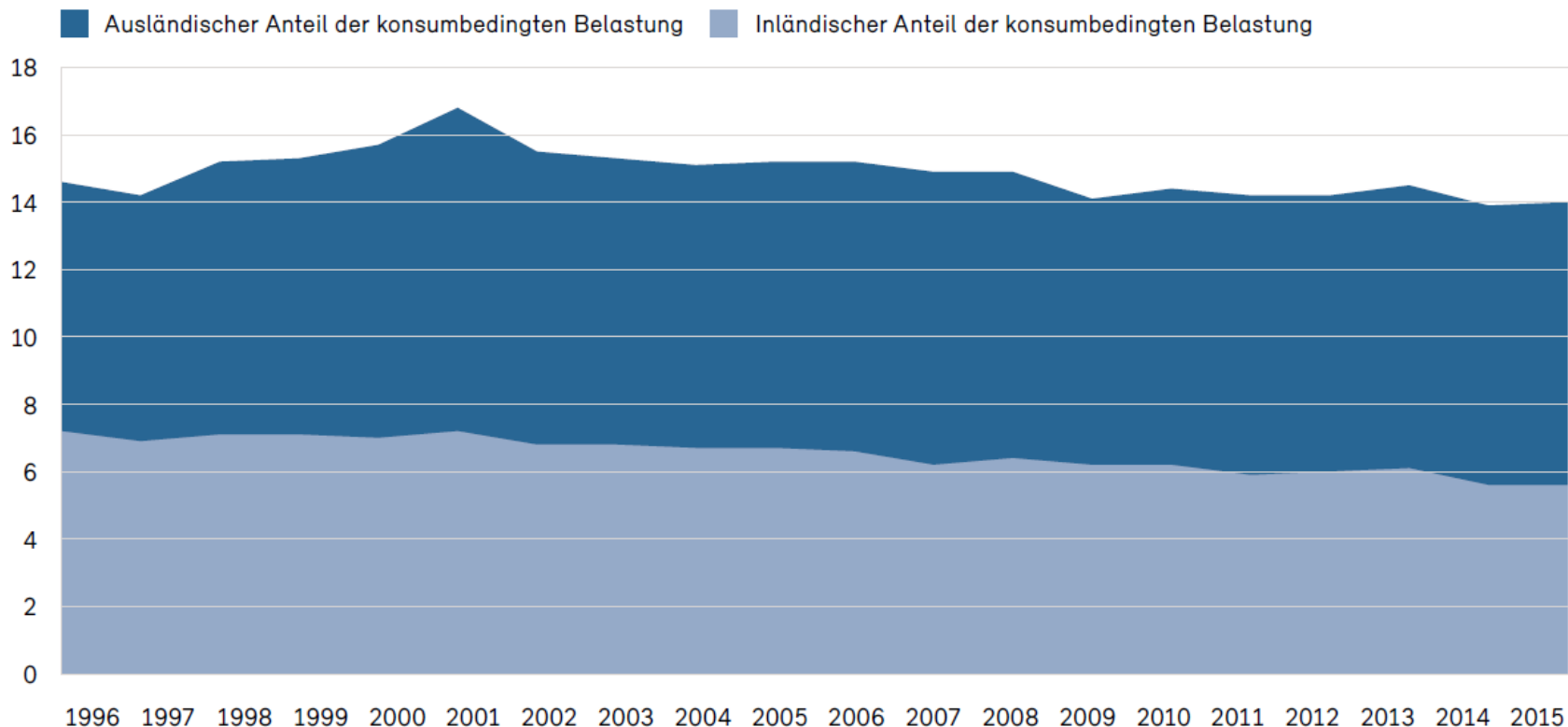
Stand der Wissenschaft

Was müssen wir tun?

THG-Emissionen der Schweiz im In- und Ausland

Entwicklung des konsumbedingten Treibhausgas-Fussabdrucks der Schweiz pro Person

Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Tonnen CO₂-eq pro Person, aufgeteilt in die im Inland und im Ausland verursachten konsumbedingten Emissionen.



Quelle: Berechnungen treeze und Rütter Soceco.

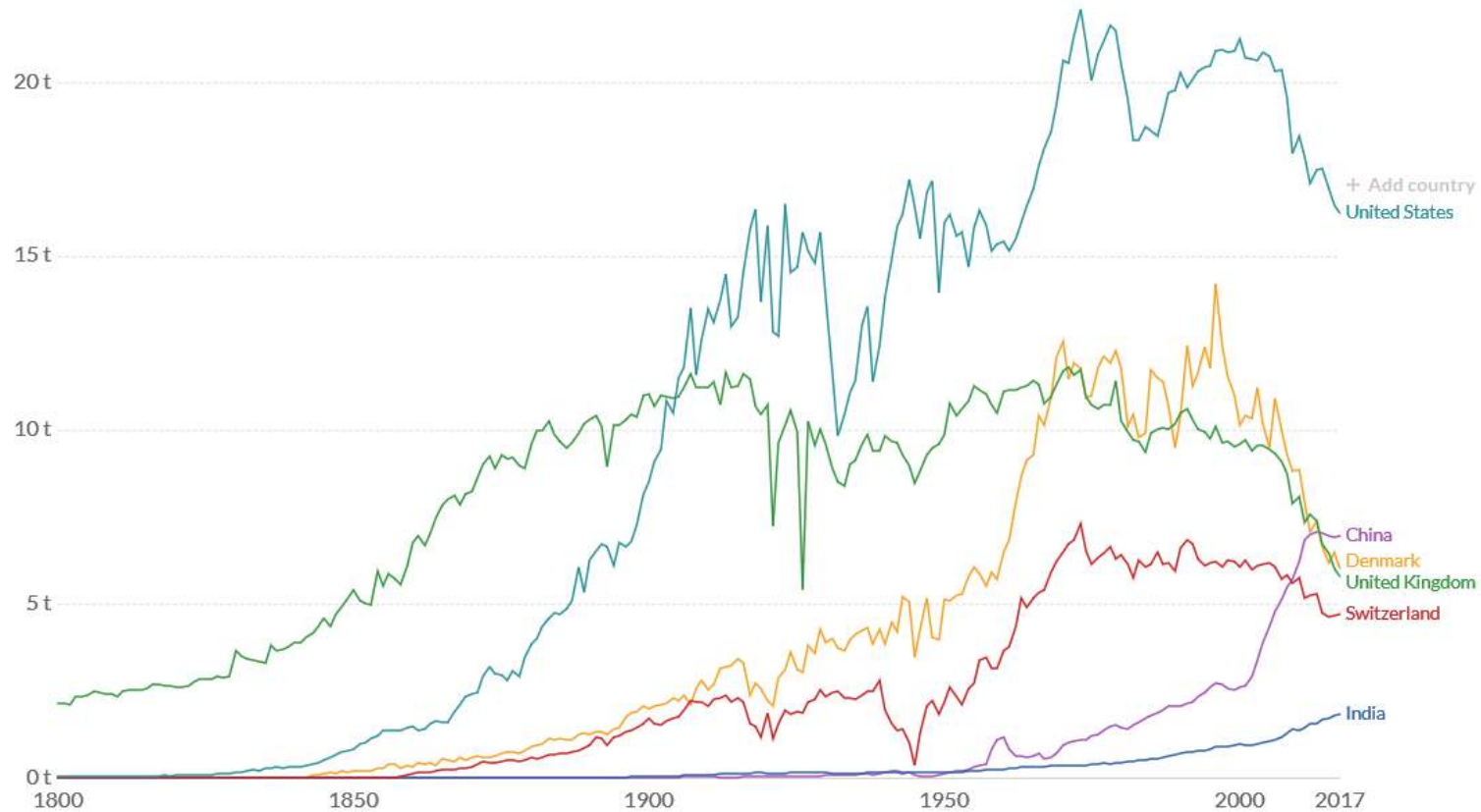
Quelle: Umwelt-Fussabdrücke der Schweiz, BAFU, 2018

Inländische CO₂ Emissionen pro Kopf und pro Jahr

CO₂ emissions per capita

Average carbon dioxide (CO₂) emissions per capita measured in tonnes per year.

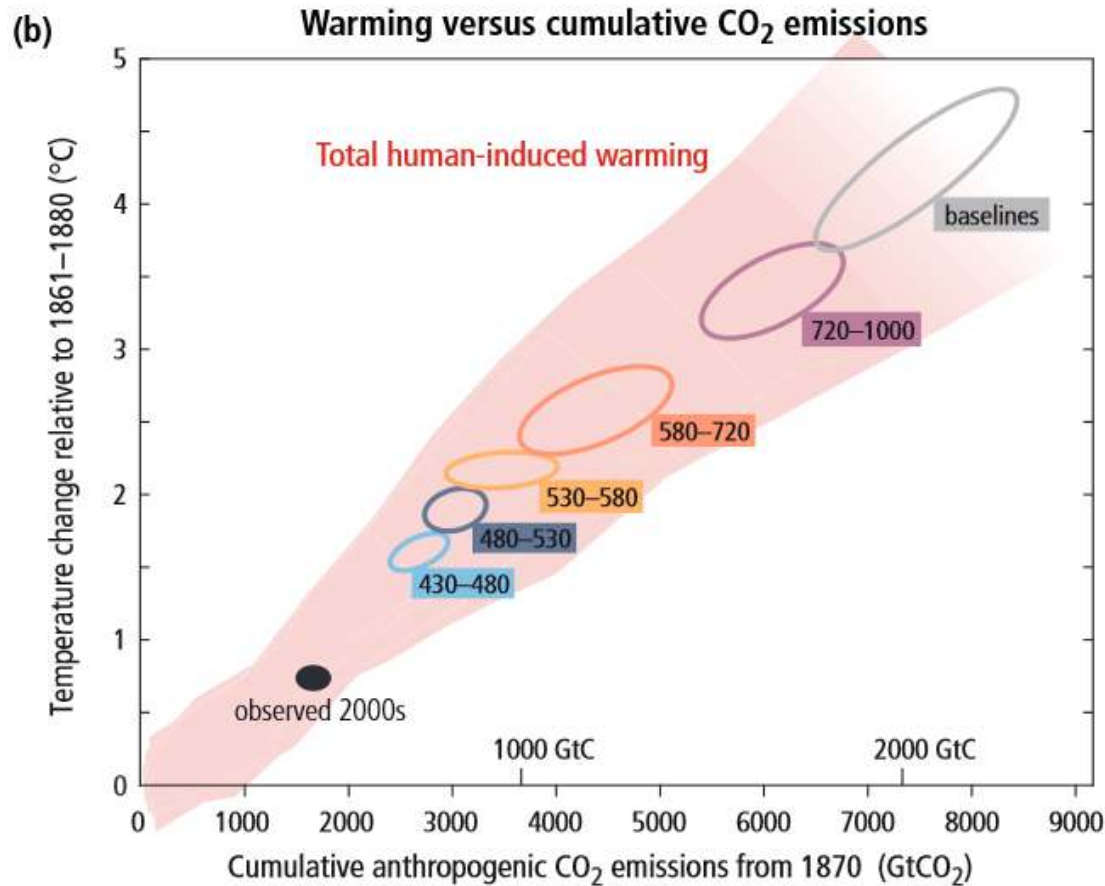
Our World
in Data



Source: OWID based on CDIAC; Global Carbon Project; Gapminder & UN
OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

Ritchie & Roser (2019)

Globale Erwärmung in Abhängigkeit der gesamten CO₂ Emissionen seit 1900



IPCC (2014)

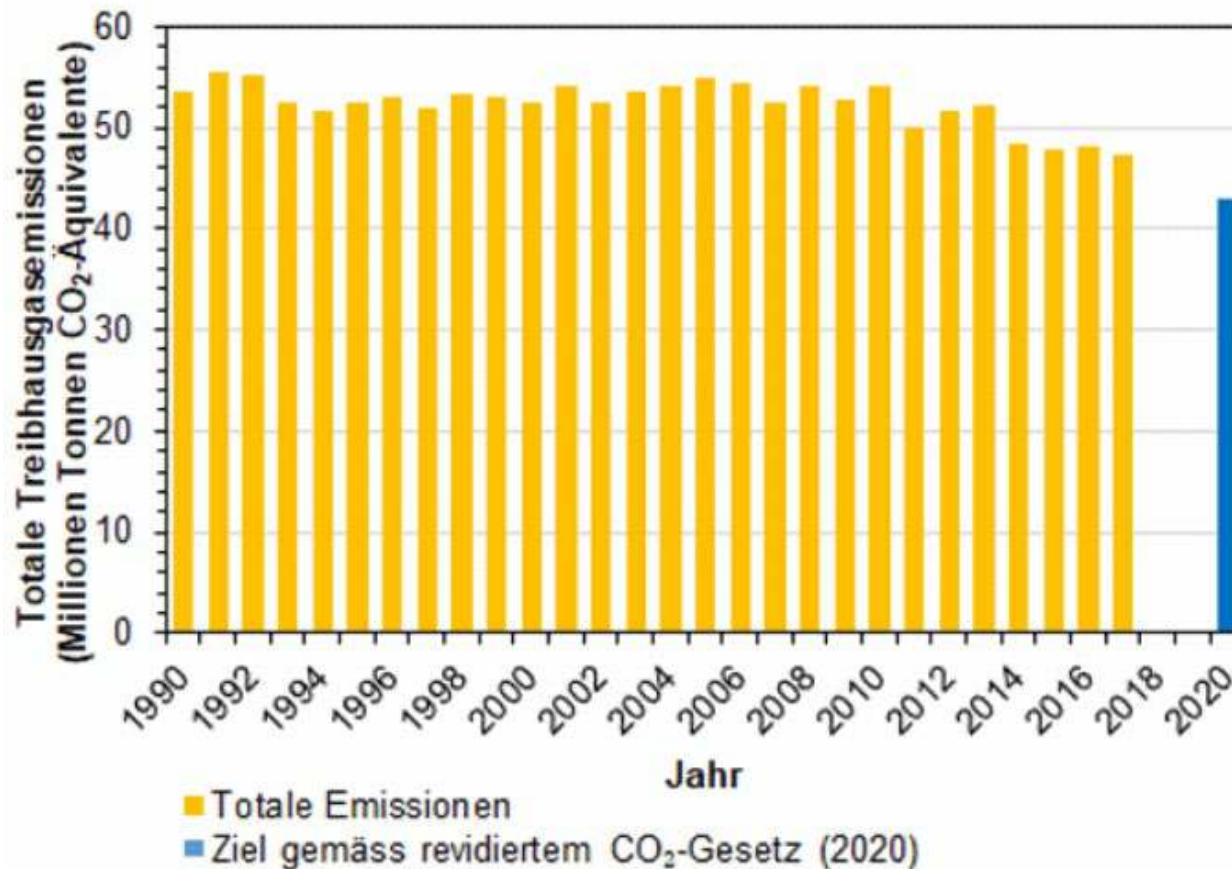
Table 2.2 | The assessed remaining carbon budget and its uncertainties. Shaded blue horizontal bands illustrate the uncertainty in historical temperature increase from the 1850–1900 base period until the 2006–2015 period as estimated from global near-surface air temperatures, which impacts the additional 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] ⁽¹⁾	Approximate Warming since 1850–1900 [°C] ⁽¹⁾	Remaining Carbon Budget (Excluding Additional Earth System Feedbacks ⁽⁵⁾) [GtCO ₂ from 1.1.2018] ⁽²⁾			Key Uncertainties and Variations ⁽⁴⁾					
		Percentiles of TCRE ⁽³⁾			Earth System Feedbacks ⁽⁵⁾ [GtCO ₂]	Non-CO ₂ scenario variation ⁽⁶⁾ [GtCO ₂]	Non-CO ₂ forcing and response uncertainty [GtCO ₂]	TCRE distribution uncertainty ⁽⁷⁾ [GtCO ₂]	Historical temperature uncertainty ⁽¹⁾ [GtCO ₂]	Recent emissions uncertainty ⁽⁸⁾ [GtCO ₂]
33rd	50th	67th								
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	1130						
1.03	–2°C	2030	1500	1170						
1.1		2200	1630	1280						
1.13		2270	1690	1320						
1.2		2440	1820	1430						

Für eine 67%ige Wahrscheinlichkeit, dass die Erwärmung auf max. 1.5 C steigt, gibt es ab Januar 2018 noch ein CO2-Budget von 420 – 100 Gt = **320 Gt (weltweit)**

Notes:
 *(1) Chapter 1 has assessed historical warming between the 1850–1900 and 2006–2015 periods to be 0.87°C with a ±0.12°C likely (1-standard deviation) range, and global near-surface air temperature to be 0.97°C. The temperature changes from the 2006–2015 period are expressed in changes of global near-surface air temperature.
 *(2) Historical CO₂ emissions since the middle of the 1850–1900 historical base period (mid-1875) are estimated at 1940 GtCO₂ (1640–2240 GtCO₂, one standard deviation range) until end 2010. Since 1 January 2011, an additional 290 GtCO₂ (270–310 GtCO₂, one sigma range) has been emitted until the end of 2017 (Le Quéré et al., 2018).
 *(3) TCRE: transient climate response to cumulative emissions of carbon, assessed by AR5 to fall likely between 0.8–2.5°C/1000 PgC (Collins et al., 2013), considering a normal distribution consistent with AR5 (Stocker et al., 2013). Values are rounded to the nearest 10 GtCO₂.
 *(4) Focussing on the impact of various key uncertainties on median budgets for 0.53°C of additional warming.
 *(5) Earth system feedbacks include CO₂ released by permafrost thawing or methane released by wetlands, see main text.
 *(6) Variations due to different scenario assumptions related to the future evolution of non-CO₂ emissions.
 *(7) The distribution of TCRE is not precisely defined. Here the influence of assuming a lognormal instead of a normal distribution shown.
 *(8) Historical emissions uncertainty reflects the uncertainty in historical emissions since 1 January 2011.

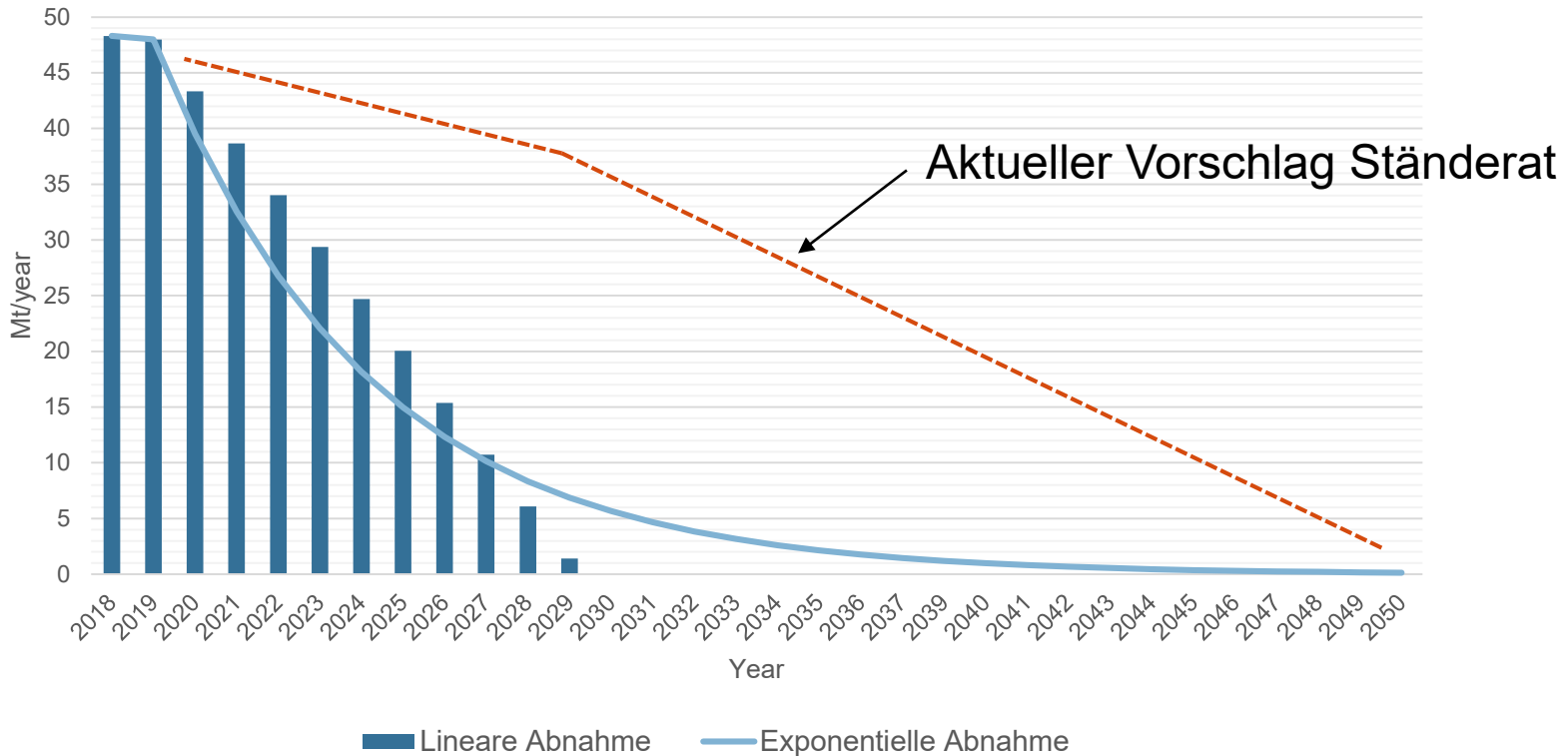
CH-THG Emissionen im Inland



Entwicklung der gesamten Treibhausgasemissionen seit 1990, inklusive Ziel nach CO₂-Gesetz für das Jahr 2020. Die Werte verstehen sich als Bruttoemissionen, die Treibhausgasbilanz der Wälder und im Ausland erworbene Emissionsminderungszertifikate sind hier nicht berücksichtigt. Die Daten basieren auf dem Treibhausgasinventar vom April 2019 (nächste Aktualisierung: April 2020).

Max. 1.5 C mit 67%iger Wahrscheinlichkeit:

CO₂-Reduktionspfade für max. 1.5 C Erwärmung



Umgerechnet auf CH mit 1 Promille des weltweiten CO₂-Budgets (-> 320 Mt)
Die Klimabewegung hat Recht: **Netto-Null bis 2030!**

Fazit für das 1.5-Grad-Ziel

Annahmen:

- Das verbleibende Emissionsbudget wird gleichmässig pro Kopf auf die Weltbevölkerung verteilt.
- Alle grossen Emittenten von Treibhausgasen verfolgen dasselbe Ziel bzw. das Handeln der reichen Schweiz ist Voraussetzung für das Handeln von anderen Ländern.



Die Treibhausgasemission der Schweiz müssen ab 2020 bis 2030 linear auf Netto-Null reduziert werden, damit die Erwärmung mit einer Wahrscheinlichkeit von 67% im weltweiten Durchschnitt auf 1.5 C begrenzt bleibt.

Von 48 Mt im Jahr 2020 auf 5 Mt im Jahr 2030 (-90%)

Zielsetzungen div. Organisationen

In Bezug auf die Eindämmung des Klimawandels

Zielsetzungen bezüglich Dekarbonisierung

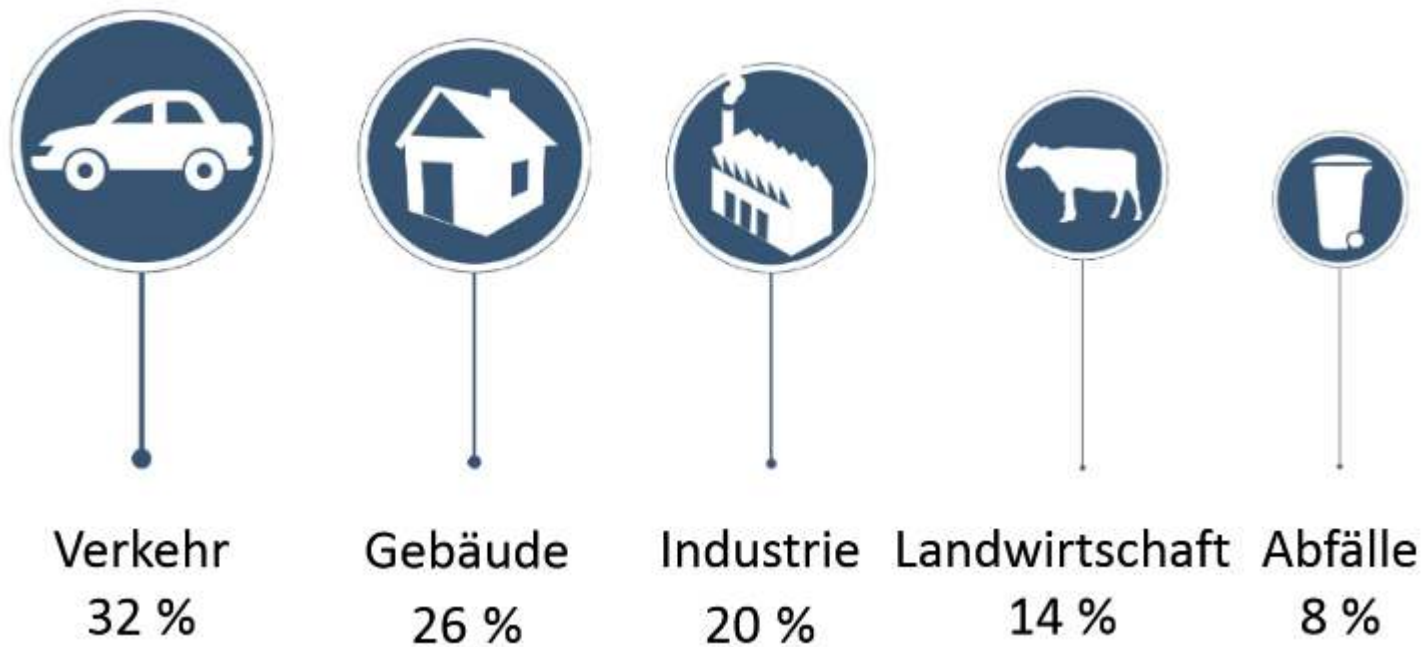
Netto Null bis

- 2030: Klimabewegung Schweiz, Grüne Schweiz («möglichst»), Norwegen
- 2035: Finnland
- 2040: Klimaallianz, Grünliberale Schweiz (Energieteil)
- 2045: SP Schweiz (lineare Abnahme ab 2020)
- 2050: EVP, BDP, Gletscherinitiative, Bund, EU

Keine Antwort von den CH-Parteien SVP, FDP und CVP

Woher stammen die THG-Emissionen?

Quelle der Schweizer THG-Emissionen im Inland (2015):



Quelle: BAFU, 2017 (Zahlen für das Jahr 2015)

Nur energiebedingte THG-Emissionen CH

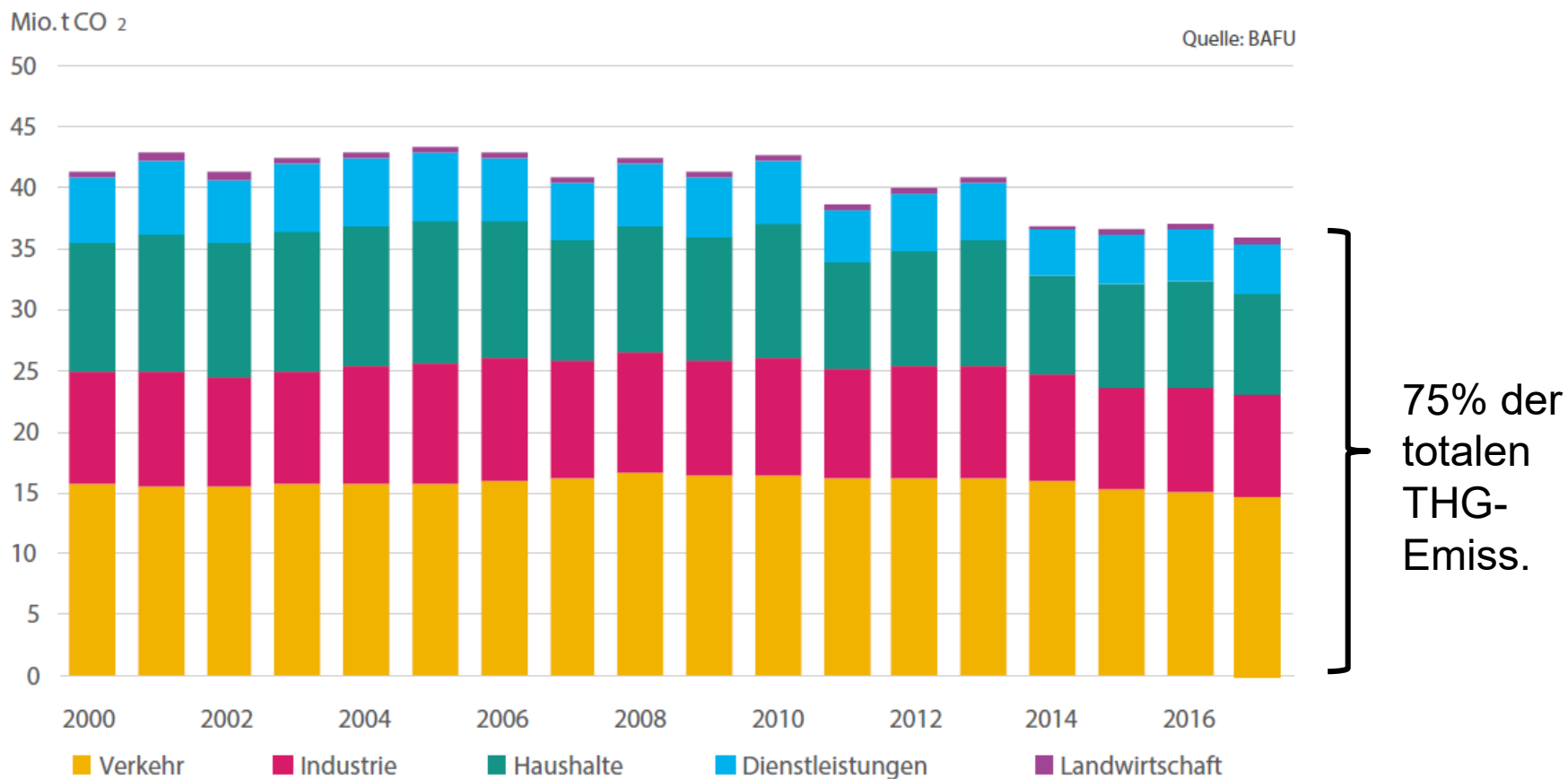
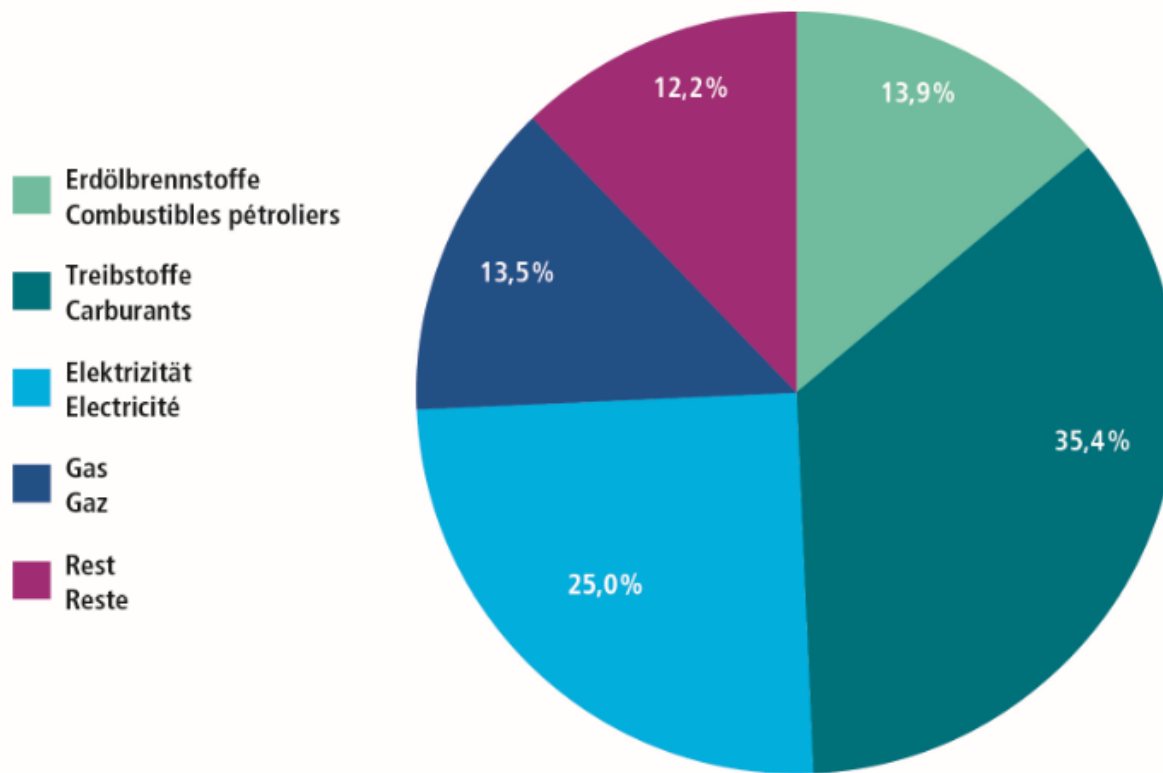


Abbildung 14: Energiebedingte CO₂-Emissionen total und nach Sektoren (in Mio. t CO₂, ohne int. Flugverkehr)

Quelle: ENERGIESTRATEGIE 2050, MONITORING-BERICHT 2019, BFE

Schweiz: ca. 65% bis 70% fossile Energieträger (Weltweit ca. 80%)

Fig. 2 Aufteilung des Endverbrauchs nach Energieträgern (2018)
Répartition de la consommation finale selon les agents énergétiques (2018)

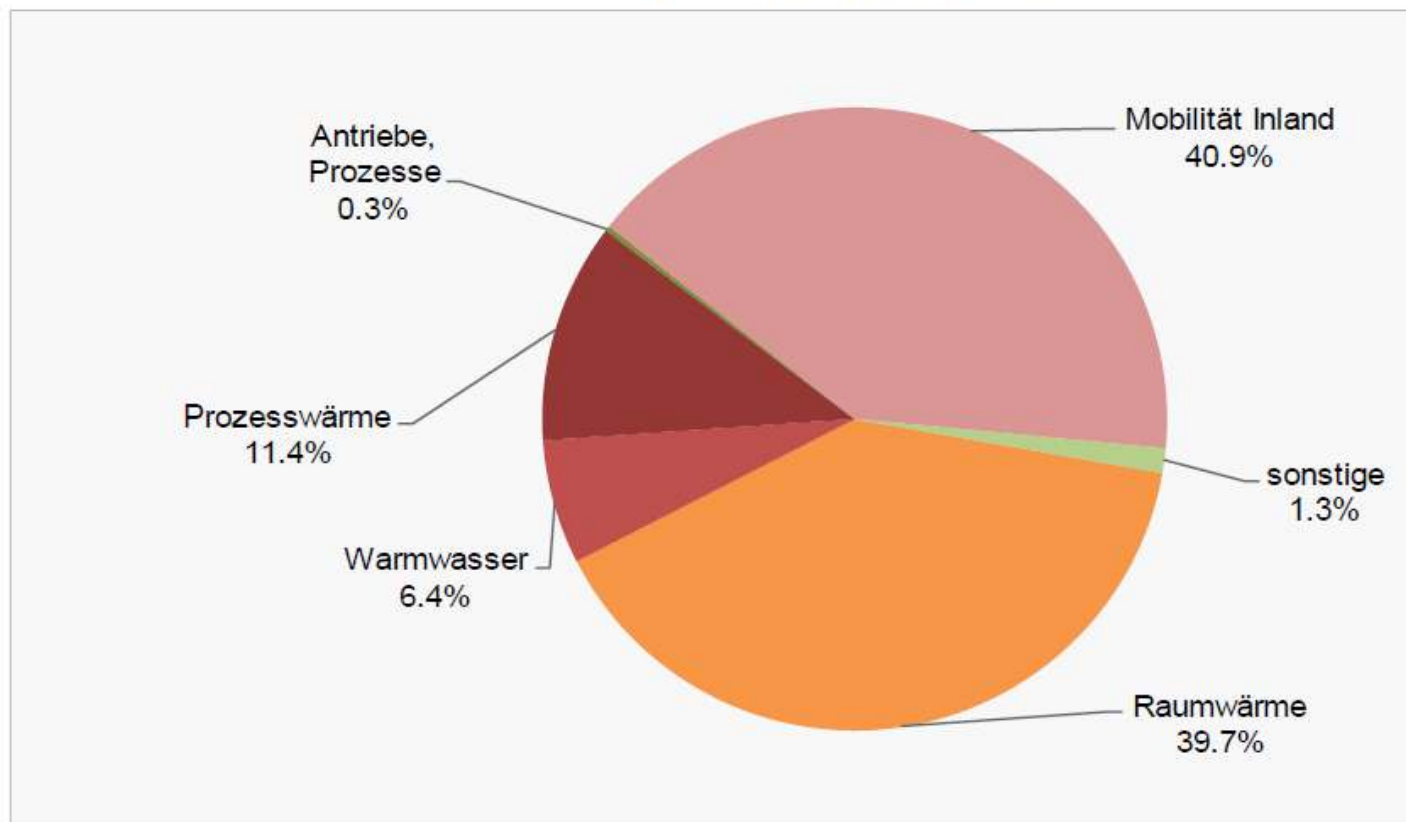


BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2018 (Fig. 2)
OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2018 (fig. 2)

Quelle: Gesamtenergiestatistik der Schweiz

In der Schweiz wurden 58% der fossilen Energien zur Wärmeerzeugung und 41% für Mobilität eingesetzt (2015)

Abbildung 3-2: Prozentuale Anteile der Verwendungszwecke am Treib- und Brennstoffverbrauch 2015 (inklusive Fern-, Umwelt- und Solarwärme)



Quelle: Prognos, TEP, Infrac 2016

Quelle: BFE; Analyse des schweiz. Energieverbrauches 2000 – 2015 nach Verwendungszwecken, 2016

Zwischenergebnis:

- In der Schweiz und auch weltweit stellt die Verbrennung von fossilen Energien (Kohle, Oel, Gas, Benzin, Diesel, Flugpetrol) die mit Abstand grösste Quelle der THG-Emissionen dar.
- Drei Viertel der Schweizer THG-Inland-Emissionen stammen aus der Verbrennung von fossilen Energien
- Hauptverursacher sind
Verkehr > Gebäude > Industrie > Landwirtschaft



Zürich University
of Applied Sciences

zhaw

Life Sciences and
Facility Management

Institute of
Natural Resource Sciences

Lösungen im Bereich Energie

Konsequenzen

- Energiebedarf senken (Effizienz, Suffizienz)
 - Ersatz (Substitution) der fossilen Energien durch Erneuerbare Energien.
 - Alternativ: THG aus der Atmosphäre aufnehmen (technisch oder Pflanzen). Wer bezahlt dies?
-
- Welche Potentiale hat die Schweiz?
 - Welche Technologien sind vorhanden?

Lösungsansätze

- Bestehende Gebäude besser dämmen
(ca. 50% Energie-Einsparung möglich)
 - Neue Gebäude als Plus-Energie-Gebäude 100% EE
 - Graue Emissionen von Gebäuden adressieren
 - Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen (in schwierigen Fällen mit Holzheizungen oder Holz-BHKW)
 - Langsamverkehr und ö.V. ausbauen
 - Elektromobilität (**Batterie**, Wasserstoff, Synthesegase)
- Fossile Energien werden durch Effizienz und Strom ersetzt.

Wärmepumpen statt fossile:

53 TWh fossile Brennstoffe wurden 2017 für Wärme im Gebäudebereich verwendet

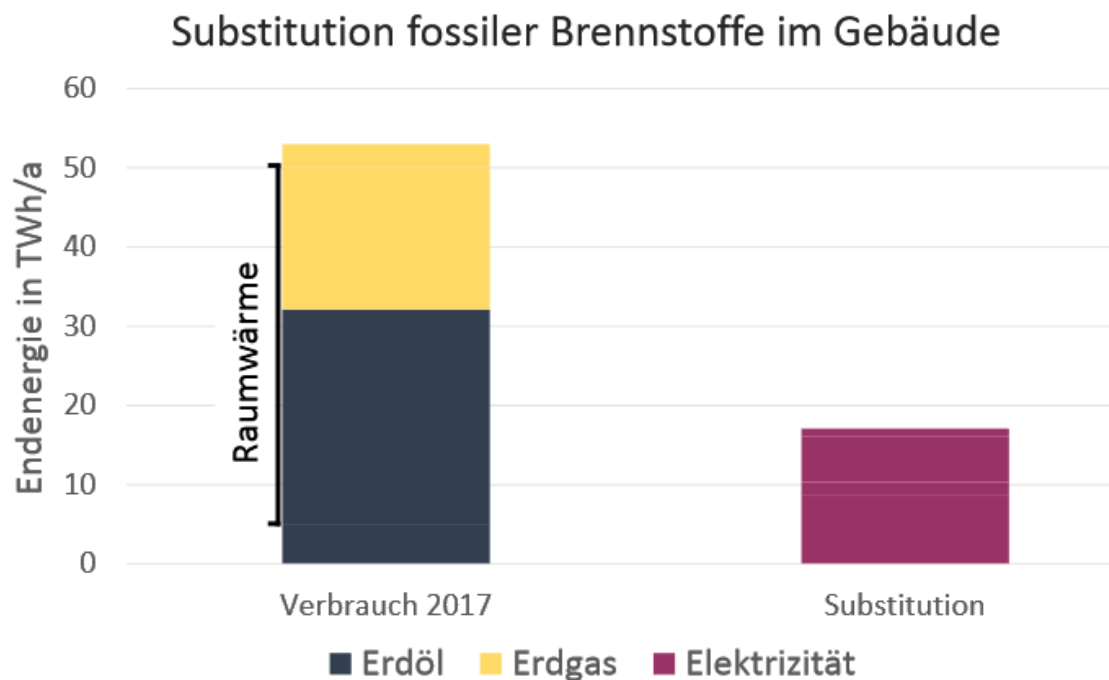
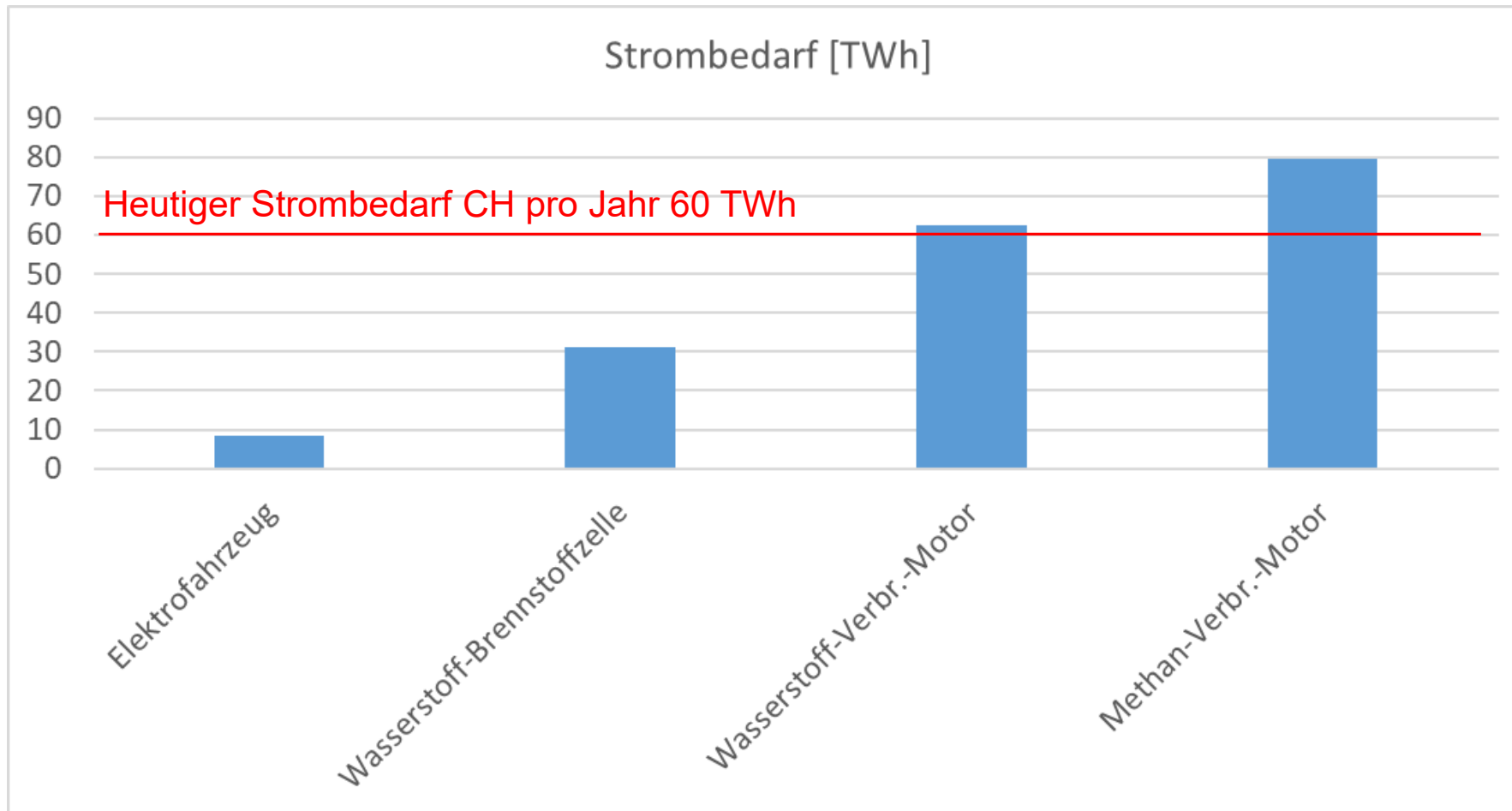


Abb. 3: Substitution der fossilen Brennstoffe 2017 für Raumwärme und Warmwasser durch Wärmepumpen (exkl. Prozessenergie)

Weshalb Elektromobilität?

Heute fahren die 4.5 Mio. Autos \varnothing 12'500 km pro Jahr.
Strombedarf für Autos bei einer vollständigen Umrüstung auf...



Elektromobilität statt fossile:

55 TWh fossile Treibstoffe wurden 2017 im Strassenverkehr verbraucht

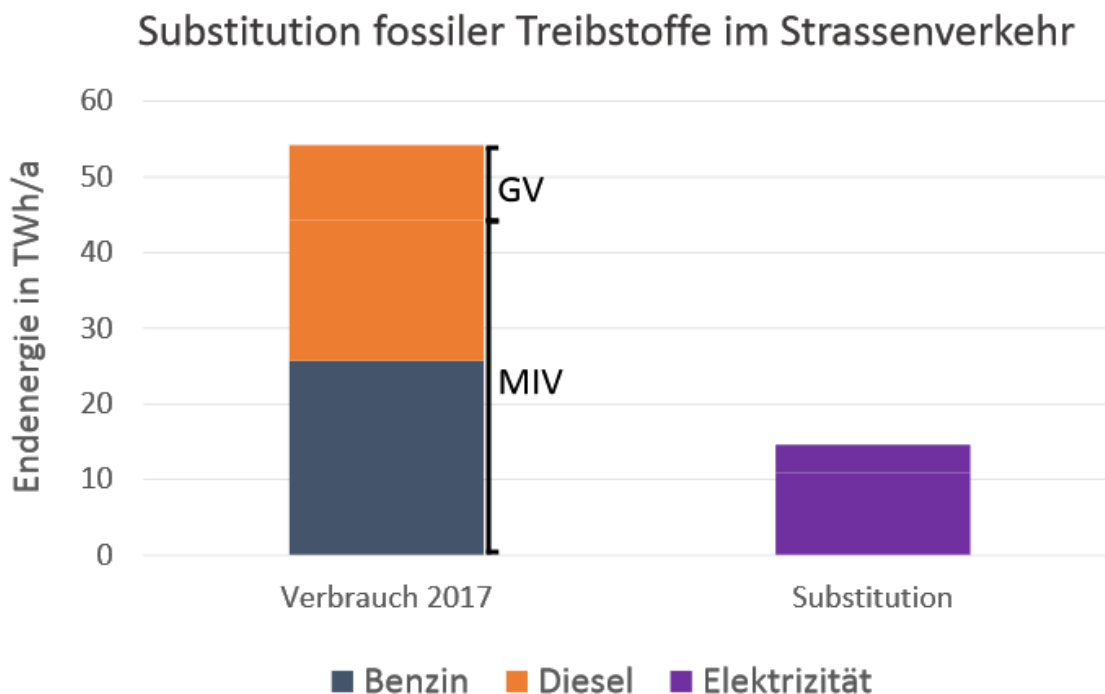


Abb. 2: Substitution der fossilen Treibstoffe des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des Güterverkehrs (GV) auf den Strassen 2017 durch Elektromobilität

Dekarbonisierung des Energiesystems

Strombedarf der Schweiz wird sich erhöhen:

- Elektromobilität (Autos, Lastwagen, evtl. Flugzeuge)
- Elektrische Wärmepumpen für Gebäude (Heizung, Warmwasser)
- Herstellung von synthetischen Treib- und Brennstoffen (Wasserstoff, Methan, Methanol, ...)
- Prognostizierte Zunahme der Mobilität und der Bevölkerung

Je nach Annahmen +30% bis +200% höherer Strombedarf

Fazit fossile Energien Schweiz

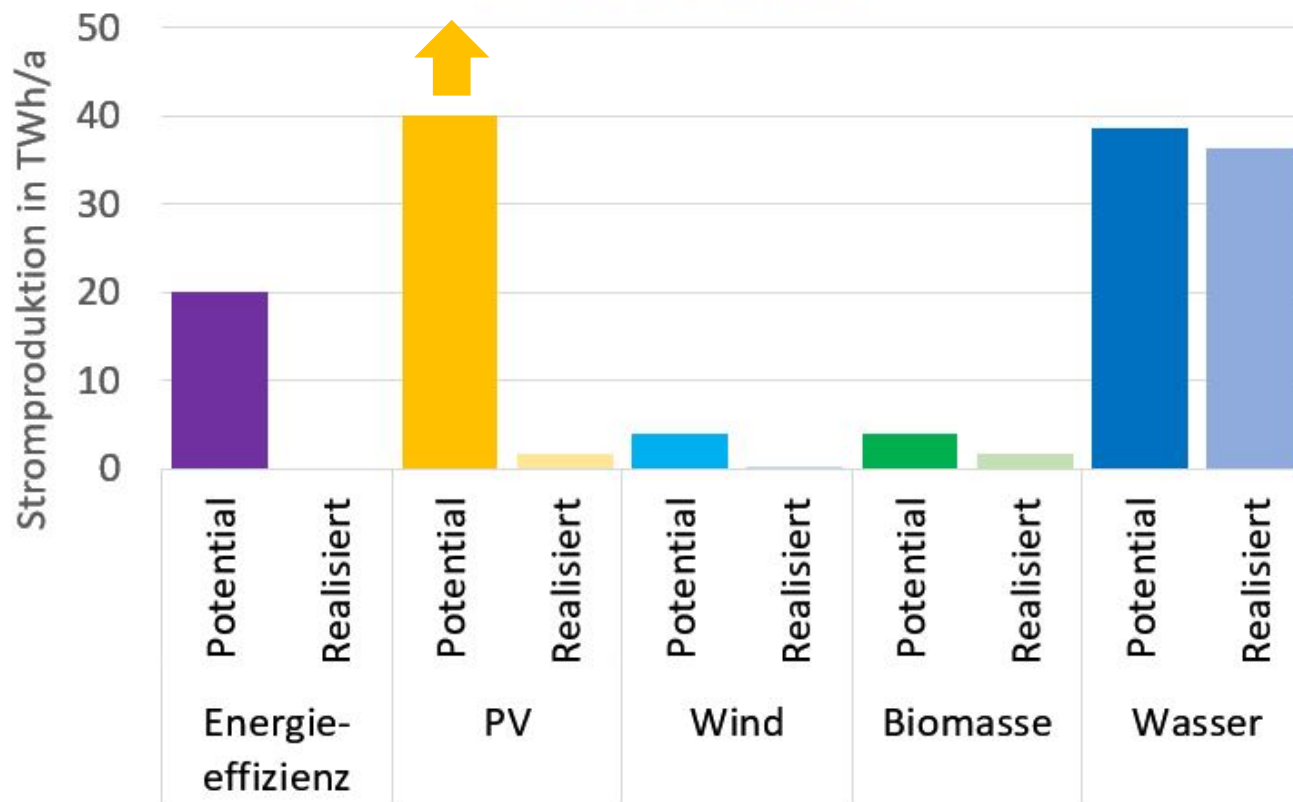
- Zwei Drittel der Schweizer THG-Inland-Emissionen stammen aus der Verbrennung von fossilen Energien
- Ca. 60% der Schweizer THG-Inland-Emissionen stammen aus der Mobilität und aus der Bereitstellung von Wärme für Gebäude.
- 60% der Schweizer THG-Emissionen könnten mit heutiger Technologie (E-Mobilität, Wärmepumpen) rasch und kostengünstig eliminiert werden.
- Die technischen Lösungen sind vorhanden. Sie sind in den meisten Fällen sogar kostengünstiger als die fossilen.

Künftige Stromversorgung

Woher soll der Strom in Zukunft kommen?

Das Potential von Stromproduktion und -effizienz in der Schweiz ist noch lange nicht ausgeschöpft!

Potential der erneuerbaren Energien in der Schweiz



Datenquelle: BFE, Swissolar, eigene Berechnungen

Der erhöhte Strombedarf durch die Dekarbonisierung des Schweizer Energiesystems kann gedeckt werden, wenn die vorhandenen Potentiale konsequent genutzt werden.

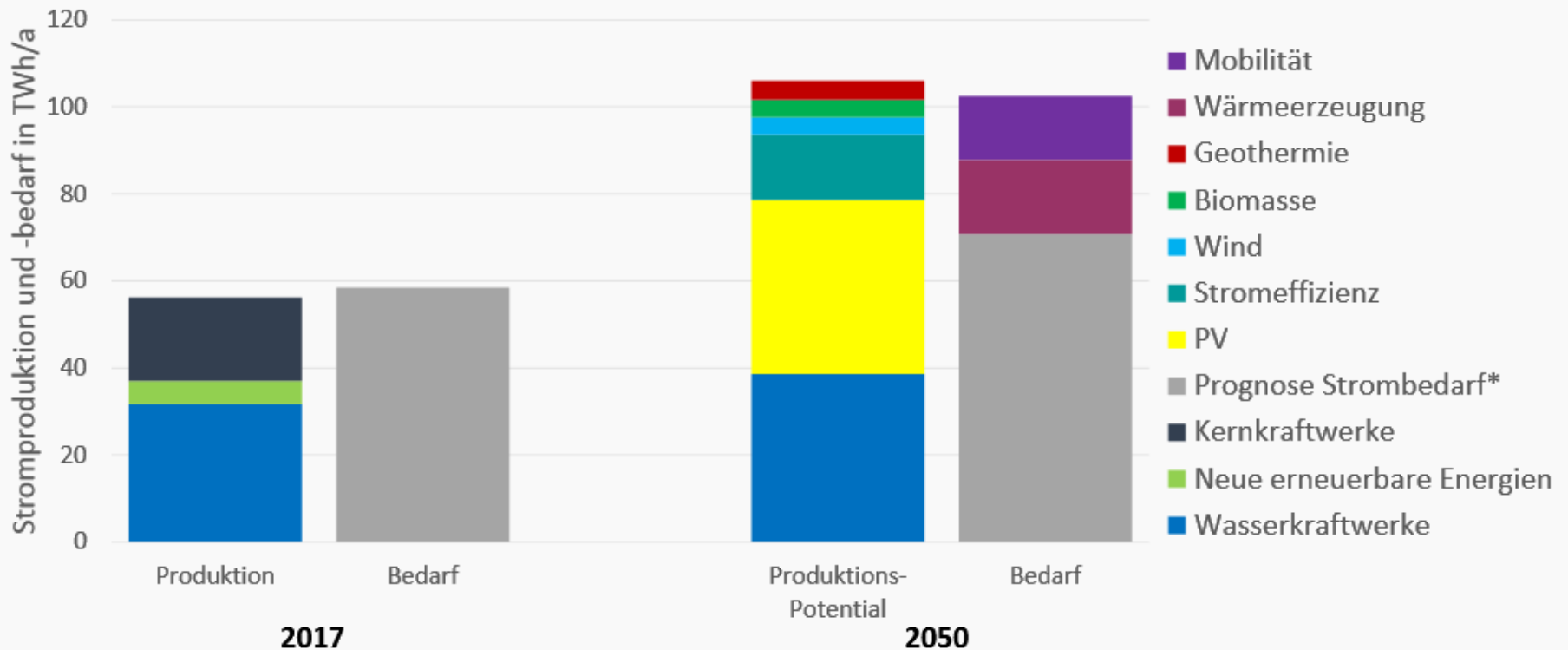


Abb. 4: Stromproduktion und Strombedarf bei der Dekarbonisierung von Strassenverkehr (Abb. 2) sowie der Wärme im Gebäudebereich (Abb. 3)

* Aus den Energieszenarien

Wir haben genug einheimische Energie

- Heute importieren wir 80% der Energie aus dem Ausland (fossile Energien, Uran)
- Selbst nach der Dekarbonisierung des Energiesystems und ohne AKW könnte die Schweiz 100% des Strombedarfes im Inland decken, wenn die vorhandenen Potentiale genutzt werden.
- Die grössten Potentiale finden sich bei Solarenergie (mit Abstand grösstes Potential), Effizienz, Windenergie und Holz.
- Für die Strom-Versorgung im Winter ist eine rasche energetische Sanierung der bestehenden Gebäude wichtig (Strombedarf für Wärmepumpen würde halbiert).

Ausbau erneuerbare Stromproduktion in der Schweiz

(ohne Flugverkehr, alle Zahlen sind gerundet,
es geht um die Grössenordnung)

Heutiger Strombedarf pro Jahr	60 TWh
Zukünftiger Strombedarf nach Dekarbonisierung mit Elektromobilität und Wärmepumpen	80 bis 90 TWh

Heutige Jahresproduktion in CH	60 TWh
Wegfall der AKW-Stromproduktion	-24 TWh

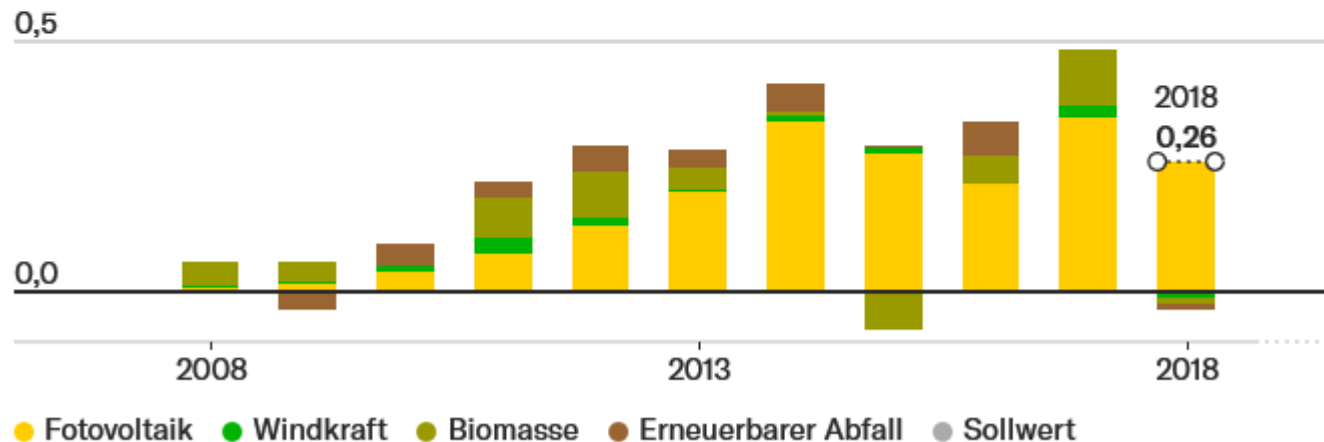
- ⇒ **Erforderlich Zubau mit erneuerbarer Energie** 49 TWh
(85 TWh – {60 TWh - 24 TWh})
- ⇒ **Bei Realisierung innert 10 Jahren (1.5 °C – Ziel):** 5 TWh / Jahr
- ⇒ **Bei Realisierung innert 30 Jahren (2 °C – Ziel):** 1.6 TWh / Jahr

Ausbau erneuerbare Stromproduktion in der Schweiz

Jährliche Zunahme des erneuerbaren Stroms

1,0 Terawattstunden

**5 bis 15 Mal grösserer Zubau pro Jahr
erforderlich! (auf 5 bzw. 1.5 TWh/Jahr)**



Ohne Wasserkraft. Biomasse = Holz und Biogas. Quelle: BFE

Grafik: Republik vom 20.11.2019: <https://www.republik.ch/2019/11/20/energiewende-ja-die-schweiz-schafft-das>

Politische Massnahmen

Wie können wir den erforderlichen raschen Umbau erreichen?

Vorschläge für politische Massnahmen 1/2

- Sanierungspflicht für schlecht gedämmte Gebäude (z.B. Grenzwert für Wärmebedarf oder THG pro m² beheizte Fläche) und/oder Moratorium für Neubauten bis 80% der Gebäude saniert sind.
- Verbot für den Einbau von fossilen Heizungen ab 2021 (mit Ausnahmeregelungen)
- Ersatzpflicht der bestehenden Elektroheizungen in Gebäuden bis 2030
- PV-Abgabe für alle Gebäude: Jährliche Ersatzabgabe für Gebäude ohne Photovoltaik ab 2020 bis 2030 linear steigend, analog Schutzräume

Vorschläge für politische Massnahmen 2/2

- Ab 2025 dürfen nur noch Autos neu in Betrieb gesetzt werden, welche beim Fahren CO₂-frei sind.
- Ansteigende Klimaprämie (früher CO₂-Abgabe) auf allen Brenn- und Treibstoffen (ohne Ausnahmen).
Automatische Erhöhung wenn Klima-Zwischenziele nicht erreicht werden.
- CO₂-Zoll in der Höhe der Klimaprämie für importierte Güter und Rückerstattung für Exporte.
- Moratorium für den Bau von neuen Strassen.
- Stromtarife und Netztarife an die Verfügbarkeit von Strom anpassen (Tag/Nacht, Sommer/Winter)
- Expertengremium zur Beurteilung von politischen Entscheidungen, welche Einflüsse auf das Klima haben.

Es zirkulieren viele Falschinformationen



"Rosinenpickerei"; Quelle: John Cook/crankyuncle.com/SkepticalScience.com

Vorsicht: Aktuelle Strategie von Klimaleugnern und Lobbyisten der fossilen Energien

- Fokus auf *freiwillige*, persönliche Verhaltensänderungen setzen («wir sind eine liberale Gesellschaft, keine Zwänge»)
- Welt-Untergangsstimmung verbreiten («es ist zu spät, wir können nichts mehr ändern»). -> Lethargie erzeugen

Damit soll verhindert werden, dass auf politischer Ebene wirkungsvolle Massnahmen beschlossen werden.

Praktisch alle wichtigen Verbesserungen für die Umwelt kamen bisher durch Regeln des Staates zustande (Bsp. Katalysator, Partikelfilter, Kläranlagen, KVA, FCKW, Schwefelgehalt im Oel, usw.)

Take Home Messages

- Drei Viertel der Schweizer Treibhausgas-Emissionen im Inland stammen aus der Verbrennung von fossilen Energien.
- Mobilität (ohne Flugverkehr) und Gebäude sind für 60% der CO₂-Emissionen der Schweiz verantwortlich. Mit Elektromobilität und Wärmepumpen sind erprobte, effiziente Lösungen vorhanden.
- Der Mehrbedarf an Strom kann im Inland gedeckt werden (-> Wertschöpfung, Arbeitsplätze, Unabhängigkeit). Der Ausbau der Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen muss um Faktor 5 bis 15 erhöht werden.
- Sanierung von Gebäuden ist entscheidend für die Versorgungssicherheit im Winter.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Adresse für Rückfragen:

ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Jürg Rohrer, Prof. für Ecological Engineering
Campus Grüental
8820 Wädenswil

Juerg.Rohrer@zhaw.ch Tel. 058 934 54 33
www.zhaw.ch/iunr/erneuerbareenergien/