

Treibstoffe aus erneuerbaren Energien

Technologiepotentiale und ihre Bedeutung für Wirtschaft und Gesellschaft

Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos
SCCER Mobility & Institut für Energietechnik, ETH Zürich

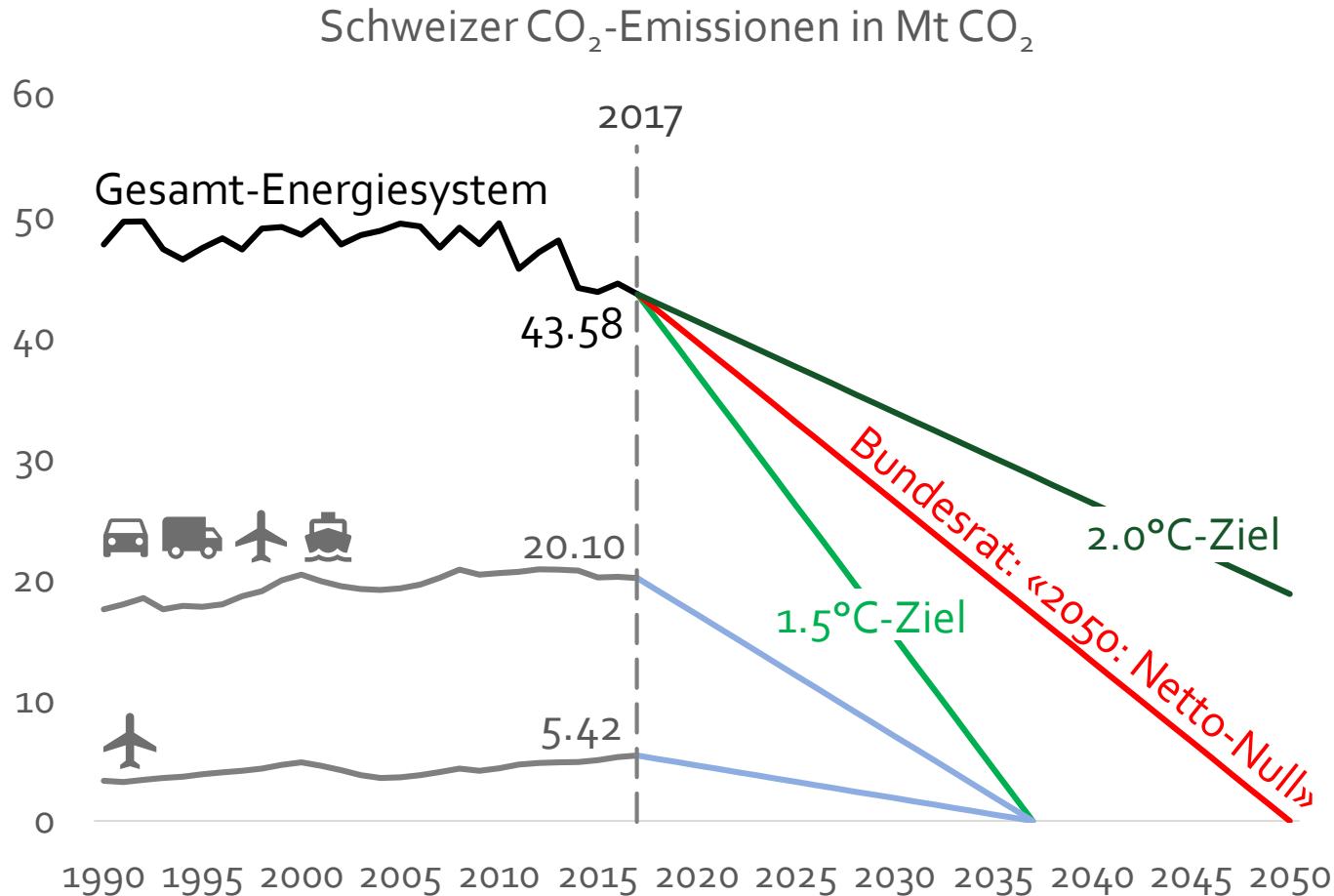
ETH Tagungsreihe «Aspekte der individuellen Mobilität» / ETH Zürich, 30. Januar 2020

Wirtschaftliche Dimensionen – Schweizer Verkehrssystem

- Gesamtjahresumsatz \geq 120 Mrd. CHF (~20 % des CH BIP!)
 - Straßenverkehr \geq 85 Mrd. CHF, 200'000 Arbeitsplätze (1)
 - Schweizer Industrieexporte \geq 16 Mrd. CHF, 34'000 Arbeitsplätze (2)
 - Öffentlicher Verkehr \geq 12 Mrd. CHF, 33'000 Arbeitsplätze (3)
- Geschätzte Anzahl der Arbeitsplätze $>$ 250'000 (\geq 5% der Schweizer Erwerbstätigen)
- Anteil am Endenergiebedarf des Landes: 34%
- Anteil an den CO₂-Emissionen des Landes: 46% (inkl. Luftfahrt)

Basierend auf: (1) Vademecum Strasseschweiz, 2018 (2) Automotive Industry Switzerland, Swiss CAR, ETH Zurich, 2008 (3) BFS Aktuell, 2017

Zeithorizont der Dekarbonisierung: CO₂-Budget (Schweiz)



Quellen: BAFU (2019): «Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Schweiz seit 1990», IPCC (2018): «Global warming of 1.5°C.», Alle Zahlen inklusive internationalem Flug- und Schiffsverkehr (und ohne IPCC-Subsektoren 4 (LULUCF) und 6 (Others))

■ Globale & Schweizer CO₂-Budgets

Ziel	Global	Schweiz
2.0°C (66%)	1170 Gt CO ₂	1273 Mt CO ₂
1.5°C (66%)	420 Gt CO ₂	430 Mt CO ₂

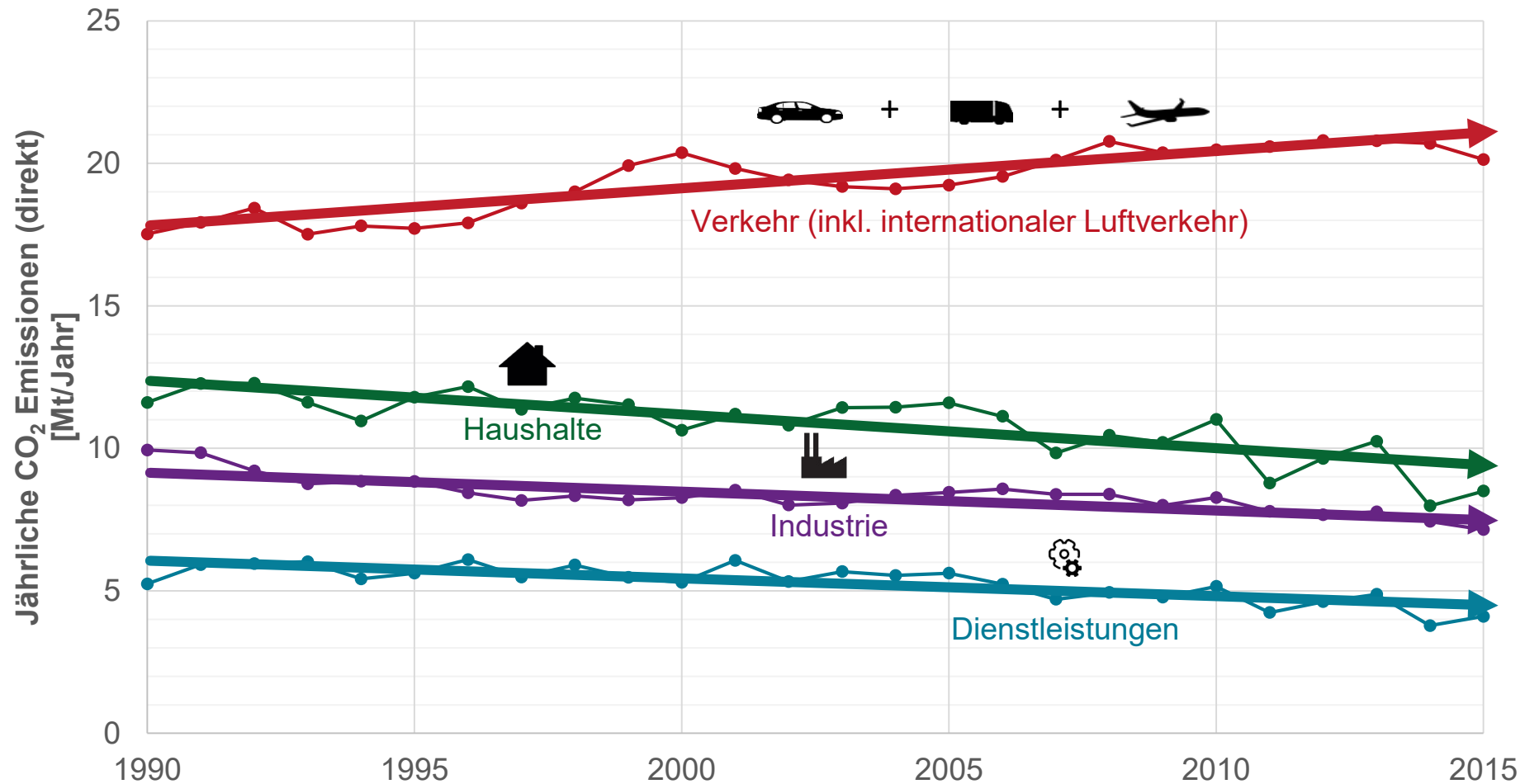
Pro-Kopf-Verteilung

■ Diskrepanz zwischen Bundesrat-Beschluss und 1.5°C-Ziel:

	CO ₂ -Emissionen* (2018-2050)	Netto-Null
2.0°C (66%)	1273 Mt CO ₂	2075
Bundesrat	700 Mt CO ₂	2050
1.5°C (66%)	430 Mt CO ₂	2037

*) Zahlen basieren auf der Annahme einer linearen Abnahme der Emissionen zwischen 2018 und 2050, siehe Graph links.

CO₂-Emissionen aus dem Verkehr – Tendenz steigend, ABER!

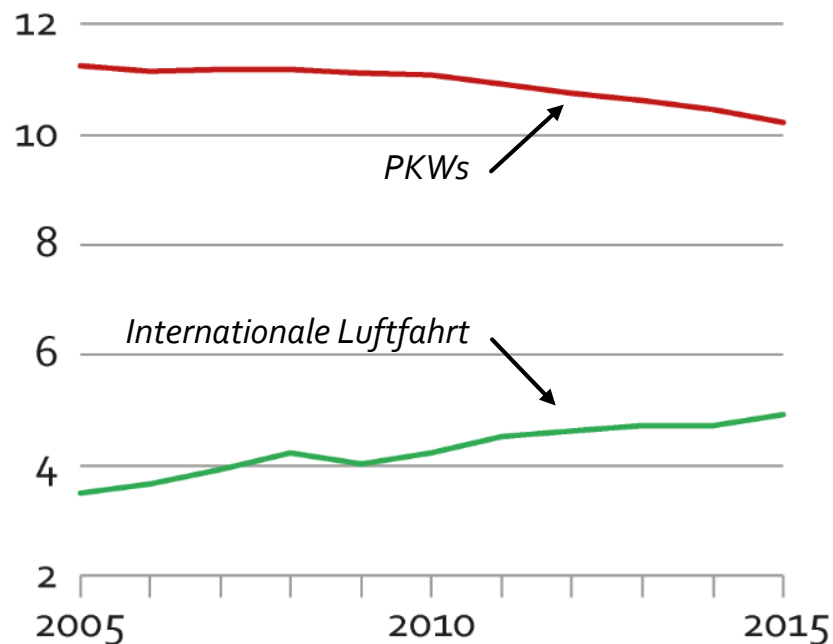


Quelle: BAFU 2017

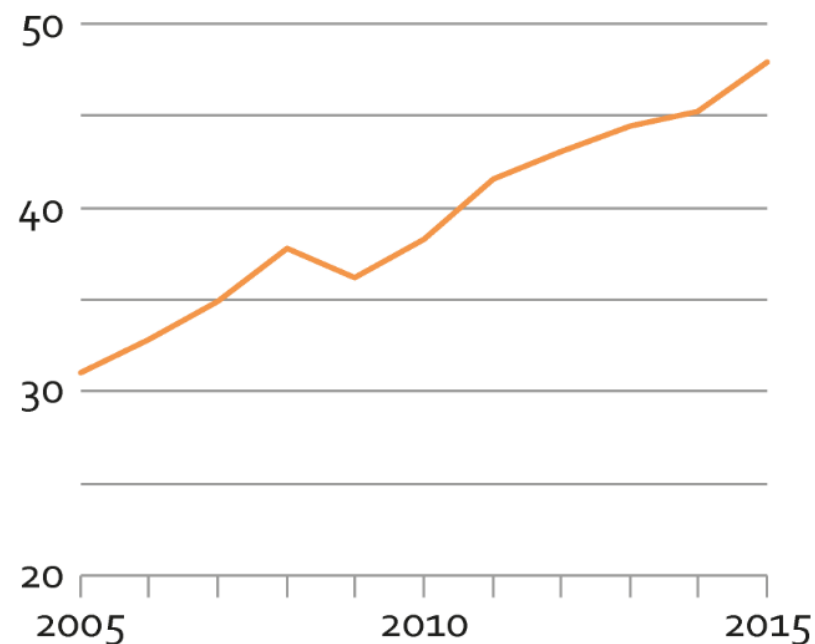
CO₂-Emissionen aus der internationalen Luftfahrt

Von der Schweiz ausgehend

CO₂-Emissionen (Mt CO₂/Jahr)

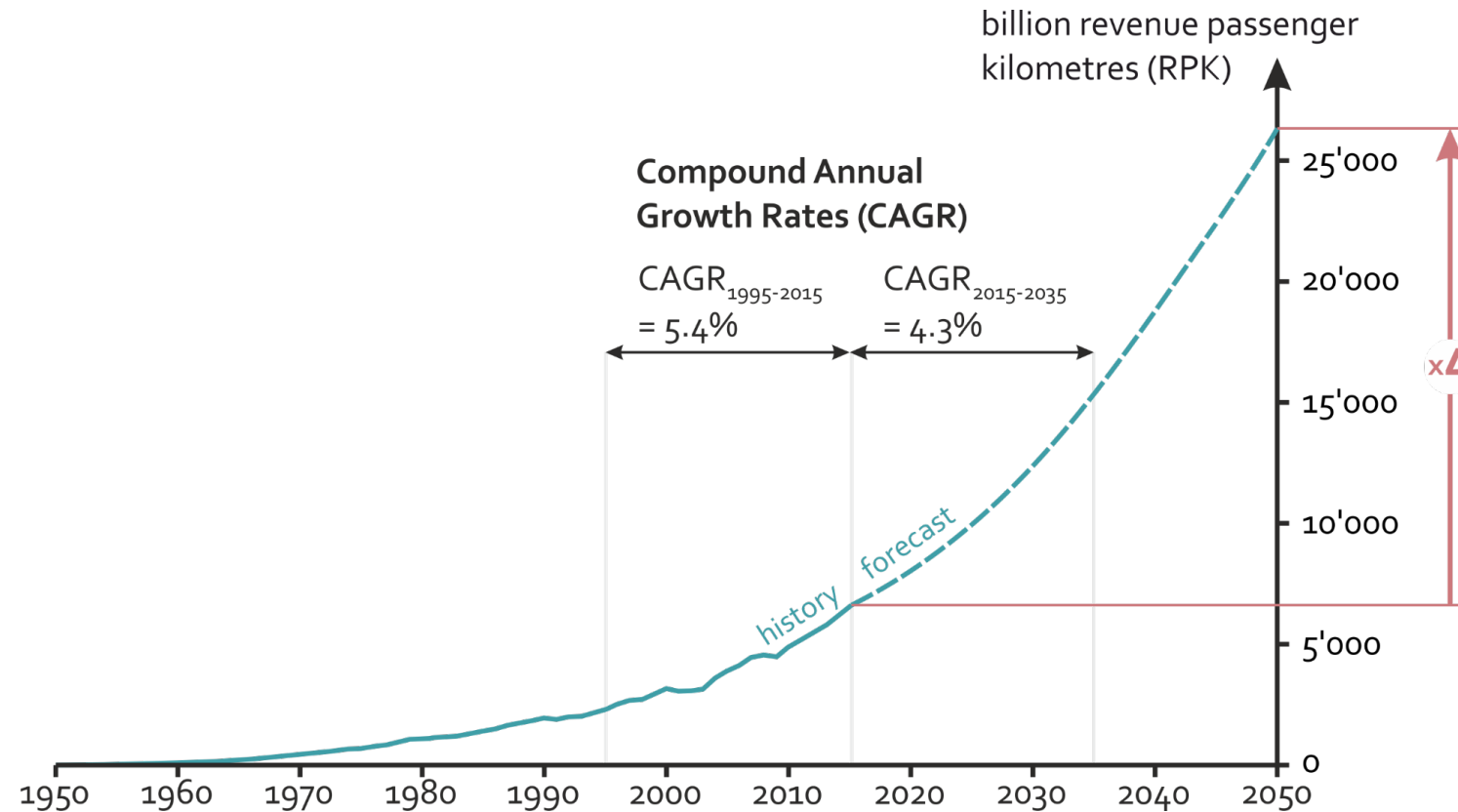


Verhältnis: Internationale Luftfahrt zu PKWs



- Auch die internationale Schifffahrt wächst sehr schnell (interkontinentaler Güterverkehr)
- Sowohl für Containerschiffe als auch (und insbesondere) für Flugzeuge sind in absehbarer Zeit keine Alternativen zu flüssigen Treibstoffen (inkl. LNG) in Sicht

Die internationale Luftfahrt weist seit 1980 ein hohes Wachstum aus, das sich bis 2050 beschleunigen wird



Sources:

- Historical RPK: ICAO (2019): www.icao.int/sustainability/Pages, adapted by Maximilian Held
- RPK forecast: ICAO (2018): „ICAO Long-Term Traffic Forecasts Passenger and Cargo“, adapted by Maximilian Held, own extrapolation for 2045-2050

Zukünftige Mobilität weltweit

Schlüsselergebnisse International Transport Forum 2015

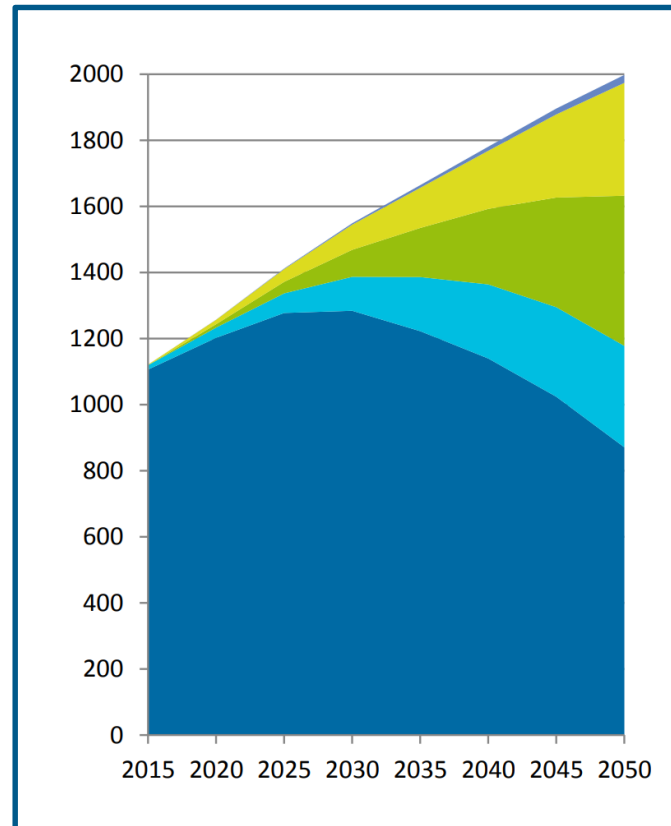
Zunahme bis 2050 in % im Vergleich zu 2010

	Welt	OECD Länder	Nicht-OECD Länder
Landverkehr (Personen & Güter) CO ₂ -Emissionen	↑ 34 - 106	↓ 0 - 31	↑ 162 - 314
Nachfrage Landgüterverkehr [tkm]	↑ 232 - 423	↑ 77 - 97	↑ 329 - 628
CO ₂ -Emissionen Landgüterverkehr	↑ 136 - 347	↑ 0 - 31	↑ 239 - 608

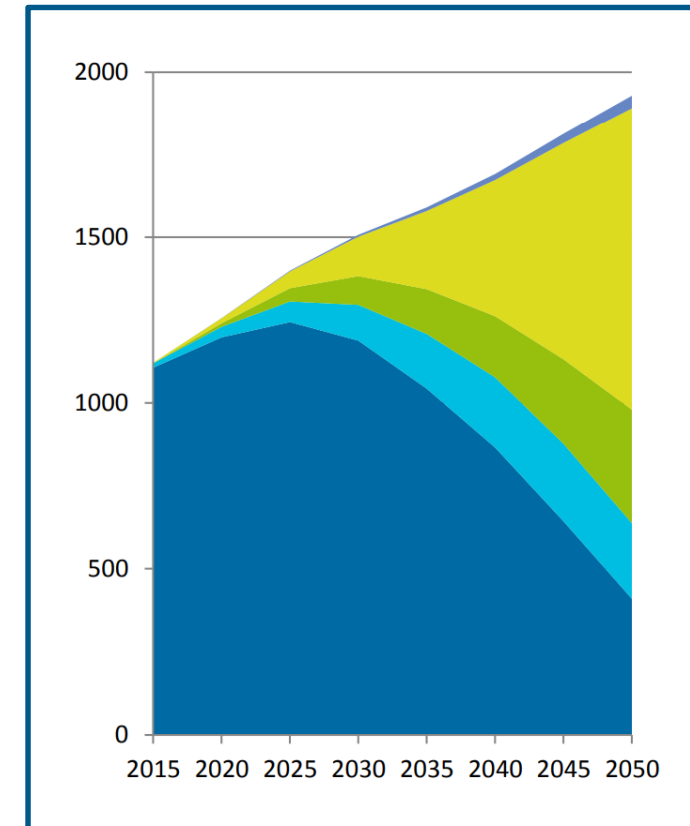
Quelle: International Transport Forum 2015

Pkw-Flotte (Bestand) in Mio. pro Jahr weltweit (Szenarien)

2°C-Szenario der IEA (2DS)



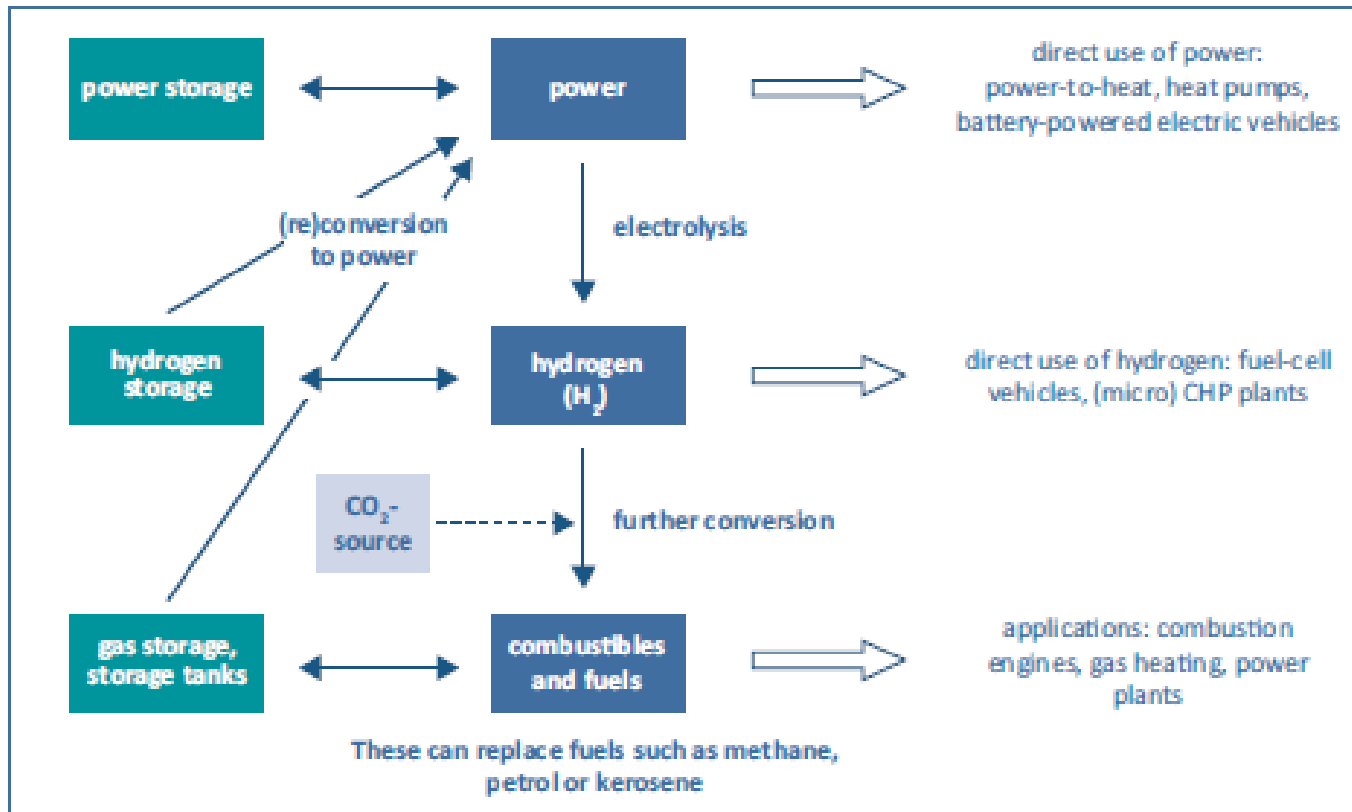
1,75°C-Szenario der IEA (Beyond 2DS)



Quelle: Ökoinstitut (2019): "Gigafactories für Lithium-Ionen-Zellen – Rohstoffbedarfe für die globale Elektromobilität bis 2050", Szenarien aus IEA (2017): "Energy Technology Perspectives 2017"

Direct vs. indirect electrification

Efficiencies: Power-to-Power or Power -> Propulsion



A: $\eta = (65-80)\%$

B: $\eta = (25-35)\%$

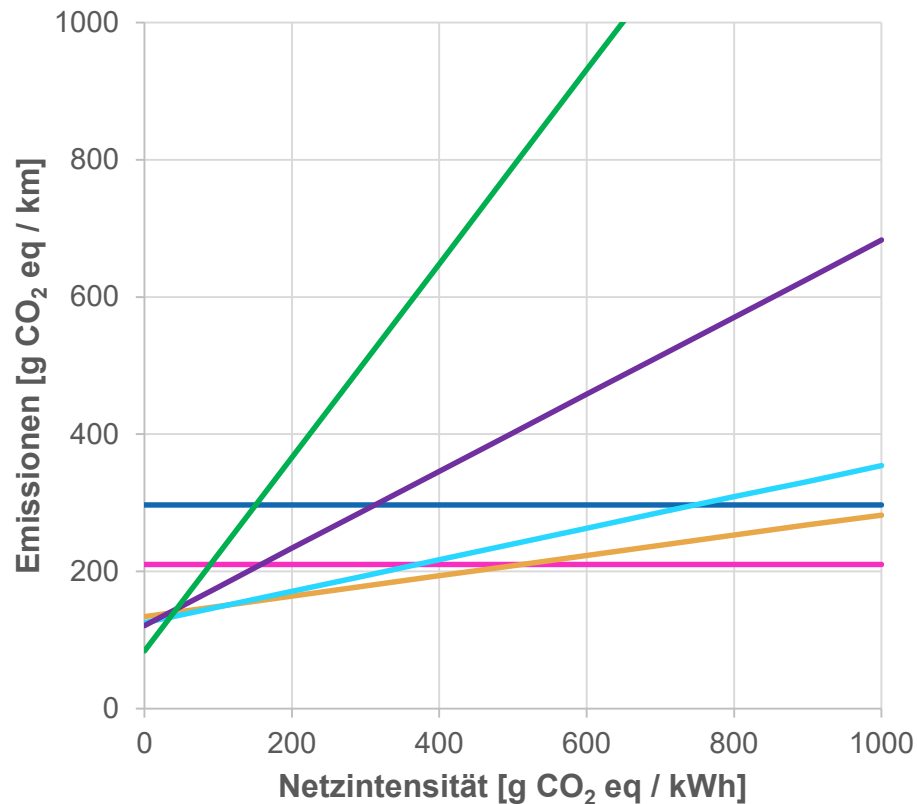
C: $\eta = (15-30)\%$

BUT: Total Costs are relevant

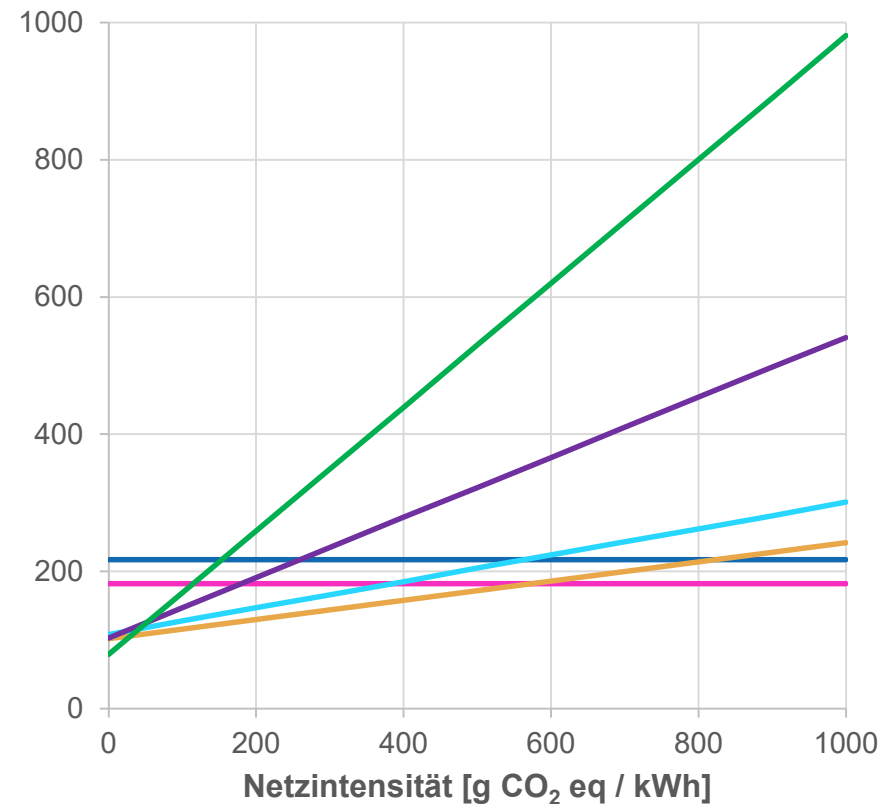
Source: acatech, Position Paper, August 2018

Lebenszyklusemissionen und Potentiale verschiedener Antriebstechnologien

Stand 2017



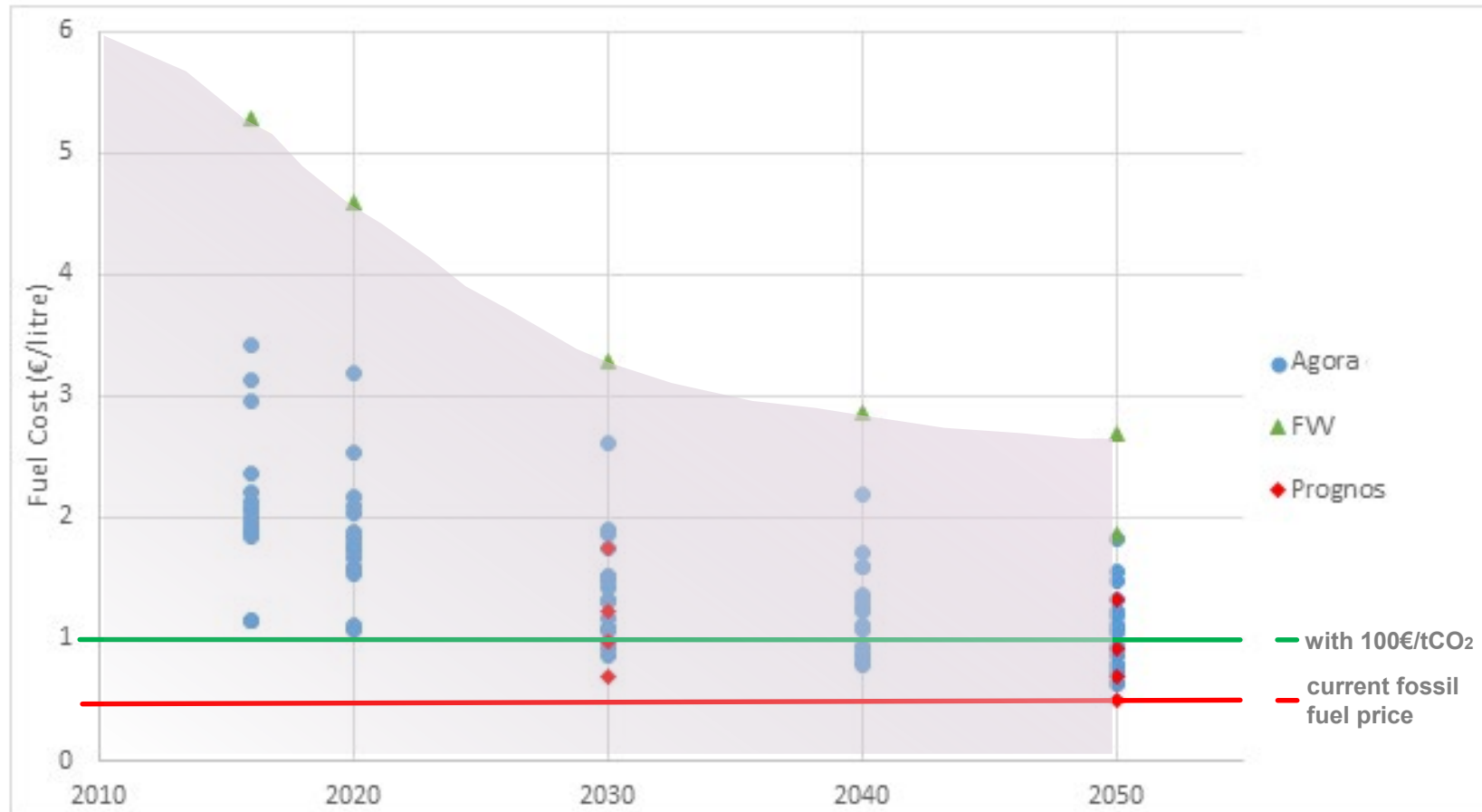
Projektion 2040



- Benzin-Verbrennungsmotor
- Benzin-Hybrid
- Steckdosenhybrid
- Elektroauto
- Brennstoffzellenfahrzeug
- Verbrennungsmotor mit synthetischem Gas

Quelle: B. Cox / PSI/LEA / 2018

Kostenentwicklung synthetischer Kraftstoffe



Warum denken wir nicht systemisch?

Wussten Sie schon, dass:

- Der CO₂-Ausstoss des Strassenverkehrs sich weltweit auf **5.5 GtCO₂** pro Jahr beläuft?
- Wohingegen die CO₂-Emissionen aller Kohlekraftwerke **11 GtCO₂** pro Jahr betragen
- Der Ersatz aller Kohlekraftwerke durch Gaskombikraftwerke auf einen Schlag eine Verminderung um **6 GtCO₂/Jahr** zu Kosten von **40-50 €/tCO₂** bewirken würde?
- Zum Vergleich: Die Elektrifizierung des Verkehrs kostet zZt. mehrere **100-1000 €/tCO₂**

Elektrizitätsbedarf für die Dekarbonisierung des CH-Verkehrs

- Einfache Schätzungen zeigen, dass langfristig mindestens **40TWh CO₂-»freier«** Elektrizität zusätzlich zum jetzigen Strombedarf des Landes jährlich dafür benötigt werden
- Welche Technologie muss «hinter der Steckdose» für diese Erzeugung sorgen?
 - Erneuerbare Elektrizität (gesamteuropäische Strategie?)
 - Gaskraftwerke (inkl. grosse BHKW) mit CO₂-»Rezyklierung«
 - Nuklearenergie (wenn in Zukunft signifikant verbesserte Technologien verfügbar sind)

Programm

- 13.30 **Begrüssung**
Dr. Martin Stöckli, inspire AG
- 13.35 **Einleitung zum Thema**
Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos, ETH Zürich
- 13.50 **H₂ im Nutzfahrzeug als Beitrag zur Dekarbonisierung im Transportsektor**
Dr. Philipp Dietrich, H₂ Energy AG
- 14.25 **Wege zur Dekarbonisierung der Seeschifffahrt: Breite Trassen, schmale Pfade und mögliche Sackgassen**
Dr. German Weisser, Winterthur Gas & Diesel Ltd.
- 15.00 **Fossilfreies Fliegen: Wunschtraum oder schon bald Realität?**
Hr. Theo Rindlisbacher, Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL
- 15.35 Pause
- 16.00 **Fuels from Air and Sunlight**
Dr. Philipp Furler, Synhelion SA
- 16.35 **Power-to-X - Perspektiven in der Schweiz mit Fokus auf den Verkehrssektor**
Dr. Tom Kober, Paul Scherrer Institut
- 17.10 **Versuch einer Einordnung**
[Dr. Gil Georges, ETH Zürich](#)
- 17.30 **Abschluss, danach Apéro**