

# Treibstoffe aus erneuerbaren Energien

## Technologiepotentiale und ihre Bedeutung für Wirtschaft und Gesellschaft

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

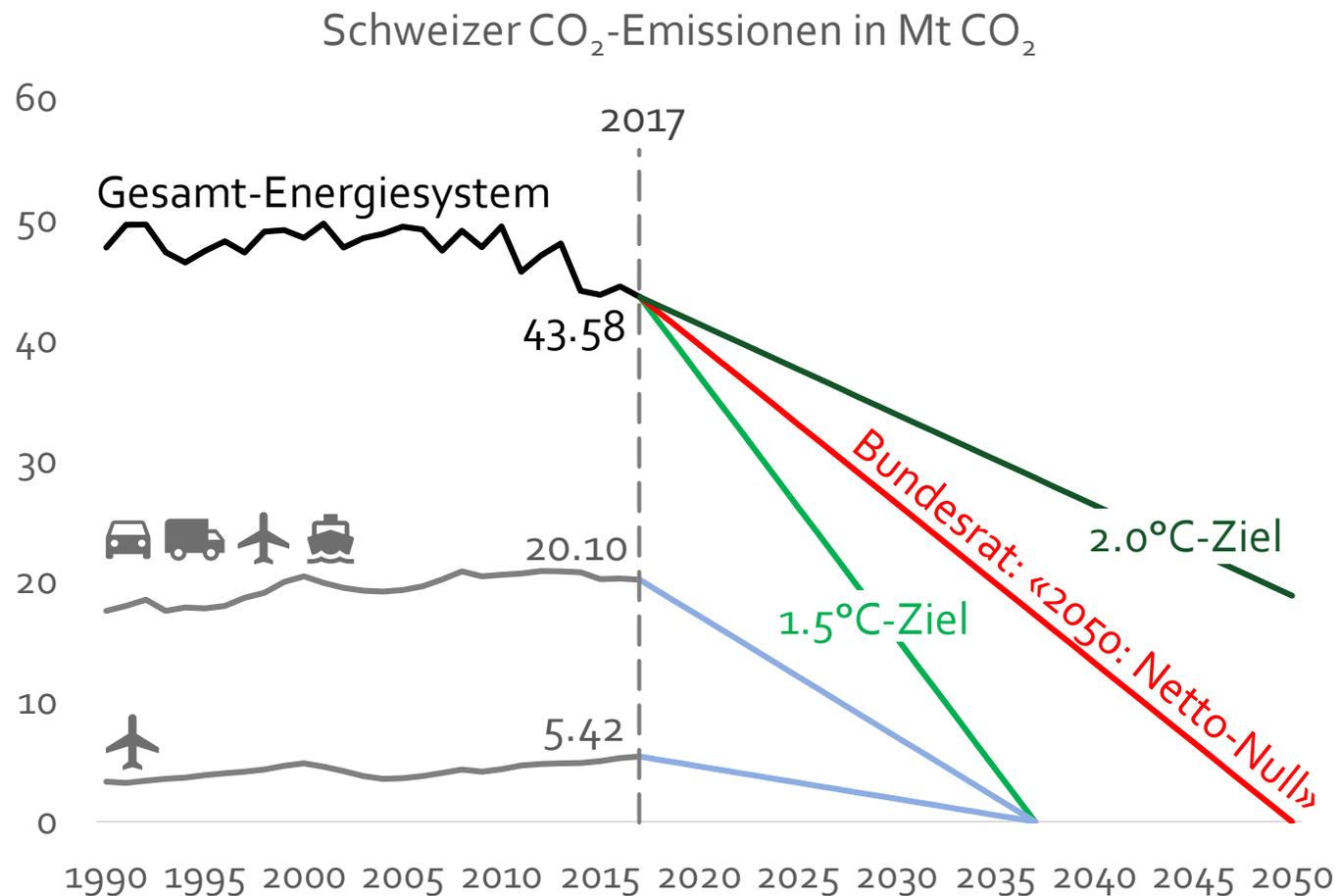
ETH Tagungsreihe «Aspekte der individuellen Mobilität» / ETH Zürich, 30. Januar 2020

## 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 CO<sub>2</sub>-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: CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-Budgets

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

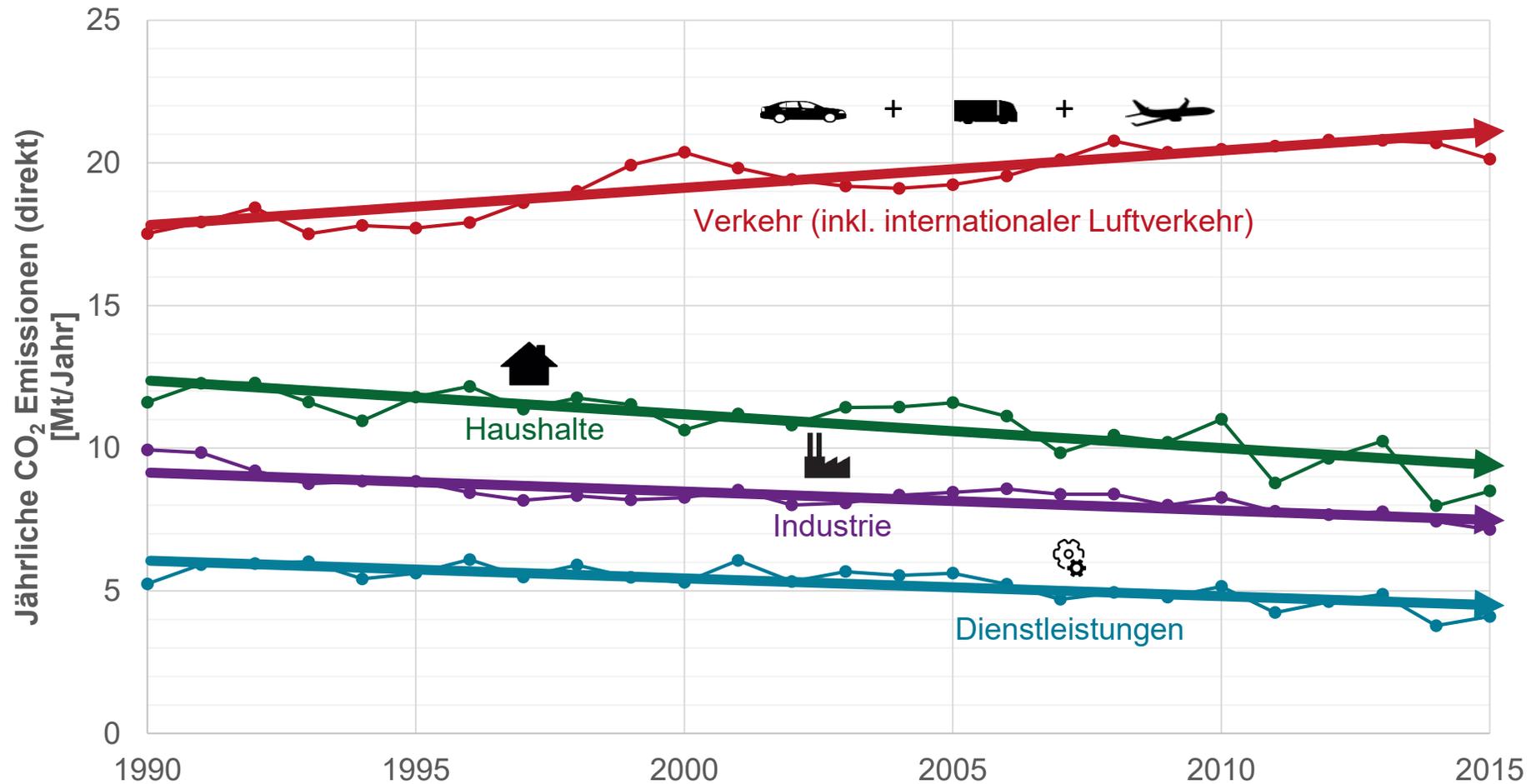
Pro-Kopf-Verteilung

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

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

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

# CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Verkehr – Tendenz steigend, ABER!

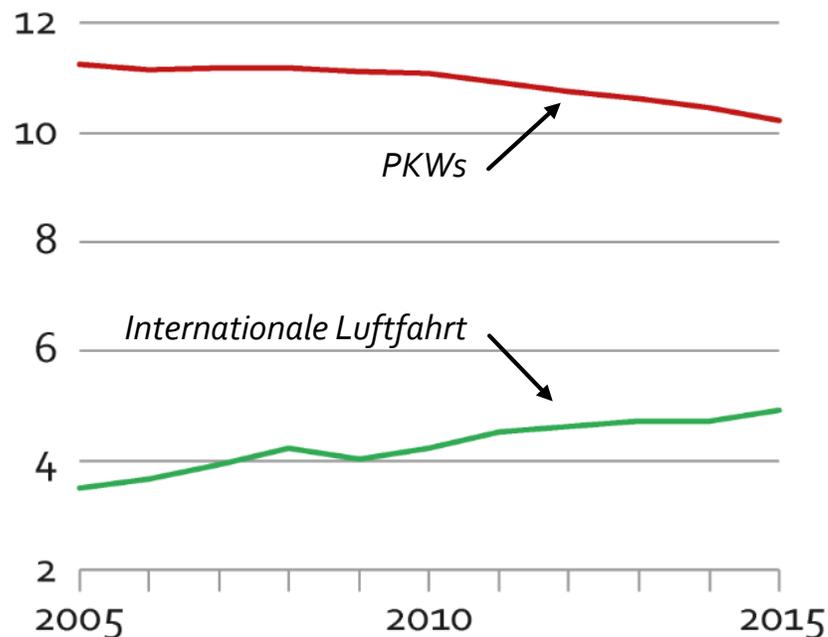


Quelle: BAFU 2017

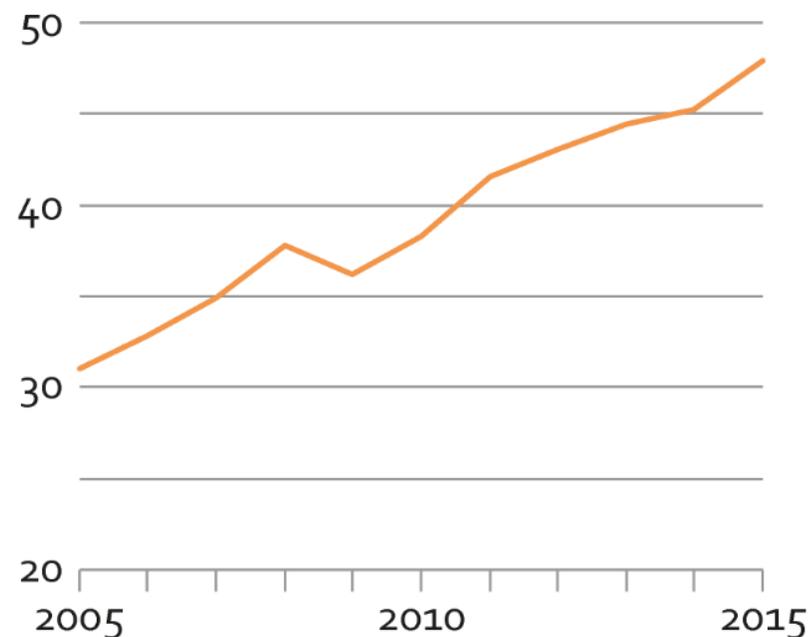
# CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der internationalen Luftfahrt

## Von der Schweiz ausgehend

### CO<sub>2</sub>-Emissionen (Mt CO<sub>2</sub>/Jahr)

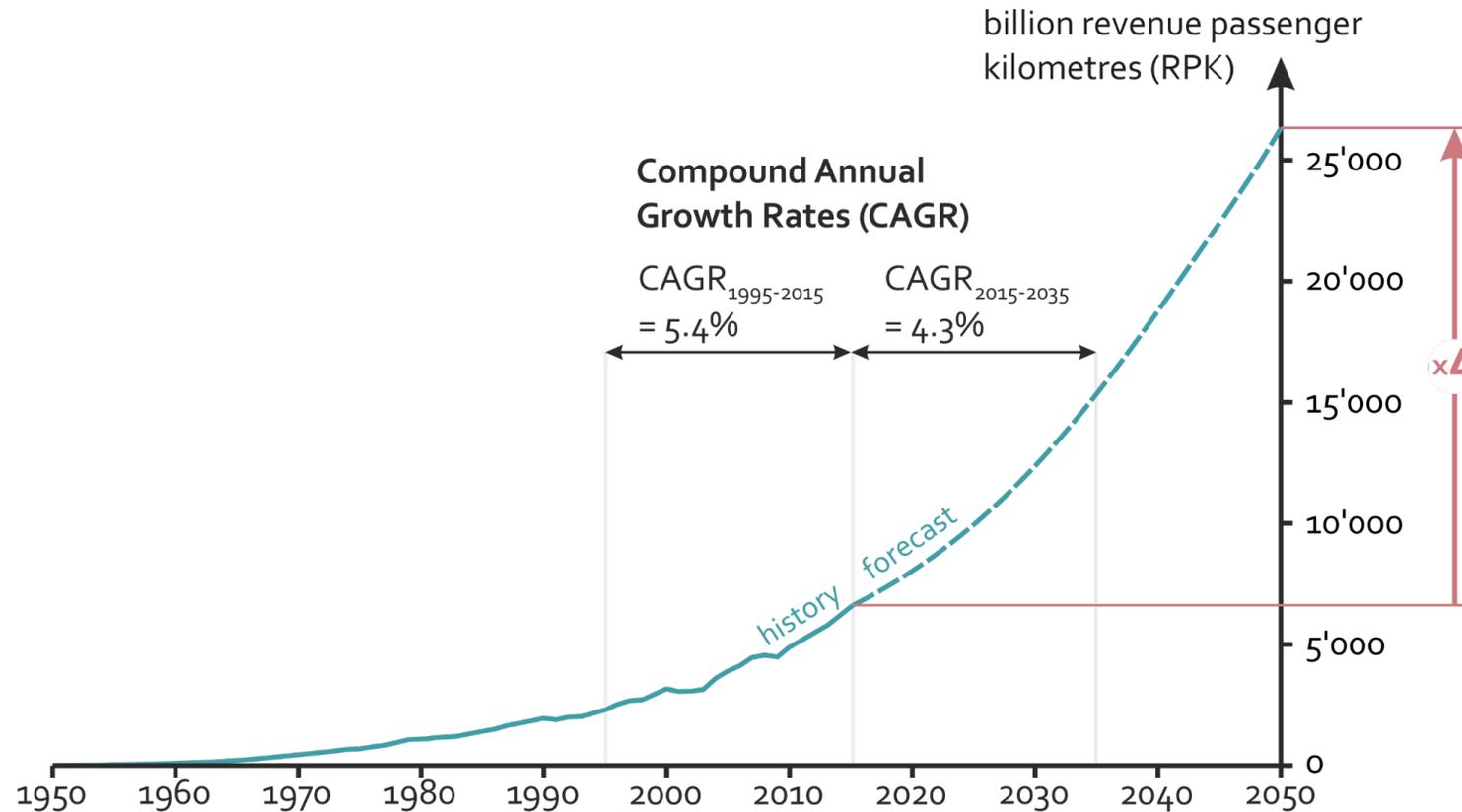


### Verhältnis: Internationale Luftfahrt zu PKWs



- 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](http://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

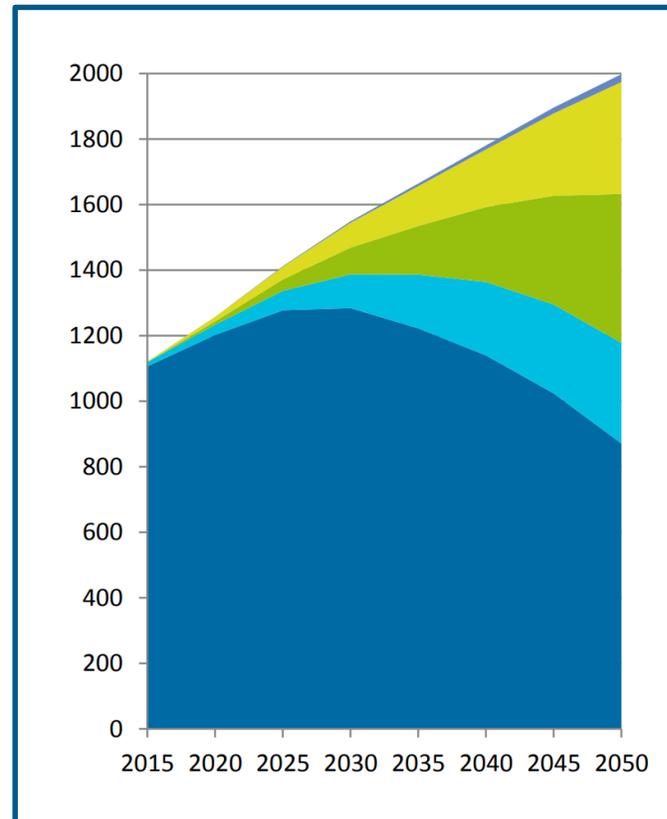
Zunahme bis 2050 in % im Vergleich zu 2010

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

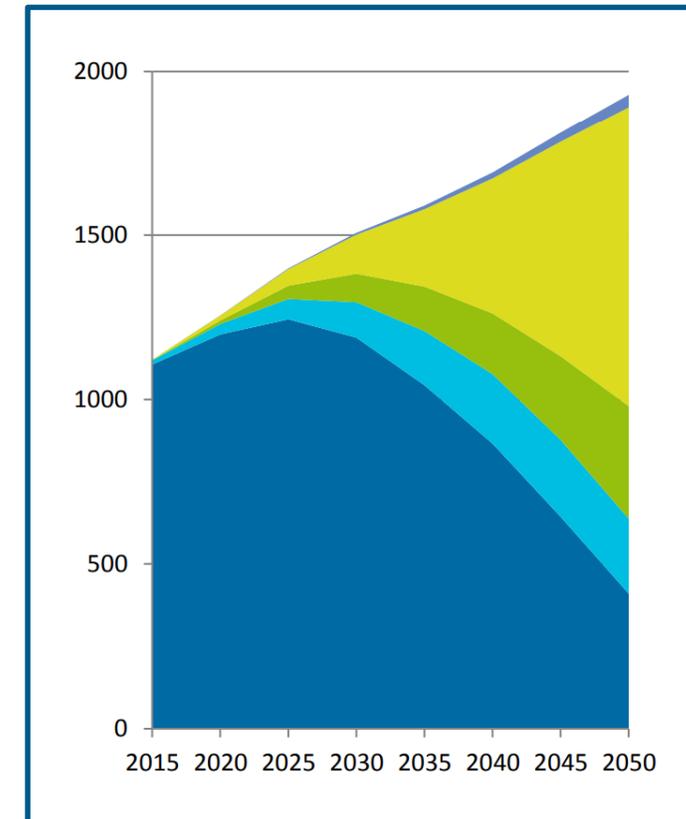
Quelle: International Transport Forum 2015

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

## 2°C-Szenario der IEA (2DS)



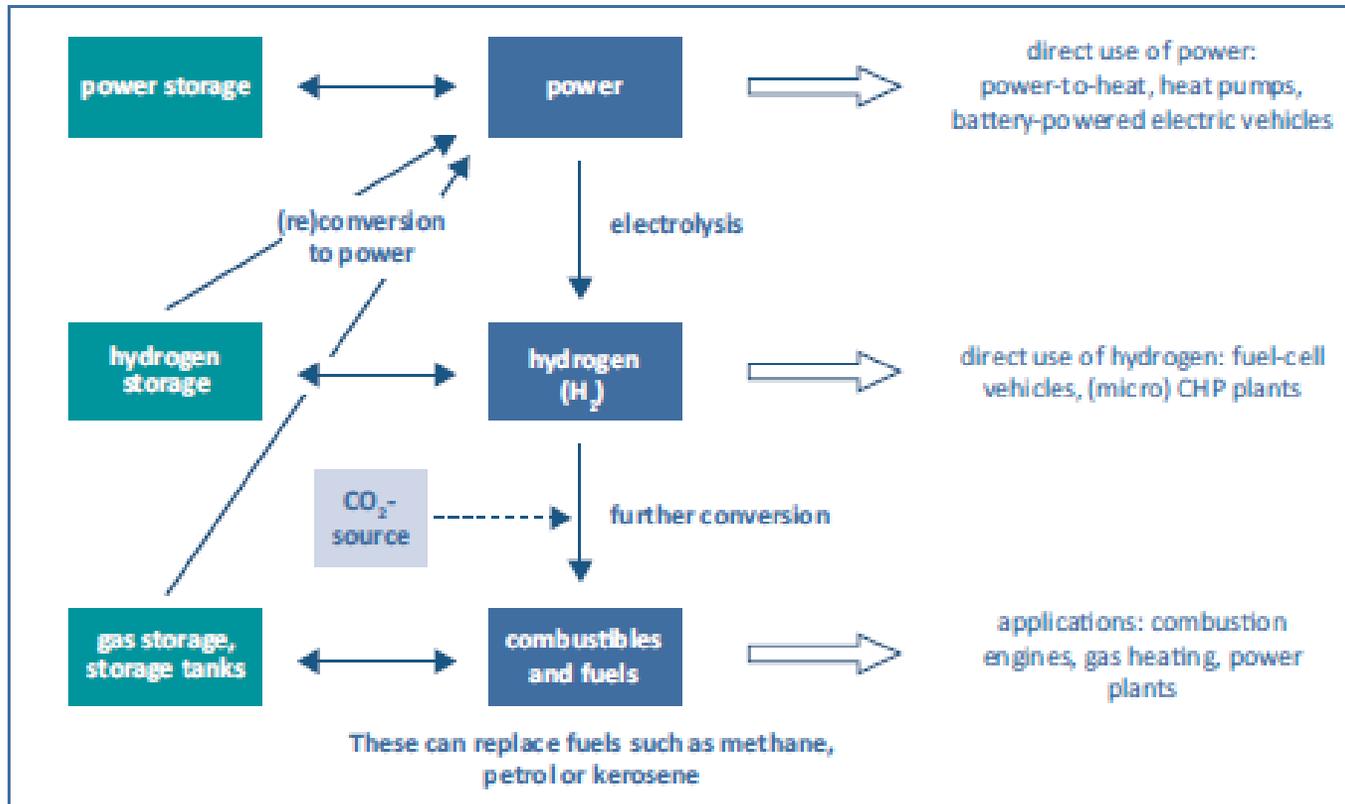
## 1,75°C-Szenario der IEA (Beyond 2DS)



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

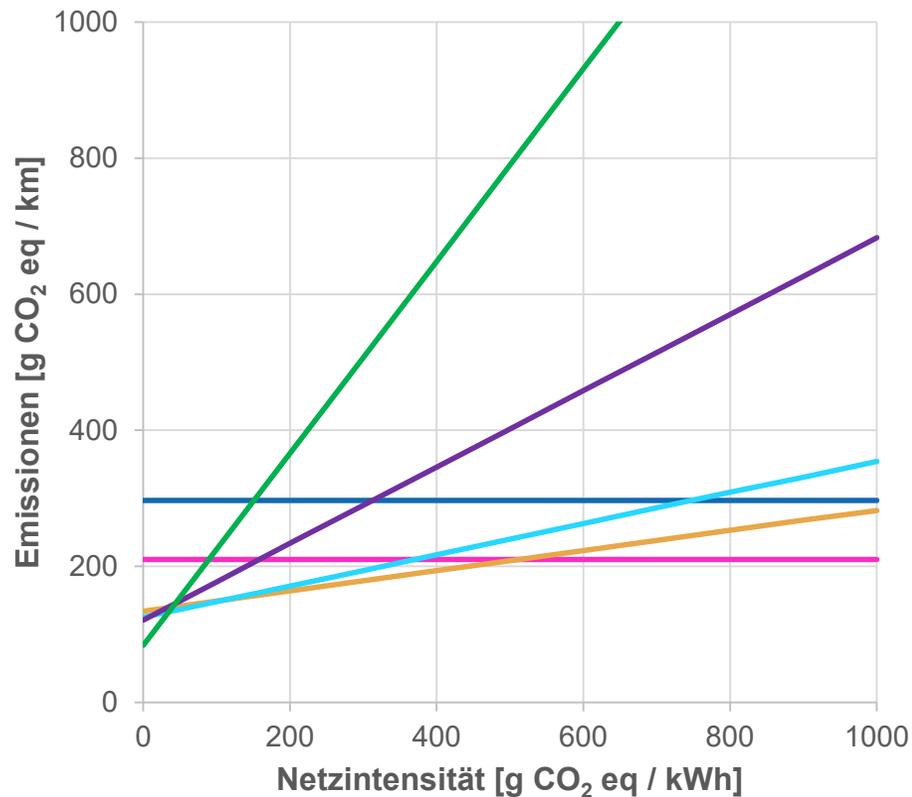
**C:  $\eta = (15-30)\%$**

**BUT: Total Costs are relevant**

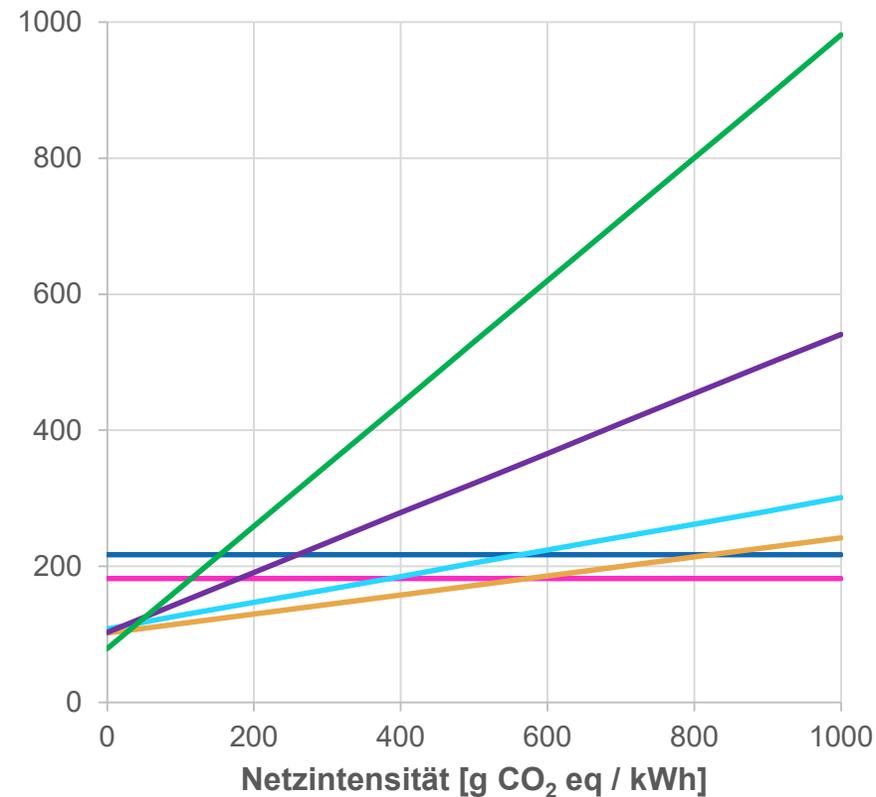
Source: acatech, Position Paper, August 2018

# Lebenszyklusemissionen und Potentiale verschiedener Antriebstechnologien

Stand 2017



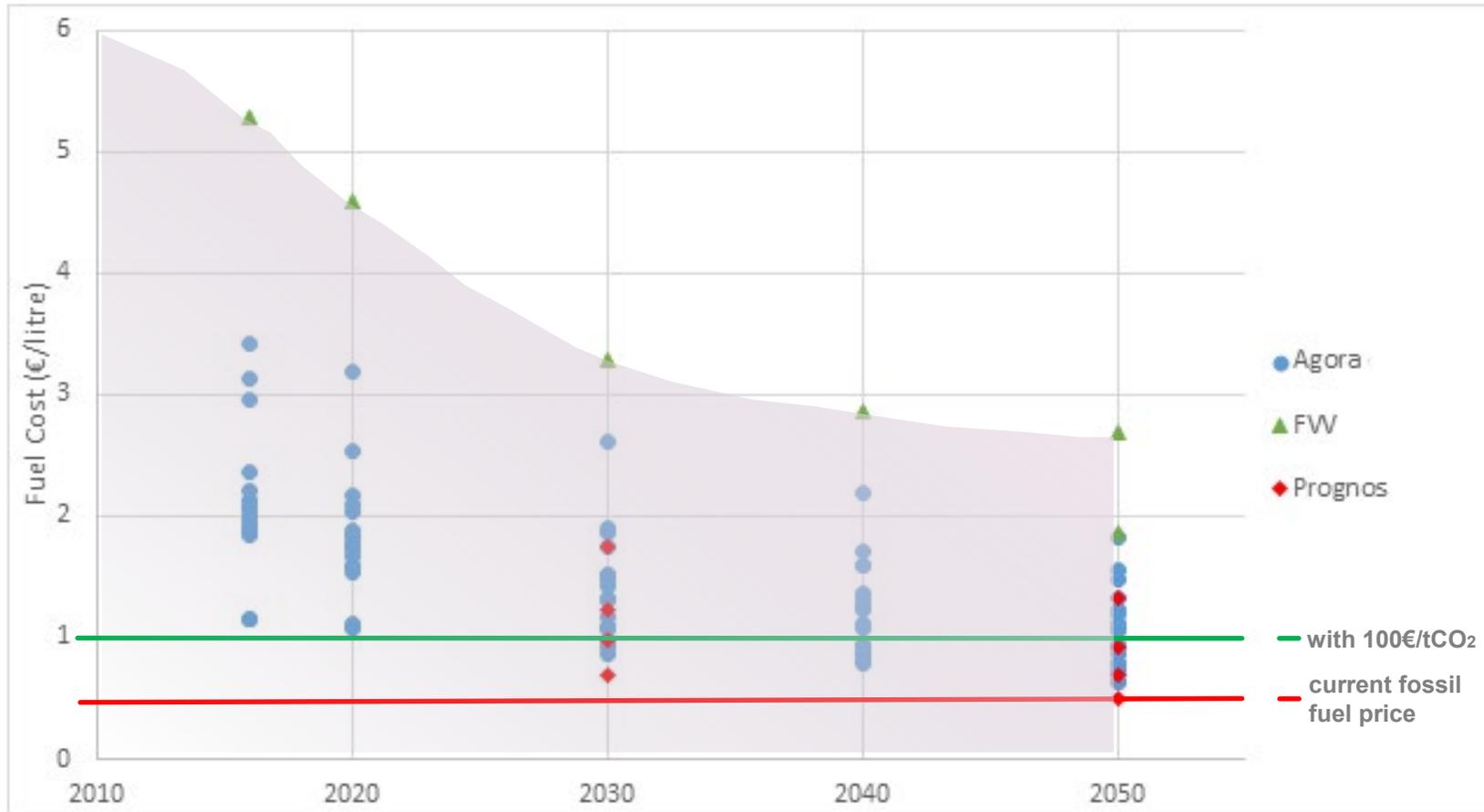
Projektion 2040



- 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 CO<sub>2</sub>-Ausstoss des Strassenverkehrs sich weltweit auf **5.5 GtCO<sub>2</sub>** pro Jahr beläuft?
- Wohingegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aller Kohlekraftwerke **11 GtCO<sub>2</sub>** pro Jahr betragen
- Der Ersatz aller Kohlekraftwerke durch Gaskombikraftwerke auf einen Schlag eine Verminderung um **6 GtCO<sub>2</sub>/Jahr** zu Kosten von **40-50 €/tCO<sub>2</sub>** bewirken würde?
- Zum Vergleich: Die Elektrifizierung des Verkehrs kostet zZt. mehrere **100-1000 €/tCO<sub>2</sub>**

# Elektrizitätsbedarf für die Dekarbonisierung des CH-Verkehrs

- Einfache Schätzungen zeigen, dass langfristig mindestens **40TWh CO<sub>2</sub>-»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 CO<sub>2</sub>-»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 **H<sub>2</sub> im Nutzfahrzeug als Beitrag zur Dekarbonisierung im Transportsektor**  
Dr. Philipp Dietrich, H<sub>2</sub> 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**