

# Netto-Null-konforme Massnahmenpakete in der Mobilität – Wer welchen Beitrag leisten muss



Tagung Dekarbonisierung Mobilität  
Bern, 15.09.2020

Dr. Peter de Haan    EBP, Partner; Leiter Bereich Ressourcen, Energie + Klima  
ETH Zürich, Dozent «Energy and Transport Futures» und  
MAS/CAS «Mobilität der Zukunft: Neue Geschäftsmodelle

# Nur 5 Schritte zur Dekarbonisierung der Mobilität...

---

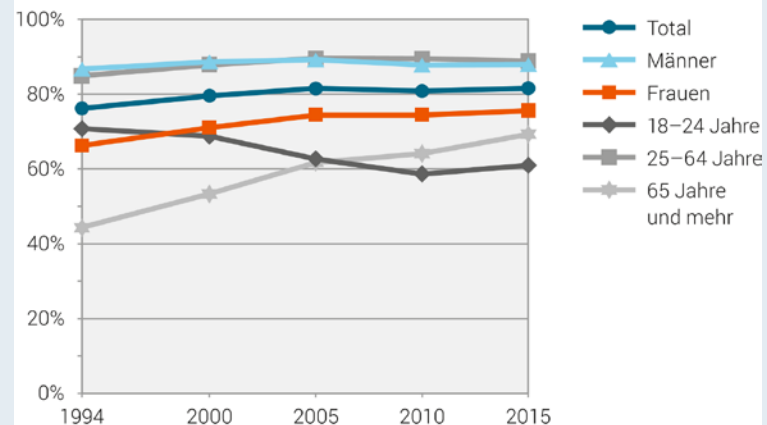
- 1. Klimaneutrale Mobilität: Technisch möglich, aber ambitiös**
  - Mobilität schneller dekarbonisierbar als die anderen Sektoren
  - Auch Offroad-Fahrzeuge und mobile Maschinen gehören dazu
- 2. Statt «low hanging fruits» neu die schwersten Brocken zuerst**
  - Jährliche Überprüfung der Zielkonformität der Massnahmen
  - Für ambitionöse Ziele braucht es starke Massnahmen
- 3. Starke Massnahmen müssen umfassend bewertet werden**
  - Wichtige Politikziele in Umwelt, Ressourcen, Raum und Verkehr
  - Wo möglich Synergien mit anderen Zielen nutzen
- 4. Elektromobilität als Standardtechnologie**
  - Elektromobilität = Ökostrom und netzfreundliches Ladeverhalten
  - Wasserstoff und Power-to-X als Teil der Lösung
- 5. Fazit**

# Mobilität heute: Menschen werden immer mobiler

- Führerausweisbesitz aller Alterskategorien höher als im 2010
- hohe Mobilität auch der über 80-Jährigen

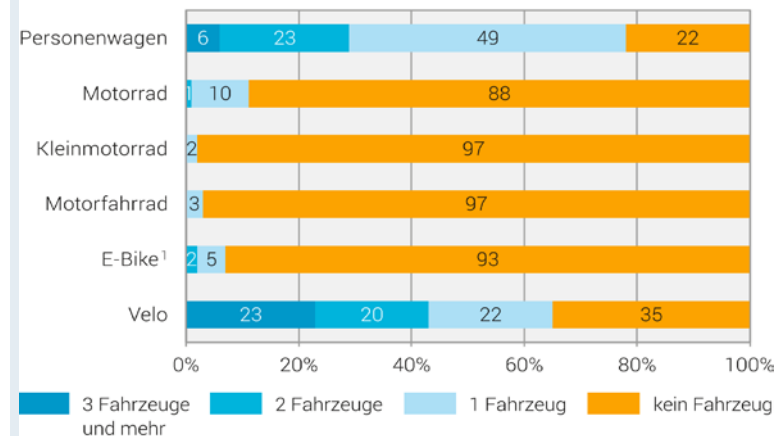
## Führerausweisbesitz nach Geschlecht und Alter, 1994–2015

in % der jeweiligen Bevölkerungsgruppe



- 60% der Autos in Mehr-Auto-Haushalten;
- Velobesitz sinkt: 35% der Haushalte velo-los;
- E-Bike-Besitz seit 2010 verdreifacht auf 7%

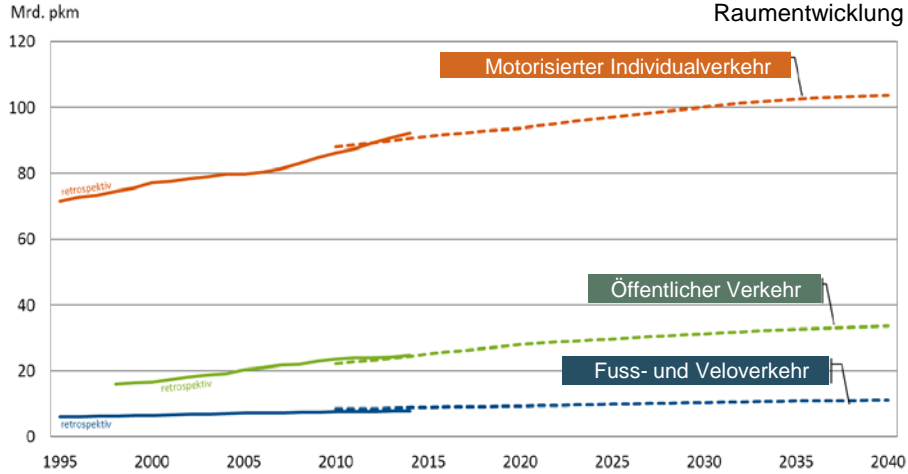
## Fahrzeugbesitz der Haushalte, 2015



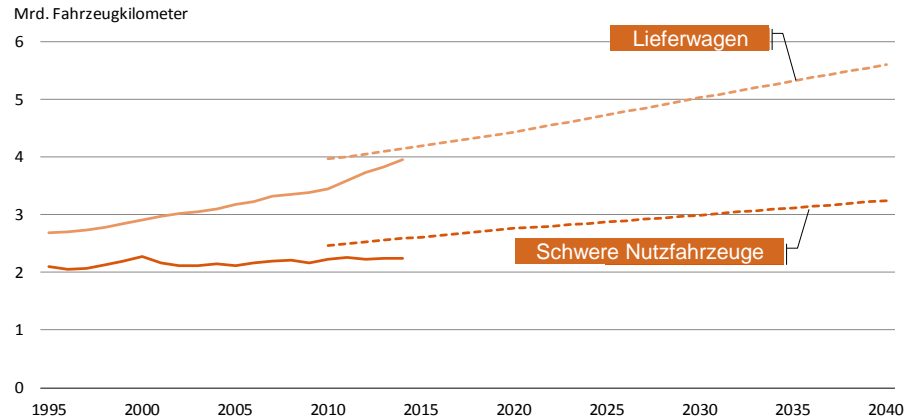
<sup>1</sup> Schnelle und langsame E-Bikes. Schnelle E-Bikes benötigen ein Motorfahrrad-Kontrollschild.

# Wachstum Personenkilometer bis 2040

Prognosen  
Bundesamt für  
Raumentwicklung



# Wachstum Güterverkehr bis 2040

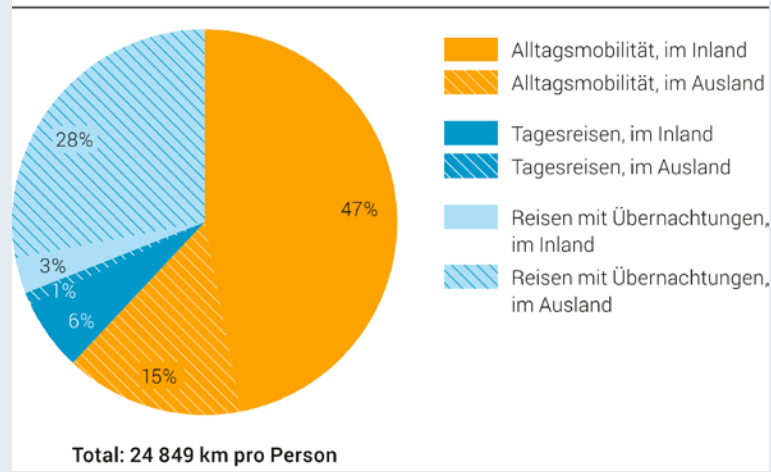


# Mobilität heute: Jahresmobilität im Inland und im Ausland

47% der Kilometer für Alltagsmobilität,  
53% für Reisen (im In- und Ausland)

## Mittlere Jahresmobilität nach Mobilitätsart, 2015

Distanzen im Inland und Ausland

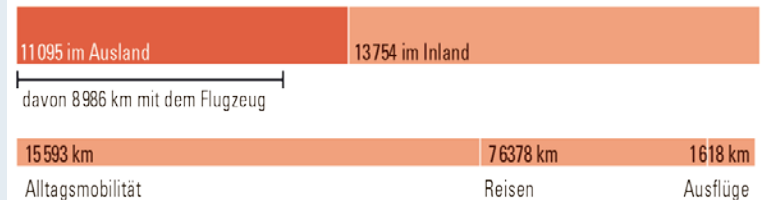


45% aller Personenkilometer im Ausland!  
36% Flugzeug-Kilometer

90,4 Minuten Tagesunterwegszeit pro Person

Freizeit	Arbeit	Einkauf	Übrige	Ausbildung
45,2 Minuten	17,3	13,2	9,3	5,5

24 849 Kilometer Jahresmobilität pro Person, im In- und Ausland



## Klimaneutrale Mobilität: Technisch möglich, aber ambitiös

---

- Bereits 27 Länder (und die EU) haben Netto-Null-Ziel bis 2050 oder gar 2040
- Bereits 16 Länder (und die EU) bei der UNFCCC längerfristige Klimastrategie eingereicht
- Schweiz möchte bis Ende 2020 ihre längerfristige Klimastrategie verabschieden und einreichen (Sektoren Mobilität, Gebäude, Industrie, Abfall, Landwirtschaft inklusive Landnutzung, Finanzmarkt), auf Grundlage der Energieperspektiven 2020 (Dez. 2020)

### **Klimaneutral = dekarbonisiert + Rest-Emissionen durch Negativemissionen kompensiert**

- Bioenergie (Holz, Biogas, Biotreibstoff) + Abfälle: Stark limitiert, werden sehr teuer werden
- «Gratisstrom»: Wird es nicht geben. Und alle Anlagen müssen amortisiert werden...
- Natürliche Senken: Limitiert! Auch günstige Carbon-Capture-Potenziale sind limitiert
- Ein komplexes Energie- und Emissionssystem, viele Technologien tragen 2% bis 4% bei

## Mobilität schneller dekarbonisierbar als die anderen Sektoren

---

- Sektoren Mobilität, Gebäude, Industrie, Abfall, Land-/Forstwirtschaft, Finanzmarkt
- Fahrzeuge sind standardisiert, einheitlicher reguliert, Sommer- = Winterbetrieb, und «leben» 10–15 Jahre (aber z.B. Feuerwehrwagen 20 Jahre!)
- Gebäude: 2.3 Millionen Einzelfälle mit 1.x Millionen Eigentümern, viel Winterenergie, «leben» 25 bis 50 Jahre, oft Teil-Renovation statt Ersatzneubau
  
- Netto null 2050 → **Sektor Mobilität** muss
  - zum allergrössten Teil bis **2040** dekarbonisiert sein
  - **ohne Bioenergie**-Inanspruchnahme (für Gebäudesektor benötigt...)
  - mit hoher Flexibilität + **Integration neue erneuerbare Energien** im Stromnetz

# Auch Offroad-Fahrzeuge und mobile Maschinen gehören dazu

---

- **Strasse:**
  - Personenwagen = 2/3 der Emissionen des Strassenverkehrs
  - Motorräder: Verbrenner gehören verboten (energetisch ineffizient, laut, Luftschadstoffe)
  - Busse: Gut elektrifizierbar (Flotten+Depots+Fahrpläne aktuell optimiert auf Diesel...)
  - Lieferwagen, Lastwagen + Müllwagen & Co.: Meistens elektrifizierbar (planbarer Einsatz), kurze Lebensdauer (bitte nicht nur nachts laden...)
- **Offroad** = Baumaschinen, Land-/Forstwirtschaft, Militär
- **Nonroad** = Generatoren, Rasenmäher, usw.
- **Schiene:** Dekarbonisierung auch aller Baumaschinen
- **Wasser:** Binnen-/Küstenschifffahrt mit Batterie, Rest mit H<sub>2</sub>, Power-to-Liquid, Biomasse
- **Luft:** Elektroflugzeuge für Kurzstrecken, Langstrecken mit H<sub>2</sub>, Power-to-Liquid, Biomasse

Analogie zur Luftreinhaltung seit 1985:  
Zuerst die PKW, dann gemerkt, wie  
wichtig die restlichen  
Fahrzeugkategorien werden...



## Welche Energie für den LKW von morgen?

- Bis 300 km/Tag: Batterie-elektrisch
- >300 km: Diesel-LKW hoch effizient; Dekarbonisierung nur zu vergleichsweise hohen Kosten (pro vermiedene Tonne CO<sub>2</sub>):
  1. Grosse Batterien (weniger Nutzlast...)
  2. Batterien nachladen (Starkstrom  $\geq 150$  kW)
  3. Trolley (Teilstrecken mit Oberleitung)  
(Standardisierung + Infrastruktur europaweit?)
  4. Biotreibstoffe (genug ökologisch produzierbar?)
  5. Synthetische Treibstoffe (gas/flüssig)  
(energetisch ineffizient; eher als Beimischung?)
  6. Brennstoffzelle mit Wasserstoff  
(energetisch ineffizient; Infrastruktur europaweit?)



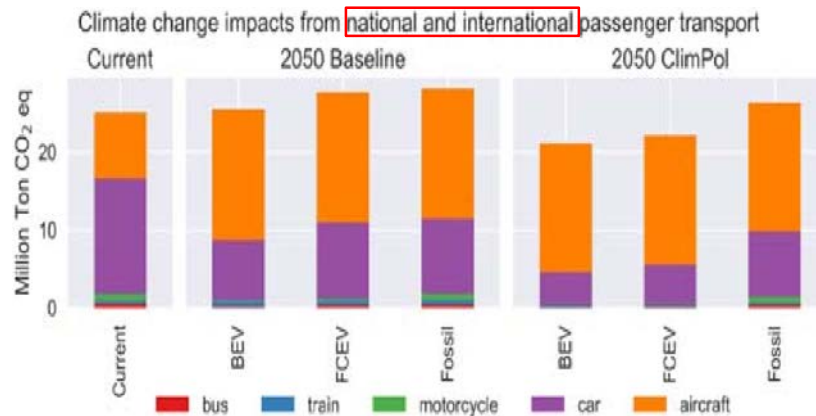
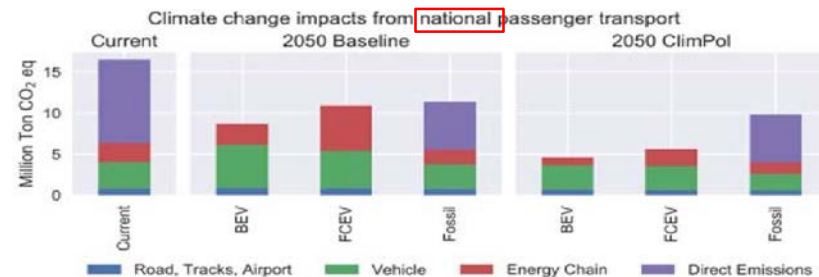
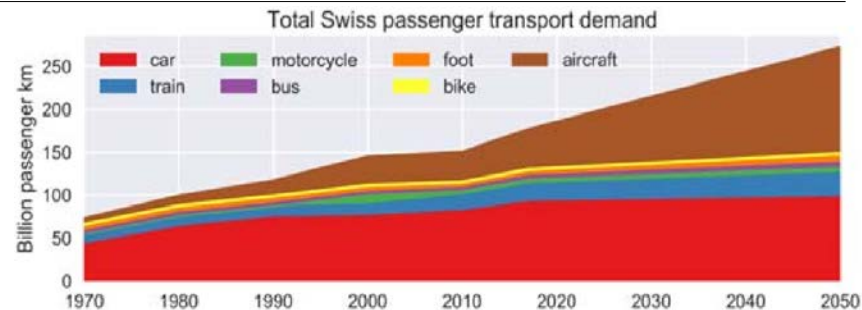
# CH: Zunahme Flüge überkompensiert CO<sub>2</sub>-Rückgang im Inland

Mobilität der CH-Einwohner:

- Rückgang CO<sub>2</sub> im Inland (CO<sub>2</sub>-Emissionsvorschriften; Verlagerung auf ÖV; Elektromobilität; usw.)
- Starke Zunahme CO<sub>2</sub> Flugverkehr

Unter Einbezug der Flugreisen wird

**CO<sub>2</sub> aus Verkehr im Basisszenario zunehmen**



# Inhaltsverzeichnis

---

1. Klimaneutrale Mobilität: Technisch möglich, aber ambitiös
  - Mobilität schneller dekarbonisierbar als die anderen Sektoren
  - Auch Offroad-Fahrzeuge und mobile Maschinen gehören dazu
2. Statt «low hanging fruits» neu die schwersten Brocken zuerst
  - Jährliche Überprüfung der Zielkonformität der Massnahmen
  - Für ambitionöse Ziele braucht es starke Massnahmen
3. Starke Massnahmen müssen umfassend bewertet werden
  - Wichtige Politikziele in Umwelt, Ressourcen, Raum und Verkehr
  - Wo möglich Synergien mit anderen Zielen nutzen
4. Elektromobilität als Standardtechnologie
  - Elektromobilität = Ökostrom und netzfreundliches Ladeverhalten
  - Wasserstoff und Power-to-X als Teil der Lösung
5. Fazit

# Statt «low hanging fruits» neu die schwersten Brocken zuerst

---

## – Alte Herangehensweise:

1. Lange Liste möglicher Massnahmen
2. Eliminierung von Massnahmen mit politischen Widerständen
3. Kosten-Nutzen-Analyse; Selektion der günstigsten Massnahmen
4. Zuerst die «low hanging fruits»; Schwieriges wird in die Zukunft verschoben
5. Nach 5 bis 7 Jahren Revision des Massnahmenplans

## – Neue Herangehensweise:

1. Festlegen des Ziels
2. Backcasting und Zielszenarien sowie zielkonforme Emissionspfade
3. Berücksichtigung der Lebensdauern von Fahrzeug+Energiesystem+Infrastruktur
4. Zuerst das zeitlich Dringende, nach Klärung benötigter Technologie für schwere Brocken
5. Massnahmenpaket muss zielkonform sein; jährliches Monitoring

# Jährliche Überprüfung der Zielkonformität der Massnahmen

---

## Was braucht es für die «schweren Brocken»?

- **Elektrifizierung der schwierigsten Buslinie:** Zusätzliche Fahrzeuge? Lademasten im Zentrum oder an Endhaltestellen? Anpassung des Fahrplans?
- **Elektrifizierung von Müllwagen:** Anpassung der Routen? Änderung der Ausschreibungsbedingungen? Müsste bei Anbieterwechsel Fahrzeuge + Personal + Ladeinfrastruktur übernommen werden?
  
- 8 Jahre, bis ein neues Bus-Depot steht...
- 20 Jahre, bis ein Zulieferer seinen Maschinenpark umgestellt hat...
- Jährliche Überprüfung, ob man noch auf zielkonformem Kurs ist

## Für ambitionöse Ziele braucht es starke Massnahmen

---

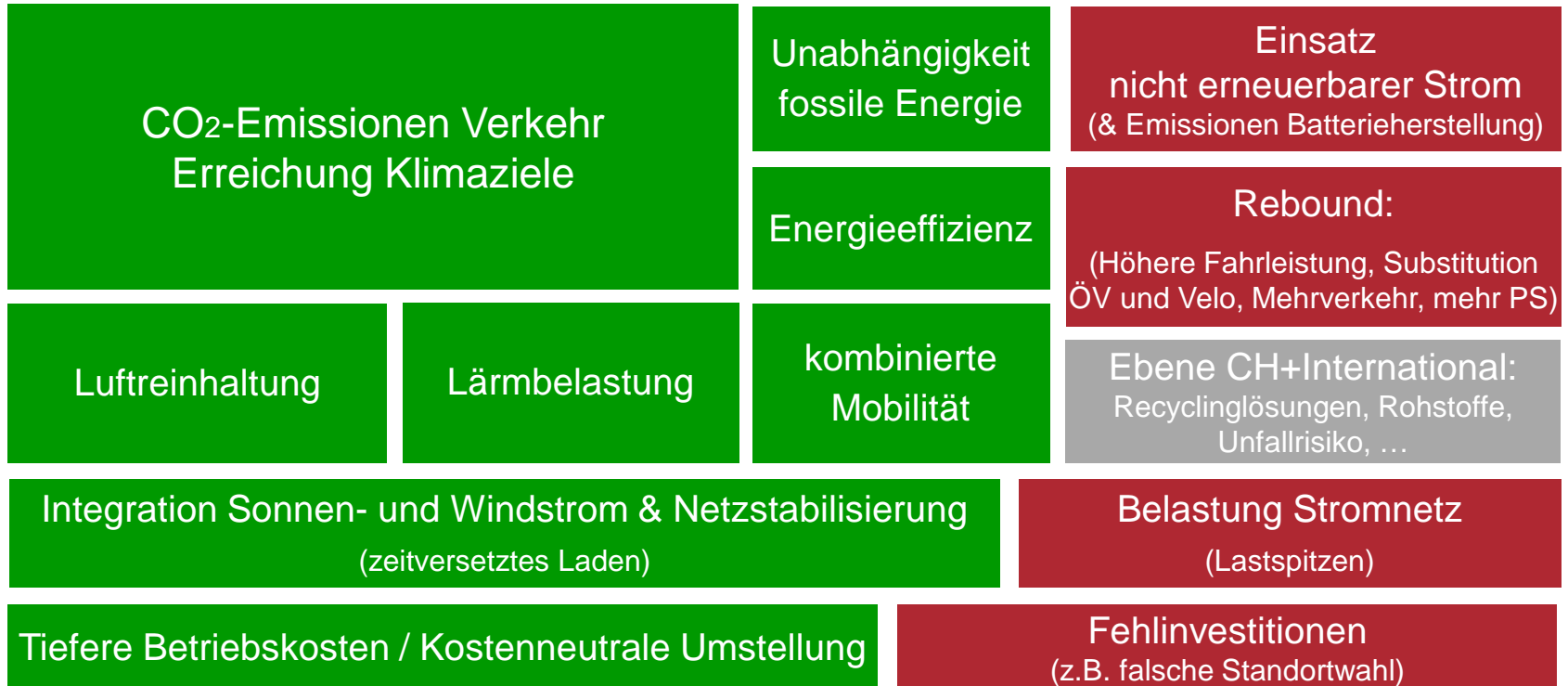
- **Starke Massnahmen ändern das System (Technologie-Anbieter, Geschäftsmodelle, Konsumverhalten)**
- **Starke Massnahmen haben starke Nebenwirkungen**
  - > diese können positiv sein
  - > können negativ oder allgemein sozial regressiv sein

# Inhaltsverzeichnis

---

1. Klimaneutrale Mobilität: Technisch möglich, aber ambitiös
  - Mobilität schneller dekarbonisierbar als die anderen Sektoren
  - Auch Offroad-Fahrzeuge und mobile Maschinen gehören dazu
2. Statt «low hanging fruits» neu die schwersten Brocken zuerst
  - Jährliche Überprüfung der Zielkonformität der Massnahmen
  - Für ambitionöse Ziele braucht es starke Massnahmen
3. Starke Massnahmen müssen umfassend bewertet werden
  - Wichtige Politikziele in Umwelt, Ressourcen, Raum und Verkehr
  - Wo möglich Synergien mit anderen Zielen nutzen
4. Elektromobilität als Standardtechnologie
  - Elektromobilität = Ökostrom und netzfreundliches Ladeverhalten
  - Wasserstoff und Power-to-X als Teil der Lösung
5. Fazit

# Elektromobilität: Synergien nutzen, Zielkonflikte beachten





## Ist Strom ökologischer als Benzin, oder doch nicht?

Ökobilanz Treibhausgas-Emissionen hängt vom verwendeten Strom ab:

- CH-Ökostrom: Einsparung 80%
- CH-Produktionsmix: Einsparung 70%
- **EU-Verbrauchsmix: Einsparung 50%**
- Sogar mit 100% Kohlestrom (gar nicht erhältlich!): vergleichbare Emissionen

Der Strom wird EU-weit immer «grüner»...

Kleinere Batterien und hohe Fahrleistungen verbessern die Ökobilanz.

*Gelegentliches Schnell-Laden viel besser als übergrosse Batterie rumschleppen...*

<http://calculator.psi.ch/>



Hoher Leistungsbedarf + geringe Einsatzdauer  
> schlechtere Bilanz von Batterie-Lösungen  
(z.B. Zusatzheizung Elektrobusse im Winter)

# Synergien mit anderen Zielen nutzen → Fehlanreize abbauen

## Gebäude + Strasse

2020

2035 –2050

CO <sub>2</sub> - Abgabe Brennstoffe: 96 bis 120 CHF/t	Emissions- vorschriften
	Kompensa- tionspflicht
	Mineralöl- steuer

300–600  
CHF / t CO<sub>2</sub>  
→ je mehr  
Synergien, desto  
kostengünstiger;  
«toxisch», falls noch  
Zielkonflikte  
vorhanden

## Fehlanreize abbauen: Auch für Netto-Null- Mobilität wichtig!

- Wichtig, um hohe Preissignale zu vermeiden
- Bei Förderung von Elektromobilität keine neuen Fehlanreize einführen!



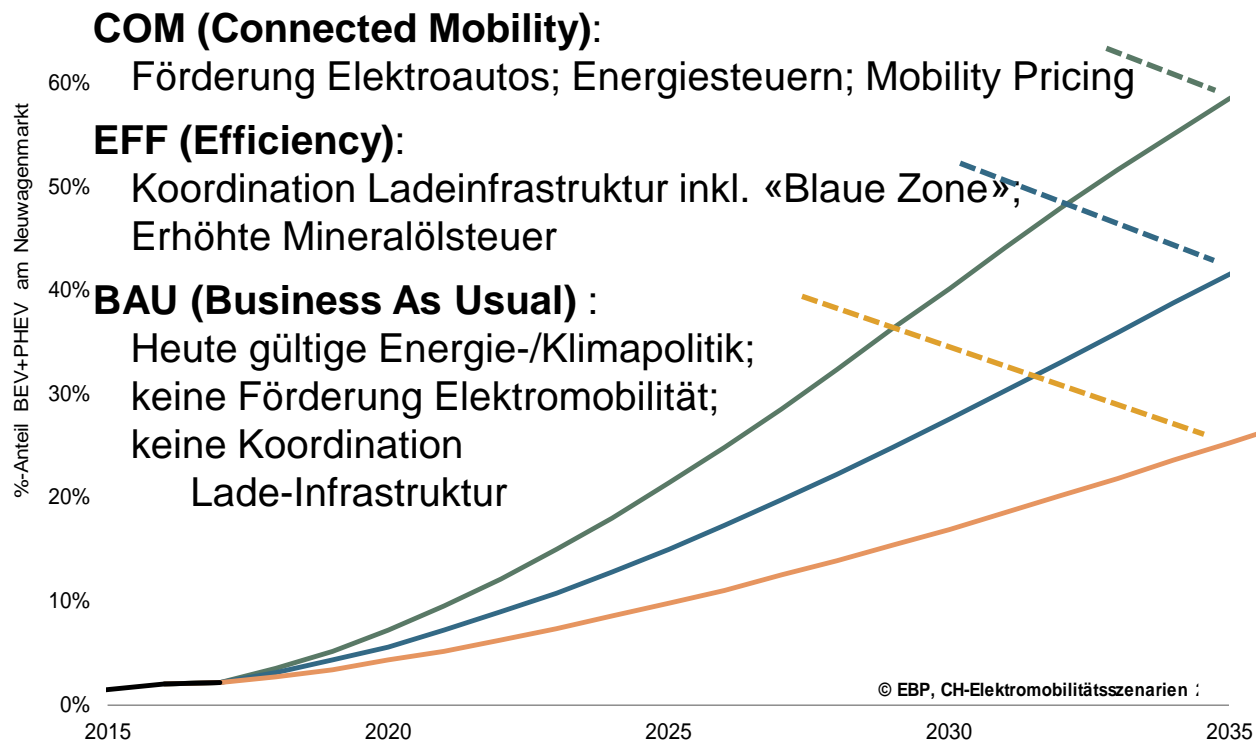
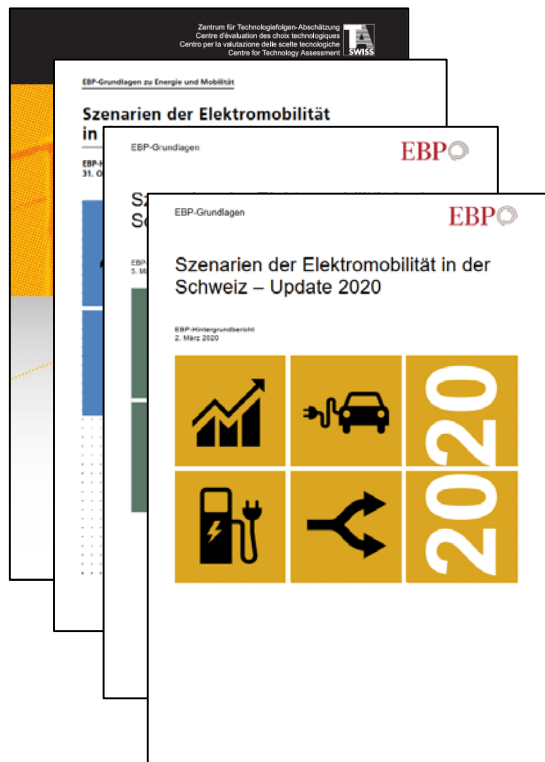
# Inhaltsverzeichnis

---

1. Klimaneutrale Mobilität: Technisch möglich, aber ambitiös
  - Mobilität schneller dekarbonisierbar als die anderen Sektoren
  - Auch Offroad-Fahrzeuge und mobile Maschinen gehören dazu
2. Statt «low hanging fruits» neu die schwersten Brocken zuerst
  - Jährliche Überprüfung der Zielkonformität der Massnahmen
  - Für ambitionöse Ziele braucht es starke Massnahmen
3. Starke Massnahmen müssen umfassend bewertet werden
  - Wichtige Politikziele in Umwelt, Ressourcen, Raum und Verkehr
  - Wo möglich Synergien mit anderen Zielen nutzen
4. Elektromobilität als Standardtechnologie
  - Elektromobilität = Ökostrom und netzfreundliches Ladeverhalten
  - Wasserstoff und Power-to-X als Teil der Lösung
5. Fazit

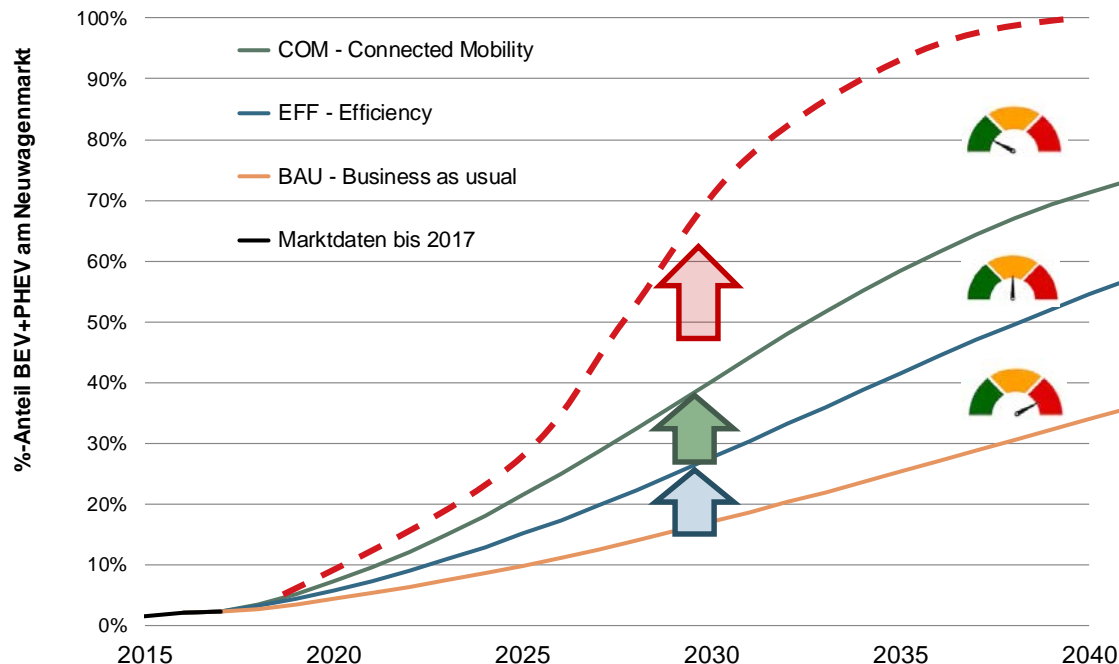


# Szenarien Elektromobilität 2020 als Leitplanken



# Elektromobilität: BESSER/integriert, dann SCHNELLER/mehr

© EBP, CH-Elektromobilitätsszenarien



«netto null» Emissionen /  
Pariser Klimaabkommen:  
Weitere Massnahmen wie  
Zulassungsverbot Benzin/Diesel +  
später Fahrverbot Benzin/Diesel

**2. PAKET: SCHNELLER/mehr**  
Beitrag Kanton/Gemeinde zur  
Erreichung der Klima-/Energiepolitik-  
Ziele

**1. PAKET: BESSER/integriert**  
Kanton/Gemeinde bereitet der  
Elektromobilität eine Basis und  
integriert sie in andere  
Handlungsfelder

FAHRZEUGE				ENERGIE – INTEGRATION INS STROMSYSTEM			
Motorisierter Individualverkehr (MIV)	Geschäftlicher Verkehr (GV) (Güter, Gewerbe, Kommunal- und Firmenfahrzeuge)	Öffentlicher Verkehr (ÖV)	Multimodaler Verkehr	Ladeinfrastruktur	Stromqualität	Erhöhter Strombedarf	Netzintegration E-Mobilität
Kaufanreize PKW	Lieferwagen	E-Busse	E-Car-Sharing	Ladebedarf	Einsatz Ökostrom	Strategie und Planung	Netzfremdlichkeit/

4 Handlungsfelder zu Fahrzeugen, 4 zu Stromsystem

➔ überall aktiv werden; **alle** Massnahmen führen zu **besserer** Elektromobilität, **einige** auch zu **schnellerer** Elektrifizierung

- > Technologieneutrale (elektrofreundliche...) Ausschreibungen+Standards
  - > Förderung Langsamladen und Laden tagsüber
  - > Bauvorschriften und Rechte von Parkplatz-Mietern
- > Vorschriften Stromqualität inkl. Anteile neue erneuerbare Energien
  - > Förderung eines nachhaltigen Mobilitätsverhaltens

# Kommt später auch noch Wasserstoff als Treibstoff?

## VORTEILE Wasserstoff

- Hohe Energiedichte
- Besser speicherbar als Strom (aber schlechter als Diesel)
- Betankbar in wenigen Minuten
- Kann aus Öko-Strom hergestellt werden
- Abgas = Wasser



## NACHTEILE Wasserstoff

- Komplexe Tank-Infrastruktur + Logistik
- Schlechter energetischer Wirkungsgrad

How far can you drive with 10 kilowatthours of energy?

losses from energy production and delivery included (well-to-wheel)

13 km



hydrogen car (Honda FCX)

17 km



combustion engine car (VW Jetta Diesel)

20 km



hybrid car (Toyota Prius)

41 km



electric car (Tesla Roadster)

- PV-Strom ab 2040 in relevanter Menge
- **Power-to-Methan/-Liquid:** Noch mehr Aufwand und Investitionsunsicherheit für einen schlechteren Energieträger



## Fazit

---

- Politikinstrumente/-massnahmen für Netto-Null-Schweiz noch **nicht** vorhanden
- **Bestehende Instrumente deutlich stärker** auslegen (z.B. öff. Beschaffung)
- **Schlüsselrolle der Städte:** Bevölkerung soll Verhalten nicht erst unter hohen Preissignalen ändern (ermöglichen+überzeugen)
- Städte müssen Instrumente «innovativ» einsetzen für indirekte Wirkungen
- Kompliziertere Welt : Fahrzeug-/Mobilitäts-System + Energie-System, für alle Akteure
- Elektromobilität kommt sowieso, aber nur bei rechtzeitigem Handeln kommt sie gut, vor allem zur Unterstützung anderer Politikziele

# Kontakt

---



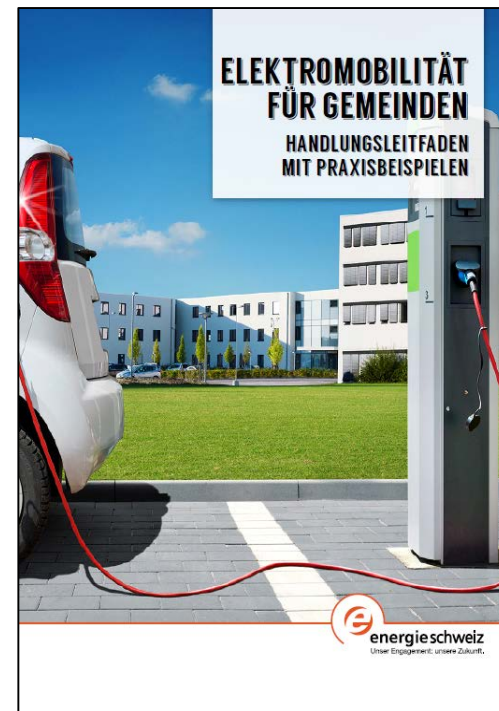
Dr. Peter de Haan  
Leiter Gruppe Ressourcen, Energie + Klima  
Dozent ETH Zürich «Energy + Transport Futures» sowie  
«Mobilität der Zukunft: Neue Geschäftsmodelle»

Zollikerstrasse 65  
8702 Zollikon  
Switzerland

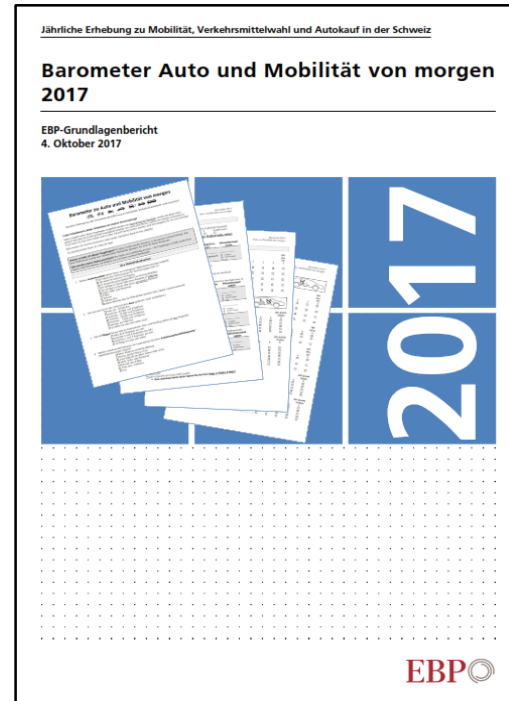
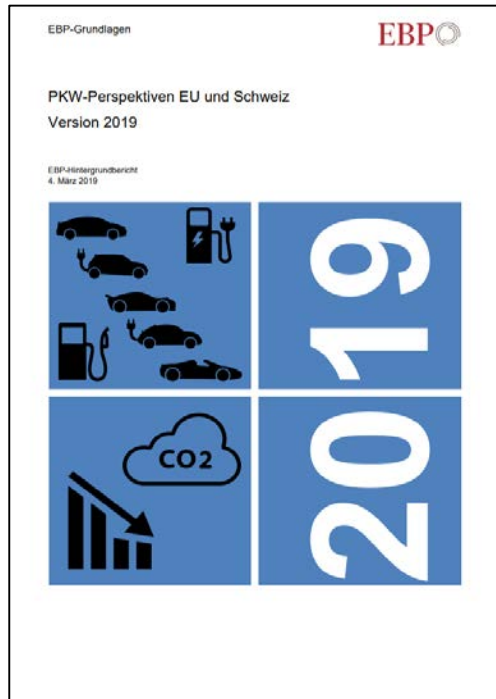
Direktwahl +41 44 395 11 14  
[peter.dehaan@ebp.ch](mailto:peter.dehaan@ebp.ch)  
[www.ebp.ch](http://www.ebp.ch)



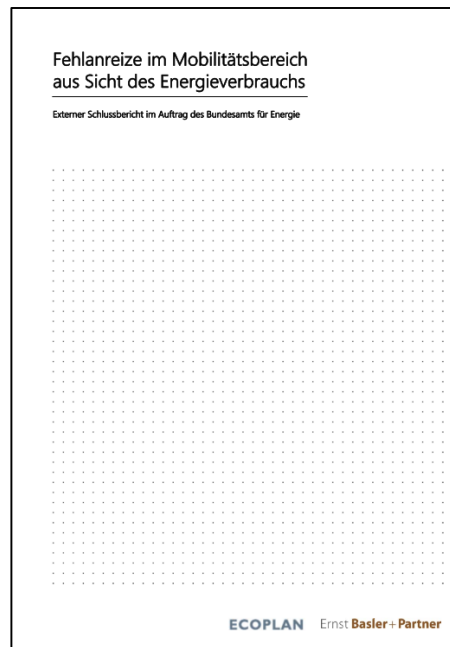
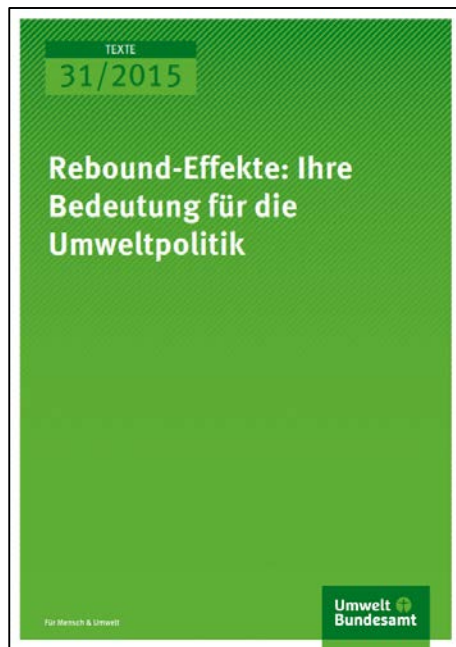
# Verfügbare Studien Elektromobilität



# Verfügbare Studien automatisierte Fahrzeuge



# Verfügbare Studien Rebound-Effekte und Fehlanreize





# Verfügbare Studien automatisierte Fahrzeuge

[Download-Link \(108 Seiten, 3.4 MB\)](#)

BaslerFonds, Schweizerischer Städteverband und weitere Partner

**EBP**

## Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz

Schlussbericht Grundlagenanalyse (Phase A)  
Definitive Fassung vom 24.10.2017



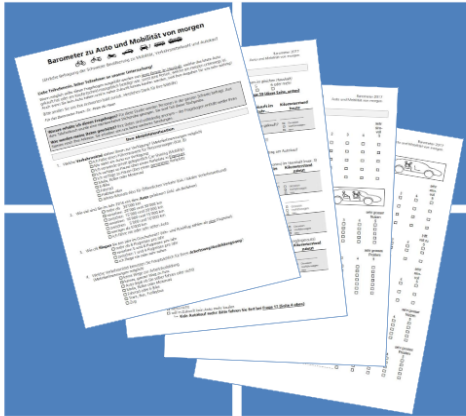
[Download-Link \(21 Seiten, 1.1 MB\)](#)

asut - Schweizerischer Verband der Telekommunikation

**EBP**

## Automatisierte und voll-autonome Fahrzeuge: Akzeptanz verschiedener Anwendungen in der Bevölkerung

Kurzbericht, Entwurfsfassung  
17. November 2017



BaslerFonds, Schweizerischer Städteverband und weitere Partner

**EBP**

## Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz

Schlussbericht Modul 3e «Ressourcen, Umwelt, Klima»  
Definitive Fassung vom 9. April 2018

