

VCS Verkehrs-Club der Schweiz

# Szenarien fossilfreier Verkehr - Zusammenfassung

Schlussbericht  
Zürich, 29. Oktober 2020

Daniel Sutter, Hans-Jörg Althaus, Brian Cox, Lutz Ickert

## Impressum

### Szenarien fossilfreier Verkehr - Zusammenfassung

Schlussbericht

Zürich, 29. Oktober 2020

#### **Auftraggeber**

VCS Verkehrs-Club der Schweiz

Aarberggasse 61, Postfach, 3001 Bern

#### **Projektleitung**

Stéphanie Penher, VCS

#### **Autorinnen und Autoren**

Daniel Sutter, Hans-Jörg Althaus, Brian Cox, Lutz Ickert

INFRAS, Binzstrasse 23, 8045 Zürich

Tel. +41 44 205 95 95

info@infras.ch

#### **Begleitgruppe**

Stéphanie Penher, VCS Zentralsekretariat

Anders Gautschi, VCS Zentralsekretariat

Martin Winder, VCS Zentralsekretariat

Ruedi Blumer, VCS Zentralvorstand

Gabi Petri, VCS Zentralvorstand

Raphael Fuhrer, VCS Zentralvorstand

## Zusammenfassung

### Ausgangslage, Ziele und Vorgehen

Der Verkehr verursacht in der Schweiz knapp  $\frac{1}{3}$  der gesamten Treibhausgasemissionen. Um die klimapolitischen Ziele zu erreichen ist der Verkehrssektor stark gefordert. Das Ziel des Bundesrats, Netto-Null bis 2050, kann nur erreicht werden, wenn der Verkehr weitestgehend oder ganz fossilfrei wird.

*Ziel* der vorliegenden Studie ist es deshalb, aufzuzeigen, wie der Landverkehr in der Schweiz fossilfrei werden kann, das heisst wie der Verkehr dann aussehen und wie der Weg dorthin erfolgen könnte. Dazu sollen verschiedene Szenarien definiert und deren Wirkungen analysiert werden. Zudem soll dargestellt werden, mit welchen konkreten Massnahmenpaketen die Ziele erreicht werden können. Die Studie zeigt keine Prognosen auf, sondern skizziert mögliche Szenarien: «Wenn die Mobilität in der Schweiz bis 20X0 fossilfrei werden soll, bräuchte es dazu die Massnahmen xy».

Die vorliegende Arbeit erfolgt modellbasiert. Berücksichtigt werden verkehrliche Wirkungen (Verkehrsnachfrage), Wirkungen auf die Fahrzeugflotte und Treibstoffe (Antriebstechnologie, Energiebedarf) und schliesslich auf den Energiebedarf und die Treibhausgasemissionen.

Der Fokus der Studie liegt auf dem Strassen- und Schienenverkehr in der Schweiz. Der Luftverkehr sowie Schiffsverkehr werden nicht betrachtet. Untersucht werden der Personen- und der Güterverkehr. Der Schwerpunkt der Analyse liegt auf der Betriebsphase. Die Energiebereitstellung wird im Rahmen einer Vertiefungsanalyse zur Energieverfügbarkeit betrachtet.

### Szenarien

Um die Treibhausgasemissionen im Verkehr im notwendigen Ausmass zu verringern und das Ziel eines fossilfreien Verkehrs zu erreichen, stehen folgende Stossrichtungen im Vordergrund:

#### *a. Beeinflussung der Verkehrsnachfrage:*

- Verringerung der Verkehrsnachfrage: Verkehrsvermeidung (weniger Fahrten, Tonnage), Verkürzung der Wege, Erhöhung der Auslastung der Fahrzeuge.
- Modale Verlagerung auf Verkehrsträger, die fossilärmer (fossilfrei) und klimaschonender sind (also v.a. vom MIV zum Fuss-, Veloverkehr oder ÖV).

#### *b. Technologische Verbesserungen:*

- Einsatz klimaschonenderer Technologien (bzw. fossilfreier Energieträger): Shift von Benzin/Diesel zu Elektroantrieben oder Gas; Shift von fossilen Treibstoffen zu biogenen oder synthetischen Treibstoffen (PtX).
- Erhöhung der Effizienz: Elektrifizierung (Hybride oder Elektrofahrzeuge), Reduktion der Masse, Optimierung von Motoren, Getriebe oder Fahrwiderstand.

Für die Ausarbeitung der Szenarien wird an allen genannten Punkten angesetzt und es werden entsprechende Massnahmen definiert. Folgende Tabelle zeigt die analysierten Szenarien. Es handelt sich um *Zielszenarien*, das heisst die Szenarien sind so ausgearbeitet, dass mit ihnen das Ziel eines fossilfreien Verkehrs bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erreicht werden kann.

Szenario-Name	Grundidee
<b>Referenz</b>	Referenzszenario, basierend auf den aktuellsten Verkehrsperspektiven des Bundes (ARE 2016) sowie den neusten Flottenentwicklungsprognosen aus dem Handbuch Emissionsfaktoren, HBEFA (INFRAS 2020a).
<b>Fossilfrei 2050</b>	<i>Basisszenario</i> , basierend auf einem Set an technisch realisierbaren Massnahmen (die kriterienbasiert ausgewählt wurden) zur Erreichung der Fossilfreiheit bis 2050.
<b>Fossilfrei 2040, PtL</b>	Basiert auf Eckpunkten des Basisszenarios Fossilfrei 2050, aber ergänzt mit Umsetzung einer <i>umfassenden PtL-Strategie</i> zur Erreichung der Fossilfreiheit bis 2040.
<b>Fossilfrei 2040, Shift</b>	Ergänzend zum Basisszenario wird ein <i>zusätzlicher Shift zur Nutzung alternativer Antriebe</i> hinterlegt, sodass Verbrennungsmotoren weniger und strombetriebene (v.a. batterieelektrische) Fahrzeuge entsprechend mehr genutzt werden.
<b>Fossilfrei 2040, MIV minimal</b>	Ergänzend zum Basisszenario wird hier eine zusätzliche, <i>sehr hohe Reduktion der Verkehrsnachfrage</i> unterstellt. Dabei wird versucht, bei der Nachfragereduktion (v.a. MIV) und der modalen Verlagerung ans Maximum zu gehen. Zusätzlich wird ein maximaler Shift zur Nutzung alternativer Antriebe hinterlegt.
<b>Fossilfrei 2030, MIV minimal</b>	Dieses Szenario ist grundsätzlich identisch wie «Fossilfrei 2040, MIV minimal», d.h. basiert auch auf der gleichen, maximalen <i>Nachfragereduktion</i> . Zusätzlich wird, zur Erreichung der Fossilfreiheit 2030, bereits kurzfristig eine <i>massive PtL-Strategie</i> , verfolgt.

## Ergebnisse

### Verkehrsnachfrage

Im Referenzszenario nimmt die gesamte Verkehrsleistung zwischen 2018 und 2050 im Personenverkehr um 18%, im Güterverkehr um 33% zu. Diese Annahmen basieren auf den aktuellsten verfügbaren Verkehrsperspektiven des Bundes (ARE 2016) und stützen sich auf eine mittlere Bevölkerungsentwicklung gemäss BFS-Prognosen (ca. +20% von 2020 bis 2050).

Im **Basisszenario**, das auf grundsätzlich technisch umsetzbaren Massnahmen basiert, ergibt sich eine Reduktion der gesamten Verkehrsnachfrage bis 2050 (vgl. mit 2018) um rund 2% im Personenverkehr (trotz rund 20% Bevölkerungswachstum). Folglich nimmt die Verkehrsnachfrage pro Kopf deutlich ab. Im Güterverkehr wird auch in diesem Szenario mit einer Zunahme gerechnet, allerdings nur noch um gut 20% bis 2050 gegenüber 2018 (statt +33% in der Referenz).

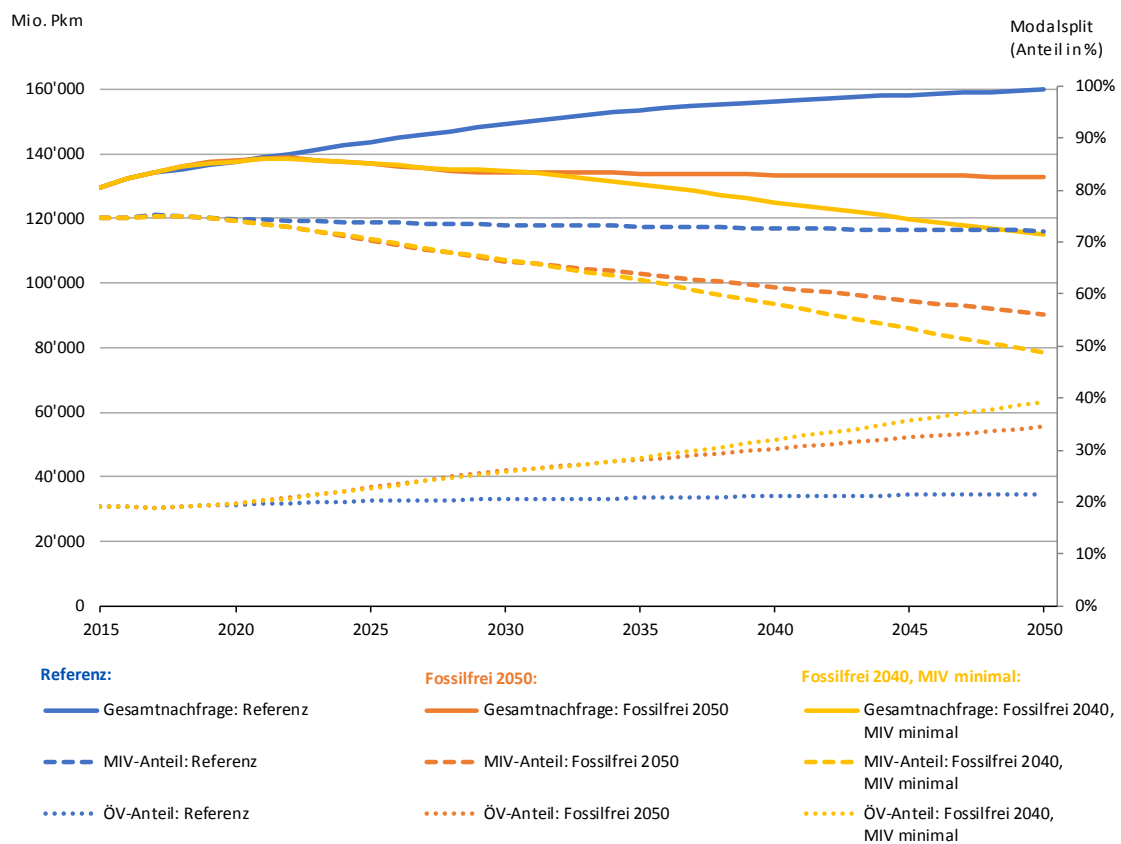
Eine erhebliche Verschiebung ergibt sich jedoch zwischen den verschiedenen Verkehrsmodi. Im **Basisszenario «Fossilfrei 2050»** reduziert sich die Nachfrage (pkm) im MIV von 2018 bis 2050 um 27%. Auf der anderen Seite steigt die Nachfrage im ÖV (Schiene und Strasse) im

gleichen Zeitraum um 77% und im Fuss- und Veloverkehr (inkl. E-Bikes) um 48%. Folglich verschieben sich die Modalsplitanteile sehr stark. Der ÖV-Anteil am (trimodalen) Modalsplit im motorisierten Verkehr steigt demnach von 19% im Jahr 2018 auf knapp 35% bis 2050.

Bei den beiden Szenarien «Fossilfrei 2040, PtL» und «Fossilfrei 2040, Shift» ist die gleiche Verkehrsnachfrage wie im Basisszenario «Fossilfrei 2050» hinterlegt.

#### Abbildung 1: Entwicklung Verkehrsleistung (pkm) und Modalsplit im Personenverkehr je Szenario

Die Sekundärachse zeigt die Entwicklung des Modalsplits (Anteil MIV und ÖV, trimodal)



Grafik INFRAS. eigene Berechnungen.

Für das Szenario «**Fossilfrei 2040, MIV minimal**» (und dann auch für das Szenario «Fossilfrei 2030, MIV minimal») wurde ein Szenario mit einer weiteren, maximalen zusätzlichen Verringerung der Verkehrsnachfrage im Personenverkehr skizziert – im Sinne eines Minimalszenarios. Dazu wären jedoch sehr substanzielle Massnahmen notwendig, insbesondere zur Reduktion des MIV. Die Gesamtnachfrage im motorisierten Personenverkehr würde demnach bis 2050 um 15% zurückgehen (Verkehrsleistung vgl. mit 2018). Insbesondere der MIV würde massiv reduziert, um 45% bis 2050. Die Nachfrage im ÖV dagegen würde um 75% und im Fuss- und Veloverkehr um 69% steigen.

Auch im Güterverkehr ergibt sich in allen «Fossilfrei»-Szenarien ein Modalshift von der Strasse zur Schiene. Die Verkehrsleistung (tkm) auf der Strasse nimmt von 2018 bis 2050 um 12% zu, verglichen mit +29% im Referenzszenario. Der Schienengüterverkehr dagegen nimmt in der gleichen Zeit um 37% zu. Folglich steigt der Modalsplit im Basisszenario von 38% auf 43%.

#### *Energiebedarf fossil und Treibhausgasemissionen*

Die geforderte Reduktion der fossilen Treibstoffe wird erreicht durch eine Reduktion der Fahrleistung auf der Strasse, durch eine Elektrifizierung der Flotte, durch eine Verschiebung der Fahrleistungsanteile von Diesel- und Benzinfahrzeugen zu alternativ angetriebenen Fahrzeugen und, als ultima ratio, durch den Einsatz synthetischer Treibstoffe (PtL).

Der gesamte Energiebedarf des Verkehrs nimmt in allen «Fossilfrei»-Szenarien deutlich ab, was einerseits durch die Reduktion der Fahrleistungen und andererseits durch die effizientere Flotte bedingt ist. Der Effekt ist bis 2030 in allen «Fossilfrei»-Szenarien und Varianten ähnlich, da die Steuer- und die Reaktionsmöglichkeiten in dieser kurzen Zeit beschränkt sind und schon im Basisszenario weitestgehend ausgeschöpft werden. Die wichtigsten Ergebnisse zum Energiebedarf:

- **Fossilfrei 2050:** Reduktion des fossilen Treibstoffverbrauchs um ca. 40% bis 2030 und um ca. 60% von 2030 bis 2040. Verdoppelung des direkten Strombedarfs des Verkehrs bis 2030 und weitere Verdoppelung bis 2050. Nachfrage nach Wasserstoff steigt langsam bis 2050 auf etwa den doppelten Wert des Referenzszenarios. Relativ geringe Menge an PtL ab 2050.
- **Fossilfrei 2040, PtL:** Entwicklung wie «Fossilfrei 2050» aber im Jahr 2040 keine fossilen Treibstoffe mehr dafür grosse Mengen PtL, danach Abnahme der PtL bis 2050 um 75%.
- **Fossilfrei 2040, Shift:** Wie «Fossilfrei 2040 PtL», aber direkter Strombedarf steigt nach 2030 schneller und 2050 auf einen höheren Wert. Auch Wasserstoffbedarf steigt etwas höher. Dafür liegt die Nachfrage nach PtL in 2040 bei ca.  $\frac{2}{3}$  des Wertes von «Fossilfrei 2040, PtL», danach Abnahme bis 2050 um 75%.
- **Fossilfrei 2040, MIV minimal:** Wie «Fossilfrei 2040 Shift», aber mit leicht abnehmendem direktem Strombedarf nach 2040 und einer um ca. 5 PJ tieferen Nachfrage nach PtL in 2040.
- **Fossilfrei 2030, MIV minimal:** Wie «Fossilfrei 2040, MIV minimal» aber Reduktion der fossilen Treibstoffe auf null im Jahr 2030 und dafür extrem grosse Mengen PtL im Jahr 2030, danach Abnahme bis 2050.

Sobald das Ziel der Fossilfreiheit erreicht ist, verursacht der Verkehr auch keine direkten, anrechenbaren CO<sub>2</sub>-Emissionen mehr. Die Emissionen aus der Verbrennung von Bio- und synthetischen Treibstoffen werden nicht gezählt, da das entsprechende CO<sub>2</sub> in junger Vergangenheit der Luft entzogen wurde (durch Photosynthese oder einen technischen Prozess). Generell ist die Zielerreichung eines fossilfreien Verkehrs mit den Szenarien möglich.

## Massnahmen

Die folgende Tabelle zeigt eine Kurzversion der Massnahmen, die gemäss vorliegender Studie zur Erreichung eines fossilfreien Verkehrs notwendig sind (zwingend, oder aber unterstützend). Eine detailliertere Beschreibung inkl. Konkretisierung der Massnahmen findet sich in Kapitel

**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..**

Szenario	Massnahmen (verglichen mit Referenz) mit Einfluss auf...	
	Technologie/Flottenmix	Verkehrsnachfrage
<b>Fossilfrei 2050</b> (Basisszenario)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flottengrenzwerte für PW, LNF &amp; SNF</li> <li>▪ Maximalquoten für Verkauf von Neufahrzeugen mit Verbrennungsmotoren (z.B. ab 2040 keine Verbrenner-PW-Neufahrzeuge)</li> <li>▪ Quoten für ÖV-Busse (Verbrenner)</li> <li>▪ Gewichts- und Leistungslimits (Flottengrenzwert) für Neufahrzeuge</li> <li>▪ Finanzielle Belastung fossiler Treibstoffe</li> <li>▪ Förderung Car-Sharing mit fossilfreien Fahrzeugen</li> <li>▪ Bereitstellen von E-Ladestationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erhöhung der Kosten für fossilen Verkehr (fossile Treibstoffe): z.B. CO<sub>2</sub>-Lenkungsabgabe; Güterverkehr: CO<sub>2</sub>-differenzierte LSVA</li> <li>▪ Umfassende Förderung Fuss- &amp; Veloverkehr</li> <li>▪ Förderung ÖV (v.a. in Agglomerationen)</li> <li>▪ Einschränkungen MIV (Reduktion Flächen, rigidere Parkplatz-Politik)</li> <li>▪ Ausbau Sharing- &amp; Pooling-Angebote &amp; fossilfreie, multimodale Angebote</li> <li>▪ Freizeit- und Arbeitsverkehr: weitere Massnahmen zur Verringerung und Verlagerung</li> <li>▪ Arbeitsverkehr: weitere Massnahmen zur Verringerung &amp; Verlagerung</li> </ul>
<b>Fossilfrei PtL 2040</b>	Wie Basisszenario, plus: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Weitere Verteuerung fossiler Treibstoffe, sodass ab 2040 teurer als PtL</li> <li>▪ Umfassender Einsatz von PtL: Starke Förderung von PtL (Import, Produktion) → PtL-Strategie</li> <li>▪ Beschränkung von grauen Importen fossiler Treibstoffe</li> </ul>	Wie Basisszenario
<b>Shift</b>	Wie Basisszenario, plus: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Starke Einschränkung der Nutzung von PW &amp; LNF mit Verbrennungsmotoren, um Shift zu E-Fahrzeugen zu forcieren → z.B. Fahr-/Nutzungsverbot ab 2040</li> </ul>	Wie Basisszenario
<b>MIV minimal</b>	Wie «Fossilfrei 2040, Shift»	Wie Basisszenario, plus: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sehr starke (weitergehende) Erhöhung der Kosten für den fossilen Verkehr sowie generell den MIV bis 2040</li> <li>▪ Zusätzlicher massiver Ausbau des Angebots im Fuss-, Veloverkehr und ÖV</li> </ul>
<b>Fossilfrei 2030</b> (MIV minimal)	Wie «Fossilfrei 2040, MIV Minimal», plus <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vermeidung der Nutzung fossiler Treibstoffe schon 2030 (analog 2040)</li> </ul>	Wie «Fossilfrei 2040, MIV minimal»

## Schlussfolgerungen

Aus den Analysen im vorliegenden Projekt lassen sich verschiedene Folgerungen ziehen:

- Fossilfreier Verkehr in der Schweiz ist machbar. Der Weg dahin ist allerdings sehr ambitioniert.

- *Fossilfreiheit im Verkehr bis 2050* kann erreicht werden. Allerdings sind die notwendigen Massnahmen umfassend und erfordern grosse zusätzliche Anstrengungen. Dank Massnahmen für einen schnelleren und sehr starken Technologie-Shift hin zu fossilfrei betriebenen Fahrzeugen sowie sehr umfassenden Massnahmen im Bereich der Verkehrsnachfrage (Verringerung der Nachfrage und Verlagerung auf Fuss-, Veloverkehr und ÖV), kann das Ziel energie- und kosteneffizient erreicht werden. Allein mit verkehrlichen Massnahmen ist Fossilfreiheit bis 2050 allerdings nicht zu erreichen. Ebenfalls wichtig: Auch bis 2050 bleiben nur noch 30 Jahre – d.h. die Massnahmen müssen sehr rasch ergriffen und umgesetzt werden.
- *Fossilfreiheit im Verkehr bis 2040* ist technisch umsetzbar, bedarf aber massiver und rasch wirkender zusätzlicher Anstrengungen (z.B. massive Verteuerung der fossilen Treibstoffe oder Verbot des Einsatzes fossiler Treibstoffe). Parallel dazu müssen Strom und strombasierte Energieträger (PtL) in grossen Mengen bereitgestellt werden. Da ein substanzieller Teil der Verbrennerfahrzeuge, die in den nächsten 5-10 Jahren gekauft werden, bis weit über 2040 in der Flotte verbleibt, muss dessen Gebrauch beschränkt werden oder es müssen rasch grosse Mengen an PtL produziert werden können. Eine rasche und umfassende Initiierung einer PtL-Strategie wäre notwendig, damit im Ausland genügend PtL für den Schweizer Markt produziert würden. Allein mit verkehrlichen Massnahmen ist Fossilfreiheit bis 2040 nicht zu erreichen.
- *Fossilfreiheit im Verkehr bis 2030* ist kaum umsetzbar: Innert kürzester Zeit müsste sowohl der Technologie-Shift in maximal möglichem Tempo umgesetzt werden und zudem die Verkehrsnachfrage massiv sinken. So müsste die Nachfrage beim ÖV sowie Fuss- und Veloverkehr innerhalb von 10 Jahren um den Faktor 2 steigen, um den sonst verbleibenden fossil betriebenen MIV zu übernehmen. Diese Kapazitäten können v.a. im ÖV in dieser kurzen Zeit infrastrukturell nicht bereitgestellt werden. Ebenfalls ist es weder möglich, dass bis 2030 genügend strombetriebene Fahrzeuge im Markt sind, noch wird die benötigte hohe PtL-Menge verfügbar sein – beides vor allem aufgrund kurzfristig noch beschränkter Produktionskapazitäten.
- Die notwendigen Massnahmen zu einem fossilfreien Verkehr führen auch zu positiven Wirkungen auf *andere Umweltbereiche*, v.a. im Bereich der Luftschadstoffemissionen durch die Reduktion des Strassenverkehrs und durch die Elektrifizierung. In geringerem Ausmass sind auch beim Lärm sowie Flächenbedarf Verbesserungen zu erwarten.

Um die Klimaziele von Paris und die Schweizer Klimaziele zu erreichen, müssen im Verkehr grosse Anstrengungen vorgenommen werden. Fossilfreiheit im Verkehr zu erreichen ist zwar schwieriger als in anderen Branchen, aber dank der technologischen Entwicklung im Bereich strombasierter Technologien möglich. Bereits das Ziel Fossilfreiheit 2050 erfordert rasches Handeln und die Umsetzung griffiger Massnahmen. In den nächsten fünf Jahren müssen die



wichtigsten Eckpunkte geregelt und Instrumente implementiert oder zumindest aufgelegt sein, damit der Verkehr in der verbleibenden Zeit fossilfrei werden kann.

Zur effizienten Erreichung dieses Ziels müssen sowohl Massnahmen umgesetzt werden, die auf Technologieebene ansetzen, als auch Massnahmen, die bei der Verkehrsnachfrage ansetzen.