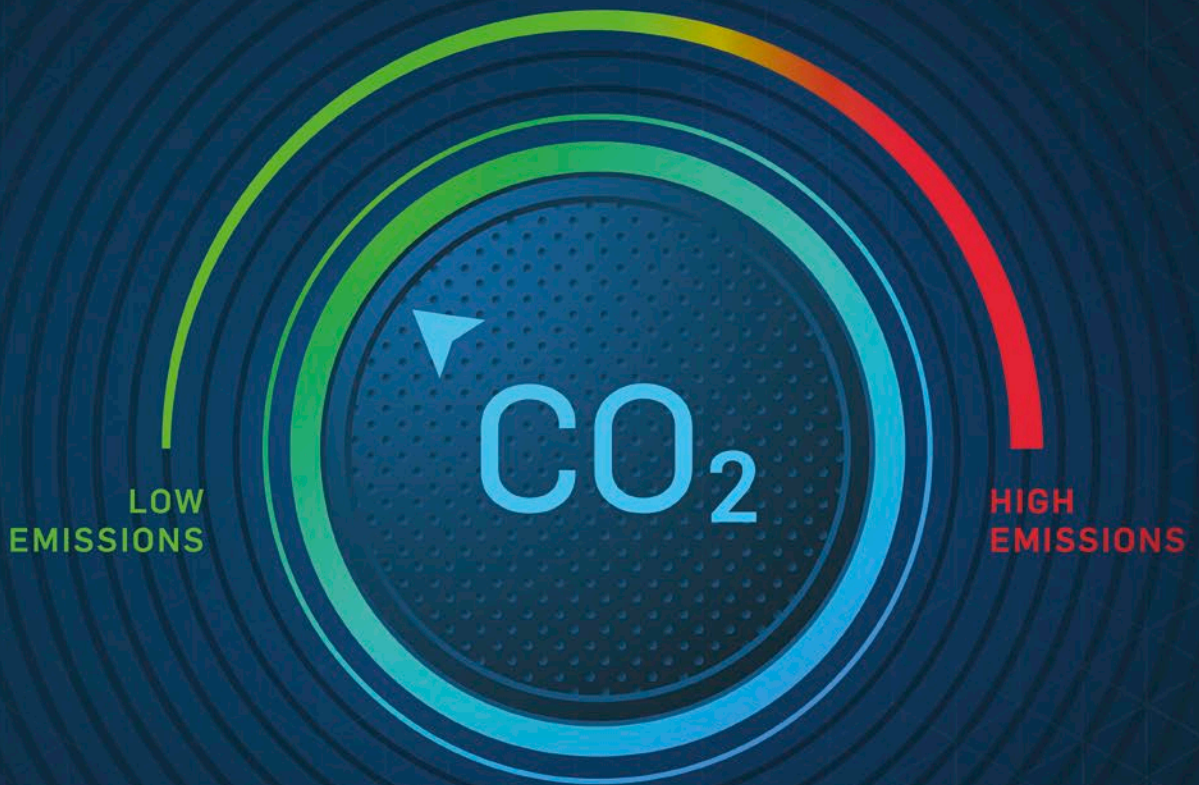


FVV PRIME MOVERS. TECHNOLOGIES.

Sechs Thesen zur Klimaneutralität des europäischen Verkehrssektors

Erkenntnisse aus der Studie

›Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter‹



Nachhaltigkeit ist mehr als Klimaschutz

Randbedingungen für die nachhaltige Gestaltung unserer Mobilität

Dieses Thesenpapier fasst die wesentlichen Ergebnisse einer von der **Forschungsvereinigung FVV** in Auftrag gegebenen und von **Frontier Economics** und **ifeu** durchgeführten Studie zusammen und benennt den daraus resultierenden Handlungsbedarf. Wie in jeder Studie, die modellhaft künftige Entwicklungen vorhersagt, sind die Ergebnisse dabei von den Randbedingungen abhängig, die eingangs getroffen werden. Die dieser Studie zugrunde liegenden Annahmen folgen dabei keinem einzelnen politischen Idealbild, sondern basieren auf den überparteilichen Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen und wissenschaftlichen Fakten.

Die wichtigsten Randbedingungen für nachhaltige Mobilität



Die 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen* müssen weltweit und für alle Menschen erreichbar sein. Da Verbrennungskraftmaschinen bislang überwiegend mit fossilen Energieträgern betrieben werden, kommt dabei dem 13. Ziel – umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen zu ergreifen – besondere Bedeutung zu. Dabei sind jedoch weitere Nachhaltigkeitsziele zu beachten, insbesondere bezahlbare und saubere Energie, menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum, Industrie, Innovation und Infrastruktur, nachhaltiger Konsum und Produktion und globale Partnerschaften.



Es gibt keine ›guten‹ oder ›bösen‹ Technologien. Der Maßstab, den die FVV an Technologien zur Defossilisierung des Verkehrssektors anlegt, ist allein die Frage, inwieweit diese dazu dienen, die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens zu erreichen, ohne mit anderen Nachhaltigkeitszielen in Konflikt zu geraten. Technologieoffenheit in diesem Sinn bedeutet nicht, keine Entscheidungen zu treffen und alle Optionen offenzuhalten, sondern verschiedene existierende Optionen anhand ihrer Klimawirksamkeit und der damit verbundenen volkswirtschaftlichen Kosten zu bewerten.



Die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens müssen erreicht werden. Allein auf einen Zeitpunkt x zu schießen, ab dem keine Treibhausgase mehr in die Atmosphäre gelangen, ist nicht zielführend. Da CO₂ über lange Zeiträume in der Atmosphäre verbleibt, ist für das Erreichen der Klimaziele (›well below 2°C‹) vielmehr entscheidend, wie sehr verschiedene Transformationspfade auf dem Weg zum Ziel das verbleibende globale CO₂-Restbudget belasten – egal in welchem Sektor die Emissionen anfallen.



Deutschland wird seine Ziele nur als Teil Europas erreichen. Eine alleinige Betrachtung des Bilanzraums Deutschland ist aufgrund der engen politischen und wirtschaftlichen Verflechtungen innerhalb Europas sowie zunehmend grenzüberschreitendem Verkehr nicht sinnvoll. Die FVV-Studie berechnet deshalb, wie sich die Treibhausgasemissionen aus dem kompletten europäischen Verkehrssektor (EU27 und GB) in verschiedenen Szenarien entwickeln.



Es besteht weiterhin eine hohe Nachfrage nach individueller Mobilität. In einer demokratischen und freien Gesellschaft ist individuelle Mobilität ein Grundrecht der Bürger. Veränderungen im Mobilitätsverhalten oder die Auswahl gewisser Technologiepfade sind erfolgreich nur zu etablieren, wenn sie den Menschen nützen. Wir gehen davon aus, dass individuelle Mobilität nachhaltig und bezahlbar zu gestalten ist.

42 mögliche Transformationspfade

In der FVV-Studie wurden folgende Pfade – ausschließlich basierend auf nachhaltiger Solar- und Windenergie – kombiniert und jeweils eine 100-prozentige Flottendurchdringung* bis zum Jahr 2050 zugrunde gelegt:



7 Kombinationen aus Antrieb und CO₂-neutralen Energieträgern

- Batterieelektrischer Antrieb | Strom
- Brennstoffzelle | Wasserstoff
- Verbrennungsmotor | Wasserstoff
- Verbrennungsmotor | Dimethylether (DME)
- Verbrennungsmotor | Methan
- Verbrennungsmotor | Fischer-Tropsch-Kraftstoff
- Verbrennungsmotor | Methanol



2 Wege der Strom- bzw. Kraftstofferzeugung

- innerhalb der Europäischen Union (EU 27 plus GB)
- international an sonnen-/windreichen Standorten



3 Effizienzklassen in der Fahrzeugtechnologie

- Status quo: heutiges Niveau der Serienproduktion bzw. Abschätzung von Skaleneffekten
- Balanced: Einsatz zusätzlicher Technologien bei positivem Kosten-Nutzenverhältnis, z. B. Hybridisierung von Verbrennungsmotoren
- All-in: Einsatz aller bekannten Technologien zur Effizienzsteigerung, z. B. Karosserie-Leichtbau

* Es wurden hypothetische 100-Prozent-Szenarien angenommen, die weder realistisch noch erstrebenswert sind, sich aber bestens eignen, um einen fairen technischen und ökonomischen Vergleich von Technologiepfaden durchzuführen.

Die 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen

»Entscheidungen sind fast immer eine Frage von Nachhaltigkeit«. Die Vereinten Nationen haben im Jahr 2015 in der Agenda 2030 siebzehn globale Ziele für nachhaltige Entwicklung festgelegt. Sie richten sich an die Regierungen weltweit genauso wie an die Zivilgesellschaft, die Privatwirtschaft und nicht zuletzt die Wissenschaft. Darum lässt sich die FVV in ihrer Arbeit gleichberechtigt von sechs UN-Nachhaltigkeitszielen leiten.

Die FVV folgt auf dem Weg zur Klimaneutralität diesen Nachhaltigkeitszielen:

- 7** Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern.
- 8** Dauerhaftes, breitenwirksames und nachhaltiges Wirtschaftswachstum und menschenwürdige Arbeit für alle fördern.
- 9** Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen.
- 12** Nachhaltig produzieren und konsumieren.
- 13** Umgehend Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen.
- 17** Globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung mit neuem Leben erfüllen.



SUSTAINABLE DEVELOPMENT **GOALS**

→ <https://sdgs.un.org/goals>

1.

Klimaneutralität im Verkehr muss den gesamten Lebenszyklus von Fahrzeugen und auch der Energiebereitstellung einbeziehen.

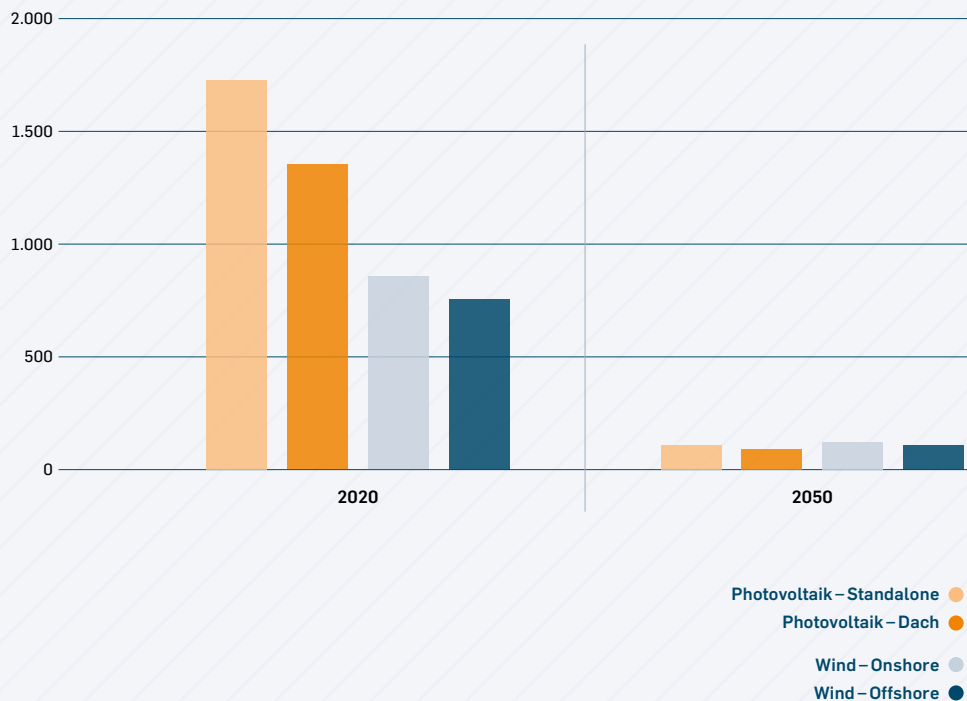
Bislang wird die Klimabelastung von Fahrzeugen allein anhand der CO₂-Emissionen beurteilt, die während des Betriebs aus dem Abgassystem des Fahrzeugs entweichen. Dieser von Experten ›Tank-to-wheel‹ genannte Ansatz greift jedoch zu kurz. Er vernachlässigt sowohl die während der Produktion der Fahrzeuge verursachten CO₂-Emissionen als auch alle Treibhausgas-Emissionen, die aus Erzeugung und Bereitstellung der Energieträger und -speicher sowie der zugehörigen Infrastruktur resultieren. Für einen wirksamen Klimaschutz ist es notwendig, alle diese Emissionsquellen in einer ganzheitlichen Umweltbilanz, genannt ›Cradle-to-grave‹, zu berücksichtigen. Emissionen allein auf Tank-to-wheel-Basis zu limitieren, wie derzeit vorgeschrieben, kann in der Gesamtbetrachtung zu erhöhten kumulierten Treibhausgasemissionen führen.

In den meisten bestehenden Studien werden die aus Erzeugung und Bereitstellung der Energieträger resultierenden Treibhausgas-Emissionen über deren Nutzungsdauer abgeschrieben. Diese gängige Bilanzierungsweise verhindert nicht nur einen objektiven Vergleich, sondern auch eine ganzheitliche Optimierung der Energiekette. Denn in der Realität wird das verbleibende CO₂-Budget unmittelbar zu jenem Zeitpunkt belastet, an dem die Anlagen errichtet werden – und nicht erst 20 Jahre später. Klimarelevante Emissionen, die aufgrund von Mobilitätsnachfrage entstehen, müssen unbedingt vollständig bilanziert werden.



Wie stark der Bau von Solar- und Windkraftanlagen das Klima belastet, hängt davon ab, in welchem Jahr sie errichtet werden.

t CO₂-Äquivalent pro Megawatt



Detaillierte Ergebnisse sind in der FVV-Studie ›Transformation of mobility to the GHG-neutral post-fossil age | Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter‹ (H1269 | 2021 | EN) einzusehen:

→ S. 35–66 | Modelling of energy supply chains

→ S. 76–83 | Environmental impact analysis | Build-up of fuel supply chain infrastructure

2.

Um die Klimaziele zu erreichen ist nicht die Antriebstechnologie, sondern der möglichst schnelle Ausstieg aus fossilen Energieträgern entscheidend.

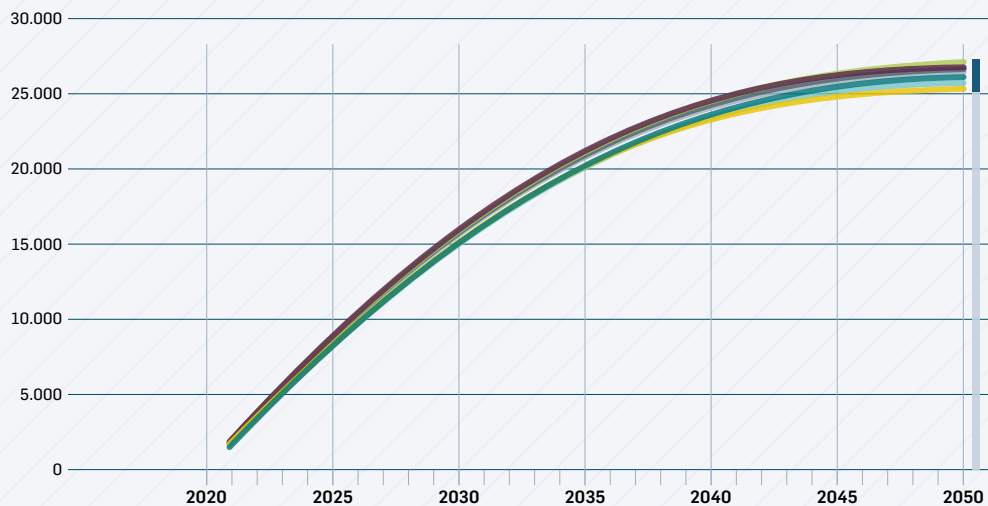
In der FVV-Studie werden insgesamt 21 verschiedene Kombinationen aus Antrieben, Energieträgern und Effizienztechnologien im Fahrzeug untersucht, wobei für jede Kombination je ein Szenario erstellt wurde, in dem die Sonnen- und Wind-Energie komplett innerhalb oder auch außerhalb Europas gewonnen wird, so dass sich insgesamt 42 Szenarien ergeben: Bezieht man alle Emissionen aus dem Aufbau der Energie-Infrastruktur und des kompletten Fahrzeug-Lebenszyklus ein, dann unterscheiden sich die bis 2050 kumulierten CO₂-Emissionen der berechneten Transformationspfade nur geringfügig, sofern ab dem Jahr 2033 nur noch emissionsfreie Fahrzeuge zugelassen werden. Die Differenz zwischen den betrachteten Pfaden beträgt rund 14 Prozent und stellt angesichts der verbleibenden Unsicherheiten in den Prognosen kein Entscheidungskriterium für eine bestimmte Technologie dar.

Anders formuliert: Nicht die Antriebstechnik, sondern die Verfügbarkeit klimaneutraler Energieträger entscheidet darüber, wie schnell und wie umfassend die Fahrzeugflotte tatsächlich klimaneutral unterwegs ist. Neben einer hinreichenden Erzeugungskapazität für Solar- und Windstrom kommt dabei dem schnellen Aufbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft in allen Szenarien erhebliche Bedeutung zu. Dies gilt explizit auch für das hypothetische Szenario einer 100-prozentigen Umstellung auf batterieelektrische Fahrzeuge, die mit in Europa erzeugtem Strom betrieben werden. Um die Stromnachfrage in einem solchen Szenario ohne fossile Energieträger stets decken zu können, wird für die Energiebereitstellung in saisonalen Dunkelflauten die Energie-Zwischenspeicherung in Form von Wasserstoff notwendig, was eine Elektrolysekapazität von rund 1.000 Gigawatt Gesamtleistung erfordert.



Bei identischer Hochlaufgeschwindigkeit unterscheiden sich die kumulierten Emissionen verschiedener Energieträger-Antriebskombinationen kaum.

Mio. t CO₂-Äquivalent pro Jahr



Kumulierte Bandbreite zukünftiger Kraftstoff-/Antriebspfade

Treibhausgas-Emissionen dominiert von der verbleibenden Flotte, die mit fossilen Brennstoffen betrieben wird

Strom aus Batterie

H₂-Brennstoffzelle

H₂-Motor

synthetische FT-Kraftstoffe

synthetisches Methan

synthetisches Methanol

Dimethylester

Detaillierte Ergebnisse sind in der FVV-Studie ›Transformation of mobility to the GHG-neutral post-fossil age | Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter‹ (H1269 | 2021 | EN) einzusehen:

→ S. 35–39 | General assumptions for all fuel supply chains | Hydrogen production and storage

→ S. 96–103 | Environmental impact analysis | GHG emissions in the 100 % scenarios

3.

Die CO₂-Bilanz der Bestandsflotte entscheidet über die Einhaltung des Klimabudgets.

Ist es erforderlich, eine neue Fahrzeugtechnologie einzuführen, um klimaneutrale Mobilität zu ermöglichen, so ist die Umstellung auf nachhaltige Energieträger zwangsläufig an die Austauschrate der Fahrzeugflotte gebunden. Da die durchschnittliche Haltedauer für einen Pkw 17 Jahre beträgt, dürfen ab dem Jahr 2033 in Europa nur noch emissionsfreie Pkw und leichte Nutzfahrzeuge zugelassen werden, wenn der Straßenverkehr im Jahr 2050 vollständig auf nachhaltig erzeugter Energie basieren soll. Wird bis 2033 ein 100-prozentiger Pkw-Neuzulassungsanteil erreicht und bereits während des Hochlaufs jedes einzelne neue Fahrzeug ausschließlich mit regenerativer Energie bewegt – was heute bei weitem nicht der Fall ist – kann bis zum Jahr 2030 bereits ein Anteil von 28 Prozent der fossilen Gesamtenergie des Verkehrs ersetzt werden – ohne dass dies zu Lasten anderer Sektoren geht.

Doch auch wenn die ehrgeizigen, in der FVV-Studie angenommenen Ziele erreicht werden, dominiert die mit fossilen Kraftstoffen betriebene Bestandsflotte bei den kumulierten CO₂-Emissionen. Unabhängig von der Antriebstechnik der neuen, klimaneutralen Fahrzeuge machen – bei der angenommenen Hochlaufgeschwindigkeit – diese Emissionen rund 70 Prozent der mobilitätsbedingten Gesamtemissionen aus. Dadurch wird das komplette Treibhausgas-Budget Europas, das eine Einhaltung des 1,5-Grad-Ziels* erlauben würde, bereits in den Jahren 2031 oder 2032 überschritten – und zwar in allen modellierten Szenarien. Das Treibhausgas-Budget, das allen Sektoren in Europa zur Verfügung steht, um den Temperaturanstieg auf 1,75 Grad zu begrenzen, wird für unsere Mobilitätsbedürfnisse zu rund zwei Dritteln ausgeschöpft – ohne dass ein einziges Haus geheizt oder andere Industrieprodukte außerhalb der Mobilität gefertigt würden. Damit dies nicht geschieht, ist ein schnellerer Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energie für Mobilität notwendig, als es der Ersatz der Fahrzeugflotte mit neuer Antriebstechnologie zulässt.

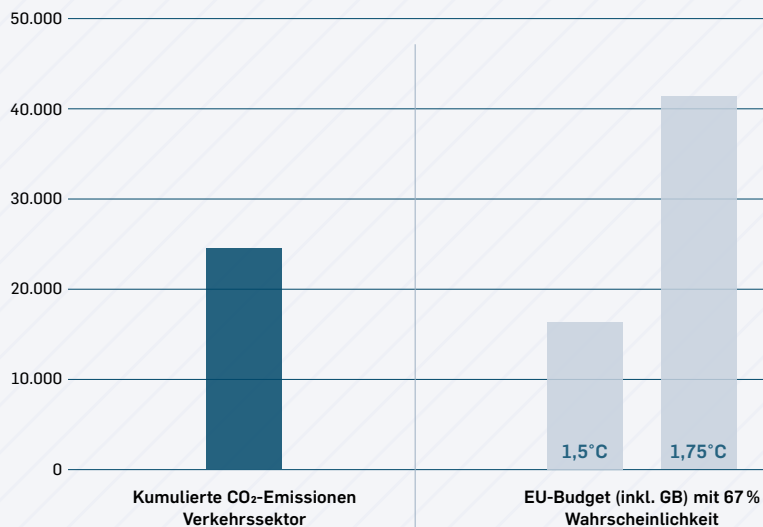
Es ist daher zwingend, Lösungen zu finden, die die klimaschädlichen Emissionen im Fahrzeugbestand verringern. Nach aktuellem Stand der Technik kann das ohne nennenswerten Mobilitätsverzicht weitgehend nur über flottenkompatible synthetische Kraftstoffe (sogenannte ›drop-in fuels‹) erfolgen.

* Die Angabe von Emissionsbudgets erfolgt aufgrund der Unschärfe der zugrunde liegenden Klimamodelle immer mit der Wahrscheinlichkeit, mit der eine bestimmte Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur eintritt. Für die o. g. Angaben wird eine Wahrscheinlichkeit von 67 Prozent zugrunde gelegt.



Die kumulierten Emissionen aus dem Verkehrssektor überschreiten das EU-Restbudget für alle Sektoren, das für das Erreichen des 1,5-Grad-Ziels zur Verfügung steht.

Mio. t CO₂-Äquivalent



Detaillierte Ergebnisse sind in der FVV-Studie ›Transformation of mobility to the GHG-neutral post-fossil age | Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter‹ (H1269 | 2021 | EN) einzusehen:

→ S. 103–105 | Environmental impact analysis | Comparison of cumulative GHG emissions with the remaining CO₂ budget

→ S. 157–158 | Key findings and conclusions | GHG emissions

4.

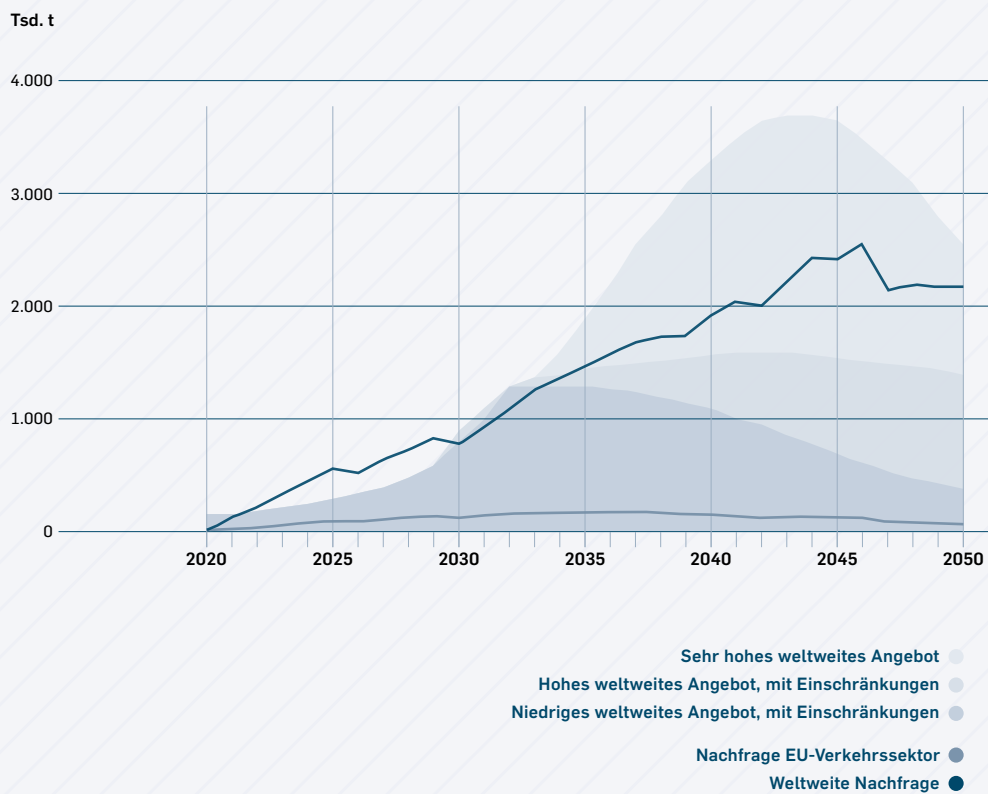
Bei Konzentration auf eine einzelne Technologie werden Rohstoffe auch in einer Kreislaufwirtschaft knapp.

Die FVV-Studie arbeitet bewusst mit sogenannten »100-Prozent-Szenarien«, da sich so die Umweltauswirkungen einzelner Technologien über die gesamte Energiekette und den Lebenszyklus des Fahrzeugs hervorragend vergleichen und Engpässe feststellen lassen. Gleicht man den Bedarf an kritischen Rohstoffen mit vorhandenen Reserven und Ressourcen ab, zeigt sich, dass selbst unter Annahme hoher Recyclingquoten bestimmte Rohstoffe nach heutigem Kenntnisstand äußerst knapp werden, sofern der Rest der Welt dem europäischen Vorbild folgt und auf dieselbe Technologie setzt. Welche Rohstoffe das sind, hängt von der gewählten Kombination aus Energieträger und Antrieb ab.

Kommen batterieelektrische Fahrzeuge mit aktuell dominierender Batterietechnologie (Lithium-Ionen-Akku mit Nickel-Mangan-Kobalt-Kathode) zum Einsatz, werden Kobalt- und Lithiumverfügbarkeit zum begrenzenden Faktor für die Hochlaufgeschwindigkeit, was deutliche Auswirkungen auf die Batteriekosten haben dürfte. Eine Umstellung auf Festkörperbatterien mit reiner Lithium-Anode verschärft die Knappheiten in der Lithium-Lieferkette signifikant. Für die Umstellung auf Brennstoffzellen-Antriebe ist die Verfügbarkeit von Platin ein stark begrenzender Faktor. In einem weltweiten 100-Prozent-Brennstoffzellenszenario reichen selbst die bekannten Ressourcen nicht aus, geschweige denn die ökonomisch erschließbaren Reserven. Für den Einsatz von Wasserstoff oder synthetischen Kraftstoffen in Verbrennungsmotoren sind derzeit keine derartigen einschränkenden Rohstoffengpässe erkennbar.



Die Lithium-Nachfrage übersteigt das Angebot, wenn weltweit alle Fahrzeuge auf batterieelektrische Antriebe umgestellt werden.



Detaillierte Ergebnisse sind in der FVV-Studie ›**Transformation of mobility to the GHG-neutral post-fossil age** | Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter‹ (H1269 | 2021 | EN) einzusehen:

→ S. 113–140 | Analysis of critical raw materials

→ S. 159 | Key findings and conclusions | Rare materials

5.

Es kann ausreichend Energie produziert werden, um die komplette Mobilität zu defossilisieren.

Das weltweite Potenzial an nachhaltiger Solar- und Windenergie übersteigt den gesamten Primärenergiebedarf der Menschheit um ein Mehrfaches. Die Energie muss nur so geerntet, aufbereitet und verteilt werden, dass eine technische Nutzung, insbesondere im Verkehrsbereich, möglich wird. Das gilt auch für alle in der Studie betrachteten Transformationspfade der Mobilität, wobei sich der Gesamtenergiebedarf einzelner Energieketten signifikant unterscheidet. So würde eine hundertprozentige Umstellung auf synthetische Kraftstoffe, genutzt in Verbrennungsmotoren, den Energiebedarf um das Drei- bis Vierfache erhöhen, verglichen mit rein batterieelektrischer Mobilität. Das bedeutet jedoch nicht, dass bis zu viermal mehr Windkraftanlagen gebaut werden müssen. Werden diese Kraftstoffe in sonnen- und windreichen Weltregionen produziert, unterscheidet sich die zu installierende Kapazität für die Grünstromerzeugung lediglich um den Faktor zwei bis drei.

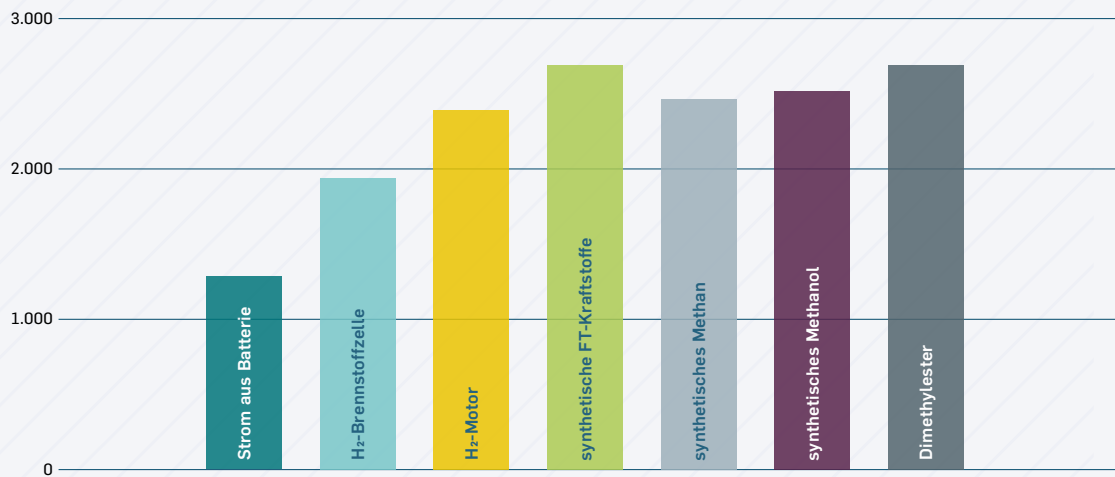
Die volkswirtschaftlichen Mehrkosten, um Energie für klimaneutrale Mobilität zu produzieren, werden nicht durch die Energiemenge, sondern von den zu installierenden Kapazitäten bestimmt. Die daraus resultierenden höheren Kosten werden jedoch überkompensiert durch die höheren Fahrzeugkosten, die mit batterieelektrischer Mobilität verbunden sind. Unter dem Strich sind die Gesamtkosten für ein mit synthetischen Kraftstoffen betriebenes Fahrzeug mit Verbrennungsmotor deutlich niedriger als die eines batterieelektrischen Fahrzeugs.

Für alle Szenarien ist ein erheblicher Ausbau der Grünstromproduktion notwendig. Selbst im energieeffizientesten Szenario, der 100-prozentigen Umstellung auf batterieelektrische Mobilität, benötigt Europa eine heimische Erzeugungskapazität von 1.100 Gigawatt in 2050, um alle Mobilitätswünsche zu erfüllen. Zum Vergleich: Die Erzeugungskapazität für Sonnen- und Windstrom für alle Sektoren steigt in Europa nach Einschätzung der Internationalen Agentur für erneuerbare Energien bis zum Jahr 2030 auf lediglich 690 Gigawatt.



Synthetische Kraftstoffe aus sonnen- oder windreichen Regionen benötigen zwei- bis dreimal mehr Stromerzeugungskapazität als Elektromobilität.

Erzeugungskapazität in GW in 2050



Detaillierte Ergebnisse sind in der FVV-Studie ›Transformation of mobility to the GHG-neutral post-fossil age | Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter‹ (H1269 | 2021 | EN) einzusehen:

→ S. 71–72 | Comparison of energy supply chains for road segment | Capacity requirements in 2050

→ S. 160 | Key findings and conclusions | Installed power generation capacity

6.

Um die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens zu erreichen, müssen ab sofort mehrere Technologiepfade parallel verfolgt werden.

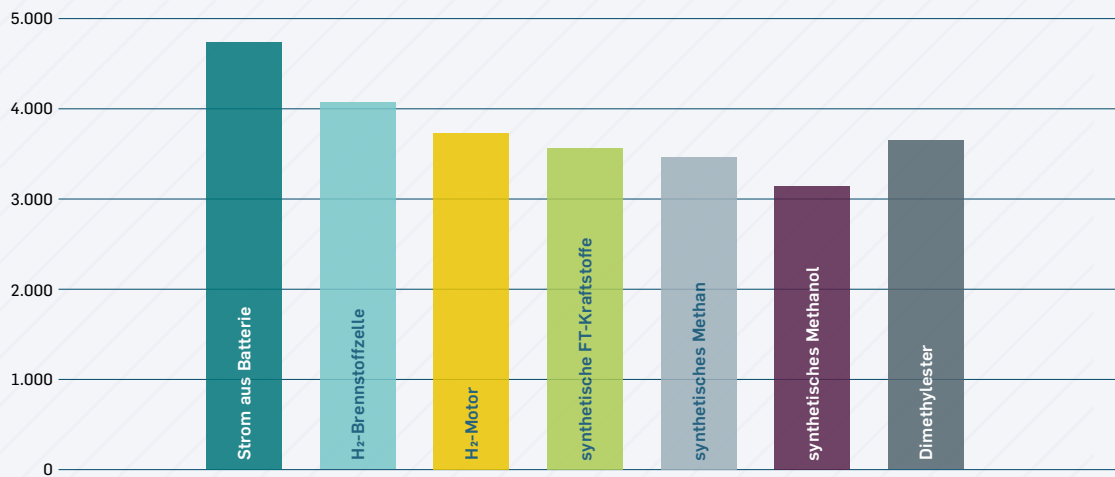
Das Scheitern der Transformation im Verkehrssektor ist unausweichlich, wenn die europäische Politik die Bestandsflotte weiterhin außer Acht lässt und die Klimaverträglichkeit von Neufahrzeugen ausschließlich anhand der Tank-to-wheel-Emissionen misst. Sollen die gesamten mobilitätsbedingten CO₂-Emissionen schnell gemindert werden, ist es zwingend geboten, neue Ziele zu definieren. Diese sollten im Sinne einer Cradle-to-grave-Betrachtung die Emissionen aus dem Aufbau der zugehörigen Energie-Infrastruktur berücksichtigen und damit auch über einen ›Well-to-Wheel‹-Ansatz hinausreichen. Die europäische Politik muss einen marktwirtschaftlichen Rahmen für den Verkehrssektor schaffen, so dass sich mehrere Technologiepfade parallel etablieren können. Werden mehrere Pfade parallel verfolgt, um aus der Nutzung fossiler Energieträger auszusteigen, ist zudem eine höhere Hochlaufgeschwindigkeit wahrscheinlich.

Ein solches Vorgehen dient nicht nur dem Klimaschutz, sondern minimiert die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten, die von den Fahrzeugkosten dominiert werden. Kostenvergleiche ohne Berücksichtigung der Fahrzeugkosten sind daher kritisch zu betrachten. Technologieoffenes Vorgehen ermöglicht zudem individuelle Mobilität für breite Schichten der Bevölkerung bezahlbar zu halten.



Mehrkosten für Umstellung auf klimaneutrale Energieträger und zugehörige Antriebe im Straßenverkehr.

Inkrementelle Gesamtkosten in Mrd. EUR



Detaillierte Ergebnisse sind in der FVV-Studie ›Transformation of mobility to the GHG-neutral post-fossil age | Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter‹ (H1269 | 2021 | EN) einzusehen:

→ S. 141–155 | Cost estimations

→ S. 160 | Key findings and conclusions | Costs

Ein ausführliches Verzeichnis unserer Mitglieder finden Sie unter → www.fvv-net.de | Die FVV | Mitglieder

NOVA SWISS

faurecia



WOODWARD
orange

GLEITLAGERTECHNIK
ESSEN GmbH

CATERPILLAR

MAHLE

Kingsbury GmbH*

RHEINMETALL
AUTOMOTIVE



Hengst
AUTOMOTIVE

KISTLER
measure. analyze. innovate.

GTW Gleitlagertechnik
Weißbach GmbH

bertrandt

DAIMLER



HITACHI
Inspire the Next

automotive
engineering iau



Innovation in Motion



panki
TURBOSYSTEMS



aramco

HONDA
The Power of Dreams

arteco
GENUINE COOLANTS



MET Motoren- und
Energietechnik GmbH



NISSAN MOTOR CORPORATION



nexiss

IBIDEN

CORNING



KBB Kompressorenbau
Bannewitz GmbH

exothermia
EFFICIENCY. PREDICTED.

Haltermann
Carless

BOSCH
Technik fürs Leben

Johnson Matthey

Howden



FVTR



Tec
FUELS

RICARDO

MTU
Aero Engines

DAF
A PACCAR COMPANY

surface
technologies
aalberts



Atlas Copco

AM METALS



EMISSION PARTNER

AtlantIng

DERC
Development - Engineering
Research Combustion engines

ABB

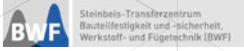
AeroDesignWorks

BorgWarner

CONVERGENT
SCIENCE

kratzer
AUTOMATION

Bosch Mahle
TurboSystems



Die FVV dankt Frontier Economics und ifeu für die gute Zusammenarbeit. Ein besonderer Dank geht an die für die Studie verantwortlichen Projektleiter, Dr. Ulrich Kramer (Ford-Werke), Dr. David Bothe (Frontier Economics) und Frank Dünnebeil (ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg) sowie die Mitglieder des FVV-Vorstandes und die beteiligten Experten aus rund 60 Unternehmen, Forschungsstellen und weiteren Institutionen, die ihr Wissen zur Verfügung gestellt haben.



Das Informationspapier ›Sechs Thesen zur Klimaneutralität des europäischen Verkehrssektors‹ wurde zur allgemeinen Orientierung erstellt. Der Inhalt dieses Angebots kann und soll eine spezifische fachliche Beratung nicht ersetzen. Die FVV übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben und haftet nicht für Schäden, die sich aus der Verwendung der in dieser Studie enthaltenen Informationen ergeben.

Das Informationspapier beruht auf der FVV-Kraftstoffstudie IV (H1269 | 2021 | EN): ›**Transformation of mobility to the GHG-neutral post-fossil age** | Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter‹.

Beide Publikationen sind online verfügbar:

→ www.fvv-net.de | Medien

→ www.themis-wissen.de



HERAUSGEBER

Forschungsvereinigung
Verbrennungskraftmaschinen e.V.
Lyoner Strasse 18
60528 Frankfurt am Main
www.fvv-net.de
www.primemovers.de

AUSGABE

R600 | 2021

AUTOR

Johannes Winterhagen,
Frankfurt am Main

REDAKTION

Dietmar Goericke
und Petra Tutsch, FVV

GRAFISCHE KONZEPTION UND UMSETZUNG

Lindner & Steffen GmbH, Nastätten

DRUCK

DFS Druck Brecher GmbH, Köln

BILDNACHWEIS

Cover: Fajar, Adobe Stock

Die neue, vierte Kraftstoffstudie der FVV ›Transformation der Mobilität im klimaneutralen und postfossilen Zeitalter‹ erweitert den Rahmen der vorherigen Studien in vielerlei Hinsicht: Sie vergleicht neben gesellschaftlichen Kosten und vielen Umweltfaktoren insbesondere die kumulierten CO₂-Emissionen für verschiedene Energieträger und Antriebe und setzt sie zu dem CO₂-Budget Europas in Beziehung. Dabei wird deutlich, dass eine Einhaltung eines 1,5-Grad-Ziels nicht möglich ist, ohne die Bestandsflotte zu berücksichtigen.

Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e.V.
Research Association for Combustion Engines

Lyoner Strasse 18 | 60528 Frankfurt/M. | Germany
T +49 69 6603 1345 | F +49 69 6603 2345 | info@fvv-net.de

www.fvv-net.de | www.primemovers.de