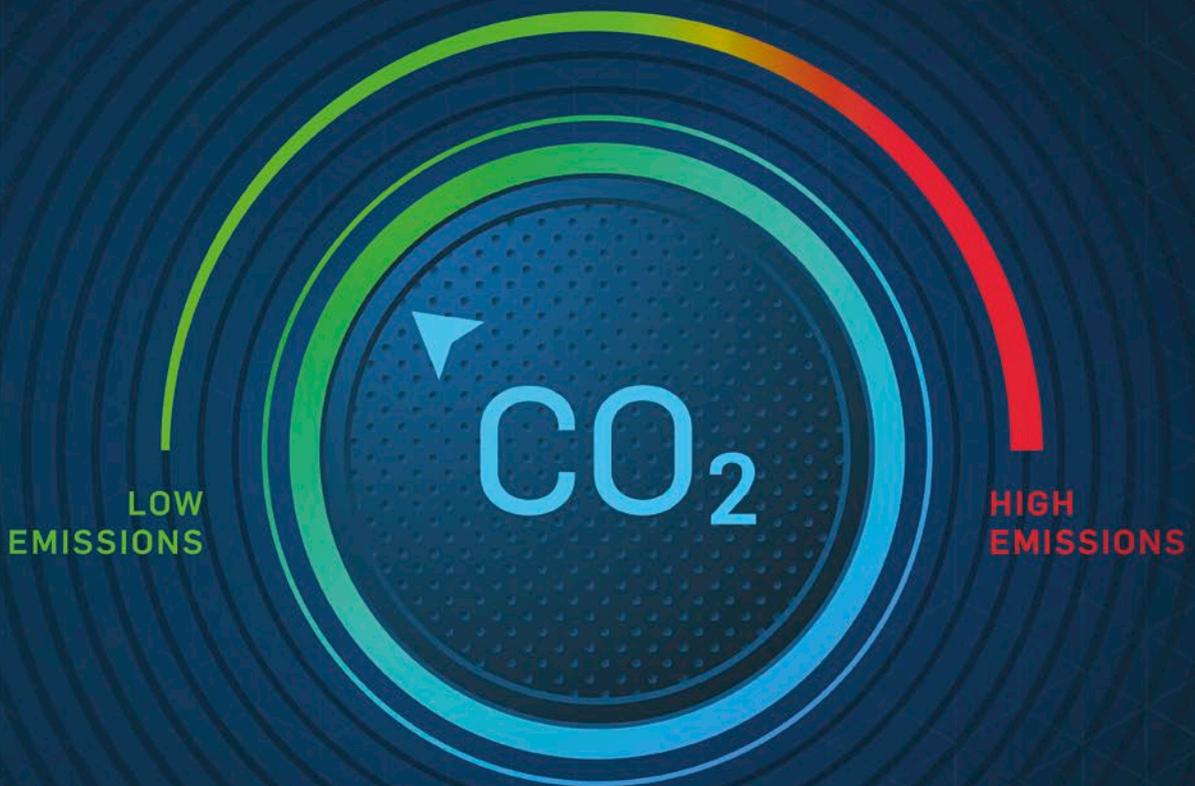


Integralrechnung für das Klima



Die neue, vierte Kraftstoffstudie der FVV 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.

Für das Klima zählt nur das Integral //

Denn nicht die CO₂-Neutralität im Jahr 2050 entscheidet darüber, ob die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens eingehalten werden, sondern die absolute Menge der bis dahin ausgestoßenen Treibhausgase. Ziel der Studie ist es, Technologiepfade herauszuarbeiten, die geeignet sind, das Pariser Klima-Ziel bezogen auf den europäischen Verkehrssektor einzuhalten.

Anders als in zahlreichen anderen Studien zum gleichen Thema wählte das Team um Projektleiter Ulrich Kramer einen ganzheitlichen Cradle-to-grave-Ansatz, der alle relevanten Emissionen von der Fahrzeugproduktion und dem Aufbau einer nachhaltigen Energiebereitstellung über die Nutzung bis hin zum Recycling berücksichtigt. Dafür wurden auch jene Emissionen einbezogen, die durch den Aufbau der Infrastruktur entstehen, also etwa durch den Bau von Windrädern, Elektrolyseuren oder Ladesäulen. Mit diesem Ansatz wurden die bis zum Jahr 2050 kumulierten Emissionen für sechs verschiedene Energieträger und sieben unterschiedliche Antriebstechnologien untersucht. Durchgeführt wurde die Studie, für die rund 60 Mitgliedsunternehmen der FVV Daten und Wissen bereitstellten, von dem auf Energiefragen spezialisierten Beratungsunternehmen Frontier Economics, gemeinsam mit dem Heidelberger Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), das die Umweltauswirkungen der einzelnen Technologiepfade beleuchtete sowie das zur Verfügung stehende CO₂-Budget errechnete.

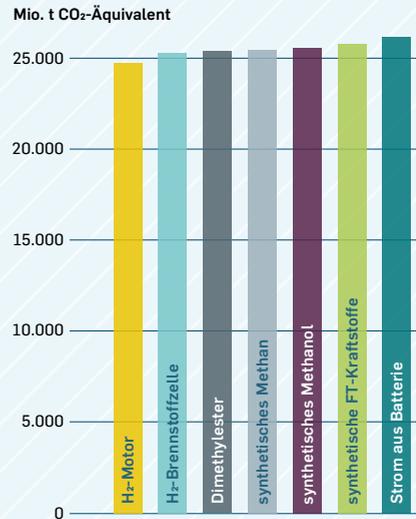
Das wichtigste Ergebnis vorweg: Unabhängig davon, für welche der 42 untersuchten Technologiepfade sich Europa entscheidet, wird das für Europa angesetzte Treibhausgas-Budget allein durch die Emissionen des Verkehrs bereits um das Jahr 2032 überschritten. Ursache dafür ist der dominierende Anteil der bis 2050 auslaufenden Bestandsflotte an den Gesamtemissionen. Dieser beträgt, unabhängig vom Szenario, bei identischer Einführungsgeschwindigkeit rund 70 Prozent der Gesamtemissionen. Kramer zieht daraus folgende Schlussfolgerung: »Je schneller eine Technologie oder ein Mix aus Technologien den Einsatz fossiler Kraftstoffe im Verkehr substituieren kann, desto besser für das Klima. Die Einführungsgeschwindigkeit nachhaltiger Energie im Transportsektor ist der Schlüsselfaktor, um die CO₂-Ziele zu erreichen.«

Bei gleicher Einführungsgeschwindigkeit unterscheiden sich die verschiedenen Technologiepfade nicht allzu sehr hinsichtlich der kumulierten CO₂-Emissionen im Zeitraum 2021 bis 2050: Die Bandbreite zwischen dem klimafreundlichsten Szenario – einer Umstellung auf grünen Wasserstoff und dessen Nutzung in Verbrennungskraftmaschinen – und dem schlechtesten Fall, der Nutzung in Deutschland produzierter Fischer-Tropsch-Kraftstoffe, beträgt gerade einmal 14 Prozent. Verzögerungen oder Beschleunigungen bei der Einführung eines Technologiepfades ändern diese Reihenfolge drastisch. »Die möglichen Einführungsgeschwindigkeiten zu berücksichtigen, ist daher essenziell für die Festlegung effizienter Klimastrategien«, so Kramer.

In vielen anderen Punkten unterscheiden sich die untersuchten Technologien durchaus. So schwankt die Menge der für den Verkehrssektor benötigten Energie zwischen 2.000 und 10.000 Terrawattstunden, wobei batterieelektrische Fahrzeuge erwartungsgemäß am günstigsten abschneiden. Allerdings zeigt die Studie auch: Werden synthetische Kraftstoffe in sonnen- oder windreichen Regionen außerhalb Europas produziert, wird für Brennstoffzellen nur etwa zweimal, für Verbrennungsmotoren etwa drei- bis viermal so viel Strom eingesetzt wie für eine rein batterieelektrische Mobilität. Zudem werden auch für den Betrieb reiner Elektrofahrzeuge in einem völlig nachhaltigen Energiesystem erhebliche Elektrolysekapazitäten benötigt, um in sogenannten ›Dunkelflauten‹ die Energieversorgung für den Verkehr zu sichern. Bis 2050 erfordert rein elektrische Mobilität aus heimischen Quellen den Aufbau einer Elektrolysekapazität von rund 1.000 Gigawattstunden und damit fast so viel, wie für ein reines Brennstoffzellenszenario benötigt wird. Andere Pfade erfordern bis zu 2.200 Gigawatt installierte Kapazität. Zum Vergleich: Aktuell plant die EU, bis zum Jahr 2030 für alle Sektoren eine Elektrolysekapazität von 40 Gigawatt zu errichten.

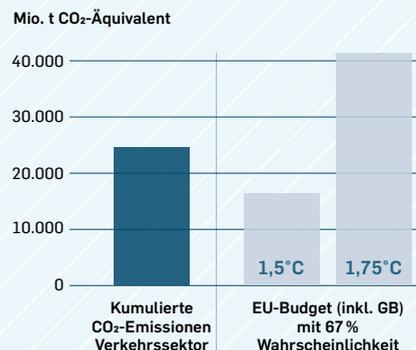
Rechnet man alle Kosten für den Infrastrukturaufbau sowie die Mehrkosten für alternative Antriebe bis zum Jahr 2050 zusammen, ergibt sich in der volkswirtschaftlichen Gesamtbetrachtung ein anderes Bild: Die günstigste Alternative für einen klimaneutralen Verkehr besteht darin, auf Basis von Grünstrom erzeugtes Methanol als Energieträger einzusetzen. In der Bestandsflotte einzusetzende Diesel- und Benzinkraftstoffe, nachhaltig nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren hergestellt,

Kumulierte Treibhausgas-Emissionen des europäischen Verkehrssektors 2021 bis 2050



→ Bezieht man alle Treibhausgas-Emissionen aus der kompletten Energiekette und dem Aufbau der Energie-Infrastruktur ein, bestehen nur geringe Unterschiede zwischen verschiedenen Energieträgern.

Vergleich der kumulierten Treibhausgas-Emissionen bis 2050 mit dem EU-Budget (inkl. GB)



→ Unabhängig von der Wahl alternativer Energieträger und -wandler dominiert der Fahrzeugbestand die Gesamtemissionen aus dem Transportsektor.

liegen auf Platz drei des Rankings. Am teuersten ist batterieelektrische Mobilität, gefolgt von der Kombination aus Wasserstoff und Brennstoffzelle. »Das liegt an den hohen Fahrzeug-Mehrkosten, die die Gesamtkosten dominieren«, erläutert Kramer. »Erfreulich ist, dass die komplette Defossilisierung des europäischen Verkehrs nicht mehr als circa ein Prozent des europäischen Bruttonutzenproduktes pro Jahr über 30 Jahre kosten muss.«

Aufgabe der Studienmacher war zudem, mögliche Engpässe beim Hochlauf verschiedener Technologiepfade zu identifizieren. Landnutzung, also die in Anspruch genommene Fläche, ist für keinen der Technologiepfade ein Hindernis, auch weil keine Szenarien untersucht wurden, in denen Biomasse zum dominanten Primärenergieträger für den Straßenverkehr würde. Anders sieht es bei den Rohstoffen für eine vollständige Elektrifizierung des Verkehrssektors aus. Zumindest bei einem schnellen Hochlauf – wie er anlässlich des geringen CO₂-Restbudgets wünschenswert wäre – könnte es bei der Lithium- und der Kobaltversorgung für Batterien zu Engpässen kommen. Für Brennstoffzellenantriebe könnte sich der hohe Platinbedarf als Engpass erweisen.

Dass die neue, insgesamt vierte Kraftstoffstudie der FVV wiederum mit 100-Prozent-Szenarien arbeitet, sieht Projektleiter Kramer als entscheidenden Vorteil gegenüber anderen Studien: »Nur so ist es möglich, die kompletten Energieketten einschließlich der Infrastruktur hinsichtlich CO₂-Bilanz und Kosten sauber zu vergleichen.« Auf der so gewonnenen Datenbasis könnten später Mix-Szenarien berechnet werden. »Eine Folgestudie, in der die zeitlichen Engpässe bei der Einführung verschiedener Energie- und Antriebspfade detailliert untersucht werden, halte ich daher für sinnvoll«, sagt der Experte.

»Dabei muss auch die erreichbare Hochlaufgeschwindigkeit des Einsatzes synthetischer Kraftstoffe in der Bestandsflotte berücksichtigt werden.« Eines zeigt die FVV-Studie schon jetzt eindeutig: Nur mit Hilfe der Modellierung des gesamten Energiesystems kommt man zu validen Ergebnissen.



»Nur mit Hilfe der Modellierung des gesamten Energiesystems kommt man zu validen Ergebnissen.«