

Schlussbericht, 6. Januar 2025

Kaufentscheid: Wann es sich lohnt, auf ein Elektroauto umzusteigen

Autoren und Autorinnen

Roberto Bianchetti, INFRAS

Dr. Brian Cox, INFRAS

Eva Böwing, INFRAS

Irina Meyer, INFRAS

Begleitgruppe

Jean-Marc Geiser, Bundesamt für Energie

Christoph Schreyer, Bundesamt für Energie

Daniel Schaller, Bundesamt für Energie

Martin Bolliger, Touring Club Schweiz

Sascha Gründer, Touring Club Schweiz

Thomas Bollinger, Touring Club Schweiz

Expertengremium

Dr. Roland Hischier, EMPA

Dr. Hans-Jörg Althaus, EcoExistence

Dr. Romain Sacchi, Paul Scherrer Institut

Daniel Christen, Stiftung Auto Recycling Schweiz

Diese Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.

Für den Inhalt sind allein die Autoren und Autorinnen verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	4
1.1	Ausgangslage	4
1.2	Ziel	4
2.	Methode	5
2.1	Daten.....	5
2.2	Systemgrenzen und Emissionstypen.....	7
2.3	Fallbeispiel	8
2.4	Hochskalierung auf die ganze Flotte	12
3.	Resultate	13
3.1	Ergebnisse für alle Fahrzeugkombinationen aus dem Verbrauchskatalog	13
3.2	Sensitivitätsanalyse	15
3.3	Hochskalierung auf die ganze Flotte	18
4.	Grenzen des Modells	19
5.	Schlussfolgerungen	20
	Literatur	22
	Anhang A1: Analyse des Automarktes in der Schweiz	23
	Anhang A2: Regressionsanalyse der LCA-Daten	28
	Anhang A3: Weitere Resultate	31

1. Einführung

1.1 Ausgangslage

Die Elektromobilität befindet sich in einer rasanten Entwicklung, die Nachfrage nach Elektroautos wird in den nächsten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen. Elektroautos können einen wichtigen Beitrag leisten, die Klima- und Energieziele der Schweiz zu erreichen. Wird ein neuer Personenwagen angeschafft, ist es aus Klimasicht fast immer besser, ein Elektroauto statt eines Verbrenners zu wählen. Dies gilt insbesondere in der Schweiz, da der Schweizer Strommix eine geringe Treibhausgasintensität aufweist. Ein Elektroauto in der Schweiz stösst über seine gesamte Lebensdauer im Durchschnitt nur halb so viele Treibhausgase aus wie ein vergleichbares Auto mit Verbrennungsmotor (vgl. Abbildung 1). Diese Erkenntnisse basieren auf verschiedenen Ökobilanzstudien und wissenschaftlicher Literatur (BAFU 2023, BFE 2023a).

Treibhausgasemissionen nach Lebensdauer von 200'000 km

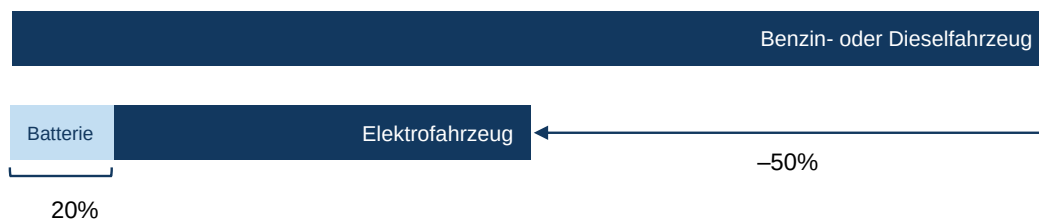


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Treibhausgasemissionen eines Mittelklassewagens mit etwa 400 km Reichweite. Die Herstellung der Batterie ist in diesem Beispiel für knapp 20% der Emissionen des Elektrofahrzeuges verantwortlich. Quelle: BFE 2023a. Graphik INFRAS.

Doch wann lohnt sich der Umstieg auf ein Elektroauto für Nutzerinnen und Nutzer, die einen Verbrenner fahren, der noch fahrtüchtig ist? Soll beispielsweise das sieben Jahre alte Dieselauto noch bis zum Ende seiner Lebensdauer gefahren werden oder soll es der Umwelt zuliebe frühzeitig durch ein Elektroauto ersetzt werden? Häufig wird argumentiert, dass es besser sei, einen bestehenden Verbrenner weiter zu betreiben, als ihn durch ein Elektroauto zu ersetzen. Dies wird oft damit begründet, dass das bestehende Fahrzeug bereits gebaut ist und somit die Herstellungsemissionen des Elektroautos eingespart werden können. Diese Gründe erschweren oft die Entscheidung, ob ein Elektroauto gekauft und der bestehende Verbrenner frühzeitig ersetzt werden soll.

Ab wann sich der Ersatz eines fahrtüchtigen Verbrenners durch ein Elektroauto lohnt, wurde in der Schweiz bisher nicht spezifisch untersucht. Entsprechend fehlen auch fundierte Grundlagen, um die breite Bevölkerung beim Kaufentscheid zu unterstützen und gezielt zu informieren. Ob sich der Umstieg auf ein Elektroauto lohnt, hängt von verschiedenen Faktoren ab: Wie effizient ist das aktuelle Auto, wie intensiv wird das Auto gefahren, was passiert mit dem alten Auto, wie klimaschädlich ist die Produktion des neuen Autos bzw. wie gross ist die Batterie. Pauschale Aussagen sind in diesem Zusammenhang nur bedingt aussagekräftig, da die Antworten je nach Einzelfall stark variieren können.

1.2 Ziel

Diese Studie verfolgt das Ziel, fundierte Grundlagen zu erarbeiten, um die Klimawirkung objektiv abzuschätzen, die ein Ersatz eines bestehenden Fahrzeugs durch ein Elektroauto generiert. Diese Grundlagen sollen die breite Bevölkerung bei ihrer Kaufentscheidung unterstützen. Die entwickelte Methodik erlaubt es, modell- bzw. fallspezifisch die Auswirkungen des Umstiegs auf ein Elektroauto zu quantifizieren und abzubilden, wie hoch die CO₂eq-Einsparungen über den gesamten Lebenszyklus verteilt ausfallen.

2. Methode

Die Studie untersucht, ob es aus Klimasicht sinnvoll ist, bestehende Verbrenner durch neue Elektroautos zu ersetzen. Zur Beantwortung dieser Frage wird eine Lebenszyklusperspektive gewählt. Mit dieser Perspektive wird versucht, alle relevanten Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus des aktuellen wie auch des neuen Fahrzeugs zu quantifizieren. Um die Emissionen zu berechnen, die ein Fahrzeug während seines Lebenszyklus verursacht, wird die Carculator-Methodik des Paul Scherrer Instituts verwendet¹, die auf Sacchi et al. (2022) basiert. Die Publikation von Sacchi et al. (2022) liefert die originalen Datenquellen, auf die sich diese Studie stützt.

Die Analyse konzentriert sich auf Treibhausgasemissionen als Indikator und berücksichtigt keine anderen Umweltindikatoren oder Kosten.

2.1 Daten

Der Verbrauchskatalog des BFE² und die Autosuche des TCS³ bilden die Datengrundlage für die Lebenszyklusanalyse (LCA). Die Datenbank der TCS-Autosuche basiert auf dem Verbrauchskatalog und enthält Informationen zu allen Fahrzeugen, die seit 2009 bis Mitte 2024 auf dem Schweizer Neuwagenmarkt erhältlich sind, insgesamt knapp 89'000 Fahrzeugmodelle. Seit 2021 liefert die Datenbank auch Informationen zu den Treibhausgasemissionen der Fahrzeuge während des gesamten Lebenszyklus. Diese wurden mit dem Carculator des PSI berechnet. Die Fahrzeugherstellungsdaten basieren auf globalen Durchschnittsdaten, die nicht fahrzeugmodell- oder regionsspezifisch sind. Da die Lebenszyklus-Emissionen erst seit 2021 ausgewiesen werden, bestehen Datenlücken bei Fahrzeugmodellen, die vor dem Jahr 2021 gebaut worden sind. Die fehlenden Werte wurden mit einer Regressionsanalyse der Fahrzeugdaten für das Jahr 2022 geschätzt (vgl. Tabelle 1 und Anhang A2).

Die Fahrzeugdaten sollen über mehrere Herstellungsjahre vergleichbar sein. In dem ausgewählten Berechnungszeitraum fallen jedoch zwei unterschiedliche Messverfahren für die Ermittlung von Verbrauch und Treibhausgasemissionen. Einerseits der Neue Europäische Fahrzyklus (NEFZ), der bis ins Jahr 2020 angewendet worden ist, und andererseits das Worldwide harmonized Light Duty Test Procedure (WLTP), welches das andere Messverfahren ersetzt hat. Für Fahrzeuge, die noch nach dem NEFZ-Zyklus gemessen worden sind, wurden deshalb die Energieverbrauchs- und CO₂-Emissionszahlen um den Faktor 1.2 erhöht. Somit sind sie mit Fahrzeugen, die im WLTP-Zyklus gemessen worden sind, grundsätzlich vergleichbar. Dass die WLTP-Werte von realen Verbrauchswerten abweichen können, wird im Verbrauchskatalog und in dieser Analyse nicht berücksichtigt.

Für einen aussagekräftigen Vergleich, ob sich der Ersatz eines Verbrenners durch ein neues Elektroauto lohnt, sollte das neue Fahrzeug in Form, Grösse und Leistung mit dem aktuellen Fahrzeug vergleichbar sein und im gleichen Preissegment liegen. Dies wird durch den Parameter «Fahrzeugklasse» im Verbrauchskatalog sichergestellt. Im Verbrauchskatalog werden die Fahrzeuge in Fahrzeugklassen eingeteilt, die wichtige Merkmale wie Grösse, Preisklasse, Leistung und Anzahl der Sitzplätze gemeinsam haben. Seit 2017 umfasst der Verbrauchskatalog 15 Fahrzeugklassen: Mikroklasse, Kleinwagen, Untere Mittelklasse, Mittelklasse, Obere Mittelklasse, Luxusklasse, Sportwagen, Cabriolet, SUV S, SUV M, SUV L, SUV XL, Minivan S, Minivan M und Minivan L. Bis 2016 gab es nur 10 Fahrzeugklassen, da die Klassen SUV und Minivan noch nicht weiter unterteilt waren. Um die Fahrzeuge vor und nach 2017 vergleichen zu können, wurden die SUV und Minivans in dieser Analyse nach Leergewicht in die detaillierteren Fahrzeugklassen unterteilt.

Die folgende Tabelle zeigt die in den Berechnungen berücksichtigten Emissionen.

¹ <https://www.carculator.psi.ch/>

² <https://www.verbrauchskatalog.ch/>

³ tcs.ch/de/testberichte-ratgeber/ratgeber/fahrzeug-kaufen-verkaufen/autosuche-vergleich.php

Emissionskategorie	Beschreibung
Direkte Emissionen	Daten zu CO ₂ -Emissionen sind im Verbrauchskatalog bereits vorhanden. Für Erdgas wird ein Bioanteil von 20% angenommen. Der Bioanteil in Benzin und Diesel wird nicht berücksichtigt. Andere Treibhausgase werden nicht berücksichtigt.
Betriebsemissionen	Beinhalten die Emissionen aus der Strom- und Treibstoffbereitstellung. Diese Werte stammen aus dem BFE (2023b).
Strasse	Beinhaltet Strassenherstellung, Unterhalt, Beleuchtung, Schneeräumung usw. Daten für Fahrzeuge mit Baujahr vor 2021 berechnet durch eine Regressionsanalyse der 2022er Fahrzeuge – als Basis Fahrzeugleergewicht.
Karosserie	Umfasst die Herstellung der Fahrzeugkarosserie ohne Antriebsstrang oder Energiespeicher. Daten für Fahrzeuge mit Baujahr vor 2021 berechnet durch Regressionsanalyse der 2022er Fahrzeuge – als Basis geschätztes Fahrzeugleergewicht ohne Energiespeicherbatterie.
Energiespeicher	Beinhaltet Wasserstofftanks und Li-Batterien. Herstellungsdaten für Wasserstofftanks von Fahrzeugen mit Baujahr vor 2021 gleich wie der Durchschnittswert der 2022er Brennstoffzellenautos. Datenlücken bei der Batterieherstellung für Fahrzeuge mit Baujahr vor 2021 werden auf 180 kg CO ₂ eq/kWh geschätzt. Dieser Wert ist ca. 20% höher als der Wert für 2022er Fahrzeuge. Bei Elektroautos wird davon ausgegangen, dass die Batterie während der Fahrzeuglebensdauer nicht ersetzt werden muss, was der heutigen Praxis entspricht.
Antrieb	Beinhaltet Verbrennungs- und Elektromotor, Getriebe und alle antriebspezifischen Komponenten. Datenlücken wurden durch eine Regressionsanalyse der 2022er Fahrzeuge geschlossen – als Basis Fahrzeugleistung getrennt nach Antriebstypen.
Wartung	Beinhaltet Wartungsarbeiten wie Reifenwechsel, Waschen, Reinigen, kleinere Reparaturen usw. Datenlücken wurden durch eine Regressionsanalyse der 2022er Fahrzeuge geschlossen – als Basis Fahrzeugleergewicht.
Entsorgung	Beinhaltet die Art des Verfahrens (Verschrottung und Recycling) mit Fahrzeugen, die das Ende ihres Lebenszyklus erreicht haben. Datenlücken wurden durch eine Regressionsanalyse der 2022er Fahrzeuge geschlossen – als Basis Fahrzeugleergewicht getrennt nach Antriebstypen.

Tabelle 1: Annahmen zur LCA-Berechnung der Fahrzeuge vor 2021.

Zusätzlich zu den Fahrzeugen, die im Verbrauchskatalog erscheinen, werden auch «generische Fahrzeuge» in die Berechnung einbezogen. Das sind modellierte Fahrzeuge, die typische Eigenschaften haben. Sie bilden Durchschnittsfahrzeuge für ihre Fahrzeugklasse und Antriebstechnologie ab. Sie erlauben allgemeine Vergleiche, die nicht durch die Besonderheiten der jeweiligen Fahrzeugmodelle getrübt sind. Im Carculator des PSI wurden Benzin- und Dieselfahrzeuge mit Herstellungsjahren von 2000 bis 2023 und Elektroautos in acht Fahrzeugklassen für das Jahr 2023 modelliert. Damit die Ergebnisse auch mit den Fahrzeugen aus dem Verbrauchskatalog vergleichbar sind, wurden die Energiebereitstellungsdaten für diese Fahrzeuge mit den Faktoren aus den Umweltkennwerten der Energieetikette für Strom- und Treibstoffbereitstellung (BFE 2023b) umgerechnet.

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse (LCA) für die Fahrzeuge aus dem Verbrauchskatalog wie auch für die generischen Fahrzeuge. Auf der Y-Achse sind die variablen Emissionen abgebildet, also die Treibhausgasemissionen, die durch Direktemissionen, Energiebereitstellung, Wartung usw. verursacht werden. Auf der X-Achse sind die einmaligen Emissionen abgebildet. Dies sind die Emissionen, die durch die Herstellung und Entsorgung des Fahrzeugs erzeugt werden. Jedes Fahrzeug ist durch

einen Punkt dargestellt. Fahrzeuge, die sich in der unteren linken Ecke der Diagramme befinden, schneiden am besten ab.

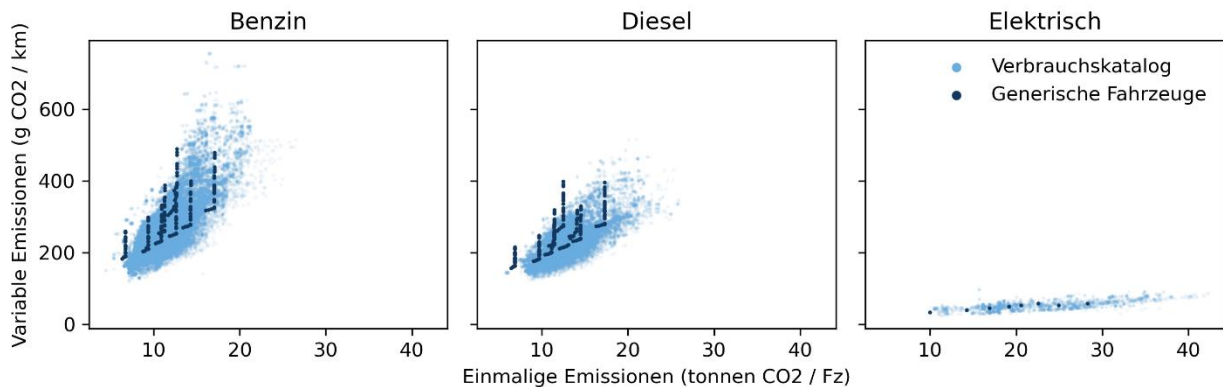


Abbildung 2: LCA-Daten für alle Benzin-, Diesel- und Elektrofahrzeuge: Verbrauchskatalog (hellblau) und generische Fahrzeuge (dunkelblau). Elektrofahrzeuge mit dem Schweizer Durchschnittstrommix geladen. Graphik INFRAS.

Die hellblauen Punkte sind Fahrzeuge aus dem Verbrauchskatalog und die dunkelblauen Punkte sind Fahrzeuge aus dem Calculator des PSI. Letztere zeigen ein Muster auf, die Punkte stapeln sich senkrecht übereinander, was für die zunehmende Effizienzsteigerung der Fahrzeuge steht. Die Effizienz bei den Verbrennern hat zwischen den Jahren 2000 und 2023 deutlich zugenommen, was in der Grafik sichtbar ist: bei den generischen Fahrzeugen gibt es Fahrzeuge, die sehr ähnliche einmalige Emissionen haben, deren variable Emissionen unterscheiden sich jedoch stark. Das sind Fahrzeuge der gleichen Fahrzeugklasse, die in unterschiedlichen Herstellungsjahren produziert worden sind. Fahrzeuge, die heute gebaut werden, sind deutlich effizienter als die, die vor 20 Jahren gebaut worden sind.

Generell erzeugen Elektroautos niedrigere variable Emissionen als Verbrenner, da sie im Allgemeinen einen geringeren Energiebedarf pro Kilometer haben. Dafür weisen Elektroautos in der Regel höhere einmalige Emissionen auf als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor.

Zudem wurde der Schweizer Automarkt analysiert, um zu verstehen, was mit den alten Fahrzeugen passiert, die weiterverkauft, recycelt oder exportiert werden. Die detaillierten Ergebnisse befinden sich im Anhang A1.

2.2 Systemgrenzen und Emissionstypen

Je nach Fragestellung können die Systemgrenzen und Modellierungsansätze des Lebenszyklus unterschiedlich definiert werden (ifeu 2023). Diese Studie simuliert spezifische Situationen für Fahrzeugbesitzerinnen und Fahrzeugbesitzer, die vor der Frage stehen, ob sie ihre aktuellen Verbrenner durch neue Elektroautos ersetzen sollten und wenn ja, zu welchem Zeitpunkt. Die Autorinnen und Autoren dieser Studie haben diese Szenarien zusammen mit einem LCA-Expertengremium entwickelt, um möglichst faire, klare und wissenschaftlich fundierte Aussagen zu ermöglichen. Die folgenden Absätze erklären, wie die Systemgrenzen in dieser Analyse gezogen werden, wie die Emissionen über die Lebenszyklusphasen der Fahrzeuge auf die verschiedenen Besitzerinnen und Besitzer alloziert werden und was geschieht, wenn das Fahrzeug weiterverkauft oder (frühzeitig) entsorgt werden sollte.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Emissionsquellen lassen sich generell in zwei Kategorien einteilen, die unterschiedlich behandelt werden:

- Einmalige Emissionen entstehen bei der Herstellung und Entsorgung des Fahrzeugs und sind unabhängig von der Fahrleistung. Die einmaligen Emissionen werden gleichmässig über die gesamte Lebensfahrleistung des Fahrzeugs alloziert. Je mehr das Fahrzeug gefahren wird, desto geringer sind die einmaligen Emissionen pro Kilometer. Was geschieht hinsichtlich der einmaligen Emissionen, wenn das Fahrzeug ersetzt und weiterverkauft oder entsorgt wird?
Ein Beispiel: Rita Muster kauft ein neues Auto, also werden ihr – der Käuferin – die gesamten einmaligen Emissionen angerechnet, die das Fahrzeug durch seine Existenz verursacht. Verkauft sie das Auto nach einem Drittel seiner Lebensdauer weiter an Martin Müller, erhält sie als Erstbesitzerin eine Gutschrift auf ihren Emissions-Fussabdruck, das heisst, sie trägt nicht mehr die ganze Summe der einmaligen Emissionen, denn die verbleibenden zwei Drittel der Emissionen hat nun der neue Käufer Martin Müller zu tragen. Will Rita Muster jedoch ein neues Auto kaufen und das alte Auto entsorgen lassen, statt es weiterzuverkaufen, so erhält sie keine Gutschrift auf ihren Emissions-Fussabdruck und sie ist letztlich für die gesamten einmaligen Emissionen verantwortlich.
- Die variablen Emissionen umfassen direkte Emissionen, Betriebs-, Wartungs- und Strassenemissionen. Je mehr das Fahrzeug gefahren wird, desto höher fallen diese Emissionen aus. Die variablen Emissionen werden der aktuellen Besitzerin oder dem aktuellen Besitzer zugerechnet, unabhängig davon, wie das Fahrzeug in ihren oder seinen Besitz gekommen ist oder was danach passiert.

2.3 Fallbeispiel

Um die Auswirkungen des Modellierungsansatzes besser zu veranschaulichen, wird ein Berechnungsbeispiel für einen konkreten Fall verwendet (vgl. Tabelle 2). In diesem Beispiel besitzt Rita Muster ein 10 Jahre altes Benzinauto, mit dem sie bereits 125'000 km gefahren ist. Wenn sie das Auto nicht ersetzt, könnte sie es weitere 6 Jahre behalten und weitere 75'000 km damit fahren. Uns interessiert nun der Betrachtungszeitraum der Fahrzeuglebensdauer zwischen 125'000 km und 200'000 km (siehe Abbildung 3). Die einmaligen Emissionen des aktuellen Benzinautos von Rita Muster betragen 10 Tonnen CO₂eq (inkl. Herstellungs- und Entsorgungsemissionen) und die variablen Emissionen belaufen sich auf 250 g CO₂eq/km (inkl. direkte Emissionen und Emissionen aus der Energiebereitstellung und Wartung). Rita interessiert sich für ein neues Elektroauto. Dieses weist zwar doppelt so viele einmalige Emissionen auf wie das Benzinauto, dafür stösst es nur einen Fünftel der variablen Emissionen aus. Diese Zahlen stammen aus dem Calculator des PSI für Mittelklassefahrzeuge und sind gerundet zugunsten des Benzinautos.

Parameter	Aktuelles Fahrzeug	Neues Fahrzeug
Antrieb	Benzin	Elektrisch
Fahrzeugalter (Jahre)	10	0
Aktuelle Fahrleistung (km)	125'000	0
Einmalige Emissionen (t CO ₂ eq/Fahrzeug)	10	20
Variable Emissionen (g CO ₂ eq/km)	250	50
Lebensdauer Default (Jahre)	16	16
Lebensfahrleistung Default (km)	200'000	200'000

Tabelle 2: Einfache Annahmen zur Beispielsrechnung.

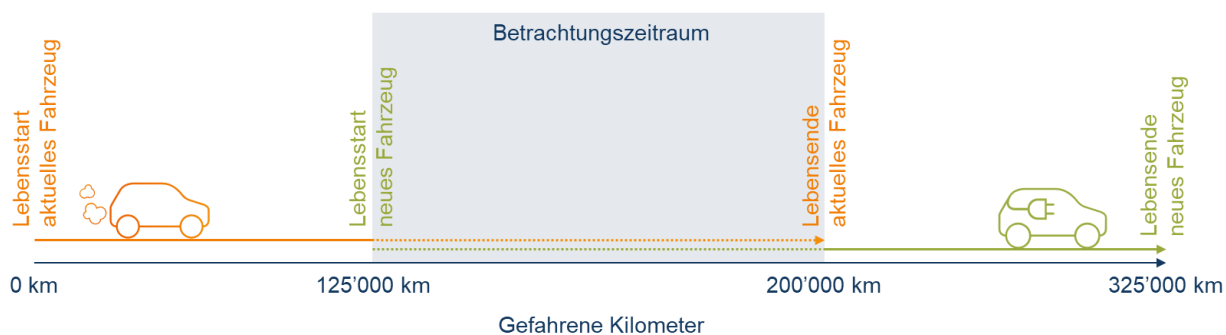


Abbildung 3: Systemgrenzen und Betrachtungszeitraum. Graphik INFRAS.

Nun kommt der Zeitpunkt der Entscheidung – Rita Muster hat drei mögliche Optionen:

- Sie behält das aktuelle Benzinauto, statt es zu ersetzen, und fährt es noch 75'000 km bis zu seinem Lebensende.
- Sie entsorgt⁴ das aktuelle Benzinauto sofort und ersetzt es durch ein Elektroauto.
- Sie verkauft das aktuelle Benzinauto an eine Drittperson und ersetzt es durch ein Elektroauto. Die Drittperson fährt das Benzinauto noch 75'000 km bis zu seinem Lebensende, bevor es entsorgt wird.

Wie sich die jeweilige Entscheidung auf die Treibhausgasemissionen auswirkt, wird nachfolgend erläutert.

Option A: Fahrzeug behalten, statt ersetzen

In Option A wird das Benzinauto nicht ersetzt, sondern Rita Muster fährt noch weitere 75'000 km damit. Dabei entstehen variable Emissionen von 250 g CO₂eq/km. Im Betrachtungszeitraum fallen keine einmaligen Emissionen an. Insgesamt werden im Betrachtungszeitraum **18.75 Tonnen CO₂eq** zugerechnet.

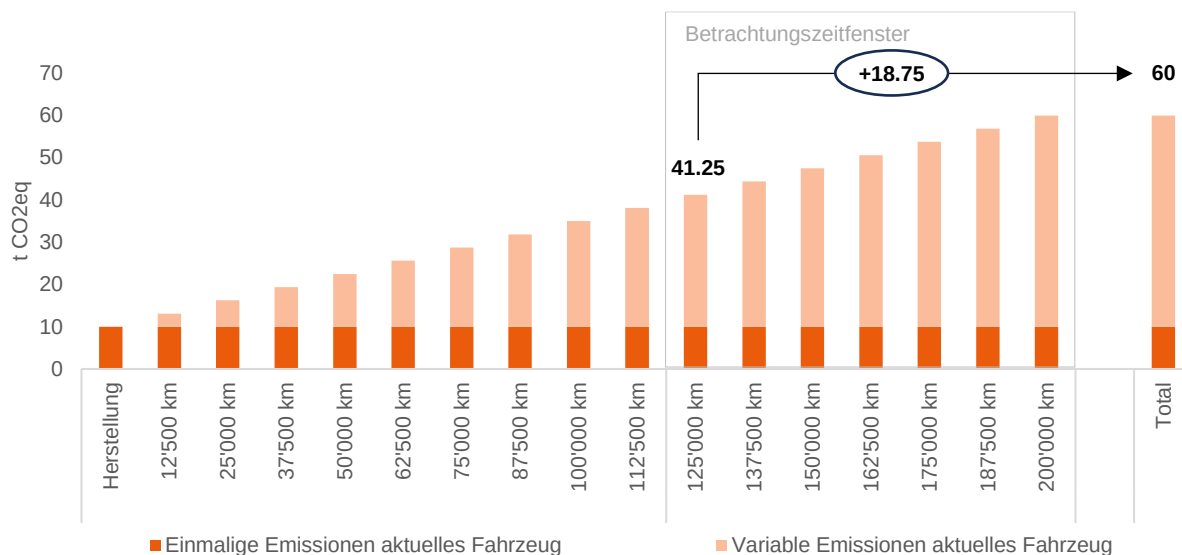


Abbildung 4: Treibhausgasemissionen Option A: Fahrzeug wird nicht ersetzt. Graphik INFRAS.

⁴ Entsorgen bedeutet, dass das Fahrzeug aus dem Verkehr gezogen und fachgerecht recycelt wird.

Option B: Fahrzeug entsorgen und durch ein Elektroauto ersetzen

In Option B entsorgt Rita Muster das aktuelle Benzinauto sofort, daher entstehen keine einmaligen oder variablen Emissionen für dieses Fahrzeug im Betrachtungszeitraum. Das neue Elektroauto wird jedoch innerhalb des Betrachtungszeitraums angeschafft, mit einmaligen Emissionen von 20 Tonnen CO₂eq. Am Ende des Betrachtungszeitraums hat das neue Elektroauto sein Lebensende noch nicht erreicht – es hat noch weitere 125'000 km vor sich. Rita Muster erhält somit eine Gutschrift in Höhe von 12.5 Tonnen CO₂eq, also fast zwei Drittel der einmaligen Emissionen des neuen Elektroautos. Während des Betrachtungszeitraums fährt Rita Muster das Elektroauto 75'000 km weit. Dabei entstehen variable Emissionen von 50 g CO₂eq/km. Das ergibt 3.75 Tonnen variable Emissionen, also insgesamt **11.25 Tonnen CO₂eq** für Option B.

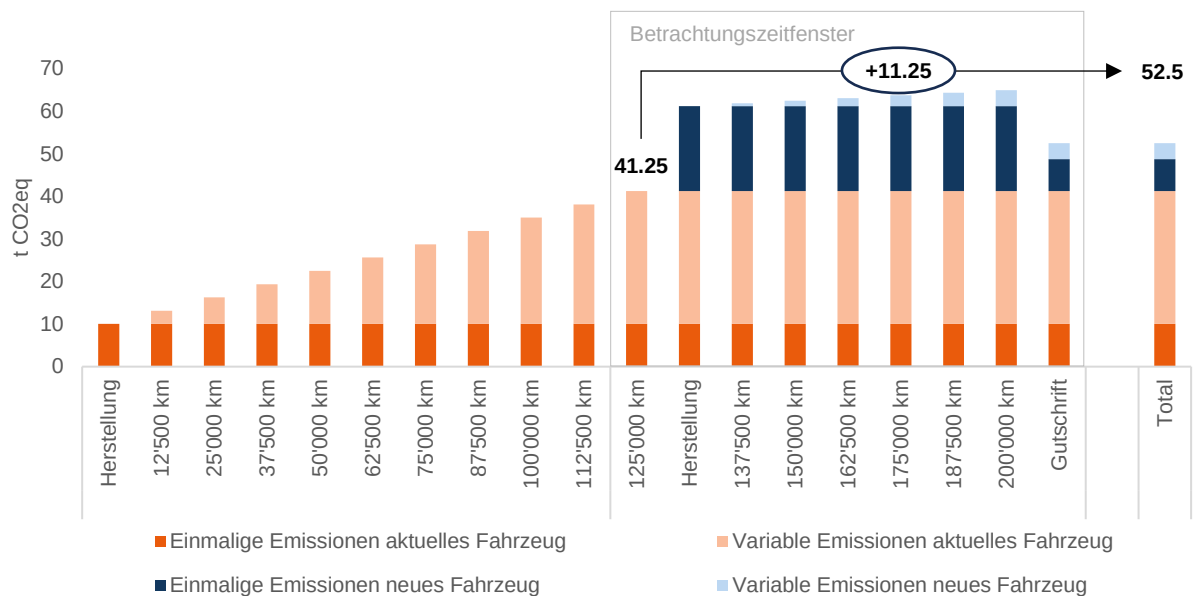


Abbildung 5: Treibhausgasemissionen Option B: Fahrzeug wird entsorgt und durch ein Elektroauto ersetzt. Graphik INFRAS.

Option C: Fahrzeug verkaufen und durch ein Elektroauto ersetzen

In Option C verkauft Rita Muster das aktuelle Benzinauto an eine Drittperson, die noch weitere 75'000 km damit fährt. Die variablen Emissionen, die das Auto während dieser Kilometer ausstösst, werden der Drittperson angerechnet. Die Drittperson übernimmt mit dem Kauf auch einen Anteil von 37.5% der einmaligen Emissionen des Benzinautos, da sie noch 75'000 km von insgesamt 200'000 km Lebensdauer damit fährt. Somit erhält die Entscheidungsträgerin Rita Muster eine Gutschrift von 3.75 Tonnen CO₂eq. Die einmaligen und variablen Emissionen des neuen Elektroautos sind gleich hoch wie in Option B, also 7.5 Tonnen CO₂eq einmalige Emissionen und 3.75 Tonnen CO₂eq variable Emissionen. Insgesamt ergeben sich **7.5 Tonnen CO₂eq** innerhalb des Betrachtungszeitraums.

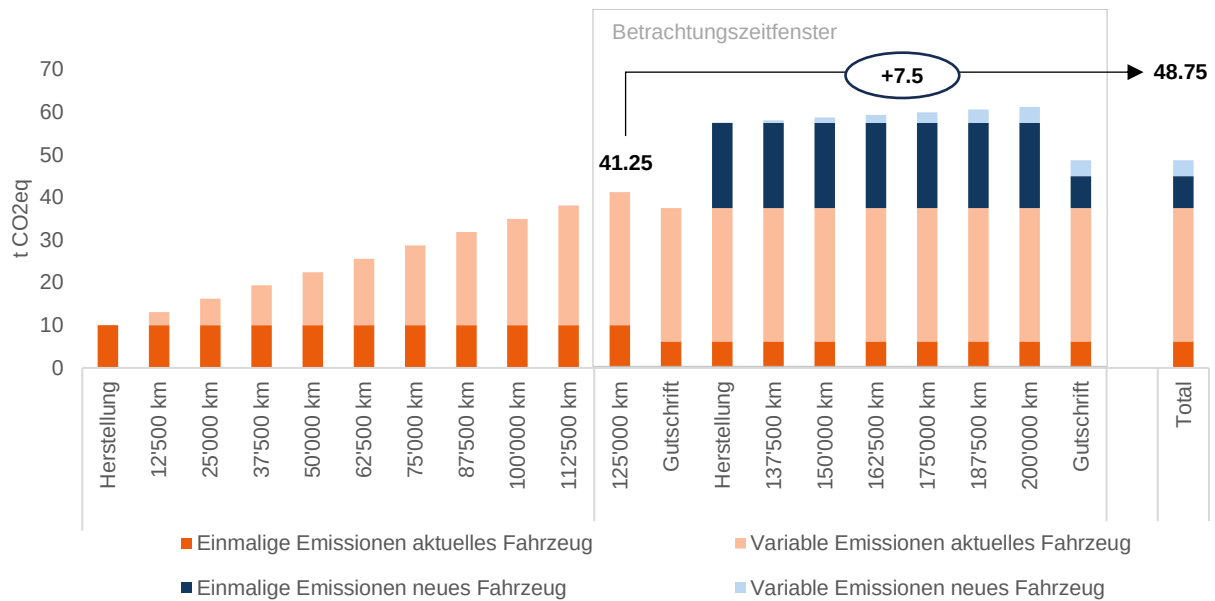


Abbildung 6: Treibhausgasemissionen Option C: Fahrzeug wird verkauft und durch ein Elektroauto ersetzt. Graphik INFRAS.

In diesem einfachen Beispiel ist klar, dass die Halterin aus Klimasicht das aktuelle Benzinauto durch ein neues Elektroauto ersetzen sollte. Was soll also mit dem Benzinauto geschehen? Im Vergleich zur Option A, bei der Rita Muster ihr Auto noch weitere 75'000 km fährt, könnten **7.5 Tonnen CO₂eq** eingespart werden, wenn sie ihr Benzinauto sofort entsorgen würde, wie in **Option B**. Es könnten sogar **11.25 Tonnen CO₂eq** eingespart werden, wenn sie das aktuelle Auto weiterverkauft wie in **Option C**. Verteilt über die 75'000 km, die das Benzinauto noch fahren könnte, entspricht das 100 g CO₂eq/km für Option B und 150 g CO₂eq/km für Option C.

Die Option C (Weiterverkauf) bietet aus Sicht der Entscheidungsträgerin immer die grösseren möglichen Treibhausgaseinsparungen als Option B (Entsorgung), weil ihr als Besitzerin beim Verkauf des Benzinautos eine Gutschrift für den Rest der Einmalemissionen zugerechnet wird. Jedoch birgt Option C methodische Schwierigkeiten, zum Beispiel:

- Die Besitzerin hat oft keinen Einfluss darüber, was mit dem Verbrenner passiert, nachdem sie ihn ersetzt hat.
- Wenn das Benzinauto ins Ausland verkauft und dort über eine grosse Distanz weitergefahren wird, würde nach dieser Methodik die Gutschrift für die Erstbesitzerin Rita Muster grösser ausfallen und die möglichen Treibhausgaseinsparungen wären ebenfalls höher.
- Wenn das Benzinauto ein anderes, noch älteres Fahrzeug ersetzt, wer erhält dann die Gutschrift?
- Wenn das Benzinauto sehr alt und ineffizient ist, sollte es lieber entsorgt statt durch eine Drittperson weitergefahren werden.
- Wenn der Motorisierungsgrad dadurch erhöht wird, steigen die Gesamtemissionen.

Aus diesen Gründen fokussiert sich die Studie in den Ergebnissen auf die Option B (Entsorgung), da diese Option methodisch einfacher und robuster ist. Ausserdem ist sie vorsichtiger, da Option B mit geringeren Treibhausgaseinsparungen rechnet als Option C, die ein grösseres Einsparpotenzial aufweist. In der Realität findet eine Mischung aus Option B (Entsorgung) und Option C (Weiterverkauf) statt; die beiden Optionen treten mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten auf, abhängig vom Alter des aktuellen Verbrenners (vgl. Abbildung 19 im Anhang).

Exkurs: Weitere mögliche Konsequenzen des Fahrzeugersatzes

Die Entscheidung, ein bestehendes Fahrzeug durch ein neues Elektroauto zu ersetzen, kann mögliche Konsequenzen haben, die hier nicht weiter betrachtet werden, wie z.B.:

- Rebound Effekt: Der Besitz eines neueren, saubereren Fahrzeugs könnte Fahrzeughalterinnen und Fahrzeughalter ermutigen, insgesamt mehr zu fahren, was die positiven Klimaeffekte des Ersatzes teilweise kompensieren könnte.
- Effizienzsteigerung der Fahrzeugflotte: Wird das aktuelle Fahrzeug nicht entsorgt, sondern weiterverkauft, kann es ein noch älteres, weniger effizientes Fahrzeug vom Markt verdrängen. Dadurch bleibt der Gesamtbestand konstant und der Flottendurchschnitt wird effizienter. Dies ist der Idealfall und dürfte in der Schweiz eher der Normalfall sein, da der Motorisierungsgrad in der Schweiz seit rund 10 Jahren stabil ist (vgl. Abbildung 14).
- Vergrößerung der Fahrzeugflotte: Wenn die Entscheidung, ein Fahrzeug vorzeitig zu ersetzen, dazu führt, dass ein zusätzliches Fahrzeug auf die Strasse kommt, ohne dass ein noch älteres Fahrzeug entsorgt wird, erhöht sich die Gesamtfahrleistung. Dies führt unweigerlich zu insgesamt höheren Treibhausgasemissionen, unabhängig davon, wie effizient das neue Fahrzeug ist. Dies ist möglicherweise der Fall, wenn das Fahrzeug exportiert wird, da der Motorisierungsgrad in vielen Zielländern noch nicht gesättigt ist.

2.4 Hochskalierung auf die ganze Flotte

Die Schweizer Fahrzeugbestandsdaten⁵ wurden ausgewertet, um den Anteil der Fahrzeuge zu schätzen, bei dem sich aus Klimasicht der Ersatz durch ein Elektroauto lohnen würde. Der IVZ-Datensatz der Schweiz beinhaltet jeden zugelassenen Personenwagen der Schweiz mit den Angaben zum Jahr der Inverkehrsetzung, zur Antriebstechnologie und der Fahrleistung bei der letzten Motorfahrzeugkontrolle. Damit kann die jährliche Fahrleistung pro Fahrzeug berechnet werden. Die Auswertung zeigt, dass ca. 8% der Schweizer Personenwagen weniger als 5'000 km pro Jahr zurücklegen, während ca. 10% der Flotte über 20'000 km pro Jahr zurücklegt. Die durchschnittliche Jahresfahrleistung liegt bei etwa 12'500 km (Abbildung 7).

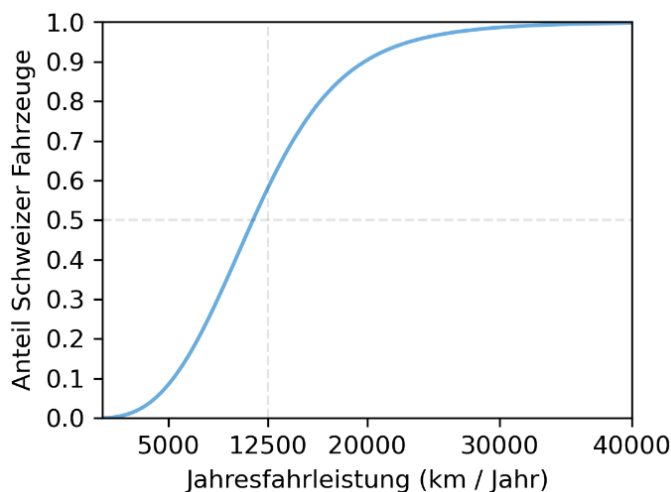


Abbildung 7: Verteilung der Jahresfahrleistung der Schweizer Personenwagenflotte. Graphik INFRAS.

Weiter konnten die LCA-Daten für jedes Fahrzeug der Schweizer Personenwagenflotte grob geschätzt werden. Obwohl die IVZ-Daten Angaben zum Hersteller und Modell beinhalten, konnten diese mit dem Datensatz aus dem Verbrauchskatalog nicht zusammengeführt werden. Stattdessen wurden die LCA-Daten der generischen Fahrzeuge als LCA-Datengrundlage gewählt. Die LCA-Daten der generischen Fahr-

⁵ <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/fachleute/weitere-bereiche/fachanwendungen/ivz.html>

zeuge wurden also den IVZ-Daten zugeteilt – nach Herstellungsjahr, Antriebstechnologie und Leergewicht. Da die Verbrauchsdaten im IVZ-Datensatz nicht vollständig sind, müssen auch die Verbrauchsdaten der generischen Fahrzeuge verwendet werden.

Die möglichen Treibhausgaseinsparungen, die ein Wechsel auf ein neues Elektroauto mit sich bringen würde, konnten geschätzt werden. Als neues Fahrzeug wurde ein generisches Elektroauto mit Herstellungsjahr 2023 für die Berechnungen gewählt. Das Elektroauto liegt immer in der gleichen Fahrzeugklasse wie das jeweilige Fahrzeug, mit dem es verglichen werden soll. Die Lebensfahrleistung des neuen Elektroautos wurde anhand der Annahme geschätzt, dass seine Lebensdauer bei 16 Jahren liegt und dass die Jahresfahrleistung gleich hoch bleibt wie mit dem bestehenden Verbrenner.

Diese Hochrechnung basiert auf Annahmen und die Ergebnisse sind daher als Richtwert zu verstehen.

3. Resultate

In Kapitel 2 wurde die Methodik anhand eines Fallbeispiels illustriert und aufgezeigt, ob sich der Ersatz eines Verbrenners durch ein Elektroauto lohnt und wie sich diese Entscheidung auf die Treibhausgasemissionen auswirkt, wenn das alte Auto entsorgt oder weiterverkauft wird (siehe Kapitel 2.3). Kapitel 3 betrachtet Option B als Ausgangslage, in der der alte Verbrenner entsorgt und durch ein neues Elektroauto ersetzt wird. Option C würde zu noch höheren Emissionseinsparungen führen.

Die Ergebnisse in Kapitel 3.1 zeigen die Treibhausgaseinsparungen für alle möglichen Kombinationen zwischen alten (rund 87'000 Fahrzeuge, die zwischen 2009 und 2023 auf dem Markt erhältlich gewesen sind) und neuen Fahrzeugmodellen der gleichen Fahrzeugklasse (rund 2'000 Fahrzeuge, die 2024 auf dem Markt erhältlich sind) aus dem Verbrauchskatalog, also insgesamt knapp 13.5 Millionen mögliche Kombinationen von Alt- und Neufahrzeugen. Hinter dieser Auswertung stecken Annahmen zu Parametern wie Fahrzeugalter, Jahresfahrleistung, Lebensfahrleistung und Strommix, die den Schweizer Durchschnitt abbilden. In Kapitel 3.2 werden die Einflüsse dieser Annahmen durch eine Sensitivitätsanalyse betrachtet. Hierfür sind generische Fahrzeuge aus dem Calculator eingesetzt worden, damit die Variabilität der grossen Fahrzeugauswahl aus dem Verbrauchskatalog die Ergebnisse nicht trübt. Somit sind die unterliegenden Sensitivitäten offensichtlicher. Kapitel 3.3 zeigt die Ergebnisse der Hochrechnung auf die ganze Schweizer Fahrzeugflotte. Für diese Rechnung mussten die Fahrzeuge zwar weniger detailliert modelliert werden, dafür konnte die tatsächliche Verteilung der Jahresfahrleistung über die Schweizer Fahrzeugflotte abgebildet werden.

3.1 Ergebnisse für alle Fahrzeugkombinationen aus dem Verbrauchskatalog

Abbildung 8 zeigt die möglichen Einsparungen von Treibhausgasen, wenn ein bestehender Verbrenner oder Hybrid durch ein neues Fahrzeug der gleichen Fahrzeugklasse ersetzt wird. Es wird angenommen, dass der Verbrenner nach dem Ersatz entsorgt und nicht weitergefahren wird (Option B von oben), da dies der konservativere Fall ist und im Vergleich zu Option C ein geringeres Einsparpotenzial aufweist. Weitere Annahmen: Das aktuelle Fahrzeug hat zum Zeitpunkt der Entscheidung eine Fahrleistung von 125'000 km erreicht. Wenn es nicht ersetzt wird, würde es noch weitere 75'000 km fahren und insgesamt eine Lebensfahrleistung von 200'000 km erreichen. 200'000 km ist etwa die durchschnittliche Lebenserwartung von neuen Schweizer Personenwagen (12'500 km pro Jahr für 16 Jahre).

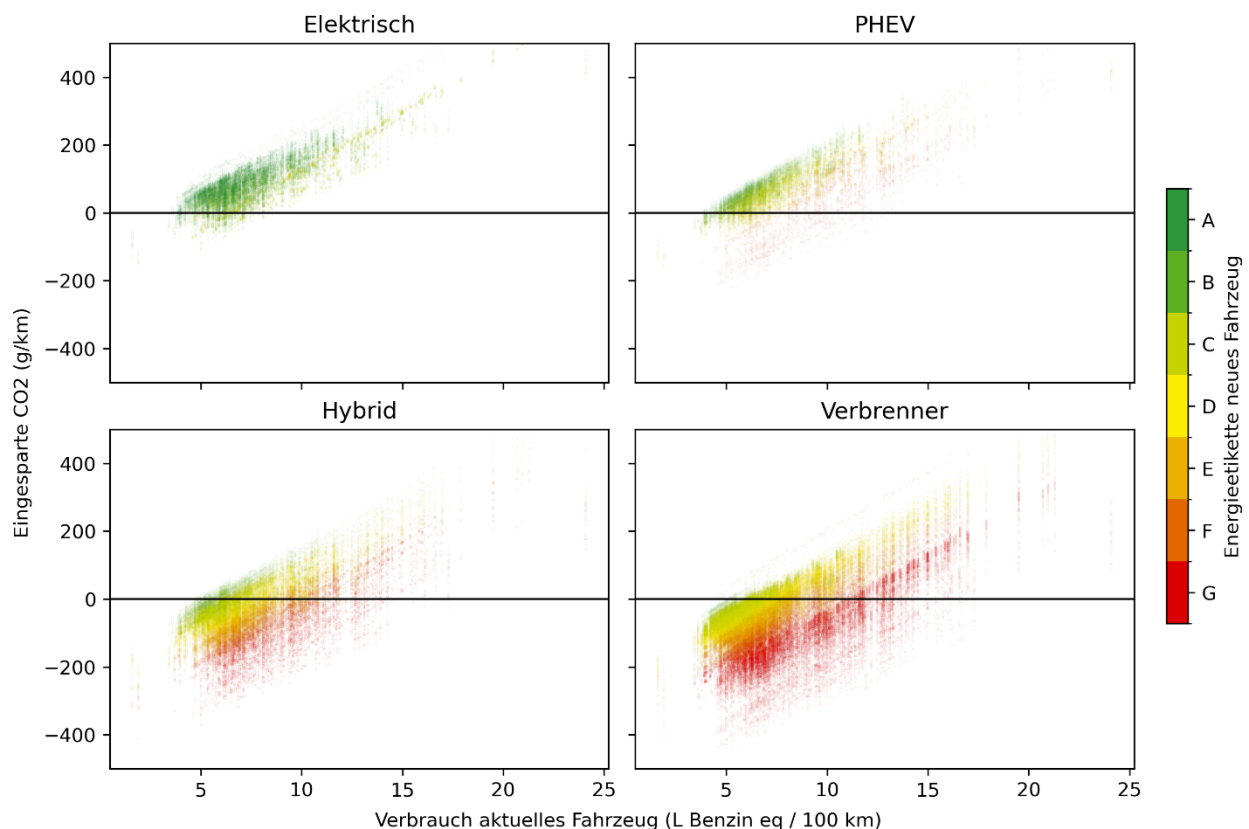


Abbildung 8: Eingesparte Treibstoffemissionen pro Kilometer für Fahrzeugkombinationen in der gleichen Fahrzeugklasse aus dem Verbrauchskatalog. Aktuelles Fahrzeug nur Verbrenner oder Hybrid. Neues Fahrzeug nur Modelle 2024. Antriebsart des neuen Fahrzeugs nach Quadrant. Schweizer Durchschnittsstrommix. Lebensfahrleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.

Die Y-Achse der Grafik zeigt die CO₂eq-Einsparungen pro Kilometer für diese verbleibenden 75'000 km. Die X-Achse zeigt den Verbrauch des aktuellen Fahrzeugs in Litern pro 100 km. Die Farben der Punkte stehen für die Kategorie der Energieeffizienz des neuen Fahrzeugs. Die vier möglichen Antriebsarten des neuen Fahrzeugs sind in den vier Quadranten der Grafik dargestellt. Das Diagramm oben links zeigt die Ergebnisse für den Fall, dass das neue Fahrzeug mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet ist. Wenn ein Punkt über Null auf der Y-Achse liegt, wäre der Ersatz aus Klimasicht vorteilhaft. Je weiter der Punkt über Null liegt, desto grösser sind die möglichen Einsparungen.

Fazit

Generell gilt: Je höher der Verbrauch des alten Fahrzeugs und je effizienter das neue Fahrzeug ist, desto höher sind die möglichen Treibhausgaseinsparungen durch einen Fahrzeugwechsel.

Wenn das neue Fahrzeug elektrisch ist, ergeben sich für mehr als 92% der Fahrzeugkombinationen innerhalb der gleichen Fahrzeugklasse Treibhausgaseinsparungen (vgl. Abbildung 8). Wenn das aktuelle Fahrzeug einen reinen Verbrennungsmotor hat (ohne Hybridantriebe), trifft dies auf über 95% der Fahrzeugkombinationen zu. Die Fälle, in denen keine Treibhausgaseinsparungen ausgewiesen werden, sind wahrscheinlich auf Datenfehler in den Datenquellen zurückzuführen.

Wenn es sich bei dem neuen Fahrzeug um einen Plug-in-Hybrid handelt, könnte ein Wechsel auch aus Klimasicht vorteilhaft sein, aber hier ist es noch relevanter als bei den reinen Elektrofahrzeugen, dass das neue Fahrzeug möglichst klein und effizient ist und der zu ersetzende Verbrenner gross und ineffizient ist. Noch wichtiger ist, dass der neue Plug-in-Hybrid möglichst häufig nachgeladen wird, damit der grösstmögliche Anteil der Kilometer elektrisch gefahren wird. Falls der Plug-in-Hybrid nicht regelmässig nachgeladen wird, ist er sogar schlechter als ein normaler Hybrid und Treibhausgaseinsparungen sind eher unwahrscheinlich.

Wenn das neue Fahrzeug einen Hybrid- oder sogar Verbrennungsmotor haben sollte, sind Treibhausgaseinsparungen nur möglich, wenn das aktuelle Fahrzeug einen sehr hohen Verbrauch hat und / oder das neue Fahrzeug sehr effizient ist. Obwohl eine solche Fahrzeugkombination eine positive Treibhausgasbilanz aufweisen könnte, wären die eingesparten Treibhausgasemissionen um ein Vielfaches höher, wenn das neue Fahrzeug mit einem Elektroantrieb ausgestattet wäre.

Die Ergebnisse für die Schweiz bei durchschnittlichen Fahrleistungen sind eindeutig: Aus Klimasicht ist es sinnvoll, bestehende Verbrenner durch Elektrofahrzeuge der gleichen oder einer kleineren Fahrzeugklasse zu ersetzen. Die Sensitivitäten dieser Ergebnisse werden im folgenden Kapitel erläutert.

3.2 Sensitivitätsanalyse

Fahrleistung aktuelles Fahrzeug beim Entscheidungszeitpunkt

Je neuer das aktuelle Fahrzeug zum Zeitpunkt der Entscheidung ist, desto länger ist der Betrachtungszeitraum (vgl. Abbildung 3). Wenn das aktuelle Fahrzeug relativ neu ist, verteilen sich die einmaligen Emissionen bei einer frühzeitigen Entsorgung auf weniger Kilometer. Dafür können die tieferen variablen Emissionen des neuen Fahrzeuges besser zur Geltung kommen.

Abbildung 9 zeigt die Länge des Betrachtungszeitraums und die eingesparten Treibhausgasemissionen, wenn ein typisches Mittelklassefahrzeug mit Benzinmotor zu verschiedenen Zeitpunkten durch ein typisches Mittelklassefahrzeug mit Elektroantrieb ersetzt wird: bei 0 km, wenn das aktuelle Fahrzeug noch neu ist, nach 50'000 km (ca. 4 Jahre alt) und nach 150'000 km (ca. 12 Jahre alt). Die eingesparten CO₂eq-Emissionen sind am höchsten, wenn das aktuelle Fahrzeug noch neu ist. Am geringsten sind sie, wenn das aktuelle Fahrzeug schon viel gefahren worden ist und sich dem Ende seiner Lebensdauer nähert.

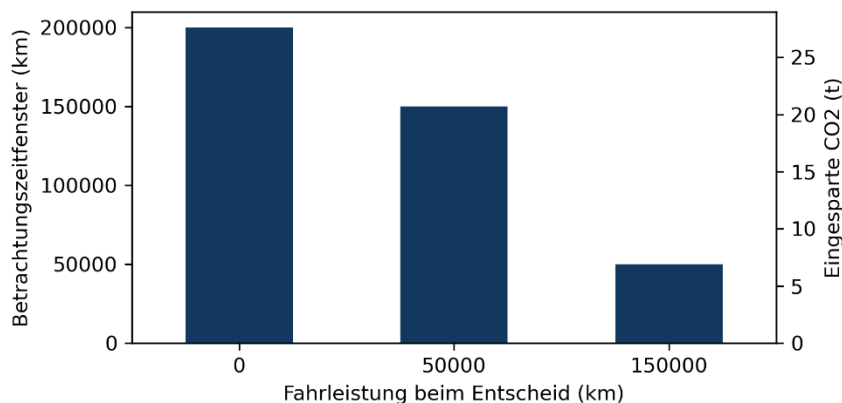


Abbildung 9: Sensitivität: Fahrleistung aktuelles Fahrzeug zum Zeitpunkt der Entscheidung. Vergleich: generisches Mittelklasse Benzinfahrzeug (Baujahr 2013) ersetzt durch generisches Mittelklasse Elektrofahrzeug (Baujahr 2023). Lebensfahrleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.

Die eingesparten CO₂eq-Emissionen pro Kilometer Restfahrleistung des heutigen Fahrzeuges sind aber genau gleich. Die Beispielrechnungen in Kapitel 2.2 zeigen: Die Treibhausgasemissionen pro Kilometer für Option B (Entsorgung) im Vergleich zu Option A (kein Ersatz) sind unabhängig von der Lebensfahrleistung des bestehenden Fahrzeuges.

Lebensfahrleistung des neuen Fahrzeuges

Entscheidend für den Klimavorteil beim Ersatz durch ein Elektroauto ist die Lebensfahrleistung des neuen Fahrzeuges. Abbildung 10 zeigt die möglichen Treibhausgaseinsparungen, wenn ein generischer Verbrenner durch ein generisches Elektroauto innerhalb der gleichen Fahrzeugklasse ersetzt wird. Dabei werden drei verschiedene Lebensfahrleistungen des neuen Elektroautos betrachtet: 80'000 km, 200'000 km und 320'000 km. Ausgehend von einer durchschnittlichen Lebensdauer von 16 Jahren beträgt die jährliche Fahrleistung somit 5'000 km, 12'500 km bzw. 20'000 km.

Werden mit dem neuen Elektroauto insgesamt 200'000 km zurückgelegt, was in etwa der durchschnittlichen Lebenserwartung von neuen Schweizer Fahrzeugen entspricht, sind die Ergebnisse wie in Kap. 3.1 ausschliesslich positiv, wenn das neue Fahrzeug derselben Fahrzeugklasse angehört wie das bisherige Fahrzeug. Wird das neue Elektroauto jedoch unterdurchschnittlich wenig gefahren, z.B. mit einer Lebensfahrleistung von ca. 80'000 km, verteilen sich die hohen einmaligen Emissionen auf zu wenige Kilometer und der Klimavorteil wird nicht deutlich. Hier lohnt sich nur das Ersetzen von älteren und weniger effizienten Fahrzeugen. Wer sehr viel fahren muss, sollte unbedingt auf ein Elektroauto umsteigen, denn bei einer Lebensfahrleistung über 200'000 km sind die Treibhausgaseinsparungen am höchsten.

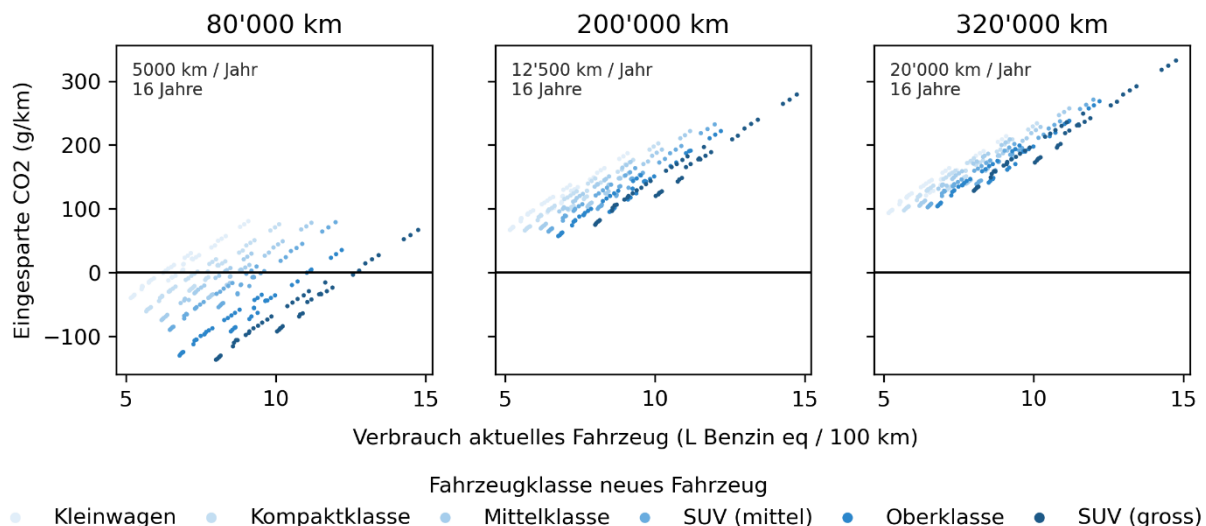


Abbildung 10: Sensitivität: Lebensfahrleistung neues Fahrzeug. Datengrundlage: generische Fahrzeuge. Aktuelles Fahrzeug mit Verbrennungsmotor, Baujahr zwischen 2000 und 2022. Neues Fahrzeug elektrisch, mit Schweizer Durchschnittstrommix geladen. Neues Fahrzeug in der gleichen Fahrzeugklasse wie das aktuelle Fahrzeug. Fahrleistung beim Entscheid 125'000 km. Graphik INFRAS.

Ab welcher Fahrleistung sich der Fahrzeugwechsel lohnt, kann nicht mit einer einfachen Faustregel definiert werden, da die Treibhausgasbilanz auch stark vom Verbrauch und weniger stark von den Einmalemissionen der Fahrzeuge abhängt. Je nach Fahrzeugkombination lohnt sich der Umstieg ab einer Lebensfahrleistung zwischen 60'000 km und 90'000 km für kleinere Fahrzeuge und zwischen 70'000 km und 120'000 km für grössere Fahrzeuge. Grund für diesen Unterschied sind die höheren Einmalemissionen bei grösseren Elektroautos.

Strommix

Für die Klimabilanz ist es sehr wichtig, dass die Elektroautos mit sauberem Strom geladen werden. Abbildung 11 zeigt einen Vergleich zwischen drei Fällen, in denen das neue Elektroauto über die gesamte Lebensdauer entweder mit erneuerbarem Strom, mit Schweizer Durchschnittstrom (Verbrauchermix) oder mit Strom aus einem durchschnittlichen Gaskraftwerk geladen wird. Je sauberer der Strommix, desto grösser sind die Klimavorteile beim Umstieg auf ein Elektroauto. In der Schweiz ist das in der Regel kein Problem, da der Schweizer Strommix mit sehr wenig Treibhausgasemissionen verbunden ist. Würde das Elektroauto in einem hypothetischen Fall ausschliesslich mit Strom aus einem Gaskraftwerk geladen werden, wären die Klimavorteile weniger deutlich. Da würde die Effizienz des bestehenden Verbrenners im Vergleich zu der des neuen Elektroautos eine grössere Rolle spielen.

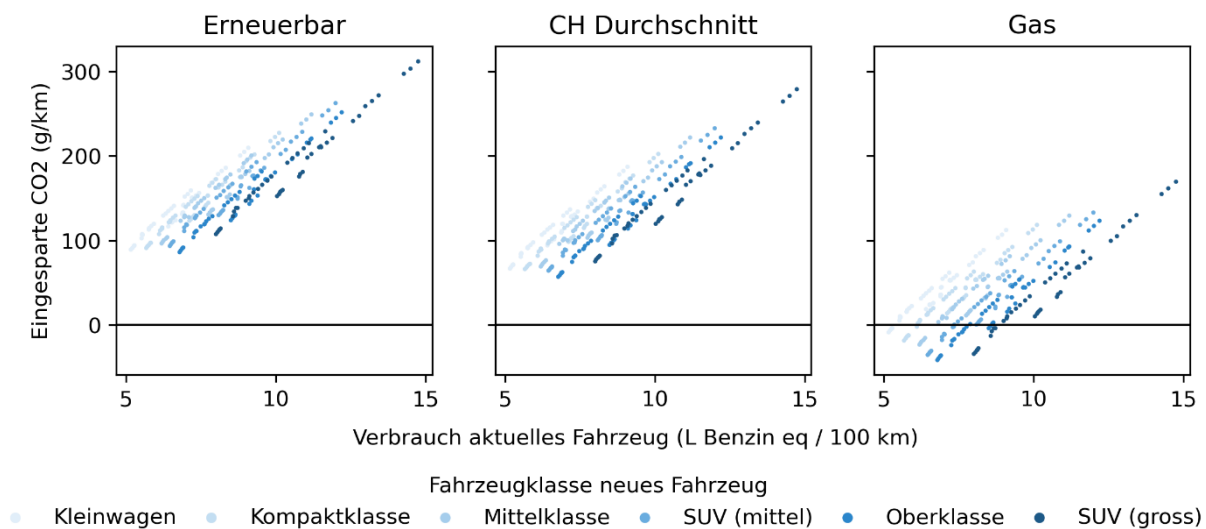


Abbildung 11: Sensitivität: Strommix. Datengrundlage: generische Fahrzeuge. Aktuelles Fahrzeug mit Verbrennungsmotor, Baujahr zwischen Jahr 2000 und 2022. Neues Fahrzeug elektrisch. Neues Fahrzeug in der gleichen Fahrzeugklasse wie das aktuelle Fahrzeug. Fahrleistung beim Entscheid 125'000 km. Lebensfahrleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.

Neues Elektroauto ist ein Gebrauchtfahrzeug

Wie Abbildung 10 zeigt, steigen die Klimavorteile der Elektromobilität, je intensiver die Elektroautos während ihrer Lebensdauer genutzt werden. Deswegen kann es sinnvoll sein, den aktuellen Verbrenner durch ein gebrauchtes Elektroauto zu ersetzen. Abbildung 12 zeigt ähnliche Ergebnisse wie Abbildung 8, aber hier ist das «neue Fahrzeug» ein Occasions-Elektroauto, das vor 2023 hergestellt worden ist, und eine Fahrleistung von 125'000 km beim Kaufentscheid hat. Es wird angenommen, dass das neue Fahrzeug dann noch 75'000 km bis zum Lebensende gefahren wird. Die Ergebnisse sind fast genau gleich wie wenn das neue Elektroauto ein neues Fahrzeug ist. Der Wechsel lohnt sich fast immer, solange das neue Fahrzeug die gleiche Fahrzeugklasse wie das aktuelle Fahrzeug hat. Je weiter die Mobilitätswende fortschreitet, desto grösser wird die Auswahl an Elektroautos auf dem Occasionsmarkt. Es spricht aus Klimasicht nichts dagegen, den bestehenden Verbrenner durch ein Occasions-Elektroauto statt durch ein neues Elektroauto zu ersetzen.

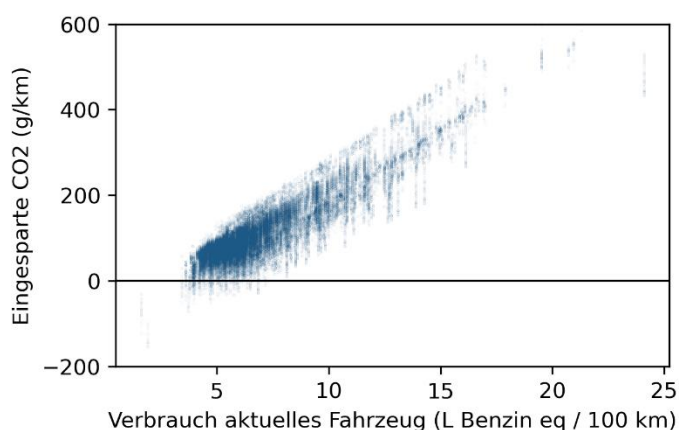


Abbildung 12: Eingesparte Treibstoffemissionen pro Kilometer für Fahrzeugkombinationen in der gleichen Fahrzeugklasse aus dem Verbrauchskatalog. Aktuelles Fahrzeug nur Verbrenner oder Hybrid mit Herstellungsjahr vor 2023. Neues Fahrzeug: Occasions-Elektroauto mit 125'000 km vor dem Kauf und Herstellungsjahr vor 2023. Schweizer Durchschnittsstrommix. Lebensfahrleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.

3.3 Hochskalierung auf die ganze Flotte

Anhand der Schweizer IVZ-Daten wurde grob geschätzt, welcher Anteil der bestehenden Schweizer Flotte aus Klimasicht ersetzt werden könnte (vgl. Kap 2.4). Die Hochskalierung zeigt auf, dass es sich bei ca. 90% der Verbrenner in der Schweizer Personenwagenflotte lohnen würde, sie zu entsorgen und durch neue Elektroautos zu ersetzen. Bei 3.8% der Verbrenner waren die Klimavorteile nicht deutlich. Bei 6.4% der Flotte hat der aktuelle Verbrenner eine zu niedrige Jahresfahrleistung, als dass sich ein Wechsel lohnen würde (vgl. Abbildung 13).

Die Ergebnisse sind stark von der Lebensfahrleistung der neuen Elektroautos abhängig. Werden die neuen Elektroautos zukünftig 20 Jahre statt des aktuellen Flottendurchschnitts von 16 Jahren gefahren, könnte sich ein Ersatz bei mehr als 94% der Verbrenner lohnen. Werden zukünftige Fahrzeuge hingegen nur 10 Jahre bei der gleichen Jahresfahrleistung gefahren, wäre der Ersatz nur bei 68% der Flotte klimafreundlich.

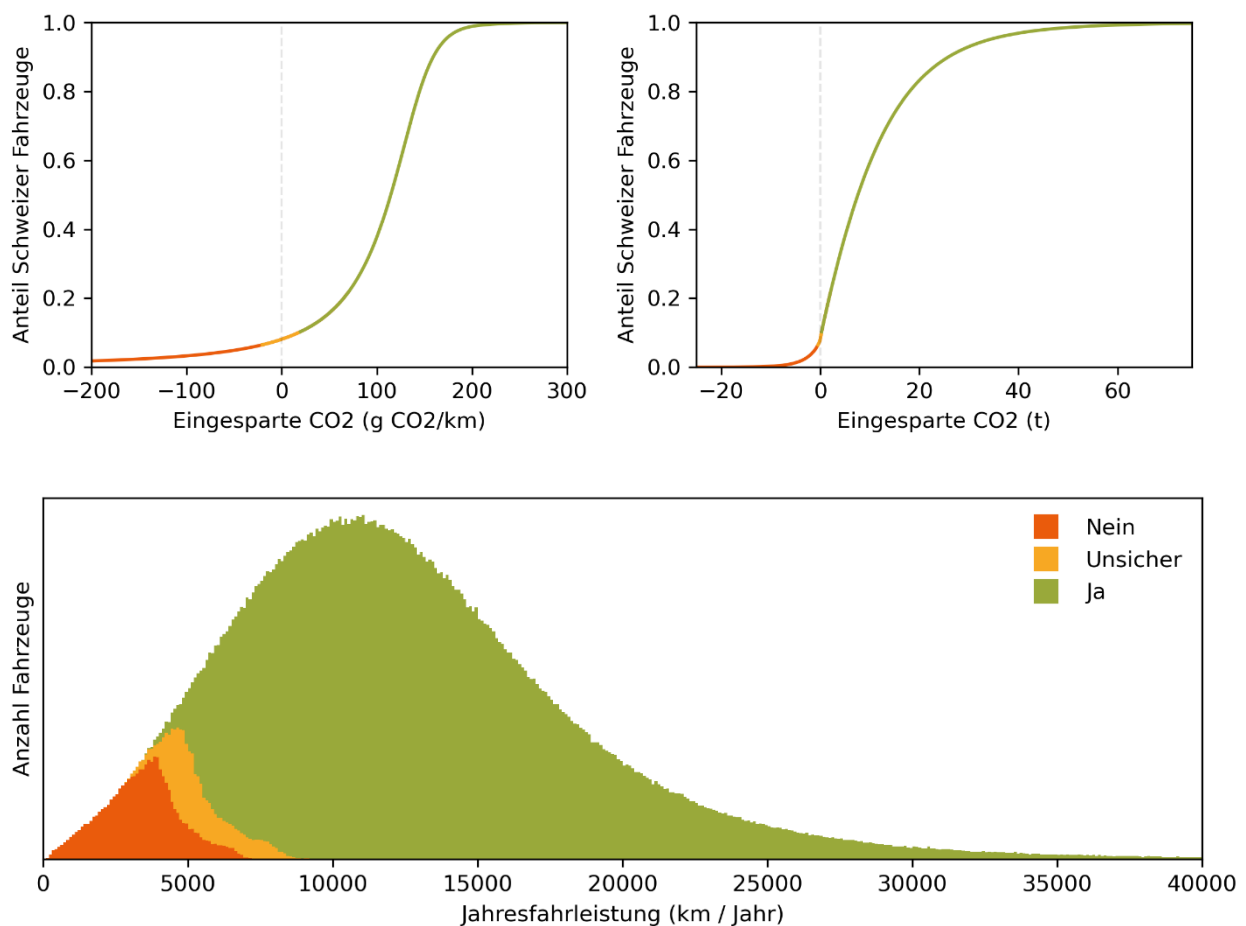


Abbildung 13: Hochrechnungsergebnisse. Verteilung der Fahrzeuge der Schweizer Flotte und die möglichen Treibhausgaseinsparungen, die ein Ersatz durch ein Elektroauto derselben Fahrzeugklassen mit sich bringen würde. Fahrzeugdaten: IVZ, LCA-Daten: generische Fahrzeuge. Graphik INFRAS

4. Grenzen des Modells

Eine Grenze dieser Studie ist, dass nur Treibhausgase und deren Klimawirkungen berücksichtigt werden, während andere wichtige Umweltauswirkungen ausgeklammert bleiben. In Bezug auf die lokale Luftverschmutzung sind Elektroautos klar im Vorteil, da sie keine direkten Auspuffemissionen verursachen. Für die lokale Luftqualität wäre es daher klar von Vorteil, einen bestehenden Verbrenner durch ein Elektroauto zu ersetzen – vor allem wenn der Verbrenner in einer schlechteren Schadstoffklasse als Euro 5 liegt. Über den gesamten Lebenszyklus betrachtet, sind die Emissionen von Elektroautos jedoch in vielen Fällen mit denen von Verbrennern vergleichbar oder nur wenig besser (BFE 2023a, BAFU 2023). Die Lebenszyklus-Auswirkungen auf die anderen Umweltkategorien sind sehr komplex und daher nicht berücksichtigt.

Die Studie konzentriert sich ausschliesslich auf die Treibhausgas- bzw. Klimasicht. Wirtschaftliche Aspekte, die bei der Entscheidung über den Ersatz eines Fahrzeuges eine Rolle spielen, werden nicht untersucht.

Die für diese Studie verwendeten Fahrzeugherstellungsdaten basieren auf globalen Durchschnittsfahrzeugen und bilden keine regionalen Unterschiede ab. Für die Zwecke dieser Studie ist das ausreichend, aber regionalisierte Datensätze hätten zum Beispiel die Relevanz des Strommixes bei der Batterieherstellung für Elektrofahrzeuge beleuchten können (BFE 2023).

In dieser Studie wurde nicht untersucht, wie sich Verbrenner und Elektrofahrzeuge längerfristig entwickeln werden, da der Fokus der Studie auf aktuellen Fahrzeugmodellen liegt.

Die Treibstoff- und Energieverbrauchsdaten sowie die CO₂eq-Emissionsdaten im Verbrauchskatalog basieren auf dem Messverfahren WLTP und für Fahrzeuge, die vor 2020 gebaut worden sind, auf dem NEFZ. Laut ICCT sind die WLTP-Verbrauchs- und Emissionswerte um 10-15% und die NEFZ-Werte sogar um bis zu über 35% niedriger als in der Realität (ICCT 2024). Die Verbrauchs- und Emissionswerte von Fahrzeugen, die vor 2020 gebaut worden sind, wurden grob korrigiert, damit sie mit den neueren Fahrzeugen vergleichbar sind. Für mehr Informationen zur Datenlage siehe Kapitel 2.1. Die WLTP-Werte wurden dagegen nicht korrigiert. Dies führt zu einer Unterschätzung der Klimavorteile bei der Elektromobilität, da die Verwendung von «Real-World»-Verbrauchs- und Emissionswerten die Verbrenner härter treffen würde.

Noch wichtiger sind aber die Plug-In Hybridfahrzeuge (PHEV). Laut ICCT sind die «Real-World»-Treibstoffverbräuche von PHEV in Europa im Durchschnitt 3-5 Mal höher als die WLTP Typenprüfungswerte (ICCT 2022). Grund dafür ist, laut ICCT, das Ladeverhalten der Fahrerinnen und Fahrer von PHEV. Wenn PHEV regelmässig nachgeladen werden, wird die zurückgelegte Strecke vorwiegend elektrisch gefahren und die variablen Emissionen sind ähnlich niedrig wie bei einem Elektroauto. Wird aber nicht nachgeladen, ist der PHEV kaum besser als ein überdurchschnittlich schwerer Verbrenner und die variablen Emissionen sind hoch. Diese Tatsache führt zu einer starken Überschätzung der Klimavorteile der PHEV in dieser Studie, wenn sie bei durchschnittlichem Verhalten nicht regelmässig nachgeladen werden.

5. Schlussfolgerungen

Häufig wird argumentiert, dass es besser sei, einen bestehenden Verbrenner weiter zu betreiben, statt ihn durch ein Elektroauto zu ersetzen. Dies wird oft damit begründet, dass das bestehende Fahrzeug bereits gebaut ist und somit die Herstellungsemissionen des Elektroautos eingespart werden können. Diese Behauptung ist aus Klimasicht meistens falsch. Denn aus Klimasicht würde es sich lohnen, die überwiegende Mehrheit der Verbrenner in der Schweizer Flotte sofort aus dem Verkehr zu nehmen und durch ein neues Elektroauto aus der gleichen Fahrzeugklasse zu ersetzen. Im Rahmen der Studie wurden zwei Betrachtungsweisen untersucht, die zu ähnlichen Ergebnissen führen: eine erste Betrachtung mit detaillierter Fahrzeugmodellierung, aber einer durchschnittlichen Jahresfahrleistung sowie eine zweite Betrachtung mit Berücksichtigung der Jahresfahrleistungsverteilung des Schweizer Personenwagenbestandes, aber mit durchschnittlichen Fahrzeugen. Wird im ersten Fall ein bestehendes Verbrennungs- oder Hybridfahrzeug durch ein neues Elektroauto der gleichen Fahrzeugklasse ersetzt, ergeben sich für über 92% der Fahrzeugkombinationen Treibhausgaseinsparungen, die bei über 95% liegen, wenn das aktuelle Fahrzeug einen reinen Verbrennungsmotor besitzt. Im zweiten Fall zeigt die Hochskalierung, dass es sich für rund 90% der Verbrenner in der Schweizer Personenwagenflotte lohnen würde, diese zu entsorgen und durch neue Elektroautos der gleichen Fahrzeugklasse zu ersetzen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammengefasst, die die Grundlage für die Faustregeln im zugehörigen Faktenblatt bilden:

Etwa 90% der Schweizer Flotte könnte aus Klimasicht ersetzt werden

Hochgerechnet auf die gesamte Schweizer Personenwagenflotte würde sich aus Klimasicht bei rund 90% der Verbrenner der Ersatz durch ein Elektroauto der gleichen Fahrzeugklasse lohnen. Bei 6% der Flotte ist das bestehende Fahrzeug schon effizient genug oder die jährliche Fahrleistung zu gering, als dass ein Ersatz vorteilhaft wäre. Bei 4% der Verbrenner ist der Klimavorteil unklar.

Je ineffizienter der Verbrenner, desto höher die CO₂-Einsparungen

Je höher der Verbrauch des aktuellen Verbrenners, desto höher sind die möglichen Treibhausgaseinsparungen beim Ersatz durch ein Elektroauto. Wenn das bestehende Fahrzeug sehr effizient ist oder wenn es einen Gas- oder Hybridantrieb hat, dann lohnt sich der Fahrzeugwechsel nur bei höheren Lebensfahrleistungen.

Je mehr Kilometer jährlich zurückgelegt werden, desto mehr lohnt sich der Umstieg

Wer viele Kilometer pro Jahr fährt, sollte auf ein Elektroauto umsteigen. Ab ca. 8'000 km pro Jahr lohnt sich der Umstieg fast immer, wenn man von einer durchschnittlichen Fahrzeug-Lebensdauer von 16 Jahren ausgeht. Wer aber weniger als ca. 4'000-5'000 km pro Jahr fährt, für den lohnt es sich meistens nicht, v.a. wenn das Fahrzeug nicht länger als 16 Jahre gebraucht werden sollte. Zwischen 5'000 und 8'000 km lässt sich aus Klimasicht keine klare Aussage treffen, da die Auswirkung von der situationsbedingten Fahrzeugkombination abhängt.

Auch neue Fahrzeuge durch Elektromodelle ersetzen

Es lohnt sich auch einen jungen oder sogar einen neuen Verbrenner durch ein Elektroauto zu ersetzen, vor allem wenn er einen hohen Verbrauch hat und das Fahrzeug häufig gefahren wird.

Was tun, wenn sich der Umstieg auf ein Elektroauto nicht lohnt

Bei einer sehr geringen jährlichen Fahrleistung kann es aus Klimasicht etwas besser sein, den bestehenden Verbrenner nicht zu ersetzen – oder ihn durch ein kleines, effizientes Hybridfahrzeug zu ersetzen. Noch besser wäre es, gar kein eigenes Fahrzeug zu besitzen und bei Bedarf ein Elektroauto zu mieten. Ein eigenes Elektroauto zu kaufen, um es nur sehr selten zu nutzen, ist aus Kosten- und Klimasicht nicht optimal. Am besten wäre es, so viel wie möglich mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu fahren und ein Fahrzeug nur dann zu mieten, wenn es nötig ist.

Worauf es beim Kauf von Elektroautos zu achten gilt

Bei der Wahl des Elektroautos sind vor allem die Energieeffizienz des Autos wie auch die Batteriegrösse zu berücksichtigen. Elektroautos verbrauchen generell wenig Energie und der Schweizer Strommix ist relativ treibhausgasarm. Dennoch spielt der Energieverbrauch eine wichtige Rolle für die gesamten Treibhausgasemissionen. Elektroautos mit Kategorie A und B der Energieetikette schneiden deutlich besser ab.

Ökostrom laden

Das Elektroauto sollte mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen geladen werden. Obwohl Elektroautos effizient genug sind, um auch mit Strom aus Gaskraftwerken gegen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren konkurrieren zu können, kommen ihre Vorteile am besten zur Geltung, wenn sie mit treibhausgasarmem Strom geladen werden.

E-Occasion

Auch die Anschaffung eines wenig genutzten Elektroautos aus zweiter Hand ist sinnvoll. Je länger Elektroautos genutzt werden, desto geringer sind ihre Treibhausgasemissionen pro Kilometer. Der Wechsel lohnt sich fast immer, solange das Elektroauto der gleichen Fahrzeugklasse angehört wie der aktuelle Verbrenner. Je weiter die Mobilitätswende fortschreitet, desto grösser wird die Auswahl an Elektroautos auf dem Occasionsmarkt.

Entsorgung oder Second Life: Was tun mit dem aktuellen Fahrzeug?

Die Ergebnisse der Studie basieren auf der Option B (vgl. Kap. 2.3). In der Realität findet eine Mischung aus Option B (Entsorgung) und Option C (Weiterverkauf) statt; die beiden Optionen treten mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten auf, abhängig vom Alter des aktuellen Verbrenners (vgl. Abbildung 19 im Anhang). Wenn die Entscheidung gefallen ist, das aktuelle Fahrzeug mit einem Elektroauto zu ersetzen, muss entschieden werden, ob der aktuelle Verbrenner verkauft oder entsorgt werden soll. Wenn der aktuelle Verbrenner noch nicht sehr alt ist und einen unterdurchschnittlichen Verbrauch hat, sollte er in der Schweiz verkauft werden, um ein noch älteres Fahrzeug zu ersetzen. Wenn der aktuelle Verbrenner jedoch älter als 11 Jahre ist, ist er bereits älter als zwei Drittel der Personenwagen in der Schweiz (vgl. Abbildung 16) und sollte exportiert oder entsorgt werden. Ist der Verbrenner älter als 15 Jahre, lohnt sich der Export wahrscheinlich nicht mehr, da er über dem durchschnittlichen Fahrzeugalter in vielen Exportzielländern liegt und er sollte entsorgt werden. In vielen Ländern gibt es sogar ein Importverbot für Fahrzeuge, die eine schlechtere Schadstoffklasse als Euro 4 aufweisen (ITF 2023).

Literatur

- BAFU 2023: Umweltauswirkungen von Personenwagen mit verschiedenen Antriebssystemen. Gegenwart (2021) und Zukunftsszenarien (bis 2050). Fachbericht des Bundesamtes für Umwelt BAFU. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- BFE 2023a: Grundlagendokument «Batterien für Elektrofahrzeuge», INFRAS und Empa im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern.
- BFE 2023b: Energieetikette für Personenwagen: Umweltkennwerte 2023 der Strom- und Treibstoffbereitstellung, Treeze im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern.
- ICCT 2022: Real-world usage of plug-in hybrid vehicles in Europe, The international council on clean transportation, Berlin.
- ICCT 2024: On the Way to «Real-World» CO₂ Values? The European Passenger Car Market after 5 Years of WLTP, The international council on clean transportation und Fraunhofer ISI, Berlin.
- ifeu 2023: Neukauf eines Elektro-Pkw oder Weiternutzung des alten Verbrenners? Ein Vergleich der Klimawirkung aus verschiedenen Bilanzierungsperspektiven, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg.
- ITF 2023: New but Used: The Electric Vehicle Transition and the Global Second-hand Car Trade, International Transport Forum Policy Papers, No. 125, OECD Publishing, Paris.
- Nistad A., Mutel C., Sacchi R., Bauer C. 2020: Vehicle Retire-and-replace Subsidy Programs – The Life Cycle Perspective, Paul Scherrer Institute.
- Sacchi R., Bauer C., Cox B., Mutel C. 2022: When, Where and How Can the Electrification of Passenger Cars Reduce Greenhouse Gas Emissions? Renewable and Sustainable Energy Reviews, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112475>.

Anhang A1: Analyse des Automarktes in der Schweiz

Entwicklung Schweizer Personenwagen: Fahrzeugbestand und Motorisierungsgrad

Seit 1970 wächst der Personenwagenbestand in der Schweiz kontinuierlich. Der Motorisierungsgrad (Anzahl Fahrzeuge pro 1'000 Einwohner) ist seit über 10 Jahren relativ stabil. Gemäss den aktuellen Verkehrsperspektiven Schweiz 2050 (Basisszenario) wird sich der Personenwagenbestand in der Schweiz ab ca. 2030 stabilisieren und der Motorisierungsgrad sogar leicht abnehmen.

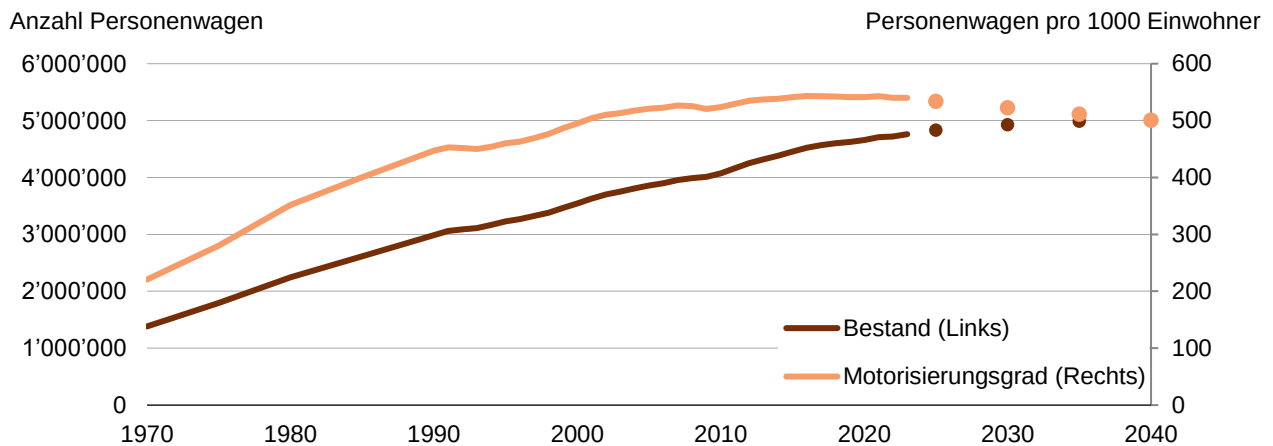


Abbildung 14: Verlauf des Schweizer Bestandes und Motorisierungsgrades seit 1970. Quelle: BFS, Prognose Schweizer Verkehrsperspektiven (Basis Szenario). Graphik INFRAS.

Bestandsanalyse

Um die Flüsse des Schweizer Personenwagenbestandes zu charakterisieren bzw. zu quantifizieren, wurde eine Bestandsanalyse durchgeführt. Die vorliegenden Fahrzeugdaten basieren auf den öffentlich zugänglichen IVZ-Daten (Informationssystem Verkehrszulassung des Bundes) des ASTRA (Bundesamt für Strassen). Die Exportziele der Schweizer Personenwagen stammen vom BAZG (Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit). Zudem wurden einige Informationen von der Stiftung Autorecycling Schweiz (SARS) aufbereitet⁶ und die Anzahl Halterwechsel direkt aus den IVZ-Daten des ASTRA⁷ berechnet.

Abbildung 15 gibt einen Überblick über die Entwicklung des Personenwagenbestandes im Jahr 2022. Am 1. Januar 2022 waren insgesamt knapp 4.8 Mio. Personenwagen im IVZ registriert. Diese hatten ein Durchschnittsalter von genau 10 Jahren. Innerhalb der Schweiz erfolgte bei insgesamt 0.74 Mio. Personenwagen ein Halterwechsel, wobei das Durchschnittsalter dieser Fahrzeuge 9.7 Jahre betrug.

Im Laufe des Jahres 2022 wurden rund 0.28 Mio. Personenwagen neu zugelassen. Der überwiegende Teil dieser Fahrzeuge wurde importiert. Von diesen 0.28 Mio. Personenwagen waren rund 0.23 Mio. Neuwagen und 0.05 Mio. Occasionen. Nur wenige der Neuzulassungen sind Fahrzeuge, die nach einer vorübergehenden Stilllegung wieder in Verkehr gesetzt werden und diese sind hier nicht berücksichtigt.

⁶ Stiftung Autorecycling Schweiz, Jahresberichte 2019 – 2022, <https://stiftung-autorecycling.ch/downloads>

⁷ ASTRA: Bundesamt für Strassen (Bestand per 30. September 2023), [ivz.opendata.ch - /opendata/](https://ivz.opendata.ch/-/opendata/)

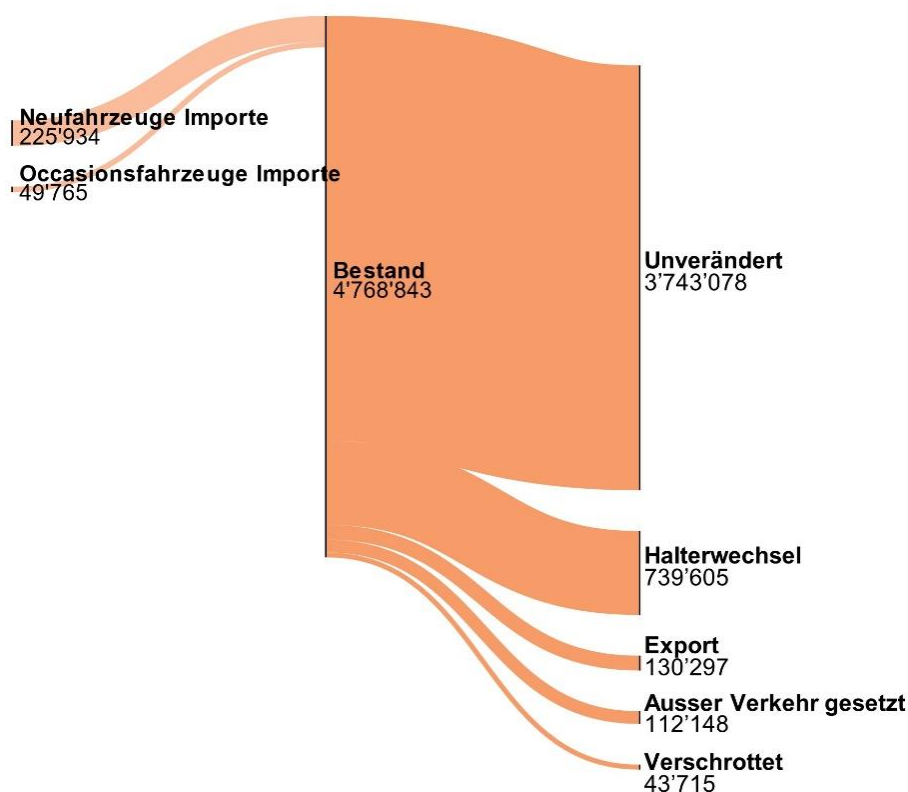


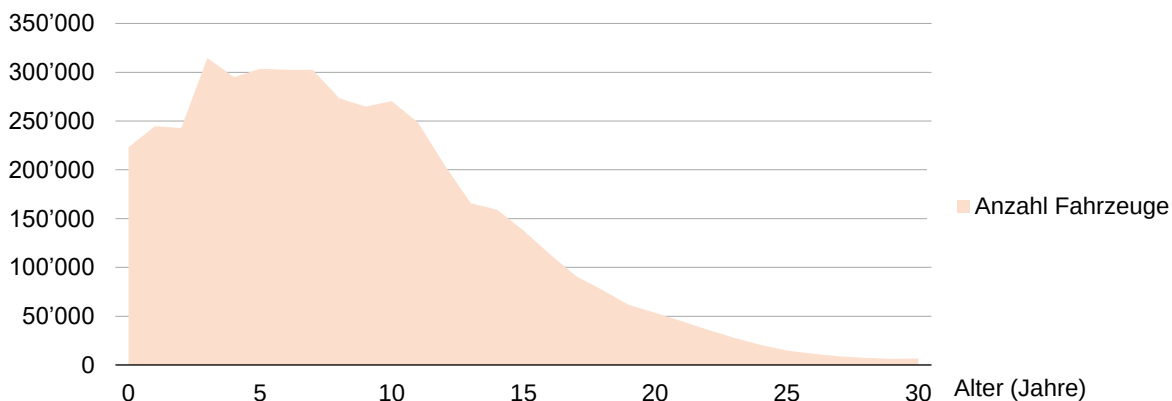
Abbildung 15: Bestandsveränderung der Personenwagen im Schweizer IVZ-Register im Jahr 2022. Graphik INFRAS.

Zudem wurden im Jahr 2022 insgesamt 0.29 Mio. Personenwagen abgemeldet. Rund 44'000 Personenwagen mit einem Durchschnittsalter von 20.4 Jahren wurden entsorgt, während etwas mehr als 130'000 Personenwagen exportiert wurden. Die restlichen 112'000 Personenwagen wurden ausser Verkehr genommen, jedoch weder offiziell entsorgt noch exportiert. Es ist unklar, ob diese Fahrzeuge ohne Nummernschild abgestellt oder inoffiziell exportiert wurden.

Es ist also nicht bekannt, ob diese Fahrzeuge zu einem späteren Zeitpunkt wieder in den Bestand aufgenommen, entsorgt oder im Ausland weiterverwendet werden. Nach Aussagen von der SARS ist es nicht unüblich, dass Personenwagen vor der Entsorgung bereits ein bis zwei Jahre ohne Nummernschild abgestellt werden. Es ist zudem bekannt, dass Exportdaten oft unvollständig sind. Im Rahmen einer umfassenden Studie des International Transport Forum (ITF 2023) zum Altfahrzeughandel wurden die Importdaten der Destinationen mit Exportdaten der Herkunftsländer abgeglichen. Die erfassten Exportmengen lagen systematisch unter den erfassten Importmengen.

Die Altersverteilung des Bestandes im Jahr 2023 in der Schweiz wird in Abbildung 16 gezeigt. Es befanden sich insgesamt 245'000 einjährige Personenwagen im Bestand. Die Kurve flacht bis zu den 30-jährigen Personenwagen auf 7'000 Fahrzeuge ab. Tabelle 3 führt das Durchschnittsalter der Personenwagen bei Import auf (nur Occasionsfahrzeuge), wie auch den Halterwechsel und die Entsorgung. Zu exportierten Fahrzeugen liegen allgemein wenig Daten vor und deren durchschnittliches Alter kann dem IVZ nicht entnommen werden.

Anzahl Personenwagen im Bestand 2023 nach Alter



Fahrzeugstatus	Durchschnittliches Fahrzeugalter
Gesamter Personenwagen-Bestand (Stichdatum 30.09.2022)	10.0 Jahre
Importierte Occasionswagen	5.4 Jahre
Mindestens ein Halterwechsel in der Schweiz während 2022	9.7 Jahre
Entsorgung	20.4 Jahre

Tabelle 3: Durchschnittsalter Personenwagen 2022.

Einen Anhaltspunkt für das Alter der exportierten Fahrzeuge liefern die Daten des ITF. Danach liegt das Importalter in osteuropäischen Ländern im Median zwischen sieben und acht Jahren. In afrikanischen Ländern mit einem höheren Anteil an Gebrauchtwagenimporten liegt der Median bei über 15 Jahren.

Personenwagen Export Destinationen

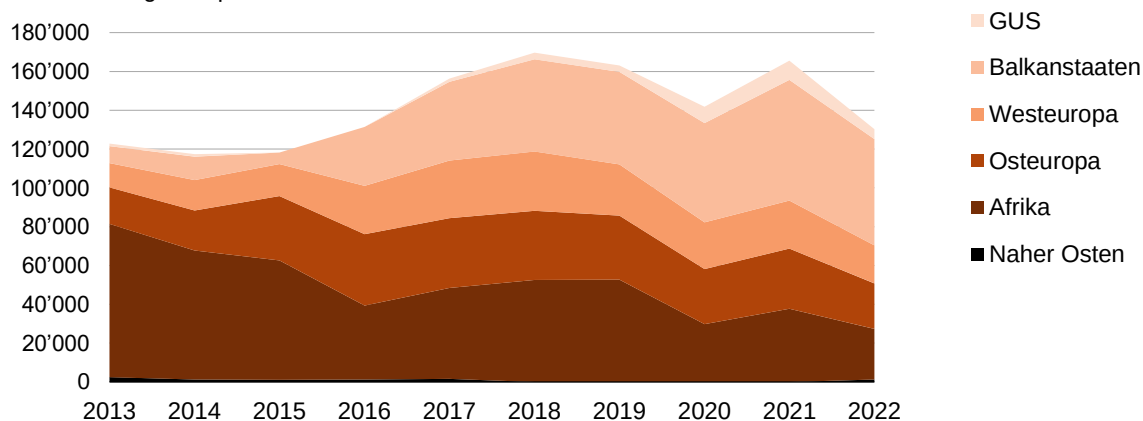


Abbildung 17 zeigt den Verlauf der Exporte aus der Schweiz in die Destinationsregionen. Im Jahr 2013 wurde die Mehrheit aller Fahrzeuge aus der Schweiz nach Afrika exportiert. Bis 2022 haben sich die Exporte tendenziell in die Balkanstaaten verlagert. Die sinkende Anzahl Fahrzeuge mit Exportdestination Afrika lässt sich möglicherweise durch die Einführung von Emissions-Regulierungen in nord- und westafrikanischen Staaten erklären⁸. Die Exportzahlen nach West- und Osteuropa veränderten sich kaum.

⁸ Climate & Clean Air Coalition (2020), West African Ministers adopt cleaner fuels and vehicles standards. <https://www.ccacoalition.org/news/west-african-ministers-adopt-cleaner-fuels-and-vehicles-standards>

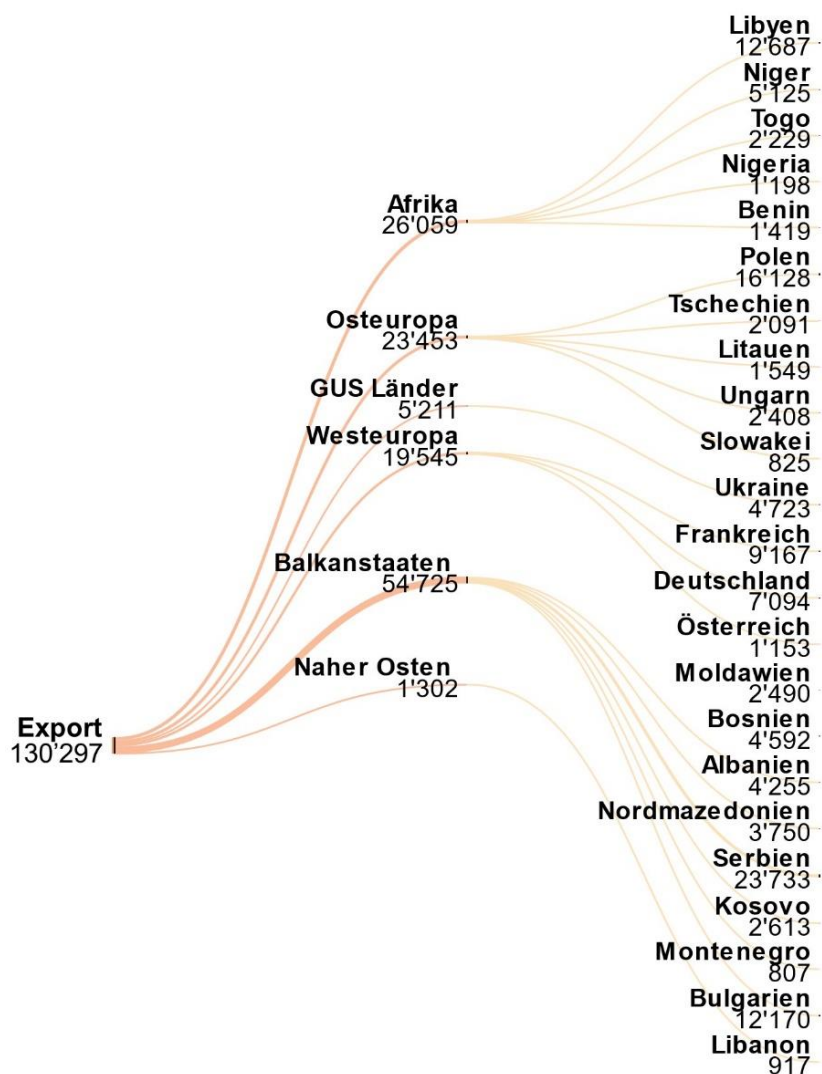


Abbildung 18: Wichtigste Exportdestinationen und Anzahl exportierter Schweizer PKW im Jahr 2022. Graphik INFRAS.

Innerhalb der Balkanstaaten zeichnet sich im Jahr 2022 Serbien mit knapp 24'000 Fahrzeugen als grösstes Exportland ab. Abbildung 18 zeigt einen Überblick über die wichtigsten Exportländer im Jahr 2022 und die Anzahl ausgeführter Personenwagen.

Altersabhängige Szenarien

Im Folgenden werden Annahmen darüber getroffen, was mit dem Fahrzeug eines gegebenen Alters nach dem Verkauf geschieht. Da keine Daten zu den Kilometerständen vorliegen, werden zunächst Schlüsse aus dem Fahrzeugalter gezogen. Folgende Annahmen liegen dem Modell zugrunde:

- Das durchschnittliche Alter von Exportfahrzeugen entspricht dem durchschnittlichen Alter von Personenwagen, welche im Inland den Halter wechseln, also ca. 9.7 Jahren.
- Die Zuweisung des Fahrzeugalters beim inländischen Halterwechsel, beim Export und bei der Entsorgung erfolgt jeweils nach der Gammaverteilung.
- Entscheiden sich Fahrzeugbesitzende dazu, ihr Fahrzeug zu verkaufen, wird es in jedem Fall weiterverwendet oder entsorgt, es wird nicht ohne Nummernschild abgestellt.
- Die Modellierung gilt für Fahrzeuge, welche bis zu 30 Jahren alt sind.
- Beim Export wird einfachheitshalber davon ausgegangen, dass das Zielland nicht vom Alter und Zustand des Fahrzeugs abhängt. Die Wahrscheinlichkeit richtet sich nach der Anzahl exportierter Fahrzeuge im Jahr 2022.

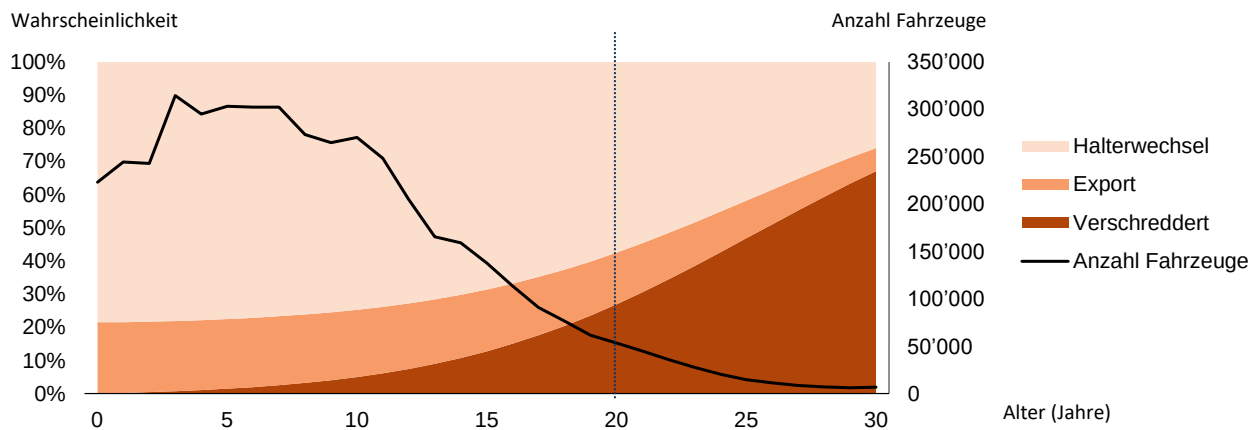


Abbildung 19: Relative Wahrscheinlichkeit und Anzahl Fahrzeuge des inländischen Halterwechsels, des Exports und der Entsorgung nach Fahrzeugalter. Quelle: Eigene Annahme INFRAS und IVZ-Daten. Graphik INFRAS.

Abbildung 19 zeigt, in Abhängigkeit des Fahrzeugalters, wie wahrscheinlich die drei Optionen jeweils sind, wenn feststeht, dass das Auto verkauft wird. Wird zum Beispiel ein Personenwagen im Alter von 5 Jahren ersetzt, wechselt er demnach zu ca. 80% den Halter im Inland, und wird zu 20% ins Ausland verkauft. Ein 20-jähriges Fahrzeug wechselt mit 57% Wahrscheinlichkeit den Halter, wird zu 16% exportiert und zu 27% entsorgt. Das Szenario «Export» kann weiter in die Destinationsregionen aufgeteilt werden. Steht fest, dass ein Fahrzeug exportiert wird, geht es z.B. in 41% der Fälle in die Balkanstaaten. Damit wird ein ersetzter 5-jähriger Wagen zu ca. 10% in die Balkanstaaten exportiert.

Anhang A2: Regressionsanalyse der LCA-Daten

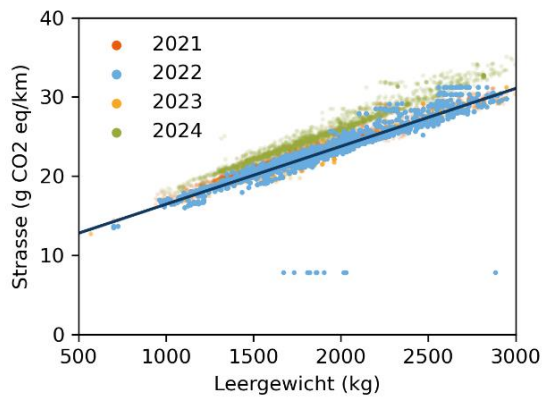


Abbildung 20: Regressionsanalyse der Strassenherstellungs- und Strassenwartungsemissionen. Daten aus dem Verbrauchskatalog. Regressionsbasis: Herstellungsjahr 2022. Graphik INFRAS.

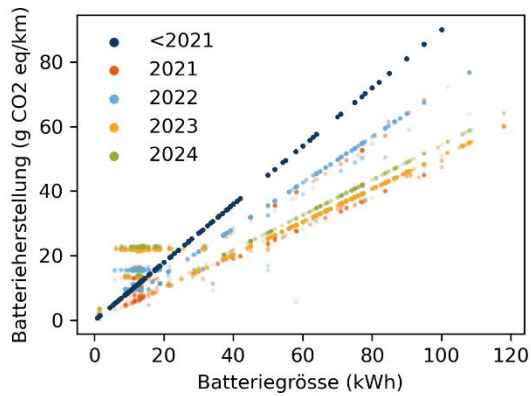


Abbildung 21: Batterieherstellungsemissionen. Daten aus dem Verbrauchskatalog. Basis für Daten vor 2021: Eigene Annahme. Graphik INFRAS.

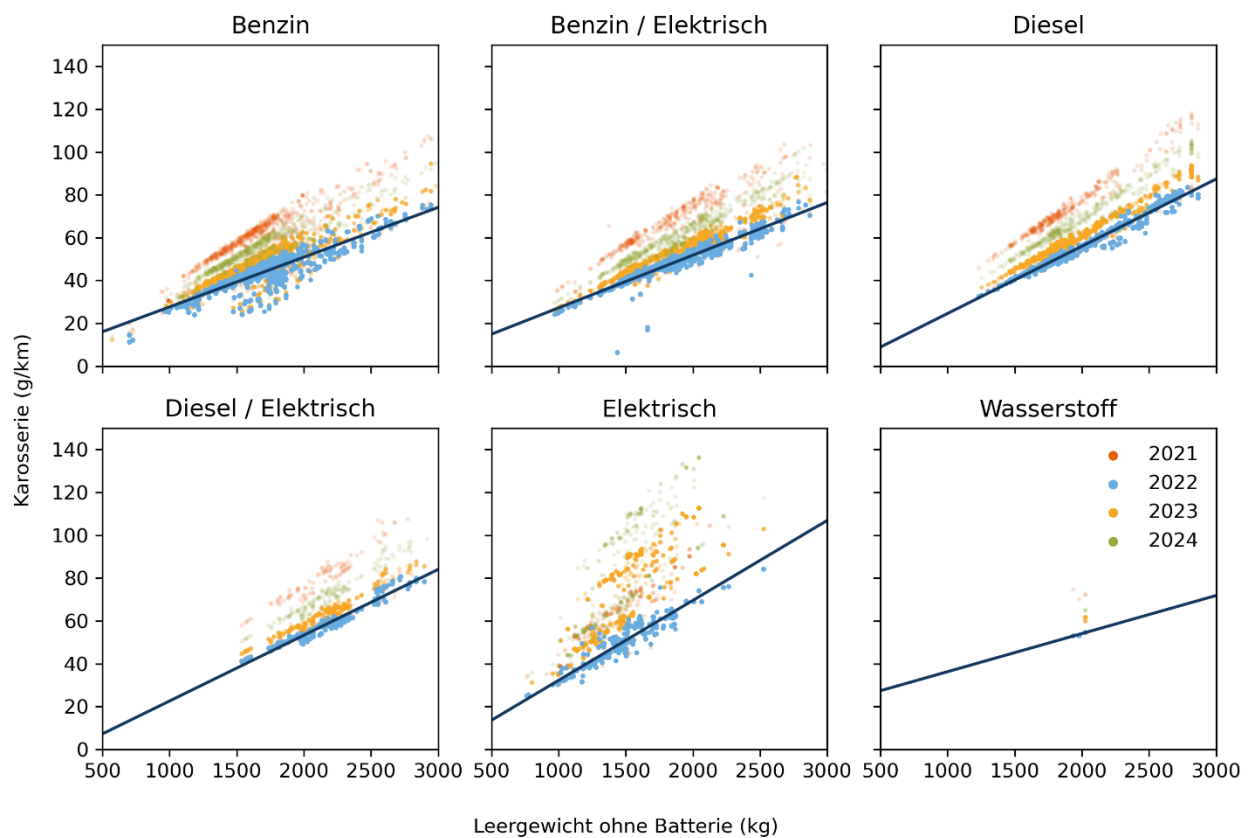


Abbildung 22: Regressionsanalyse der Karosserieherstellungsemissionen. Daten aus dem Verbrauchskatalog. Regressionsbasis: Herstellungsjahr 2022. Graphik INFRAS.

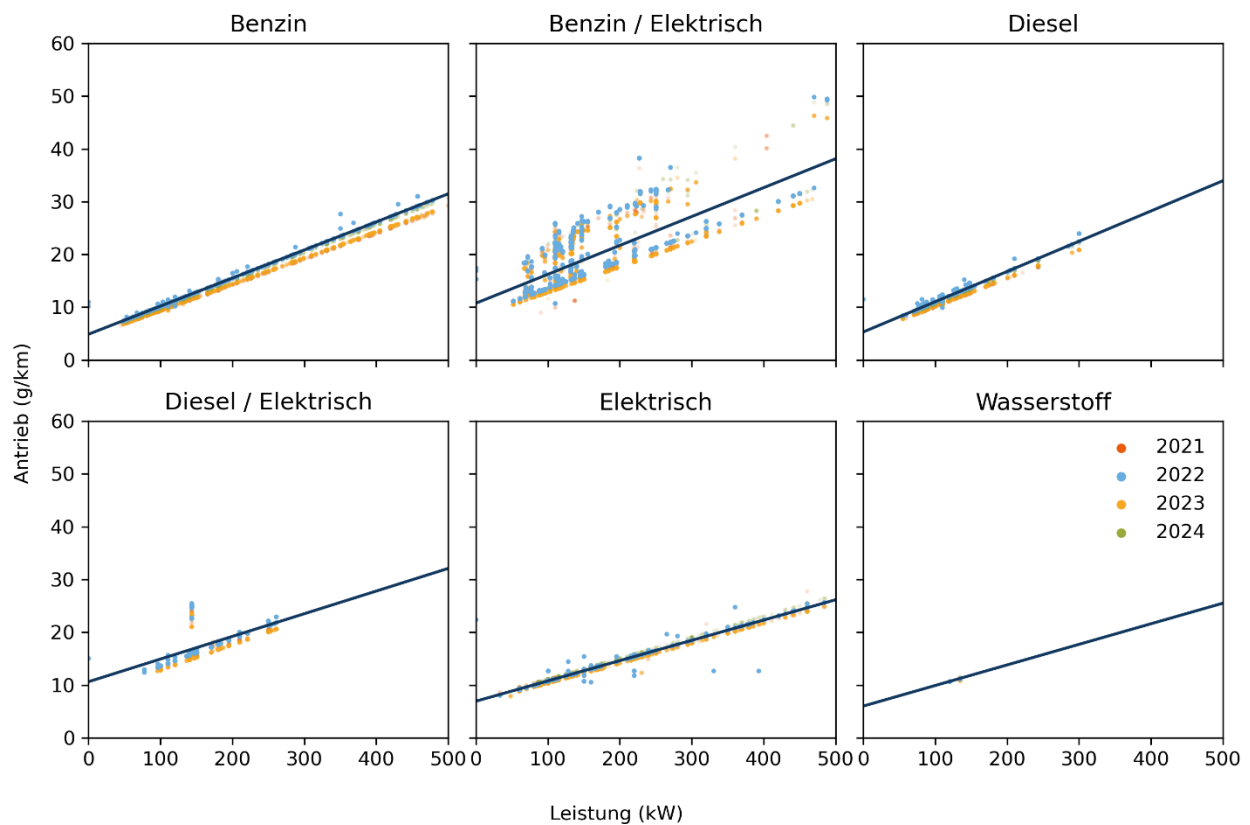


Abbildung 23: Regressionsanalyse der Antriebsherstellungsemissionen. Daten aus dem Verbrauchskatalog. Regressionsbasis: Herstellungsjahr 2022. Graphik INFRAS.

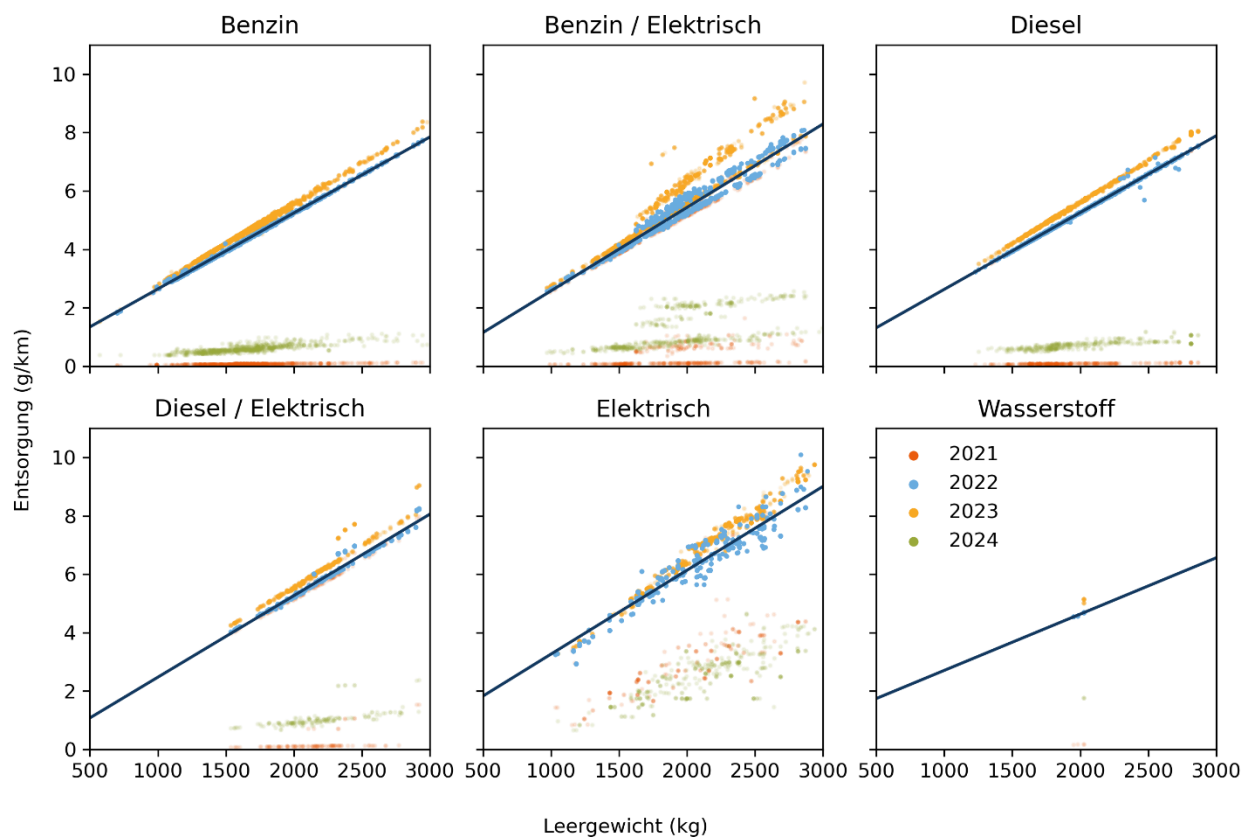


Abbildung 24: Regressionsanalyse der Entsorgungsemissionen. Daten aus dem Verbrauchskatalog. Regressionsbasis: Herstellungsjahr 2022. Graphik INFRAS.

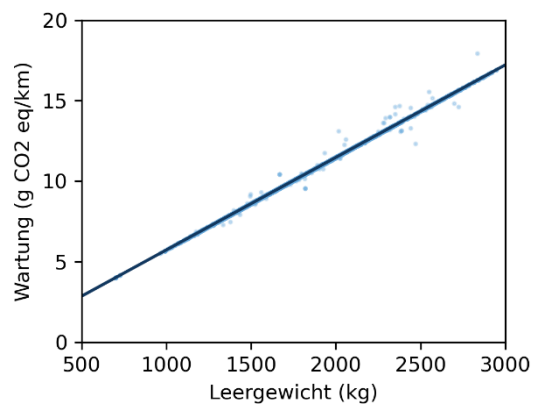


Abbildung 25: Regressionsanalyse der Wartungsemissionen. Daten aus dem Verbrauchskatalog. Regressionsbasis: Herstellungsjahr 2022. Graphik INFRAS.

Anhang A3: Weitere Resultate

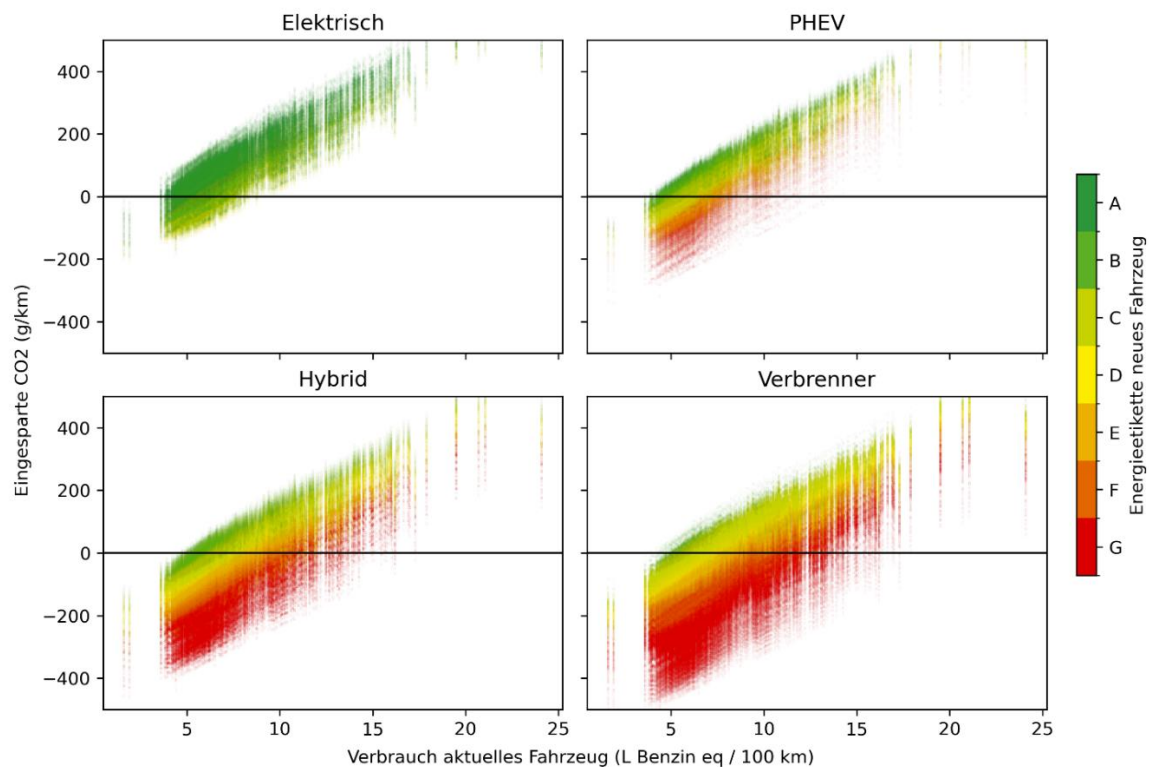


Abbildung 26: Eingesparte Treibstoffemissionen pro Kilometer für alle möglichen Fahrzeugkombinationen des Verbrauchskatalogs. Aktuelles Fahrzeug nur Verbrenner oder Hybrid. Neues Fahrzeug nur Modelle 2024. Antriebsart des neuen Fahrzeugs nach Quadrant. Schweizer Durchschnittsstrommix. Lebensfahrleistung 200'000 km. Graphik INFRAS. Wenn das neue Fahrzeug elektrisch angetrieben wird, aber die Fahrzeugklasse nicht unbedingt gleich sein muss, ergibt sich in rund 77% aller möglichen Fahrzeugkombinationen eine positive Treibhausgasbilanz. In den 23% der Fälle, in denen sich ein Umstieg nicht lohnt, ist das bisherige Fahrzeug fast immer klein und überdurchschnittlich effizient, während das neue Elektroauto ein grösseres Modell mit grosser Batterie und überdurchschnittlichem Verbrauch ist.

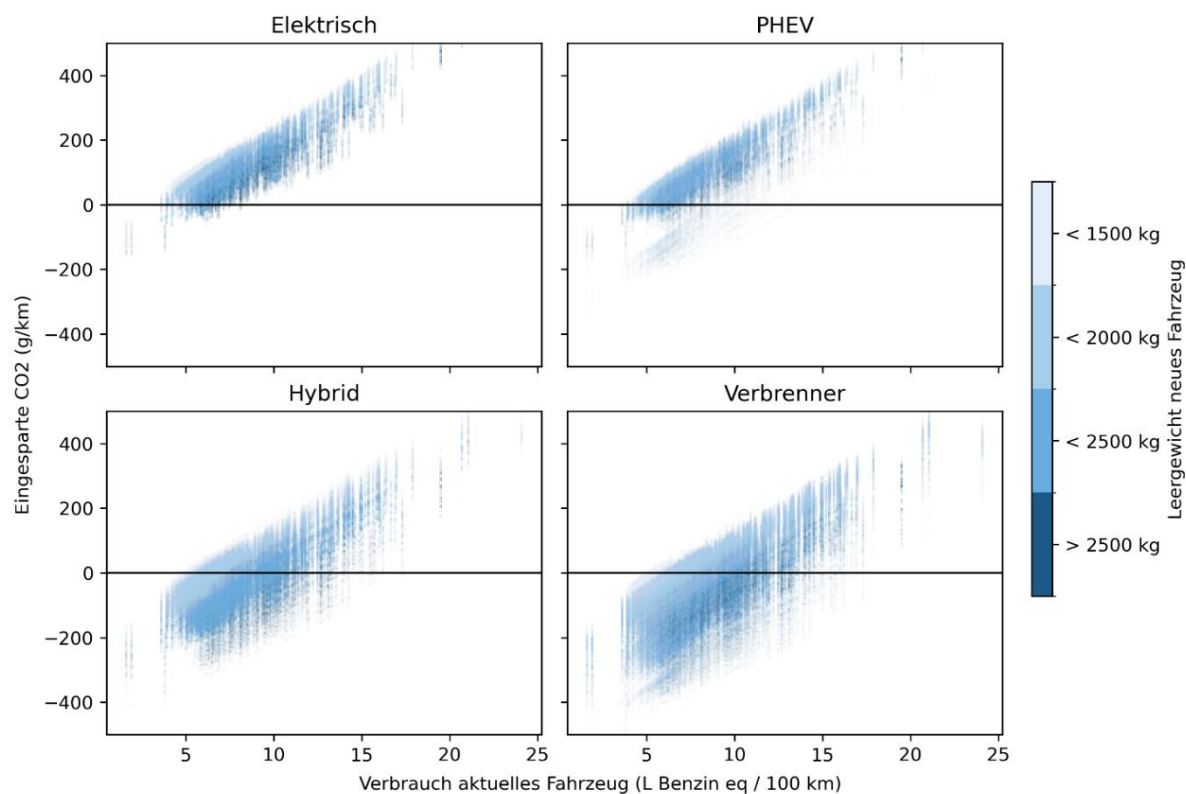


Abbildung 27: Eingesparte Treibstoffemissionen pro Kilometer für Fahrzeugkombinationen aus dem Verbrauchskatalog mit ähnlichem Leergewicht (+/- 20% Leergewicht). Aktuelles Fahrzeug nur Verbrenner oder Hybrid. Neues Fahrzeug nur Modelle 2024. Antriebsart des neuen Fahrzeugs nach Quadrant. Schweizer Durchschnittstrommix. Lebensfahrleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.

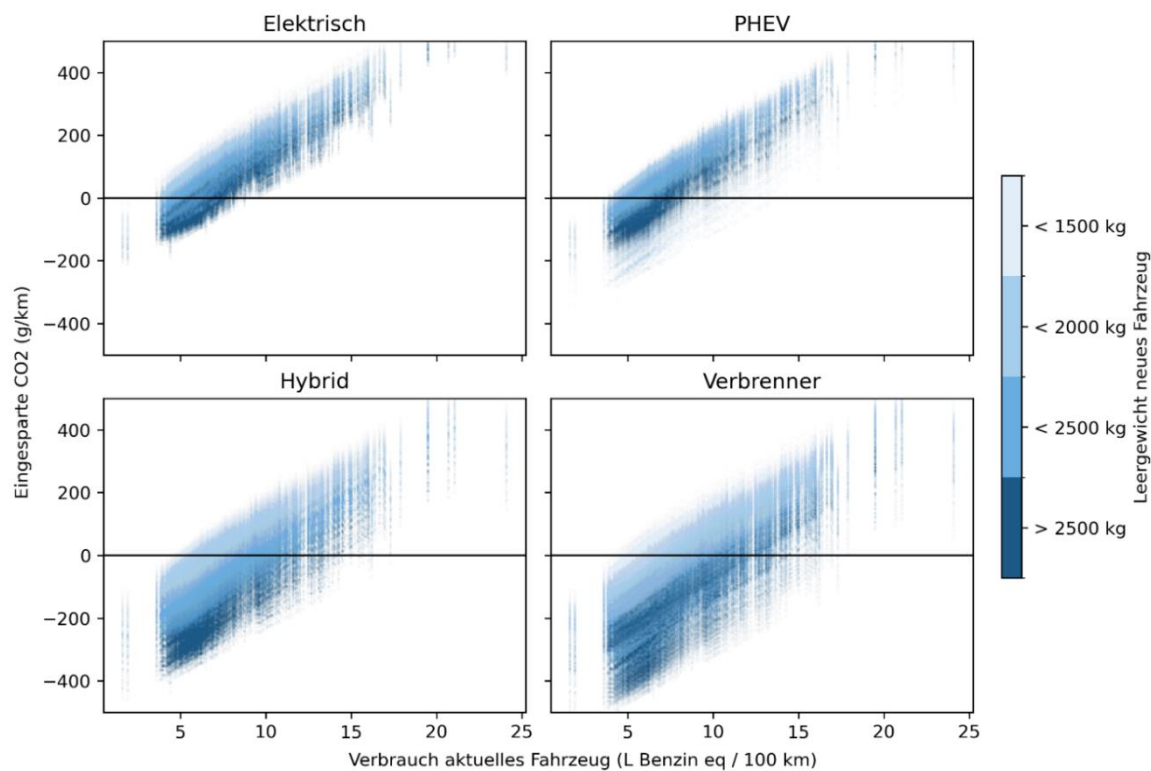


Abbildung 28: Eingesparte Treibstoffemissionen pro Kilometer für alle möglichen Fahrzeugkombinationen aus dem Verbrauchskatalog. Aktuelles Fahrzeug nur Verbrenner oder Hybrid. Neues Fahrzeug nur Modelle 2024. Antriebsart des neuen Fahrzeugs nach Quadrant. Schweizer Durchschnittstrommix. Lebensfahrleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.

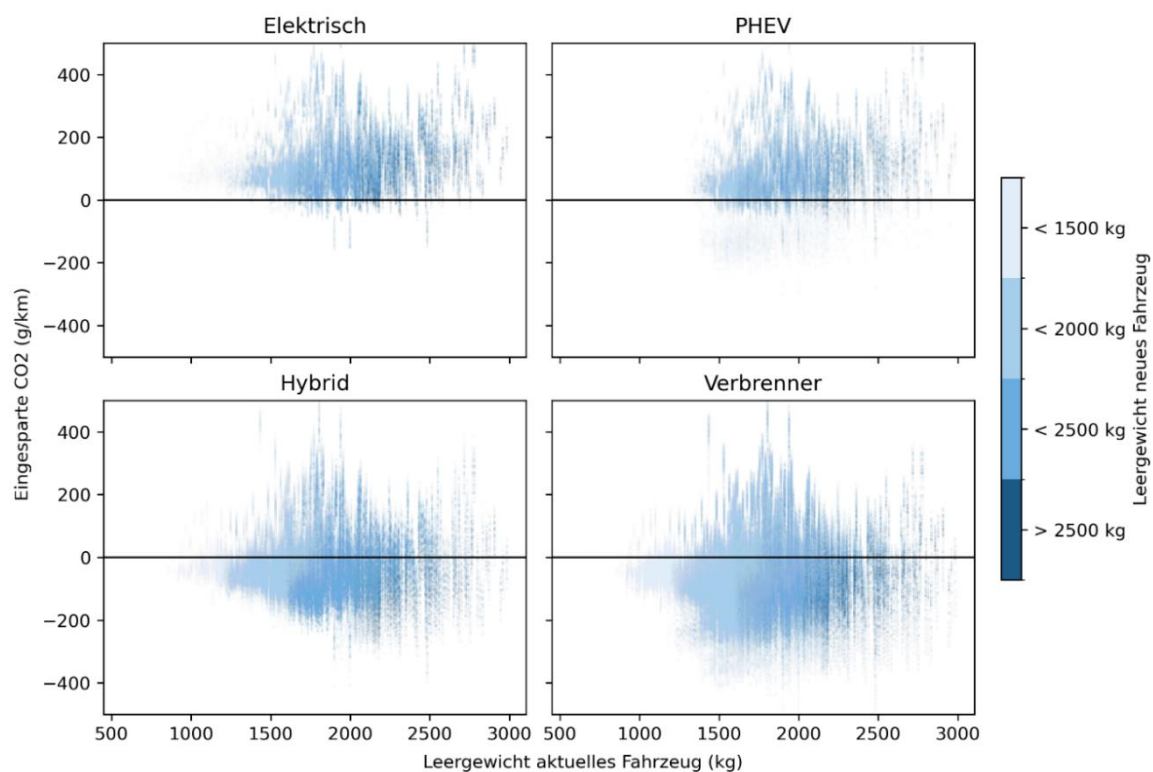


Abbildung 29: Eingesparte Treibstoffemissionen pro Kilometer für Fahrzeugkombinationen aus dem Verbrauchskatalog mit ähnlichem Leergewicht (+/- 20% Leergewicht). Aktuelles Fahrzeug nur Verbrenner oder Hybrid. Neues Fahrzeug nur Modelle 2024. Antriebsart des neuen Fahrzeugs nach Quadrant. Schweizer Durchschnittstrommix. Lebensfahrlleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.

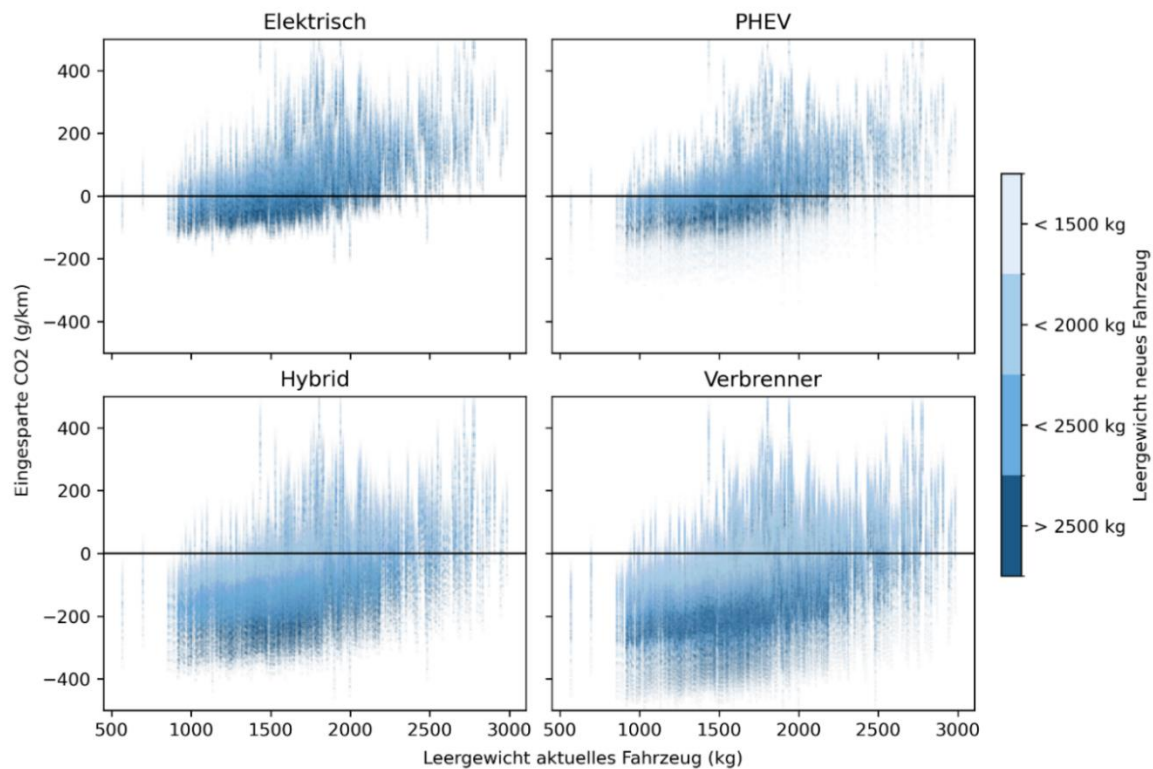


Abbildung 30: Eingesparte Treibstoffemissionen pro Kilometer für alle möglichen Fahrzeugkombinationen aus dem Verbrauchskatalog. Aktuelles Fahrzeug nur Verbrenner oder Hybrid. Neues Fahrzeug nur Modelle 2024. Antriebsart des neuen Fahrzeugs nach Quadrant. Schweizer Durchschnittstrommix. Lebensfahrlleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.

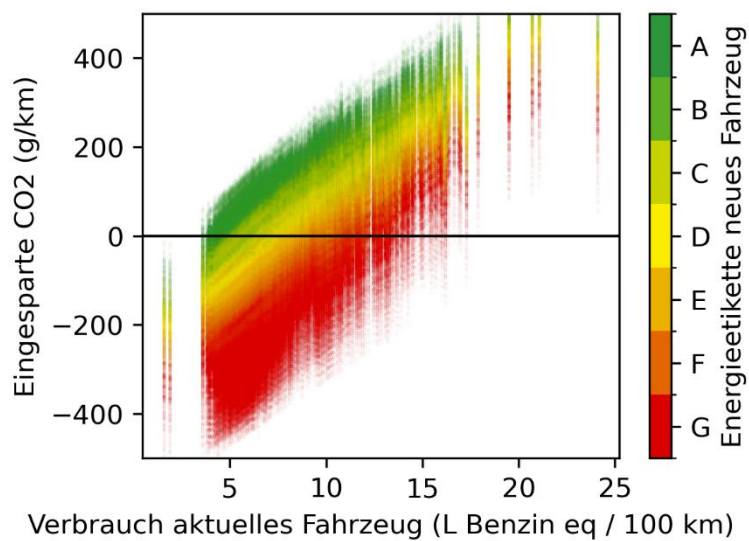


Abbildung 31: Gesparte Treibstoffemissionen pro Kilometer für alle möglichen Fahrzeugkombinationen aus dem Verbrauchskatalog. Aktuelles Fahrzeug nur Verbrenner oder Hybrid. Neues Fahrzeug nur 2024 Modelle. Schweizer Durchschnittsstrommix für Elektrofahrzeuge. Lebensfahrleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.

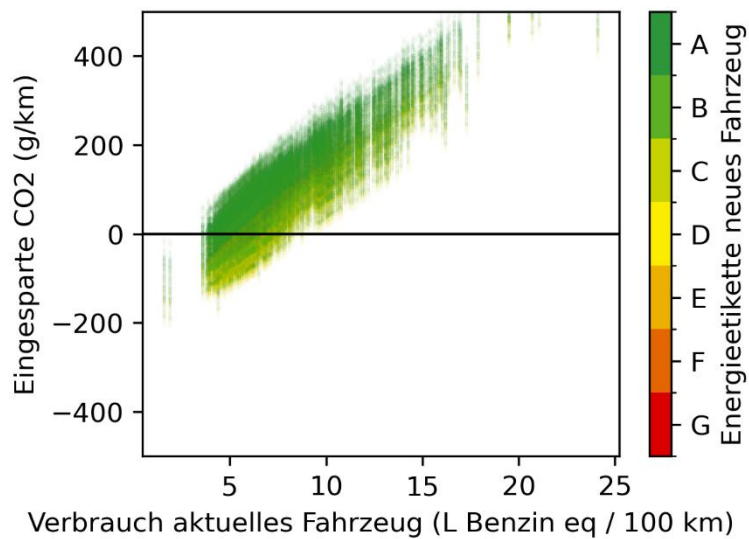


Abbildung 32: Gesparte Treibstoffemissionen pro Kilometer für alle möglichen Fahrzeugkombinationen aus dem Verbrauchskatalog. Aktuelles Fahrzeug nur Verbrenner oder Hybrid. Neues Fahrzeug nur 2024 Elektrofahrzeuge. Schweizer Durchschnittsstrommix für Elektrofahrzeuge. Lebensfahrleistung 200'000 km. Graphik INFRAS.