

OST

Ostschweizer
Fachhochschule

Elektromobilität

Technologie und aktueller Trend (Stand Dezember 2023)

Sascha Koch

18. Dezember 2023

IES – Institut für Energiesysteme



FV-IES

Förderverein
Institut für
Energiesysteme

Inhalt

1. Antriebstechnologien
2. Personenwagen
3. Transportfahrzeuge
4. Öffentliche Ladeinfrastruktur
5. Fahrzeug als Speicher
6. Zusammenfassung





FV-IES

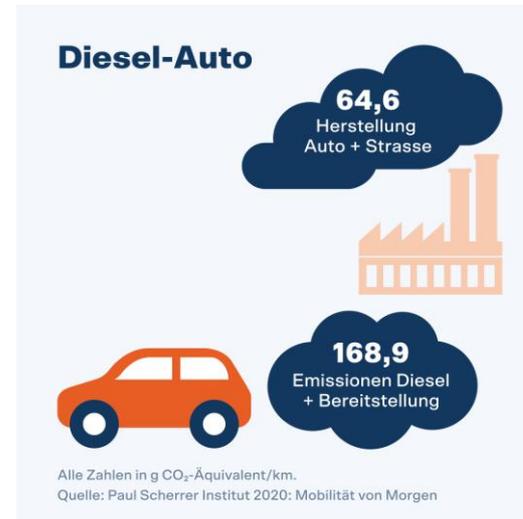
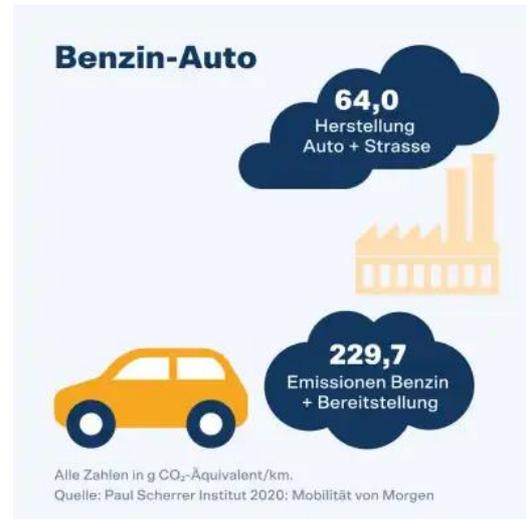
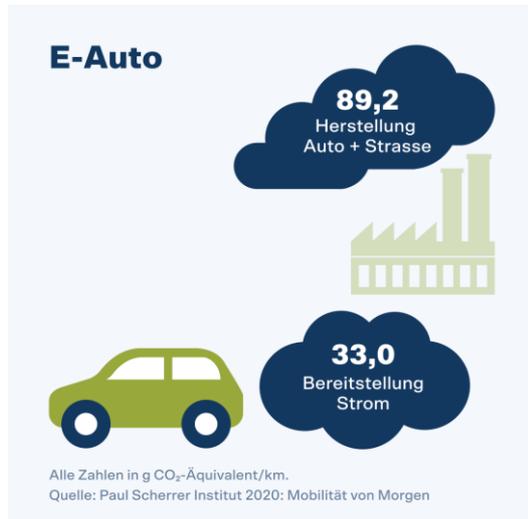
Förderverein

Institut für

Energiesysteme



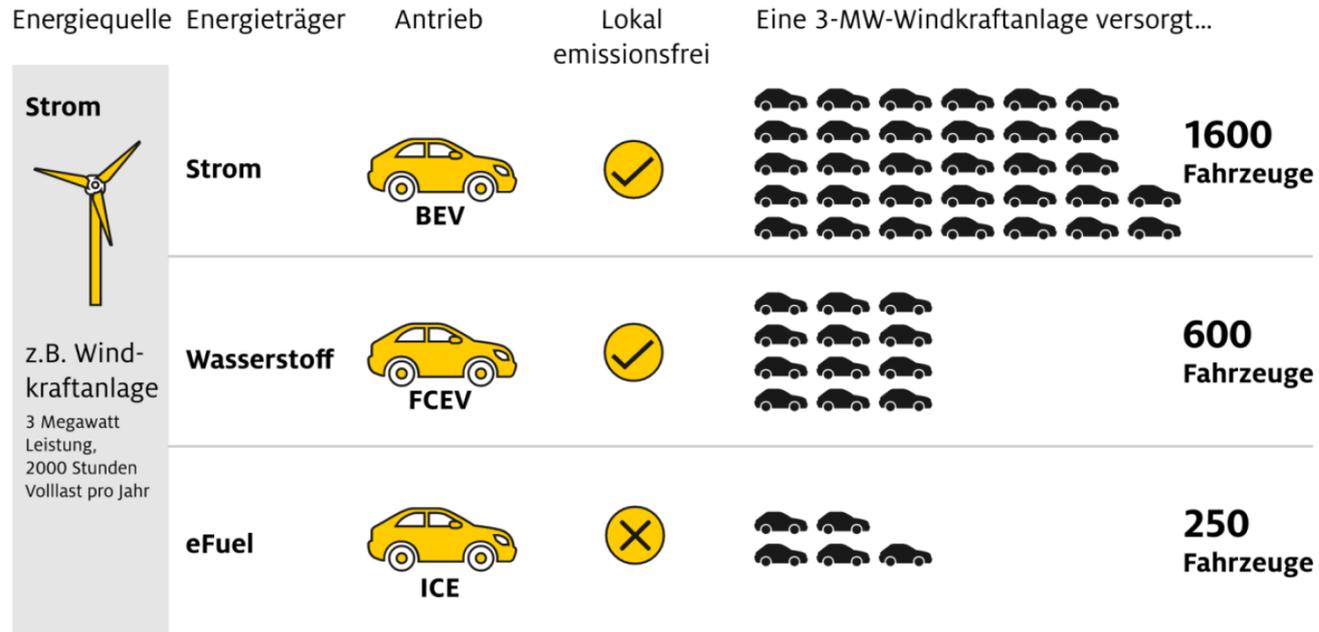
Antriebstechnologien im CO₂-Vergleich (1)



Es ist zu erkennen, dass die **Herstellung des E-Autos** aufgrund der Batterie **mehr Schadstoffe** erzeugt als die **des Verbrenners**. Die Emissionen **während der Nutzung** sind aber um den **Faktor 6** kleiner. Hier ist zu bemerken, dass dieser Faktor stark davon abhängig ist, wie der Strom produziert wird.

Wenn Strom aus reiner **Kohle** genutzt wird kann ein elektrisch betriebenes Fahrzeug einen grösseren **CO₂-Abdruck** hinterlassen als ein Verbrenner. Auf Grund dieser Abhängigkeit ist die Erweiterung von **erneuerbaren Energien** für die Zukunft **essentiell**.

Vergleich von «nachhaltigen» Antriebsquellen



Quelle: VDE

©ADAC e.V. 04.2022

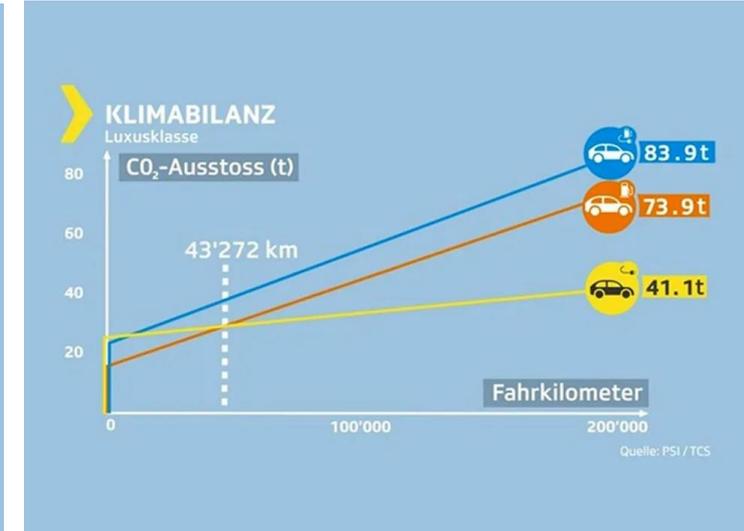
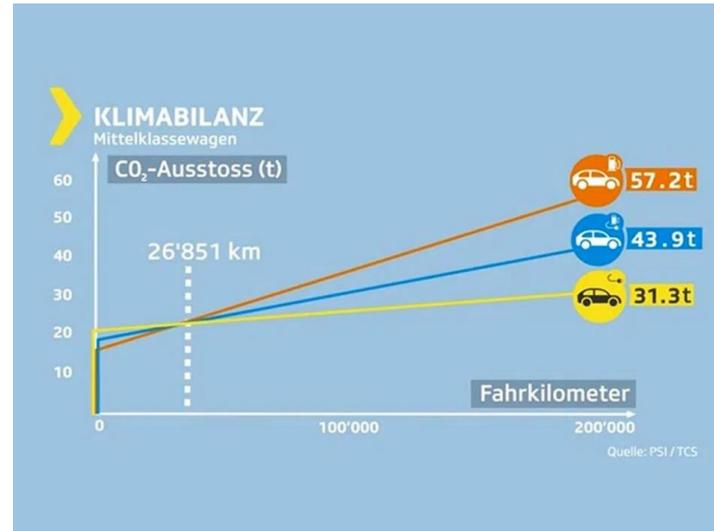
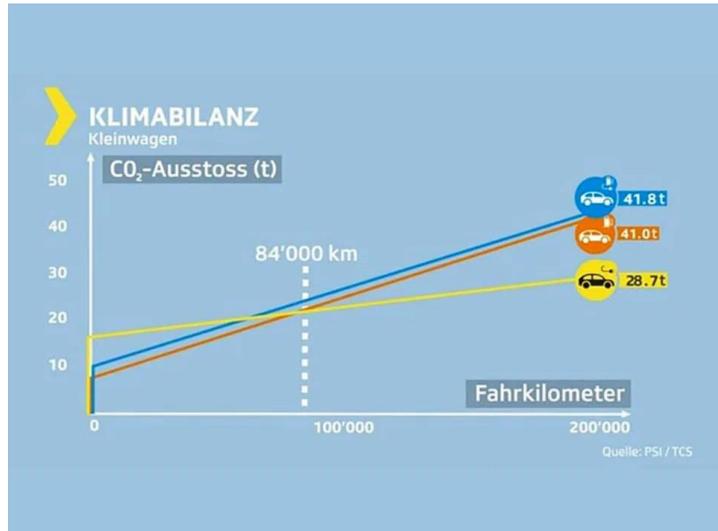
Nachhaltige Antriebsquelle ist nicht gleich nachhaltiger Antriebsquelle. In der Abbildung werden direkt strombetriebene, wasserstoffbetriebene und mit eFuel betriebene Fahrzeuge verglichen. Das Ergebnis liefert eine klare Aussage. Wenn **sparsame und effiziente Mobilität** erreicht werden soll ist der **direkte Stromantrieb** die einzig gangbare Lösung.

Was sind eFuel?

eFuel sind flüssige Kraftstoffe, welche mit **elektrischer Energie** gewonnen werden. Für die Herstellung müssen diese aber verlustintensive Umwandlungsstufen durchlaufen, was deren **Effizienz noch schlechter als herkömmliche Verbrenner** macht.

Aus diesem Grund können mit einem direkten Strombetrieb, mit dem gleichen Gesamtverbrauch mehr als **6x mehr Fahrzeuge** angetrieben werden **als mit eFuels**.

Antriebstechnologien im CO₂-Vergleich (2)



Von TCS gibt es einen **Klimabilanz-Rechner**, mit welchem Personenfahrzeuge verglichen werden können. Einerseits bezüglich der Leistungen und andererseits auch bezüglich der Klimabilanz.

Auf den Abbildungen sind allgemeine Klimabilanzen von Kleinwagen, Mittelklassewagen und Luxuswagen über eine Lebensdauer von 200'000 Kilometer aufgezeigt. Orange zeigt Verbrenner, blau Hybridfahrzeuge und gelb elektrische Fahrzeuge. Es ist zu erkennen, dass mit **Mittelklassewagen** die CO₂-Bilanz der Herstellung des elektrischen Fahrzeugs am **schnellsten kompensiert** ist.

Diese Darstellung hängt stark von den verglichenen Modellen ab. Mit diesem Link kann man den Vergleich selbst ausprobieren:

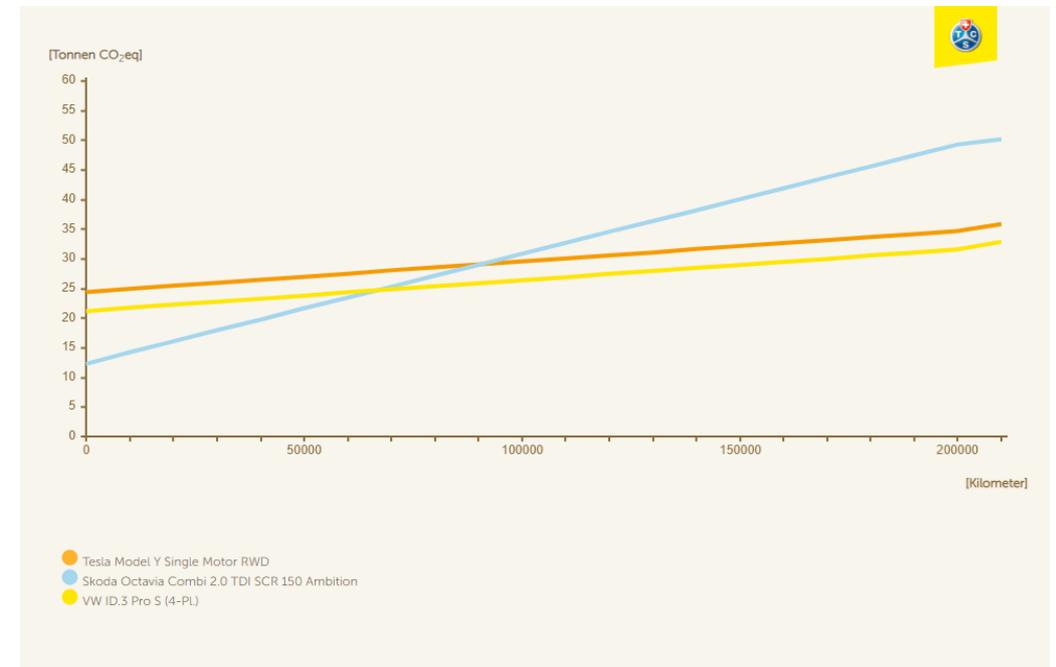
[Autosuche: neu mit Klimabilanzrechner - TCS Schweiz](#)

Antriebstechnologien

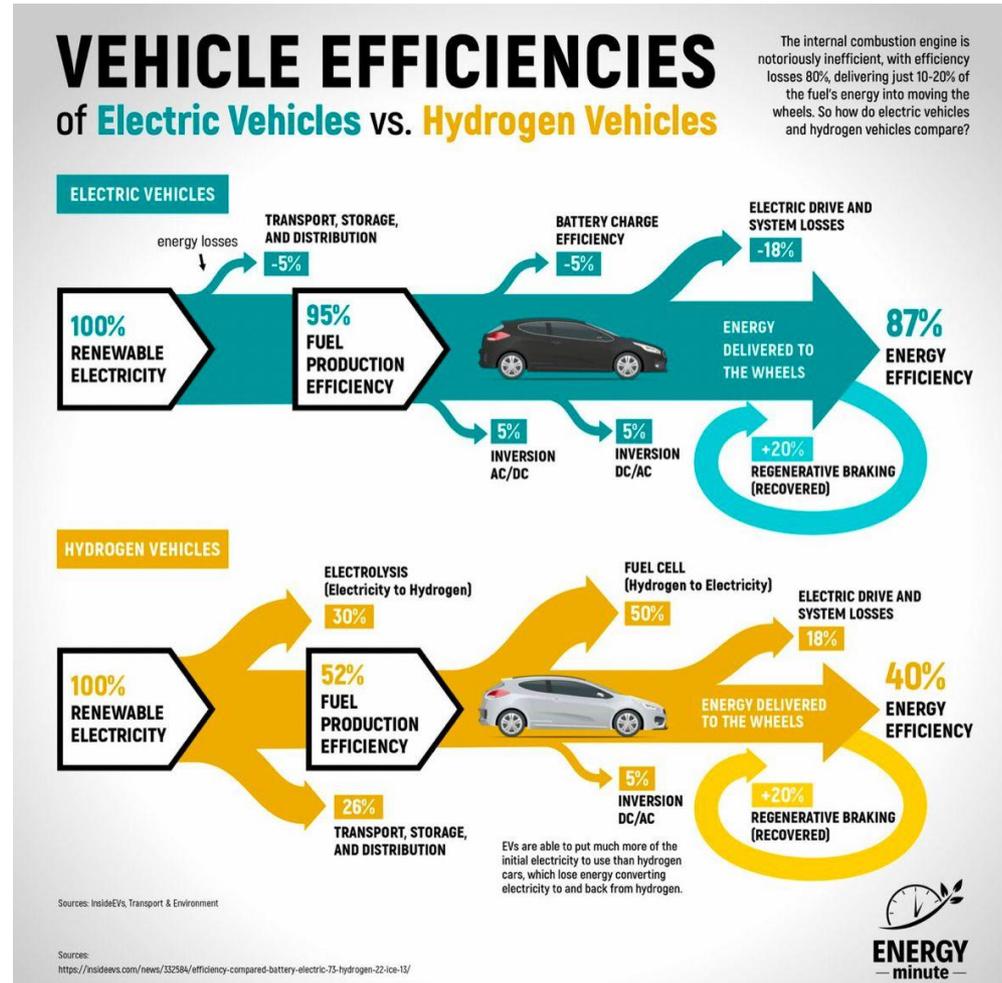
Antriebstechnologien im CO₂-Vergleich – Beispiel

Beispielvergleich von drei typenähnlichen Fahrzeugen. Das Ergebnis zeigt, dass es stark vom Modell des Elektroautos abhängig ist, wann die CO₂-Emissionen niedriger sind als beim Verbrenner.

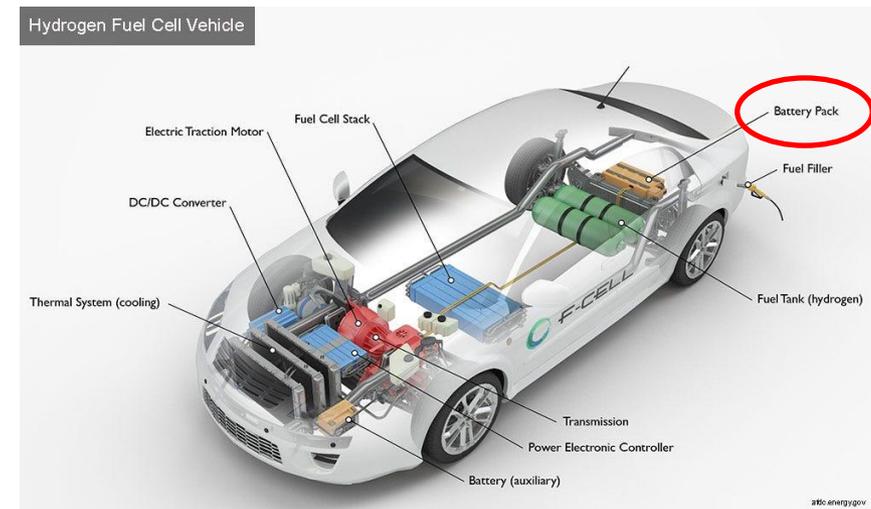
Tesla Model Y (Strom)	Skoda Octavia Combi (Diesel)	VW ID.3 Pro S (Strom)
Herstellung	Herstellung	Herstellung
Karosserie und Antriebsstrang	Karosserie und Antriebsstrang	Karosserie und Antriebsstrang
Energiespeicher	Energiespeicher	Energiespeicher
Betrieb	Betrieb	Betrieb
Wartung und Strasse	Wartung und Strasse	Wartung und Strasse
Strom- bzw. Treibstoffherstellung	Strom- bzw. Treibstoffherstellung	Strom- bzw. Treibstoffherstellung
Direkte Emissionen (Treibstoff)	Direkte Emissionen (Treibstoff)	Direkte Emissionen (Treibstoff)
Entsorgung	Entsorgung	Entsorgung
Gesamtemissionen	Gesamtemissionen	Gesamtemissionen
24.3 t CO ₂ eq	12.2 t CO ₂ eq	21.1 t CO ₂ eq
18.5 t CO ₂ eq	12.1 t CO ₂ eq	13.3 t CO ₂ eq
5.8 t CO ₂ eq	0.1 t CO ₂ eq	7.8 t CO ₂ eq
10.3 t CO ₂ eq	36.9 t CO ₂ eq	10.3 t CO ₂ eq
7.3 t CO ₂ eq	6.1 t CO ₂ eq	6.9 t CO ₂ eq
3.0 t CO ₂ eq	5.0 t CO ₂ eq	3.4 t CO ₂ eq
0.0 t CO ₂ eq	25.8 t CO ₂ eq	0.0 t CO ₂ eq
1.3 t CO ₂ eq	0.9 t CO ₂ eq	1.4 t CO ₂ eq
35.9 t CO ₂ eq	49.9 t CO ₂ eq	32.8 t CO ₂ eq



Vergleich Wasserstoff vs. Elektrisch



Auch im Vergleich zu einem mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeug ist das reinelektrische mehr als **doppelt so effizient**. Dies aufgrund der **mehrfachen Umwandlungen**. Zuerst wird elektrische Energie verwendet, um den Wasserstoff herzustellen und für die Nutzung wird der Wasserstoff in der Brennstoffzelle wieder in Strom umgewandelt. Die Räder werden schlussendlich auch mit einem **Elektromotor** angetrieben. Zudem wird auch für das Wasserstoffauto eine Pufferbatterie verwendet. Diese ist aber erheblich kleiner als die eines reinelektrischen Autos.



Effizienz des elektrischen Antriebs (1)

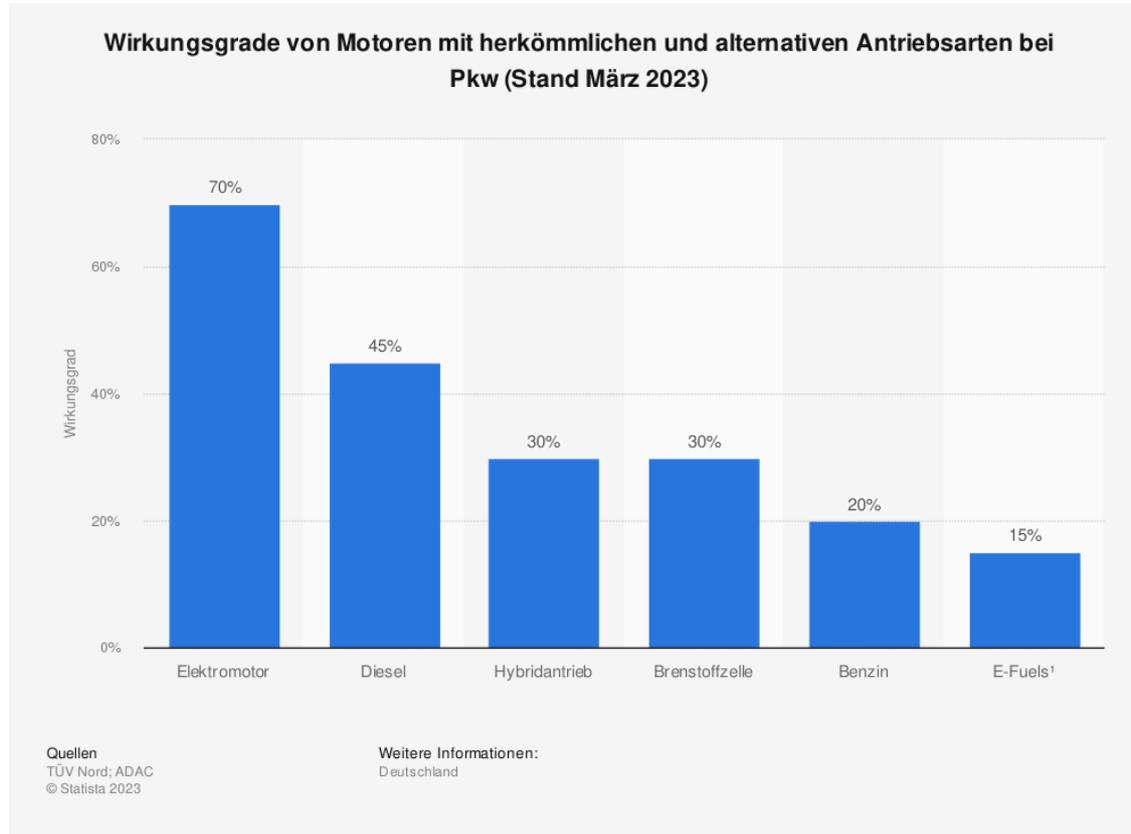
	Benzin / Diesel	Strom
CO2-Ausstoss (inkl. graue Energie)	3 kg/l = 300 gCO ₂ /kWh	22 gCO ₂ /kWh (Schweden)** 50 gCO ₂ /kWh (Schweiz)** 867 gCO ₂ /kWh (Polen)**
Kosten	1.80 – 1.90 CHF/l = 18 – 19 Rp/kWh	25 Rp/kWh (Schweiz 2022) 20 Rp/kWh (Polen 2022)
Verbrauch pro 100 km 1kWh = 0.12l Benzin	37.5 kWh/100km*	15 kWh/100km
Emissionen	11.25 kgCO ₂ /100km	750 gCO ₂ /100km (Schweiz) 13 kgCO ₂ /100km (Polen)
Kosten pro 100 km	Mit 19 Rp/kWh = 7.12 CHF	Mit 25 Rp/kWh = 3.75 CHF

$$*Verbrauch Verbrennungsmotor = \frac{4.5l}{100 km} = \frac{4.5l}{0.12 \frac{l}{kWh} * 100 km} = \frac{37.5 kWh}{100 km}$$

Mit dieser Hochrechnung wird gezeigt das der **Strom im Preis** pro Kilowattstunde **höher** sein kann als der **Benzinpreis** für dieselbe Energiemenge. Trotzdem ist der Preis auf 100 km aber günstiger als beim Verbrenner. Dies folgt aus dem **besseren Wirkungsgrad des elektrischen Antriebs**.

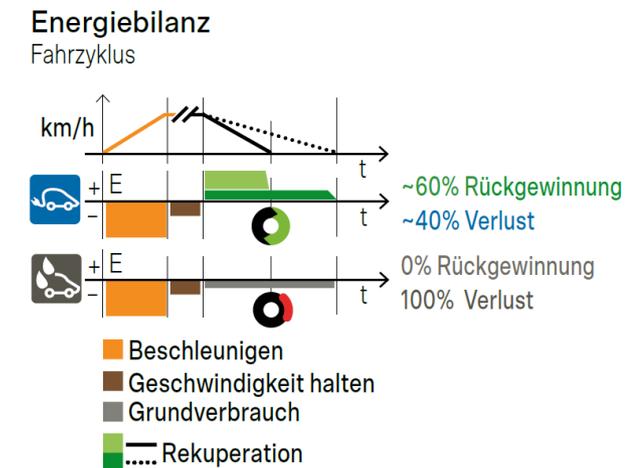
Auch der CO₂-Ausstoss kann bei der Stromproduktion **höher** sein als beim Verbrennen von Treibstoffen. Dies ist vor allem bei der **Stromproduktion aus Kohle** der Fall. Sobald der CO₂-Ausstoss **650 Gramm pro Kilowattstunde** übersteigt, wird die CO₂-Bilanz des Elektroautos **schlechter** als des Verbrenners. Dies obwohl **lokal keine** Abgase entstehen.

Effizienz des elektrischen Antriebs (2)



Auf der linken Seite sind die unterschiedlichen Antriebsarten direkt verglichen. In Sachen **Effizienz** hat der **Elektromotor** ganz klar die **besten Karten**.

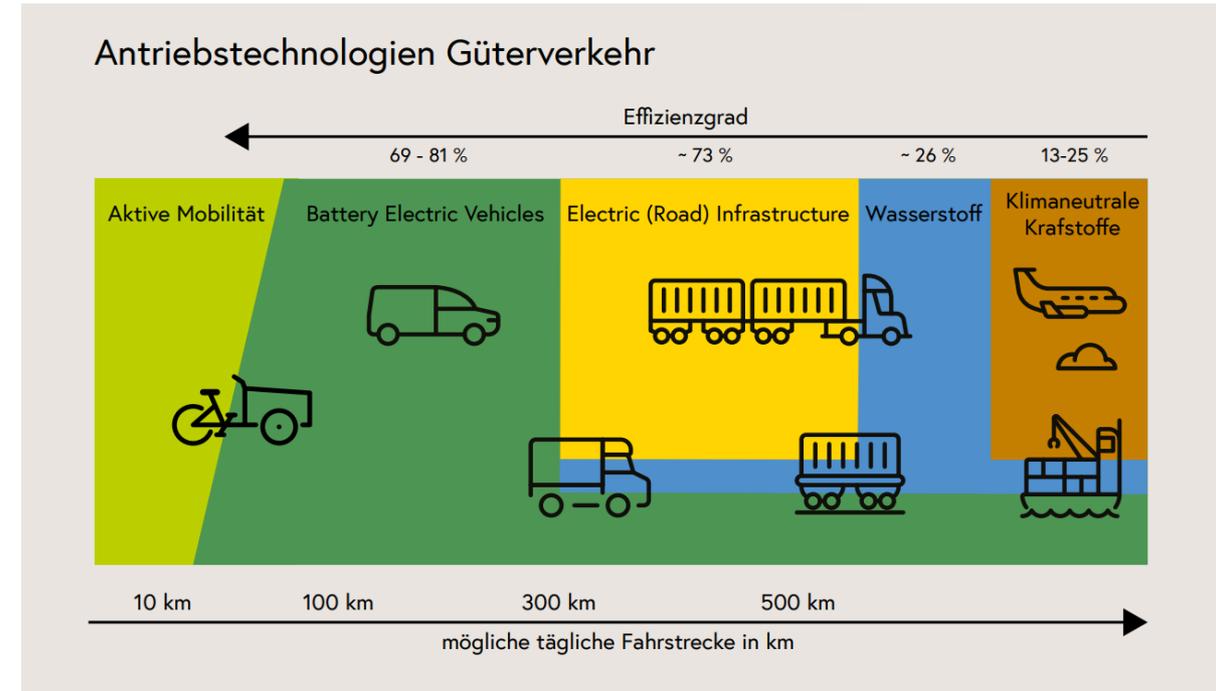
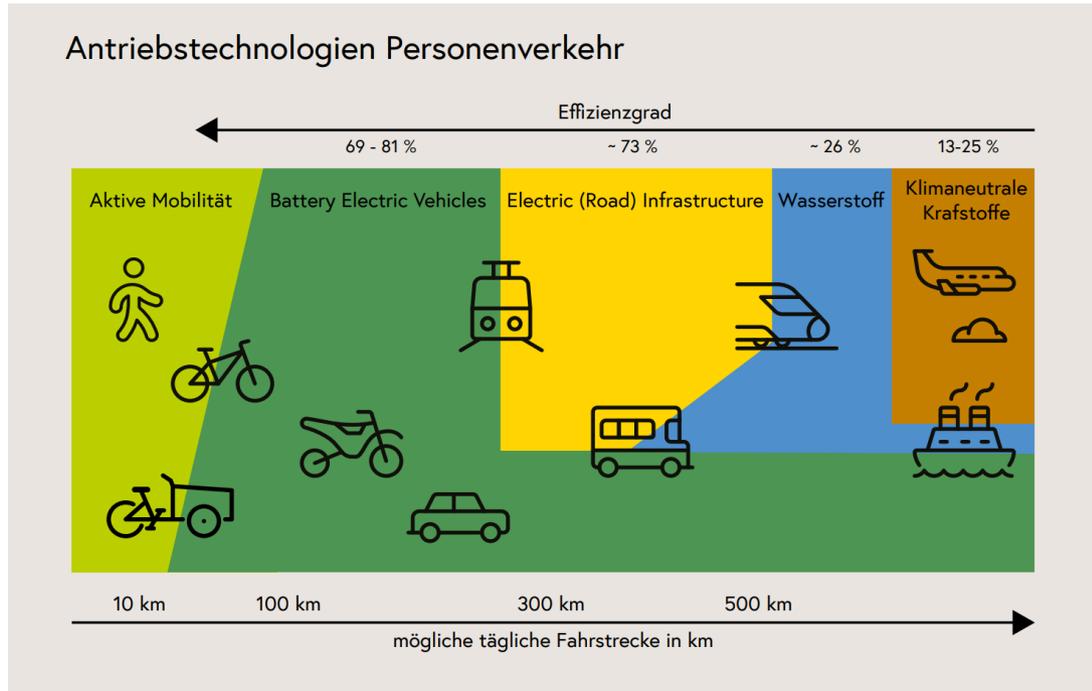
In der unteren Abbildung soll noch ein zweiter vorteilhafter Aspekt des elektrischen Antriebs aufgezeigt werden. Mit einem Elektromotor kann beim Abbremsen **rekuperiert** werden. Die Bremsenergie wird somit nicht «**vernichtet**», sondern wieder zurück **in die Batterie gespeichert**. In diesem Zeitbereich wird der Motor also als Generator genutzt. Dies **verringert den Verbrauch** gegenüber dem Verbrenner noch einmal stark.



Quelle: e-mobile

Antriebstechnologien

Nutzungssektoren



Nicht jeder Bereich der Mobilität kann mit rein elektrischen Antrieben abgedeckt werden. Auf dieser Abbildung ist eine Möglichkeit abgebildet, wie dass die unterschiedlichen **nicht fossilen Energieformen** verwendet werden könnten.

So können z.B. eFuels, die zwar einen sehr schlechten Wirkungsgrad haben, aber aus überschüssiger erneuerbarer Energie gewonnen werden können, für Flugzeuge verwendet werden. In Flugzeugen ist die Energiedichte des Energieträgers ein sehr entscheidender Faktor!



FV-IES

Förderverein

Institut für

Energiesysteme



Personenwagen



Personenwagen

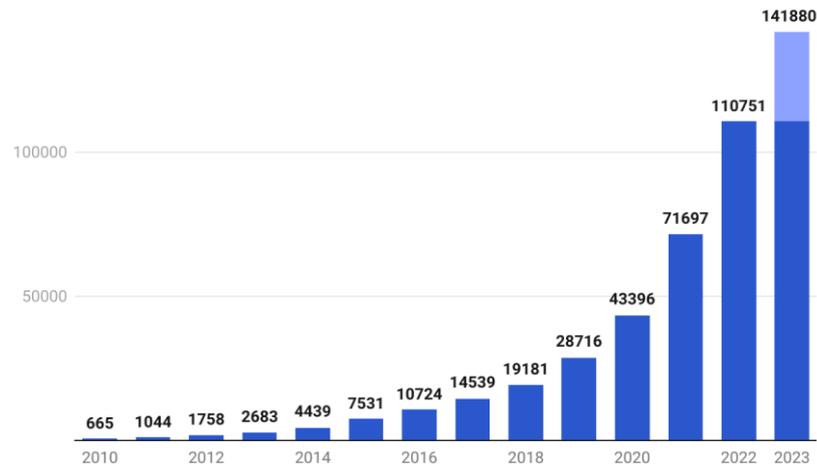
Aktuelle Zahlen zur E-Mobilität in der Schweiz (1)

Der Bestand von elektrisch betriebenen Fahrzeugen nimmt aktuell zu. Das **Jahr 2023** ist noch nicht abgeschlossen aber es kann erkannt werden, dass wieder mit einer **starken Zunahme** gerechnet werden kann. Die Zahlen folgen einem **exponentiellen Wachstum**.

Entwicklung Bestand Elektroautos (Stand 20.11.2023)

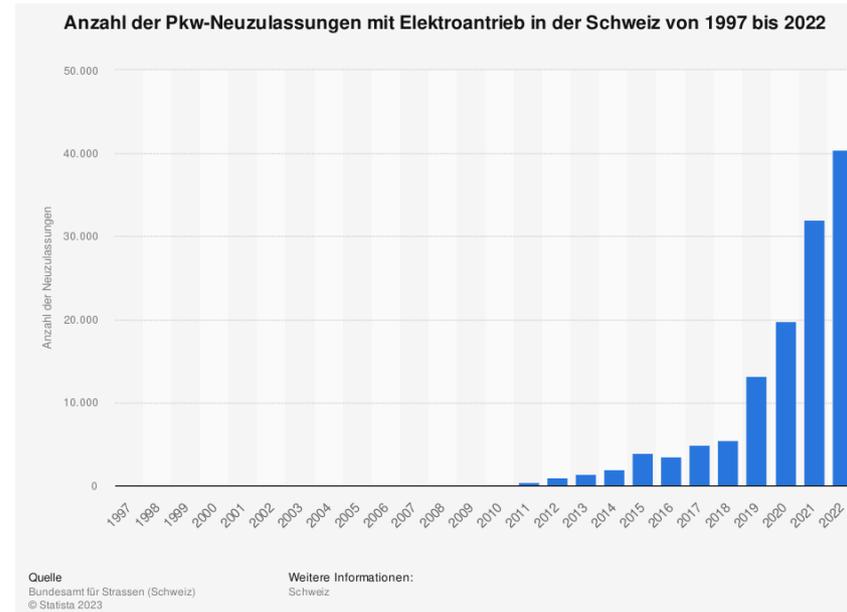
Schweiz 2010 – 2022, 2023: Vorjahresbestand und unterjährige Neuzulassungen BEV

■ Bestand ■ Neuzulassungen 2023



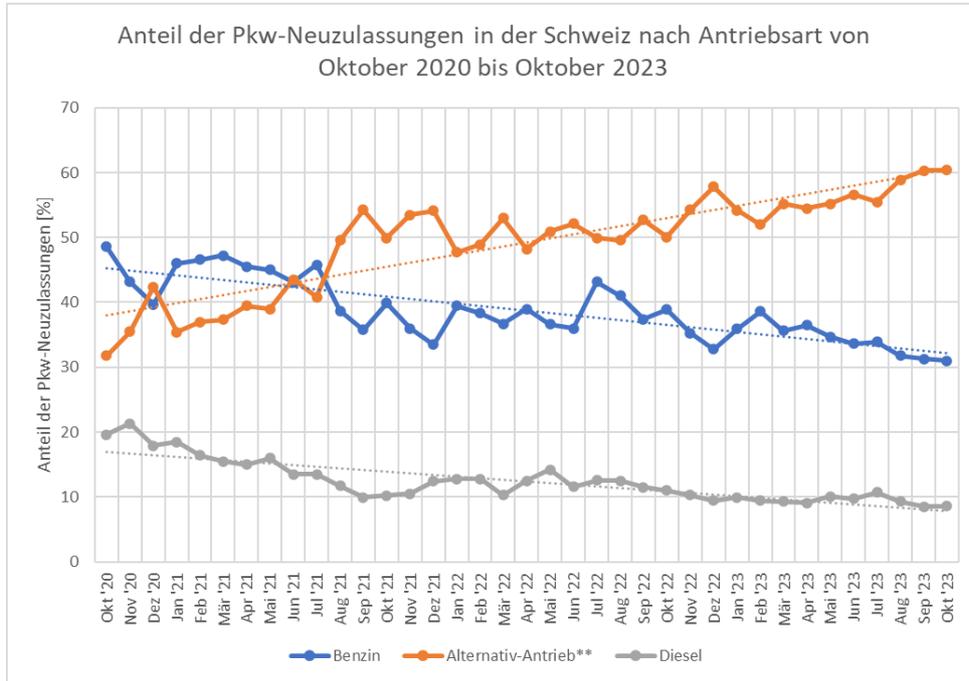
Abmeldungen in 2023 sind noch nicht erfassbar.

Grafik: Swiss eMobility • Quelle: BFS, ASTRA • Erstellt mit Datawrapper



Die Neuzulassungen für elektrische Pkws waren im **2022** bei rund **40'000 Fahrzeugen**. Vergleicht man die Zulassungen mit der Hochrechnung des Bestandes an elektrisch betriebenen Fahrzeugen im Jahr **2023** aus der linken Grafik, könnte auf der Basis dieser Statistiken in diesem Jahr **ein kleinerer Sprung** der Neuzulassungen eintreten.

Aktuelle Zahlen zur E-Mobilität in der Schweiz (2)

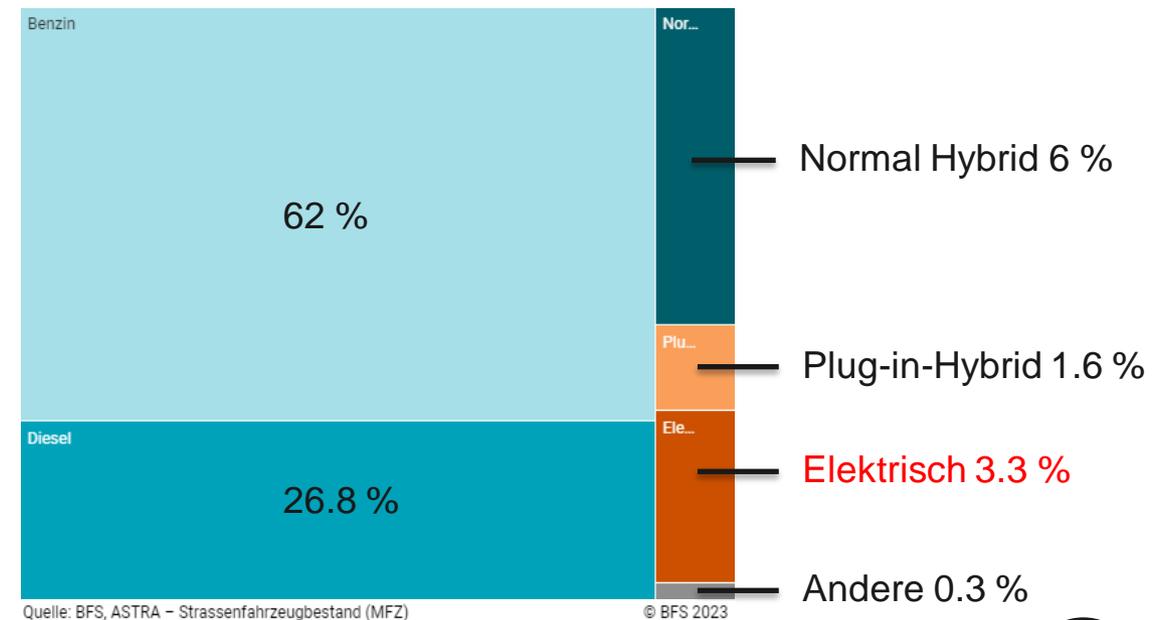


** Abgebildet werden unter Alternativ-Antriebe: Hybrid (Benzin), Hybrid (Diesel), Elektrisch, Elektrisch (Range Ext.), CNG, Wasserstoff / Elektrisch.

Aufgrund zunehmender alternativer Antriebe sinken die Zulassungen der Verbrenner. Mit dem Blick in die Zukunft führt dies zu einer Reduktion der Produktion von Verbrennern. Dies führt wiederum zu einer **Preiserhöhung im Bereich der Verbrenner**, was die Neuzulassungen für alternativbetriebene Fahrzeuge erneut erhöht. Mit diesem Kreislauf entsteht das **exponentielle Wachstum von Neuzulassungen** alternativ betriebener Fahrzeuge auf dem Fahrzeugmarkt.

In der linken Abbildung werden die Neuzulassungen im Vergleich zu den Antriebsarten verglichen. Die Daten stammen von Oktober 2020 bis Oktober 2023. Es ist ein Trend von zunehmenden Alternativantrieben zu erkennen. Der **grösste Anteil** an Alternivantrieben besteht aus **vollelektrischen Fahrzeugen**.

In der unten stehenden Abbildung ist der aktuelle Stand (Okt. 2023) der Zulassungen in der Schweiz bezüglich der Antriebsarten zu erkennen. Zurzeit gibt es rund doppelt so viele Hybrid-Fahrzeuge wie vollelektrische in der Schweiz. Es ist aber zu erwarten, dass der **Trend** weiter in Richtung **voller Elektrisierung** geht. Der aktuelle Stand in der Schweiz ist:



Quelle: BFS, ASTRA – Strassenfahrzeugbestand (MFZ)

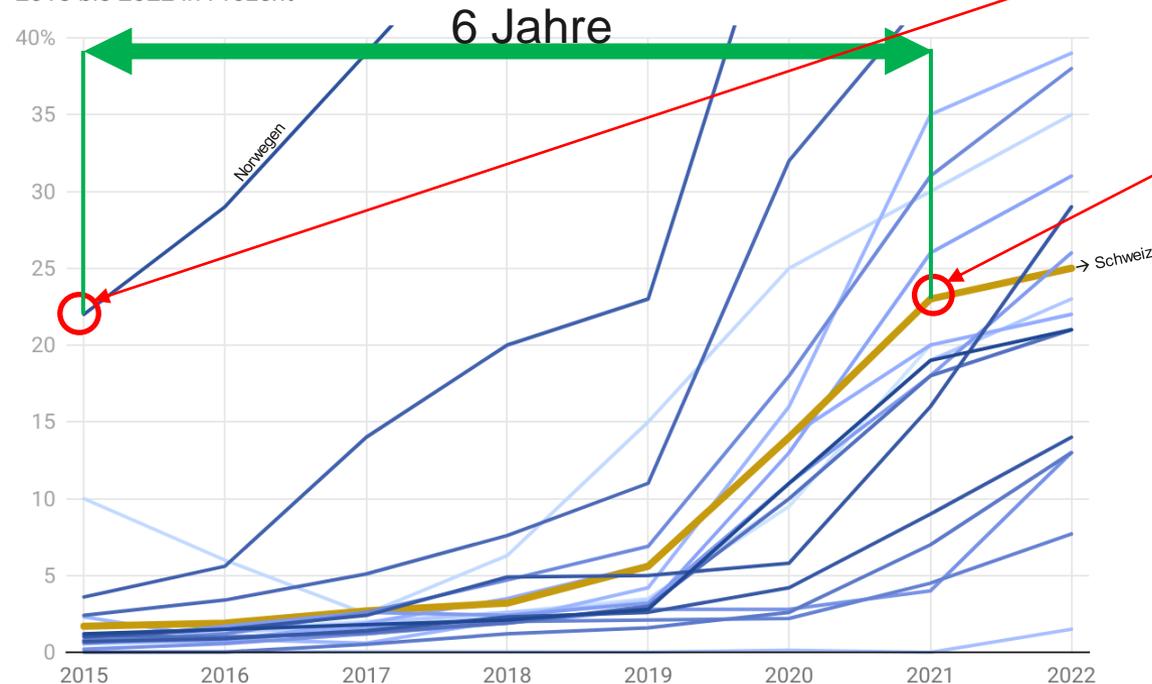
© BFS 2023

Personenwagen

Beispiel: Entwicklung der Zulassungen in Norwegen

EV Marktanteil Pw Neuzulassungen international

2018 bis 2022 in Prozent



Norwegen 2015: 22%

Schweiz 2021: 23%

Norwegen ist mit der Entwicklung in der E-Mobilität schon extrem weit vorangeschritten. Schon im **Jahr 2015** waren dort **22%** der Neuzulassungen elektrische Fahrzeuge.

Im **Jahr 2022** ist Norwegen bei **83% elektrischen** Neuzulassungen. Wird die Schweiz eine ähnliche Entwicklung, einfach sechs Jahre verzögert, erleben?

Beim Berühren der Linien werden die Ländernamen angezeigt. EV umfasst BEV, PHEV und FCEV. Werte ausserhalb der Grafik 2022: Norwegen 83%, Island 70%, Schweden 54%.

Grafik: Swiss eMobility • Quelle: IEA • Erstellt mit Datawrapper

BEV: Battery Electric Vehicle, PHEV: Plugin Hybrid Electric Vehicle, FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle

Personenwagen

Fokus der Fahrzeughersteller

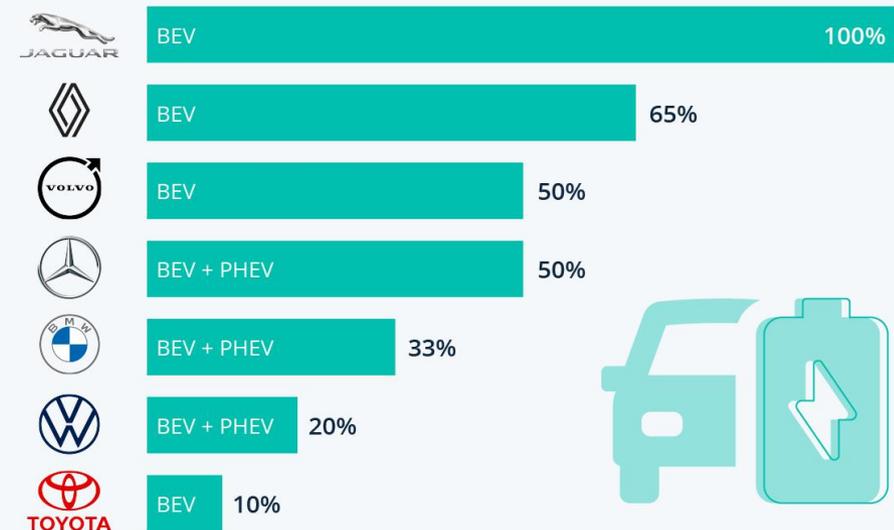
Ab dem **Jahr 2035** dürfen in der EU **keine Pkw mit Verbrennungsmotoren** mehr zugelassen werden. Die Autobauer stellen sich darauf ein und haben teils ambitionierte und teils zurückhaltende Zielmarken bei der Elektrifizierung ihrer Modellpaletten bekannt gegeben. So wird die Luxus-Marke Jaguar ab dem **Jahr 2025** zur reinen **Elektroauto-Schmiede**, während der Branchenriese Toyota bis dahin nur einen Anteil von 10 Prozent seiner neuen Pkw mit einem vollelektrischen Antrieb ausgestattet haben möchte.

Das erste Etappenziel der **Mercedes-Benz Group**: Bis zum Jahr **2025 sollen rund 50 Prozent** der Neuverkäufe mit elektrifizierten Antrieben erzielt werden. Genau wie Volkswagen und BMW, inkludiert Mercedes allerdings auch so genannte **Plug-in-Hybride**. Dieser Fahrzeugtyp hat einen elektrischen und einen Verbrennungsmotor und ist derzeit dazu konzipiert, Langstrecken im reinen Verbrennerbetrieb zu absolvieren.

Derartige Pkw stehen allerdings in der Kritik: ihre **Umweltbilanz sei bedeutend schlechter**, da unterm Strich **mehr Sprit verbrannt** werde als mit einem sparsamen Diesel verbraucht würde.

Die E-Ziele der Autobauer

Geplanter Anteil von Elektroautos an den weltweit verkauften Fahrzeugen im Jahr 2025 nach Marke



BEV=vollelektrisch, PHEV=Plug-in Hybrid
Quelle: Statista-Recherche



statista

Personenwagen

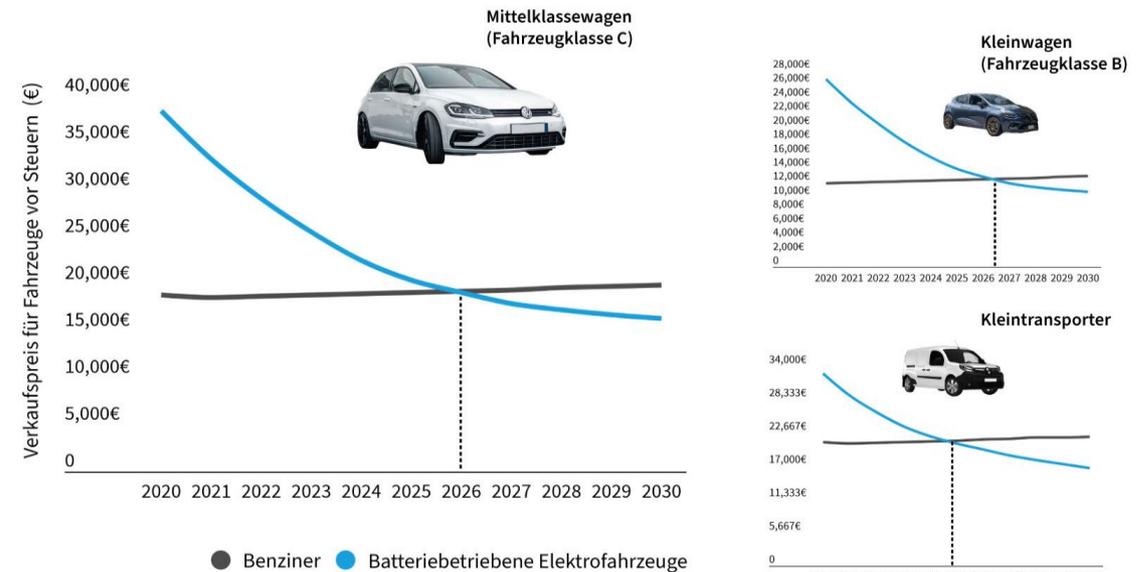
Kostenentwicklung

Der teilweise sehr hohe Verkaufspreis von elektrisch betriebenen Fahrzeugen ist oft ein Grund, weshalb zu einem Verbrenner gegriffen wird. Dazu kommt, dass es **im tiefen Preissegment (10'000 – 20'000 CHF)** zurzeit wenige bis **keine Angebote** gibt. Auch Gebrauchtwagen gibt es nicht sehr viele. In diesem Segment kommt noch dazu, dass durch die schnelle Entwicklung ein fünfjähriges Fahrzeug schon bald zu einer überholten Technologie zählt. Deshalb spielen die Verkaufspreise von elektrischen Fahrzeugen eine grosse Rolle für den Entscheid zu einem Umstieg.

In der Grafik ist zu erkennen, dass der Verkaufspreis von Mittelklassewagen mit elektrischem Antrieb ab dem **Jahr 2026** in Europa **günstiger** sein könnte **als von Verbrennern**. Mit zunehmendem Anteil an elektrischen Fahrzeugen auf dem Fahrzeugmarkt wird dann auch die Anzahl an Angeboten von Gebrauchtwagen steigen. Was dann auch die Gesamtanzahl in der Schweiz **zugelassener Elektrofahrzeuge weiter steigen** lassen würde.



Elektrofahrzeuge werden in Europa ab 2025 –2027 preiswerter sein als Verbrenner

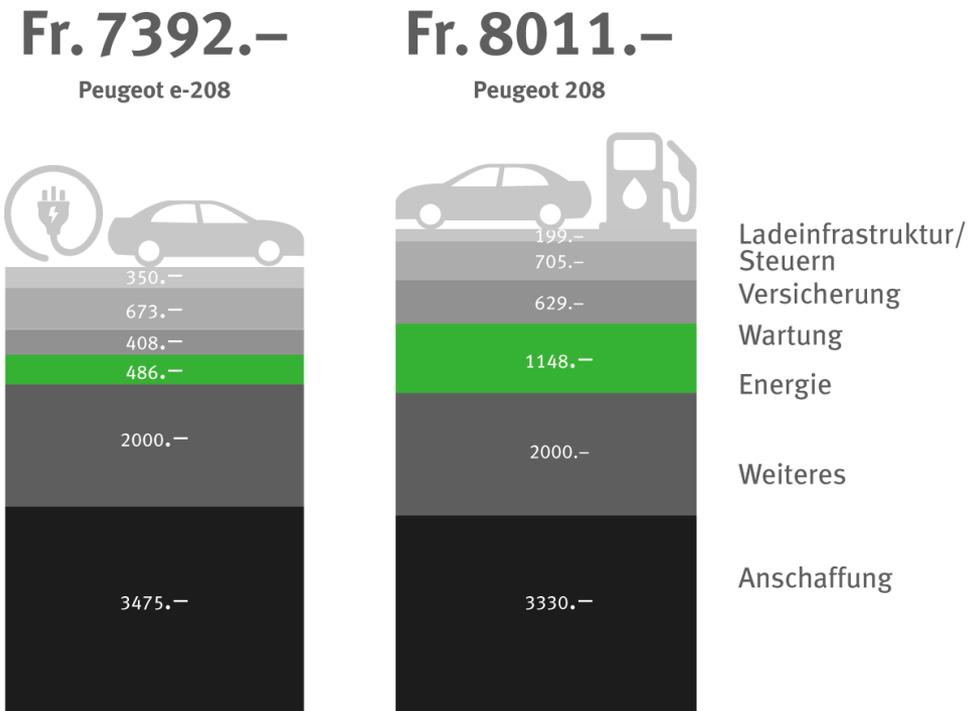


TRANSPORT & ENVIRONMENT | @transenv | @transenv | @transportenvironment.org

Hinweis: Alle anderen Fahrzeugklassen, einschließlich Oberklassewagen, kleinen, mittleren und großen SUVs sowie Schwertransporter, erreichen die Preisparität im selben Jahr wie die Mittelklasse: 2026.
Quelle: Bloomberg NEF (2021), Hitting the EV Inflection Point

Wartungskosten Elektroauto vs. Verbrenner

Kostenvergleich Elektro- und Benzinmodell (Fr./Jahr)



In der Abbildung ist eine totale **Kostenzusammenstellung** eines Elektro- und eines Verbrennerfahrzeugs zu sehen. Es soll hier auf den Kostenanteil der **Wartung** fokussiert werden, welcher beim Elektroauto weniger als halb so gross ist pro Jahr, als beim Verbrenner. Wieso das?

Der Elektromotor ist **nahezu wartungsfrei**, was eine grosse Einsparung zur Folge hat. Zudem entfällt die Wartung des Abgassystems. Weiter werden beim elektrisch betriebenen Fahrzeug die Bremsen viel weniger genutzt, da das Tempo meist über die Rekuperation verringert wird, was die Bremse nicht belastet.

Diese Hochrechnung wurde Ende 2022 gemacht, aufgrund unterschiedlicher Faktoren kann diese zum heutigen Zeitpunkt wieder anders ausfallen. Bezüglich der Wartungskosten wird sich aber wenig geändert haben.

Benzinmodell: Peugeot 208 1.2 PureTech 130 Allure Pack, Leistung 96 kW, Automat, Vorderradantrieb, Verbrauch 5,6 l/100km, Listenpreis: 33'300.- CHF.

Elektromodell: Peugeot e-208 Active, Leistung 100 kW, Automat, Vorderradantrieb, Batterie 50 kWh, Verbrauch 16,2 kWh/100km, Listenpreis: 34'750.- CHF.

Annahmen für die Kostenberechnung: 10 000 km/Jahr; Benzinpreis: Fr. 2,05/Liter (Durchschnitt 2022 (Jan-Sept)); Strompreis: Fr. 0,30/kWh; einmalige Kosten Ladeinfrastruktur: Fr. 2800.- (8 Jahre Amortisation); Steuern Kanton ZH; Versicherung: VCS/Zurich (Basic); weitere Kosten: Parkplatz, Pneus, usw.; Anschaffungskosten: 10 Prozent des Neupreises.

Das Dilemma mit der Reichweite... (1)

«Ich kaufe mir kein Elektroauto weil die Reichweite nicht ausreicht und das Laden zu lange dauert»

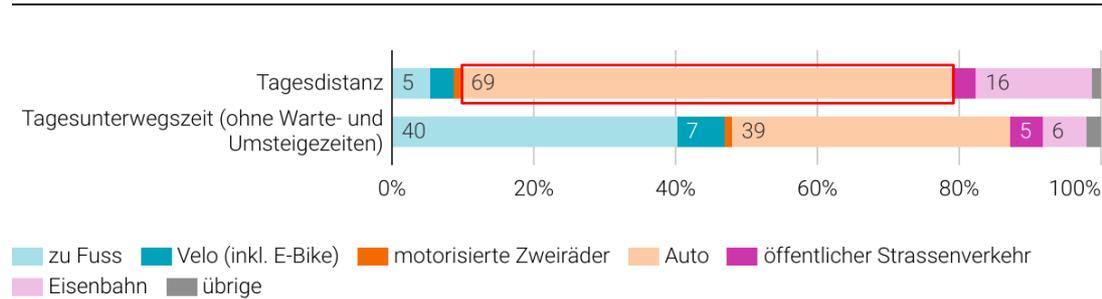


Personenwagen

Das Dilemma mit der Reichweite... (2)

Eingesetzte Verkehrsmittel, 2021

Anteile im Inland



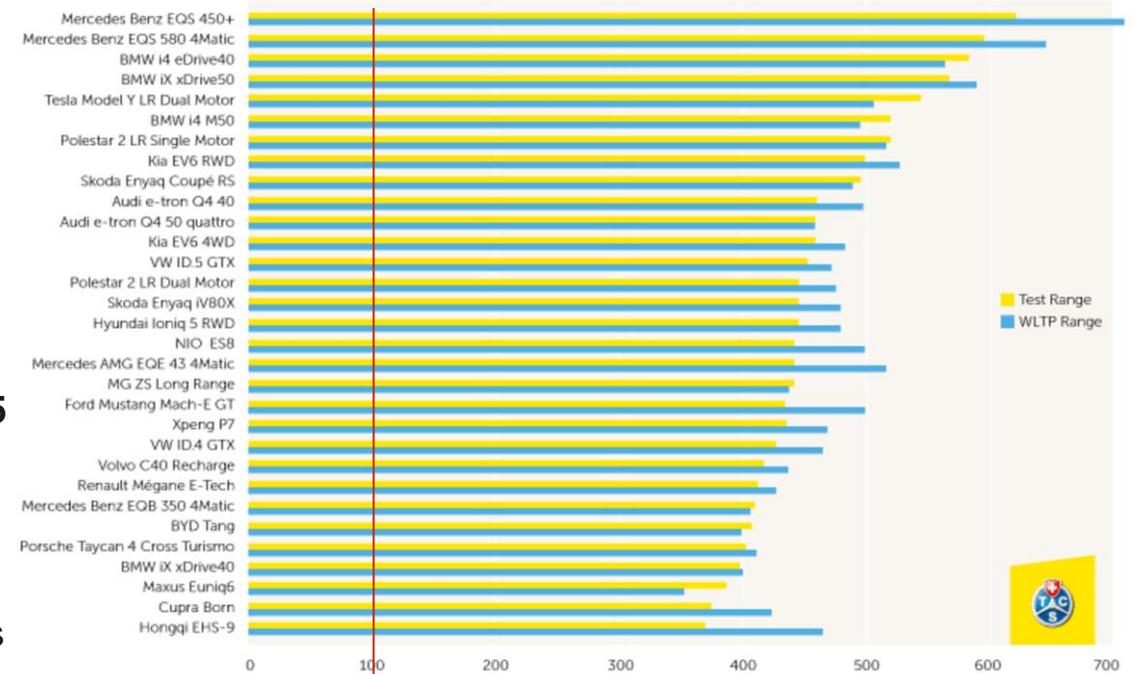
Quelle: BFS, ARE – Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)

© BFS 2023

Die Abbildung oben zeigt, dass **69%** der zurückgelegten Distanz pro Tag **mit dem Auto** gemacht wird. Dies entsprach im Jahr 2017 rund **25 km pro Tag**. Zudem werden laut einer europaweiten Studie ca. **80%** der Fahrzeuge **weniger als 100 km** pro Tag gefahren.

Nehmen wir trotzdem an, dass 100 km pro Tag gefahren wird und vergleichen dies mit dem Reichweitentest des TCS. Es zeigt sich, dass mit jedem der getesteten Modelle die **Tagesdistanz problemlos** mehrfach **gefahren** werden könnte. Dies ist aktuell also kein gültiger Kritikpunkt mehr für elektrisch angetriebene Fahrzeuge. Die Ladedauer von verschiedenen E-Autos wird im Kapitel über das Laden thematisiert.

Reichweitentest und WLTP



100 km

Die Traktionsbatterie

Das Dilemma mit der Reichweite... (3)

Reichweiten bei kalten Temperaturen

Hauptgründe für die Reduktion der Reichweite sind:

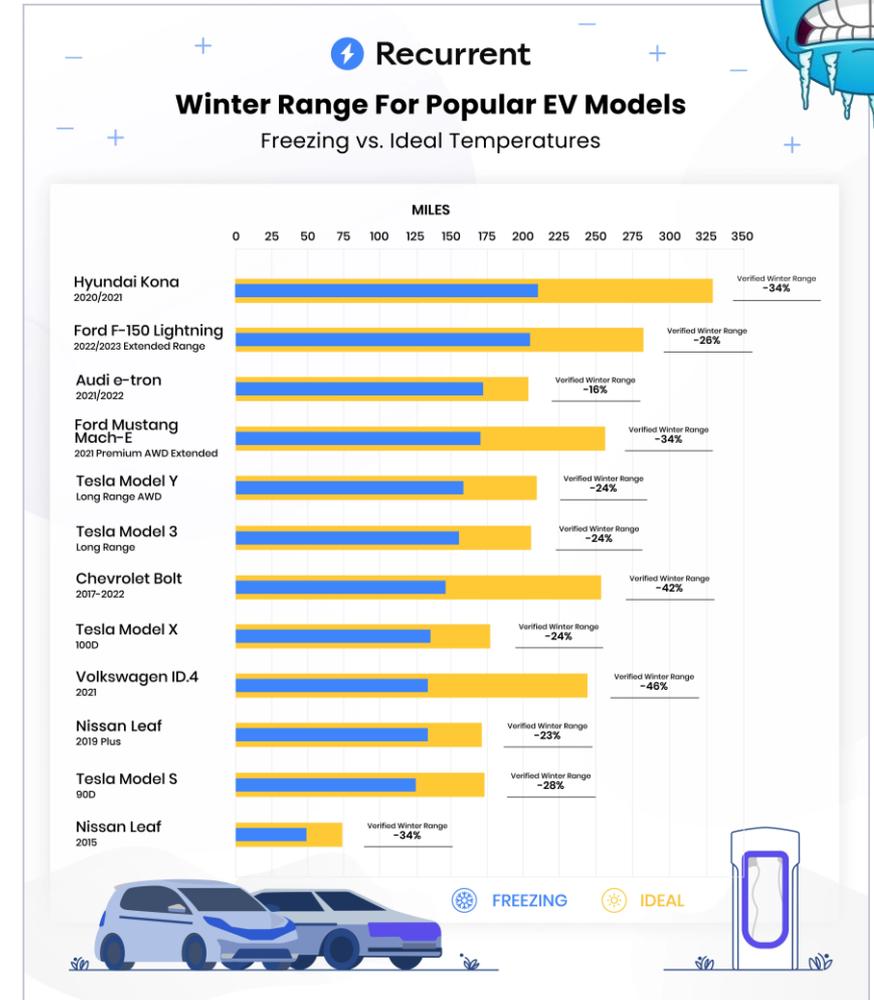
- Chemische und physische **Reaktionen** in der Batterie **werden langsamer** bei kalten Temperaturen, was den Widerstand erhöht. Das reduziert zudem die zur Verfügung stehende Leistung.
- **Hauptgrund** ist das **Heizen** des Innenraums.

Aufgrund der **geringen Verluste** bei den E-Fahrzeugen fällt nur **wenig** Abwärme an. Entsprechend benötigt das **Heizen** des Innenraums **zusätzliche Energie**, welche von der Traktionsbatterie geliefert werden muss. Bei **Verbrennungsmotoren** gibt es aufgrund der **geringen Effizienz** Abwärme im Überfluss, welche im Winter für das Heizen des Innenraums verwendet werden kann.

Die Reichweiten werden trotzdem für den Alltag ausreichen, es ist aber wichtig das man sich der Reduktion bei kalter Aussentemperatur bewusst ist.

Wichtig

Entsprechend der dargestellten Fahrzeuge reduziert sich die Reichweite bei kalten Temperaturen im Mittel um 30 %.



Das Dilemma mit der Reichweite... (4)

«Ich kaufe mir kein Elektroauto weil die Reichweite nicht ausreicht und das Laden zu lange dauert»



Die **Reichweite** ist definitiv **kein Problem** mehr. Oft kann beim Autokauf auch entschieden werden, wie gross die Batterie sein soll. Dies hat dann auch einen erheblichen Einfluss auf den Preis des Fahrzeugs. In der Abgebildeten Tabelle sind empfohlene Mindestgrössen der Batterie für bestimmte Anwendungsfälle zu sehen.

Um mit einem Elektrofahrzeug wirklich ökologisch zu sein, sollten die **Batterien klein** gehalten werden. Denn diese machen einen grossen Teil des **CO₂-Austosses** im Lebenszyklus eines E-Autos aus.

Fakt

Mit einer Reichweite von 200 km können **97 %** aller Fahrten, ohne Zwischenladung, durchgeführt werden.

Anwendung	Empfohlene Batteriegrösse
Normale Pendlerdistanzen (< 40km pro Tag)	30 kWh (120-150 km Reichweite im Stadt- und Agglomerationsverkehr)
Gelegentliche Langstreckenfahrten (bis 400 km pro Tag)	50 kWh (200 Autobahnkilometer Reichweite)
Regelmässige Langstreckenfahrten (> 400 km pro Tag)	70 kWh (300 Autobahnkilometer Reichweite)



FV-IES

Förderverein

Institut für

Energiesysteme



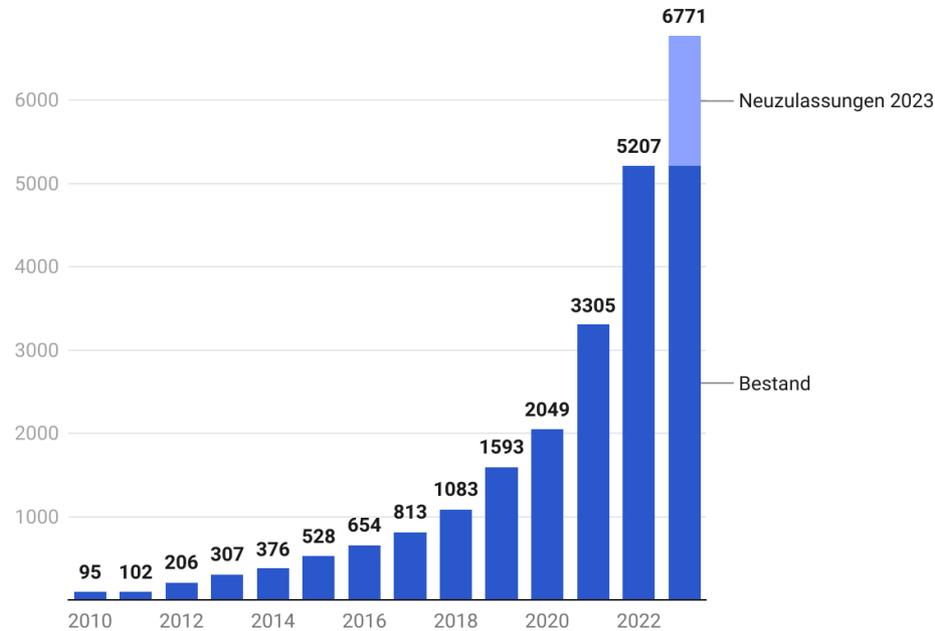
Transportfahrzeuge



Neuzulassungen Lieferwagen (bis 3.5t)

Entwicklung Bestand elektrische Lieferwagen

Schweiz 2010 – 2022, 2023: Vorjahresbestand und unterjährige Neuzulassungen



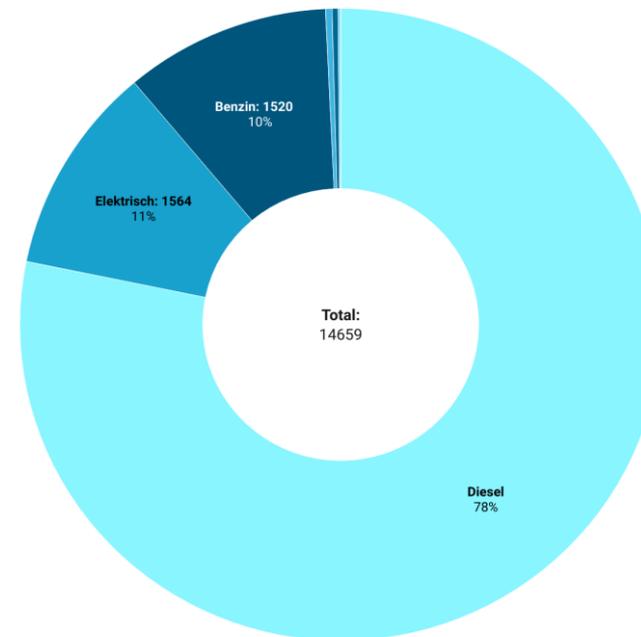
Abmeldungen in 2023 sind noch nicht erfassbar.

Grafik: Swiss eMobility • Quelle: ASTRA, BFS • Erstellt mit Datawrapper

Lieferwagen Neuzulassungen 2023 nach Antriebsart

Schweiz & Liechtenstein bis Mitte 2023

■ Diesel / Elektrisch: 48
■ Erdgas (CNG): 16
■ Flüssiggas (LPG) / Benzin: 1
■ Wasserstoff / Elektrisch: 1
■ Elektrisch: 1564
■ Benzin: 1520
■ Erdgas / Benzin (CNG): 44



Grafik: Swiss eMobility • Erstellt mit Datawrapper

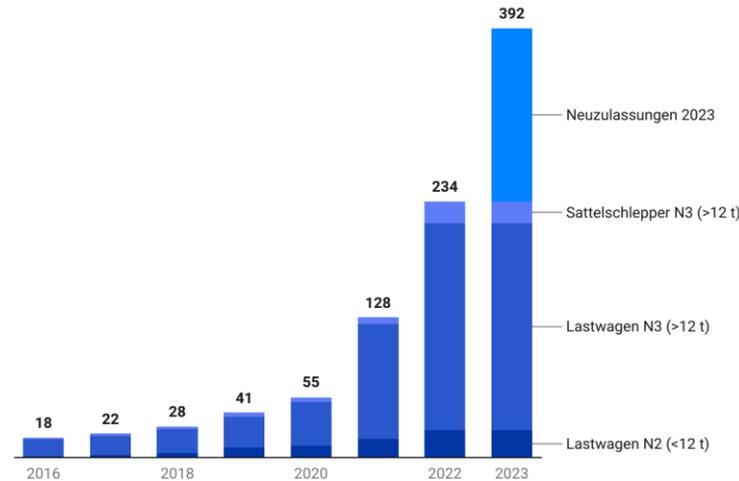
Auch bei den Zulassungen für Lieferwagen kann ein Zuwachs im Bereich elektrisch angetriebener Fahrzeuge erkannt werden.

Exkurs: Transport und Güterverkehr

Neuzulassungen eLkw und eSattelschlepper

Bestand eLkw und eSattelschlepper

Schweiz 2010 – 2022, 2023: Vorjahresbestand und unterjährige Neuzulassungen



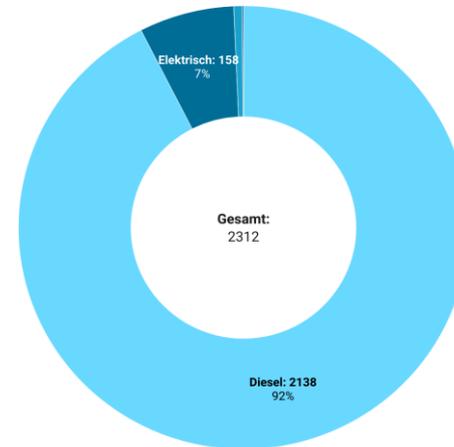
Abmeldungen in 2023 sind noch nicht erfassbar.

Grafik: Swiss eMobility • Quelle: BFS • Erstellt mit Datawrapper

Neuzulassungen 2023 Lastwagen und Sattelschlepper nach Antriebsart

Schweiz & Liechtenstein bis Mitte 2023

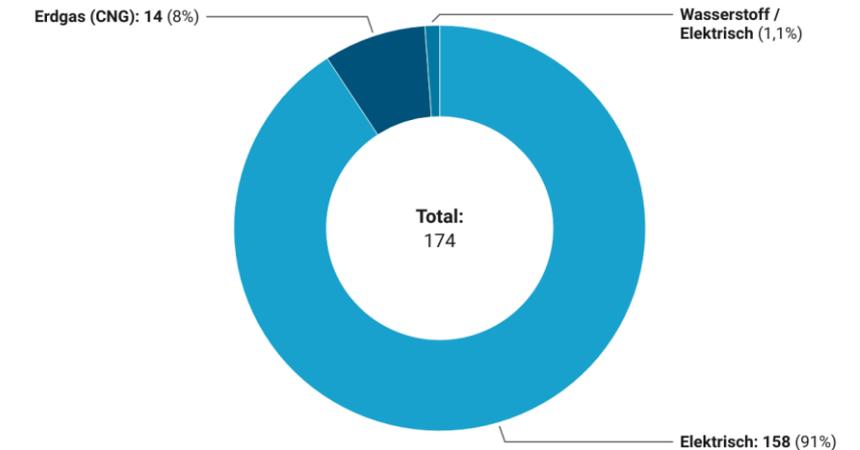
Diesel: 2138 (92%) Elektrisch: 158 (7%) Erdgas (CNG): 14 (0,6%)
Wasserstoff / Elektrisch: 0,1%



Grafik: Swiss eMobility • Quelle: ASTRA • Erstellt mit Datawrapper

Neuzulassungen 2023 eLkw und eSattelschlepper mit alternativen Antrieben

Schweiz & Liechtenstein bis Mitte 2023



Grafik: Swiss eMobility • Quelle: ASTRA • Erstellt mit Datawrapper

Mit sehr kleinen Schritten, aber einer doch klaren Zunahme, gibt es immer mehr Zulassungen von elektrischen Schwertransportern. Führend ist aber zurzeit noch ganz klar der Dieselantrieb. Spannend ist zu sehen, dass im Vergleich der alternativen Antriebe, der reinelektrische Antrieb klar am meisten forciert wird.

Exkurs: Transport und Güterverkehr

Transportunternehmen Scania

Die Grafik zeigt den **Zukunftsplan** von Scania für die Elektrifizierung ihrer Lkw-Flotte. Die Fahrzeugspezifikationen, welche für das Jahr 2022 angesetzt wurden, konnten erreicht werden. Bis zum **Ende dieses Jahrzehnts** erwarten sie bis zu **50% Umsatz** aus dem Bereich der **elektrifizierten** Fahrzeuge.

Scania bietet zurzeit bis zu **370 km** Reichweite mit **40 Tonnen** Last und bis zu **260 km** bei **64 Tonnen** zulässigem Gesamtgewicht.

Da ist noch mehr drin!

Batterieelektrische Lkw von Scania werden zukünftig immer schwerere Lasten über immer längere Strecken transportieren können.



¹ mit einer Batterieladezeit von unter 90 Minuten

Quelle: Scania Annual and Sustainability Report 2021





FV-IES

Förderverein

Institut für

Energiesysteme



Öffentliche Ladeinfrastruktur



Szenarien Ladeinfrastruktur Schweiz

«Privat und langsam»



«Öffentlich und schnell»



«Öffentlich und langsam»

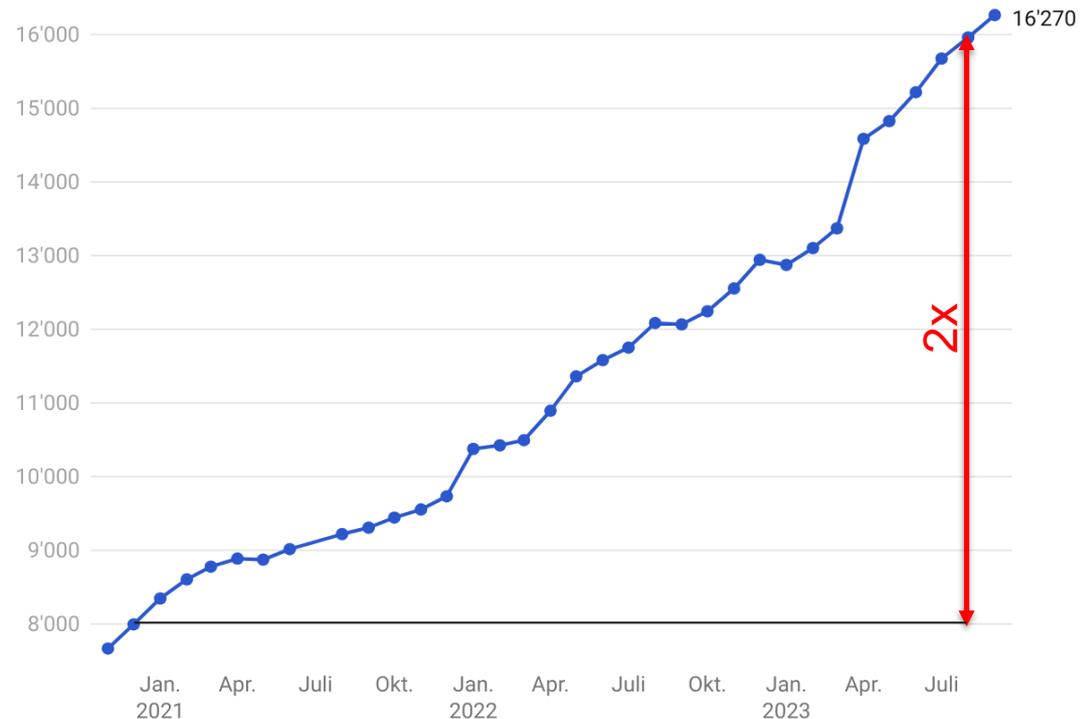


Die Grafiken zeigen den **Bedarf an Ladestationen** in der Schweiz für unterschiedliche Szenarien. Es ist spannend zu sehen, dass es für die ganze Schweiz verhältnismässig **wenige** öffentliche **Ladestationen** brauchen wird. Abhängig davon benötigt es dann mehr oder weniger private Installationen. **Zuhause** wird im Normalfall **langsamer** geladen als an den öffentlichen Stationen.

Ladestationen in der Schweiz (1)

Entwicklung Anzahl öffentlicher Ladepunkte

Schweiz, monatsaktuell



Grafik: Swiss eMobility • Quelle: BFE • Erstellt mit Datawrapper

Buchs (SG) 1 km

Im gewählten Umkreis befinden sich **7 Ladestandorte** mit **17 Ladestationen**. Davon sind **3 Schnellladestationen**.

Chur (GR) 1 km

Im gewählten Umkreis befinden sich **8 Ladestandorte** mit **21 Ladestationen**. Davon sind **0 Schnellladestationen**.

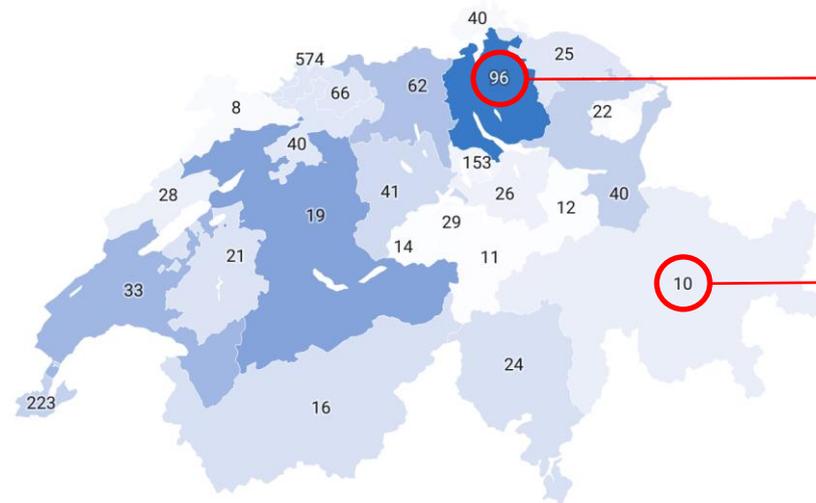
Schul- und Hochschulareal Campus Waldau St.Gallen (SG) - St 1 km

Im gewählten Umkreis befinden sich **12 Ladestandorte** mit **22 Ladestationen**. Davon sind **4 Schnellladestationen**.

Ladestationen sind jetzt schon gut verbreitet in der Schweiz. In allen zentralen Orten sind **innerhalb eines Kilometers** mehrere Ladesäulen zu finden.

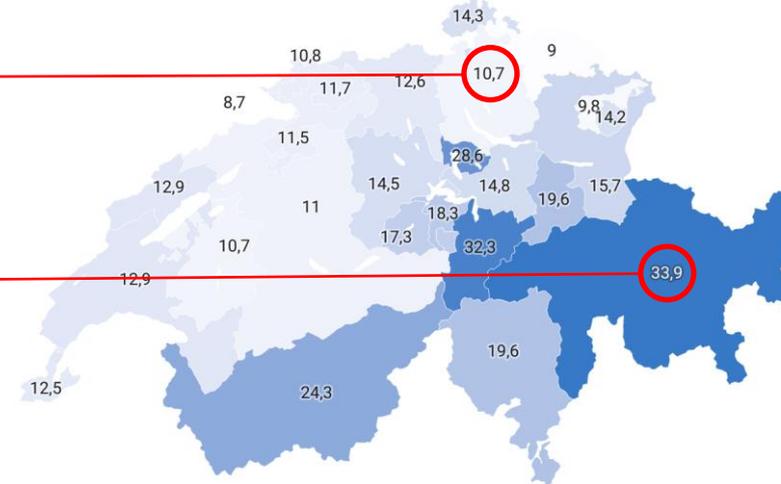
Ladestationen in der Schweiz (2)

Anzahl öffentliche Ladestationen pro 100 km²



Grafik: Swiss eMobility • Quelle: BFS, ich-tanke-strom.ch • Erstellt mit Datawrapper

Anzahl öffentliche Ladestationen pro 10'000 Einwohner



Grafik: Swiss eMobility • Quelle: BFS, ich-tanke-strom.ch • Erstellt mit Datawrapper

Zürich: Maximal **1 km** bis zur nächsten Ladesäule aber aufgrund der vielen Einwohner nur rund **11 Ladesäulen pro 10'000 Einwohner**.

Graubünden: Aufgrund der grossen Fläche maximal **10 km** bis zur nächsten Ladesäule, dafür rund **34 Ladesäulen pro 10'000 Einwohner**.

Aktuelle Situation mit 3% vollelektrischen Fahrzeuge bedeutet das $0.03 \cdot 10'000 = 300$ Elektroautos pro 10'000 Einwohner:

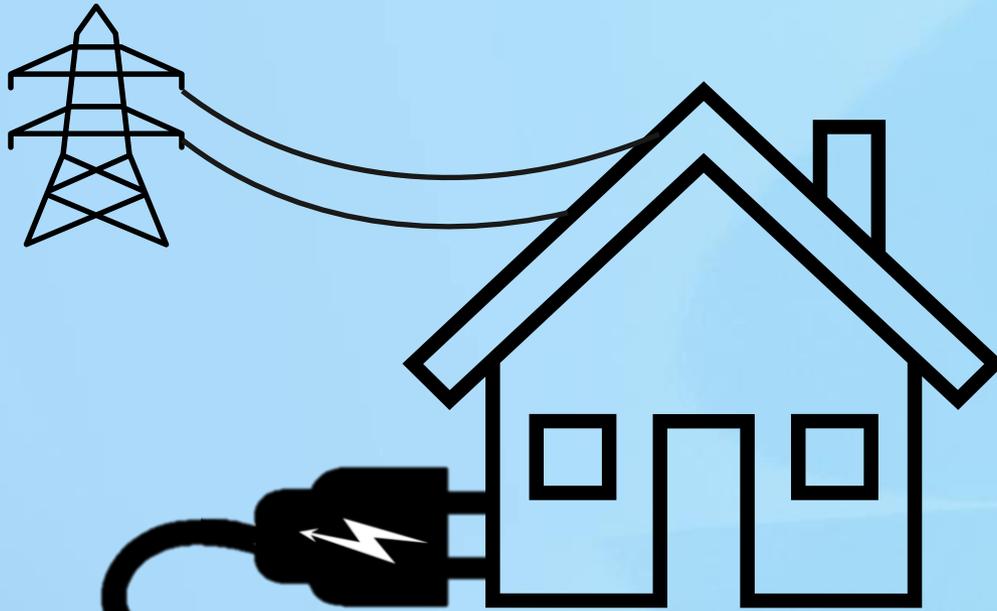
Zürich: 300 Elektroautobesitzer müssen sich aktuell 11 Ladesäulen teilen.

Graubünden: 300 Elektroautobesitzer müssen sich aktuell 34 Ladesäulen teilen.

Ladestationen nach Ländern

	Schweiz	Frankreich	Deutschland	China	USA	Norwegen
Fläche [km2]	42'285	551'695	357'592	9'597'000	9'834'000	385'207
Einwohner	8'820'000	64'600'000	84'360'000	1'426'000'000	338'300'000	5'430'000
Neuzulassungen E-Autos 2022	40'507	340'000	830'000	5'900'000	990'000	166'000
Ladesäulen (Stand 2022)	12948	83700	77000	1760000	128000	24100
Schnellladen [%]	17	12	17	43	22	38
Langsam Laden [%]	83	88	83	57	78	62
Ladestationen pro 100'000 Einwohner	14.7	13.0	9.1	12.3	3.8	44.4
Ladestationen pro 100 km2	31.4	15.2	21.5	18.3	1.3	6.3

Schnellladen bedeutet, dass die Ladesäule eine **Leistung** zwischen **50 – 350 kW** hat. Alle Leistungen unterhalb werden in der Tabelle als langsames Laden bezeichnet.



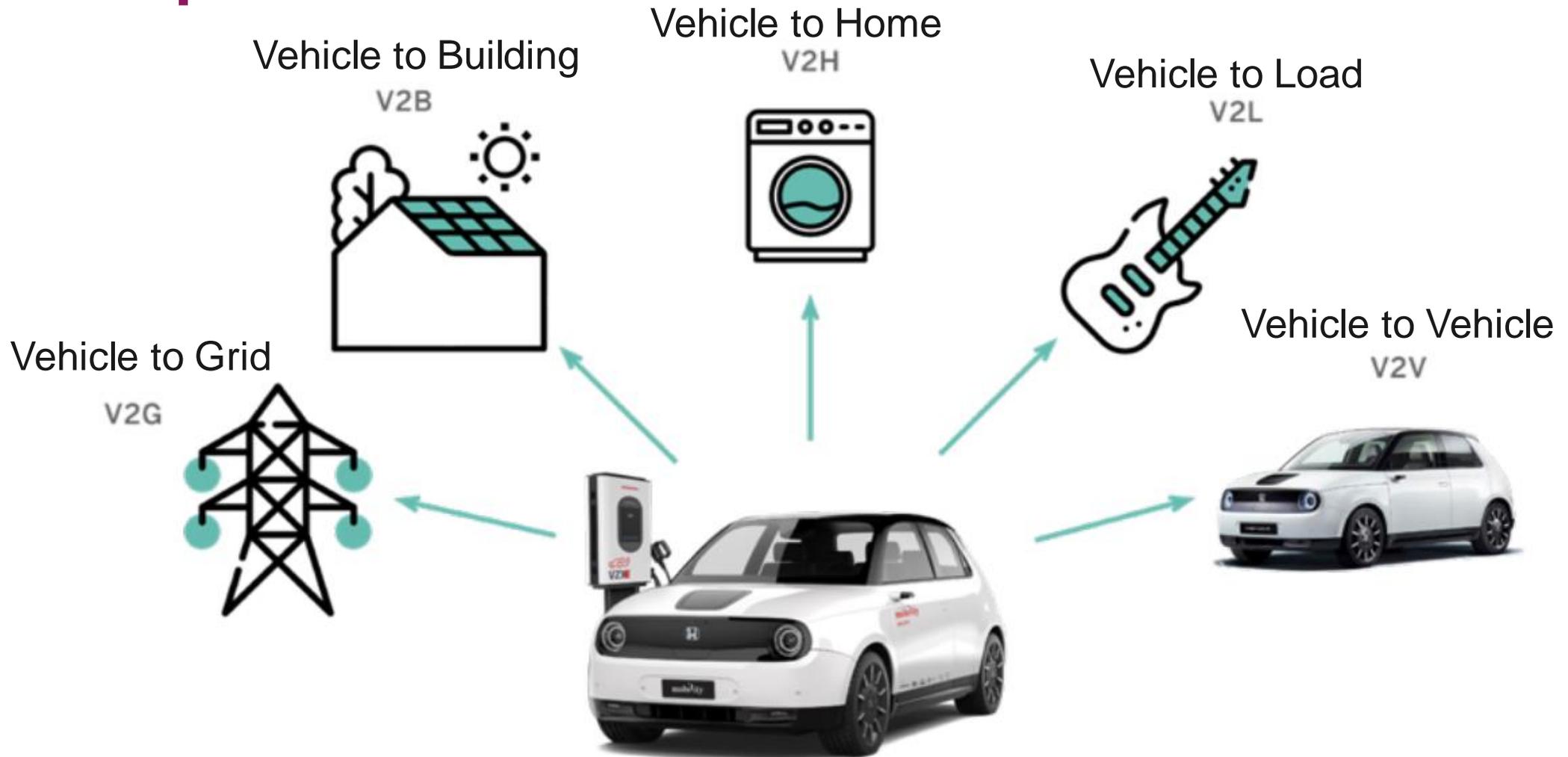
FV-IES
Förderverein
Institut für
Energiesysteme



Fahrzeug als Speicher



Konzepte



Fahrzeug als Speicher

Idee Vehicle-to-Grid

Die Menge und der Zeitpunkt der Wind- und PV-Einspeisung kann kaum beeinflusst werden. Um den Strombedarf jederzeit decken zu können, werden deshalb **Energiespeicher** benötigt. Derzeit werden hierfür hauptsächlich **Pumpspeicherkraftwerke** und stationäre **Batteriespeicher** eingesetzt. Zukünftig sollen aber auch die in den Fahrzeugen eingebauten Batterien eingesetzt werden, um **Schwankungen im Stromnetz** auszugleichen. **Bidirektionales Laden** ist hierfür aber Voraussetzung. In der Tabelle rechts sind Fahrzeugmodelle aufgelistet, welche bidirektionales Laden bereits unterstützen.

Im Schnitt **steht ein Fahrzeug ca. 23 Stunden** pro Tag. Aus diesem Grund könnte man den Nutzen deutlich erhöhen, wenn die Batterie in dieser Zeit für den **Ausgleich im Netz** verwendet wird. Das bedeutet, das **Auto wird geladen** wenn **zu viel Energie** im Netz vorhanden ist, bzw. zwischenzeitlich entladen, wenn zu wenig Energie im Netz ist.

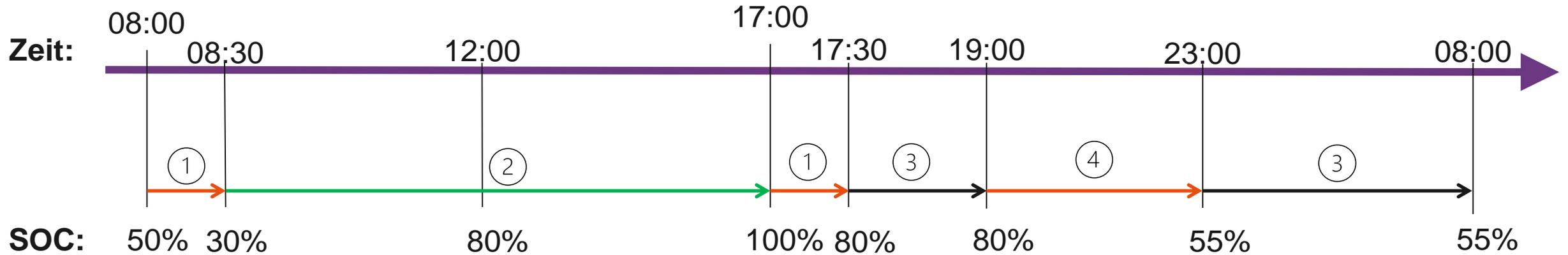
Die technischen Voraussetzungen sind dabei:

- Fahrzeug muss bidirektional betrieben werden können
- Ladestationen müssen bidirektional sein
- Für die Einspeisung ins Netz ist ein Smartmeter nötig

Modell	Stecker	AC / DC	Art
Mitsubishi Outlander	CHAdeMO	DC	V2H / V2G
Mitsubishi Eclipse Cross	CHAdeMO	DC	V2H / V2G
Mitsubishi iMIEV	CHAdeMO	DC	V2H / V2G
Hyundai Ioniq 5	Schuko	AC (1-phasig)	V2L
Hyundai Ioniq 6	Schuko	AC (1-phasig)	V2L
Kia EV5	Schuko	AC (1-phasig)	V2L
Kia EV6	Schuko	AC (1-phasig)	V2L
Kia Niro EV	Schuko	AC (1-phasig)	V2L
MG4	Schuko	AC (1-phasig)	V2L
MG5	Schuko	AC (1-phasig)	V2L
MG Marvel	Schuko	AC (1-phasig)	V2L
Skoda Enyaq	CCS	DC	V2H / V2G
Volvo EX90	Schuko / Typ 2 / CCS	AC (1/3-phasig) / DC	V2L / V2H / V2G
VW ID.3	CCS	DC	V2H / V2G
VW ID.4	CCS	DC	V2H / V2G
VW ID.5	CCS	DC	V2H / V2G
VW ID.Buzz (mit 77 kWh)	CCS	DC	V2H / V2G
Polestar 3	Schuko / Typ 2 / CCS	AC (1/3-phasig) / DC	V2L / V2H / V2G

Die Aufgabe des Fahrzeugs am Stromnetz

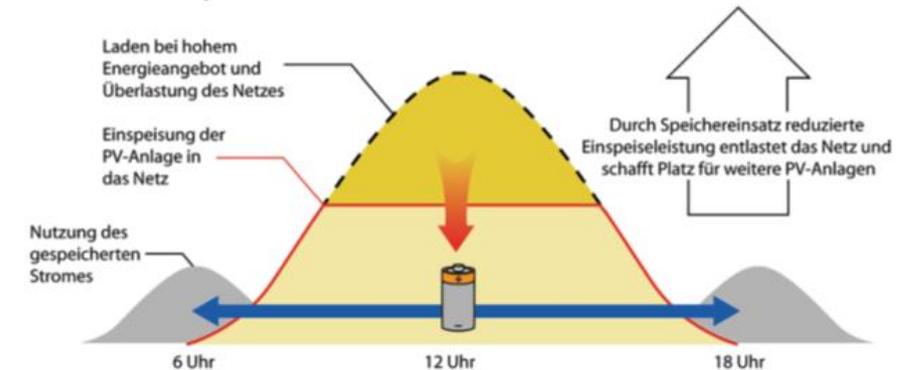
Batteriespeicher in Form eines E-Autos (Beispiel «Arbeitstag im Frühling»)



1. Fahrt zum Arbeitsort oder zurück
2. Auto ist parkiert und eingesteckt, Batterie wird geladen
3. Auto ist parkiert und eingesteckt, Batterie inaktiv
4. Auto ist parkiert und eingesteckt, Batterie wird entladen



Netzdienlicher Speichereinsatz

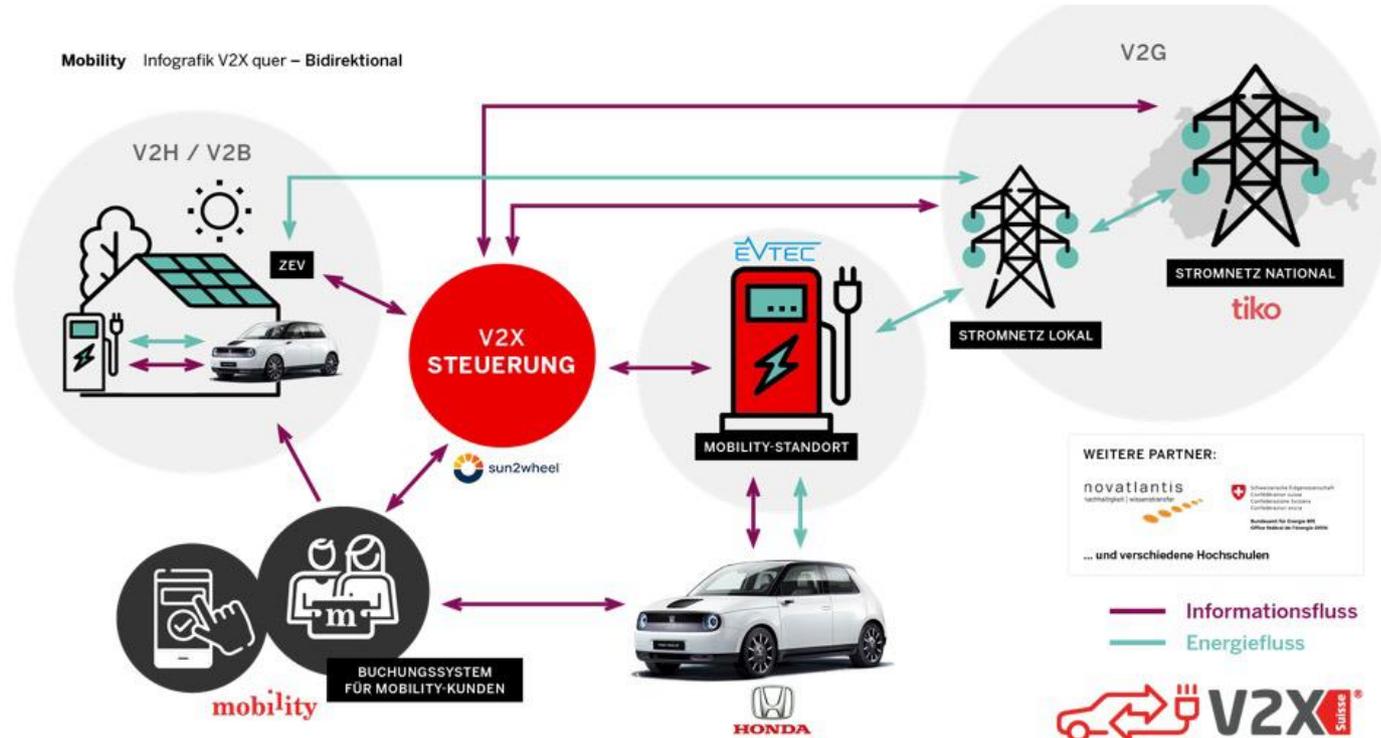


Herausforderungen für V2G

Nr.	Was?	Erklärung
1.	Standardisierung einer Schnittstelle (Unabhängigkeit vom Hersteller)	Zugriff von VNB direkt auf einzelne Verbraucher, wie z.B. Ladestationen.
2.	Flexibilitätsmarkt auch für VNB (Verteilnetzbetreiber)	Auch VNB können Lasten einsetzen und steuern (Fokus auf die Stabilität und nicht auf den Preis). Bis jetzt schauen VNB nur auf das lokale Netz und nehmen keinen Einfluss, wenn z.B. Frequenzabweichungen entstehen etc.
3.	Befreiung vom Netznutzungsentgelt	Nur Netzbezüger bezahlen Netznutzungsgebühren, in diesem Fall wird der Bezüger aber auch zum Lieferanten. Die Netznutzungsgebühren sollen aber nur für die effektiv verbrauchte Energie (im Fall e-Auto: Fahren) anfallen. Auch für die Verluste durch das Laden/Entladen sollen keine Netznutzungsgebühren anfallen.
4.	Lohnenswertere Erträge für willige Fahrzeugbesitzer	Das Einspeisen soll rentabler sein und/oder subventionierte bidirektionale Ladestationen.
5.	Regelung der Herkunftsnachweise (HKN) der Energie	Es dürfen keine HKNs gelöscht werden für die Energie, welche wieder ins Netz gespiesen wird. Gleichberechtigung wie die Pumpspeicherwerke.
7.	Liberalisierung des gesamten Strommarktes	Zurzeit nur für Kunden >100MWh/Jahr. Durch die Liberalisierung könnte jeder den Betreiber frei wählen (wie z.B. Internetabo etc.).

Fahrzeug als Speicher

Projekte im Bereich V2X

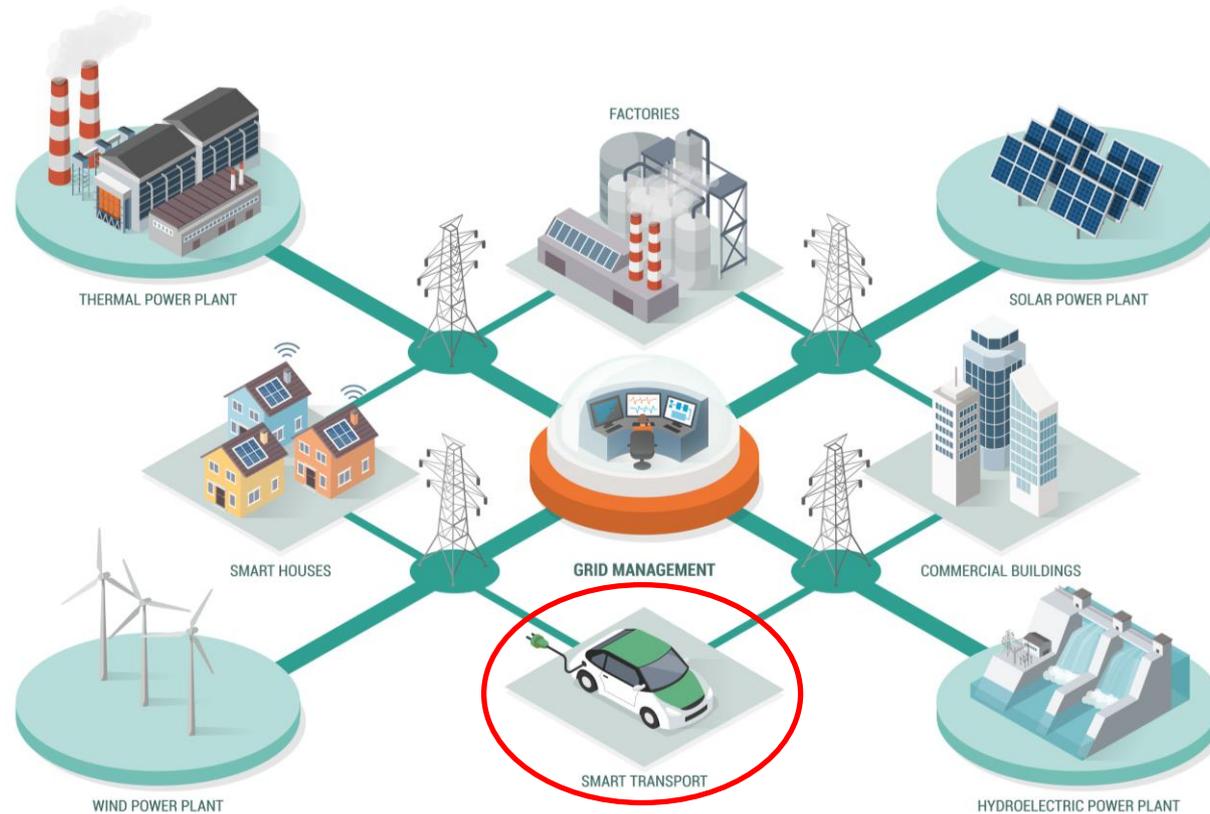


Es werden erste Projekte im Bereich V2X durchgeführt. Diese zeigen, dass ein **System** mit dem Fahrzeug als Energiespeicher aus **technischer** Sicht **umgesetzt** werden kann.

Was sich **finanziell** heute schon **rentiert** ist das V2H-System. Vor allem in Kombination mit einer Solaranlage können so Energiekosten eingespart werden.

Um ein V2X-System auf zum Beispiel die ganze Schweiz auszubreiten, benötigt es aber noch **sehr viel Arbeit**. Aus **wirtschaftlicher** Sicht lohnt sich ein solches System nämlich noch **nicht**. Aus diesem Grund muss die Entwicklung in diesem Sektor nun weitergehen.

V2G als Teil der Vision Smart Grid



Schweizer Klimaziele 2050 mit V2G

Zielbild klimaneutrale Schweiz 2050



Aktuell 155'495 E-Fahrzeuge

Grafik: Dina Tschumi; Prognos AG



FV-IES

Förderverein

Institut für

Energiesysteme



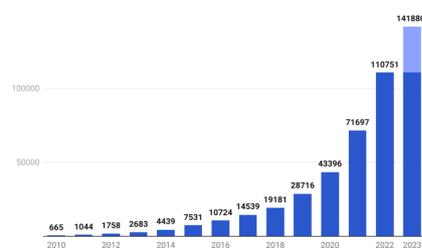
Zusammenfassung



Zusammenfassung

Entwicklung Bestand Elektroautos

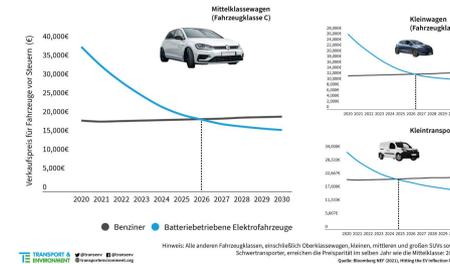
Schweiz 2010 – 2022, 2023: Vorjahresbestand und unterjährige Neuzulassungen BEV



Abmeldungen in 2023 sind noch nicht erfassbar.
Grafik: Swiss eMobility - Quelle: BFS, ASTRA - Erstellt mit Datawrapper

Der Marktanteil von E-Fahrzeugen **erhöht** sich weltweit.

Elektrofahrzeuge werden in Europa ab 2025 –2027 preiswerter sein als Verbrenner



Die **Preise** für vollelektrische Fahrzeuge werden in naher Zukunft **niedriger** sein als herkömmliche Verbrenner.

Ökologischer Reifenabdruck im Vergleich

Treibhausgasemissionen von Mittelklasseautos über den Lebenszyklus



Alle Zahlen in g CO₂-Äquivalent/km.
Quelle: Paul Scherrer Institut 2020: Mobilität von Morgen

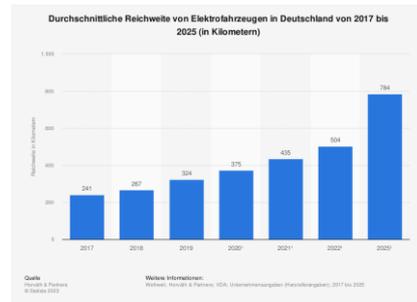
Das Elektroauto hinterlässt einen massiv kleineren Reifenabdruck aber ist **nicht** 100% grün!

Effizienz



Reichweite mit 1kWh (1kWh = 0,12l Benzin)

Die Kosten pro kWh können teurer als beim Verbrenner sein. Aufgrund der **hohen Effizienz** fährt ein E-Auto aber trotzdem **günstiger**.



Reichweite der Batterie stellt aktuell **kein Problem** mehr dar.



Das Elektroauto kann jetzt schon als Ergänzung zu einer PV-Anlage als **Speicher** genutzt werden. Dies ermöglicht **Einsparungen** bei den Energiekosten.