



Ökologische Folgen von Elektroautos

Ist die staatliche Förderung von
Elektro- und Hybridautos sinnvoll ?

Dieter Teufel
Sabine Arnold
Petra Bauer
Thomas Schwarz

UPI-Bericht Nr. 79

August 2015

3. aktualisierte Auflage

Oktober 2019

Inhalt	Seite
0 Zusammenfassung.....	2
1 Einleitung	3
2 CO ₂ -Emissionen durch den Verkehr in Deutschland.....	3
3 Ökobilanz von Elektroautos	5
3.1 Elektroautos in der Zukunft.....	12
3.2 Lässt sich die Ökobilanz mit Öko-zertifiziertem Strom verbessern ?.....	17
3.3 Elektroauto mit Strom aus eigener Photovoltaik-Anlage	18
4 Elektroautos im Kontext der EU-CO ₂ -Gesetzgebung.....	19
4.1 Das Konzept der CO ₂ -Flottenemissionsgrenzwerte	19
4.2 Messung der CO ₂ -Emissionen bei der Typzulassung und reale Emissionen	21
4.3 Die Kompensation von Grenzwertüberschreitungen.....	26
4.4 Die Folgen der Kompensationslösung in der Praxis	29
4.5 Neue „EU-CO ₂ -Grenzwerte“ ab 2025/2030	29
4.6 Genügt die Begrenzung der spezifischen Emission in g CO ₂ /km ?	30
4.7 Welche Folgen hätten 1 Million Elektroautos ?	33
4.8 Rechtfertigung der „Nullemission“ von Elektroautos durch CO ₂ -Zertifikatehandel ?	34
5 Höhere Unfallrisiken durch Elektroautos.....	36
6 Rebound-Effekte durch Elektroautos	37
6.1 Regulatorischer Rebound.....	38
6.2 Finanzieller Rebound	38
6.3 Mentaler Rebound.....	41
6.4 Funktionaler Rebound	43
7 Förderprogramme für Elektromobilität	46
7.1 „Konzept eines Marktförderprogramms für Kraftfahrzeuge mit besonders niedrigen lokalen Emissionswerten“ („Krüger-Konzept“).....	47
7.2 Integriertes Handlungsprogramm zur Förderung der E-Mobilität in München	51
8 Elektroautos in der Zukunft: Voraussetzungen	54
8.1 Berechnung der CO ₂ -Flottenemission mit realer statt mit „Null“-Emission	56
8.2 Deutliche Abnahme fossiler Brennstoffe in der Stromerzeugung.....	56
8.3 Vorsorge gegen eine Verlagerung von Verkehr vom ÖV auf den MIV	56
8.4 Vermeidung eines Anstiegs der PKW-Zahl.....	57
8.5 Vorkehrungen gegen erhöhtes Unfallrisiko.....	57
9 Abbildungsverzeichnis.....	59
10 Tabellenverzeichnis	60

Abkürzungen

BEV

ICE

Bedeutung

Battery Electric Vehicle = Elektrofahrzeug

Internal Combustion Engine = Verbrennungsmotor

PHEV = Plug-in-Hybrid	PKW mit Hybridantrieb, dessen Batterie über das Stromnetz geladen werden kann. In diesem Bericht ist mit Hybrid jeweils ein Plug-in-Hybrid gemeint.
PV	Photovoltaik: Stromerzeugung mit Solarzellen
∅	Symbol für Durchschnitt

0 Zusammenfassung

Elektroautos sind entgegen einer weit verbreiteten Meinung nicht klimaneutral, sie verursachen als einzelnes Fahrzeug ungefähr gleich hohe CO₂-Emissionen wie normale Benzin- oder Diesel-PKW. Elektroautos haben zwar am Fahrzeug selbst keine Emissionen, durch ihre Herstellung und durch den Verbrauch von Strom verursachen sie jedoch erhebliche Emissionen, die ihnen zugeschrieben werden müssen.

Der Anteil von regenerativ erzeugtem Strom ist in der Vergangenheit zwar deutlich gewachsen, er hat aber bisher nur den Rückgang der Kernenergie in der Stromerzeugung ausgeglichen. Der Anteil fossiler Primärenergieträger in der Stromerzeugung, der CO₂-Emissionen verursacht, ist in den letzten Jahrzehnten ungefähr gleich geblieben. Dies wird auch mittelfristig so bleiben.

Elektroautos haben außerdem folgende negative Nebenwirkungen, die in Ökobilanzen und CO₂-Szenarienberechnungen über Elektromobilität bisher nicht berücksichtigt werden:

- Da Elektroautos in der Flottengrenzwertregelung der EU trotz ihrer Emissionen juristisch als „Null-Emissionsfahrzeuge“ definiert sind, führen sie über eine Kompensation der Grenzwertüberschreitungen großer und schwerer PKW (z.B. SUV, Geländewagen) insgesamt zu einer Zunahme der CO₂-Emissionen.
- Da Elektroautos häufig als zusätzliche Zweit- oder Dritt-Wagen angeschafft werden, erhöhen sie die Anzahl der Autos. Dies verschärft den Ressourcen- und Flächenverbrauch des Straßenverkehrs und das Stellplatzproblem in Städten.
- Obwohl sie in der Anschaffung teurer sind als normale PKW, liegen Elektroautos in den Betriebskosten deutlich niedriger, u.a. da sie nicht an ihren Infrastrukturkosten beteiligt werden. Dadurch verursachen Elektroautos eine Verkehrsverlagerung vom Öffentlichen Verkehr zum Auto und eine Neu-Induktion von Verkehr. Dies würde bei einer Verbreitung von Elektroautos zu einer weiteren Überlastung des Straßennetzes und zur Schwächung des Öffentlichen Verkehrs mit negativen Folgen für die Umwelt (Zunahme von Flächenverbrauch, CO₂-Emissionen und Unfallrisiko), die Bedienqualität und das Betriebsdefizit des Öffentlichen Verkehrs führen.
- Elektroautos führen zu einem erhöhten Unfallrisiko für Fußgänger und Fahrradfahrer.

Vor der Einführung von Elektroautos müssen deshalb eine Reihe von Vorkehrungen getroffen werden, um diese negativen Nebeneffekte zu vermeiden oder zu minimieren. Erst

dann kann Elektromobilität im Kraftfahrzeugbereich eine ökologisch sinnvolle Rolle spielen. Solange diese Voraussetzungen (siehe Tabelle 7 auf Seite 58) nicht erfüllt sind, führt die Förderung oder Subventionierung von Elektroautos zur Zunahme der CO₂-Emissionen und damit zum Gegenteil des Beabsichtigten.

1 Einleitung

Im "Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität"¹, den das Bundeskabinett im August 2009 verabschiedete, stellte die Bundesregierung vor 10 Jahren das Ziel auf, bis 2020 solle die Zahl der Elektroautos in Deutschland auf eine Million ansteigen. Nach neuneinhalb Jahren am 1. Januar 2019 sind es 83 175 Elektroautos, 8,3% der Zahl, die es in einem Jahr sein sollen und 0,18% des gesamten PKW-Bestandes.²

Angesichts dieses geringen Anteils an Elektroautos beschloss die Bundesregierung, den Kauf von Elektro- und Hybridautos durch Kaufprämien und Nutzervorteilen zu fördern. Einige wenige Städte haben zusätzlich Programme zur Subventionierung des Kaufs von Elektroautos aufgelegt. Im Folgenden wird untersucht, ob dies aus Umwelt- und Klimaschutzgründen sinnvoll ist.

2 CO₂-Emissionen durch den Verkehr in Deutschland

Bild 1 zeigt die Herkunft der CO₂-Emissionen und Bild 2 die Aufschlüsselung der indirekten CO₂-Emissionen des Verkehrs.

¹ Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung, August 2009

² Kraftfahrtbundesamt, Bestand an Pkw am 1. Januar 2019 nach ausgewählten Kraftstoffarten, Mai 2019

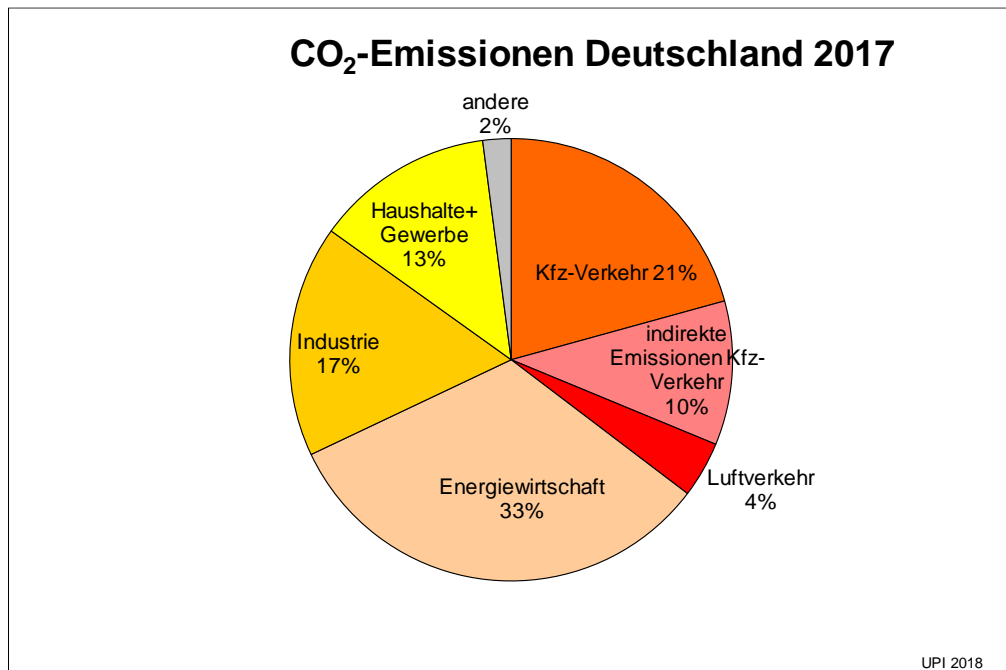


Bild 1: Herkunft der CO₂-Emissionen in Deutschland

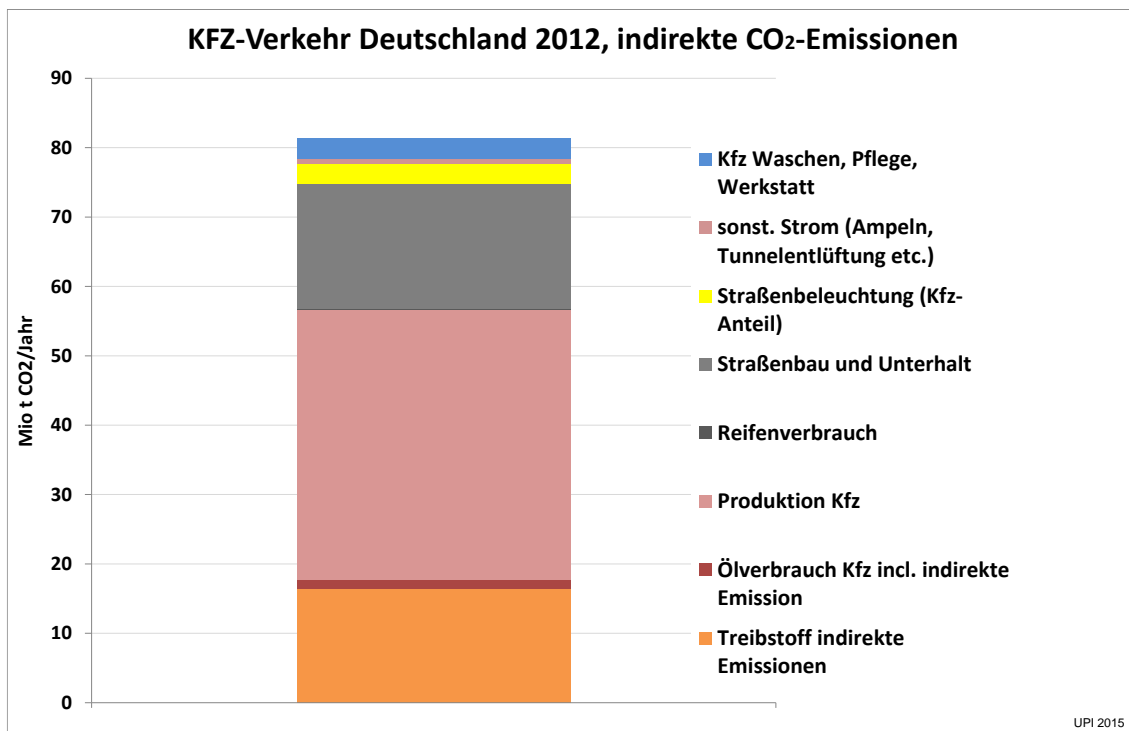


Bild 2: Aufschlüsselung der indirekten CO₂-Emissionen des Kfz-Verkehrs

Bild 3 und Bild 4 zeigen die zeitliche Entwicklung des Treibstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen des Verkehrs in Deutschland in den letzten Jahrzehnten.

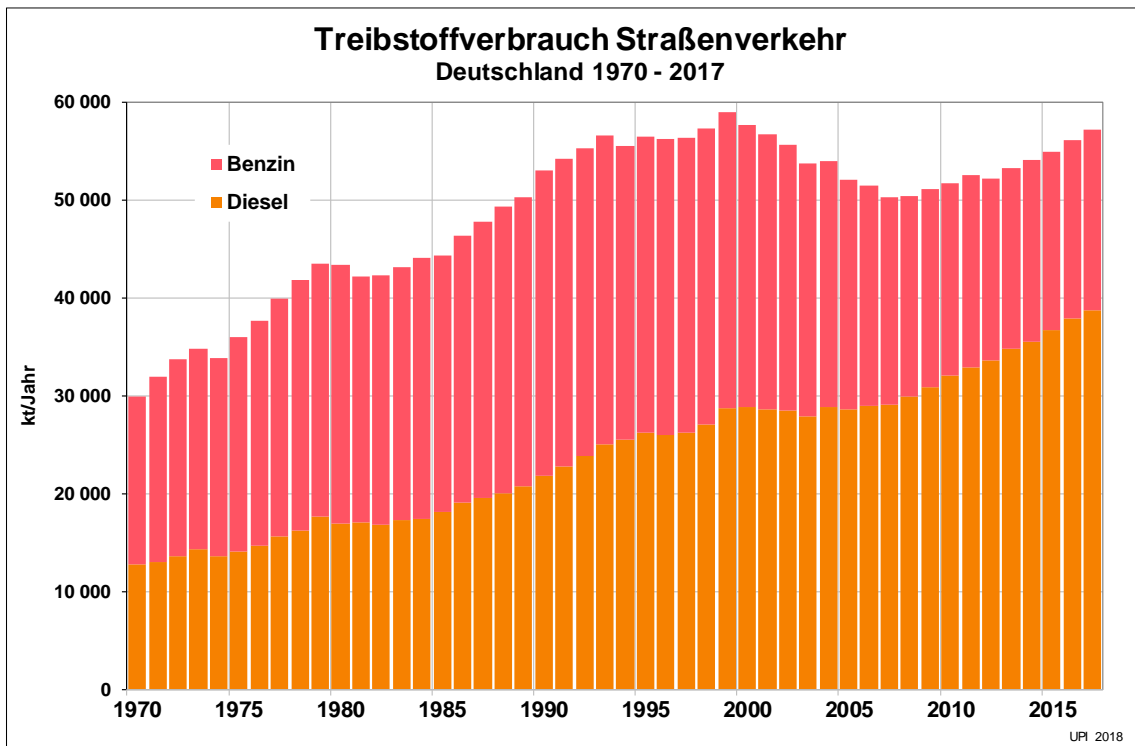


Bild 3: Entwicklung der Treibstoffarten des Straßenverkehrs

Fehler! Keine gültige Verknüpfung.

Bild 4: Entwicklung der CO₂-Emissionen des Verkehrs

3 Ökobilanz von Elektroautos

Bild 5 zeigt die Ergebnisse von Ökobilanzen für den Durchschnitt der Verkehrsmittel in Deutschland im Jahr 2017. Die durch Elektroautos verursachten CO₂-Emissionen liegen, anders als häufig angenommen, ungefähr auf gleicher Höhe wie bei Benzin- und Diesel-PKW. Elektroautos haben zwar am Fahrzeug selbst keine Emissionen, durch den Verbrauch von Strom verursachen sie jedoch bei der Stromerzeugung Emissionen, die ihnen zugeschrieben werden müssen.

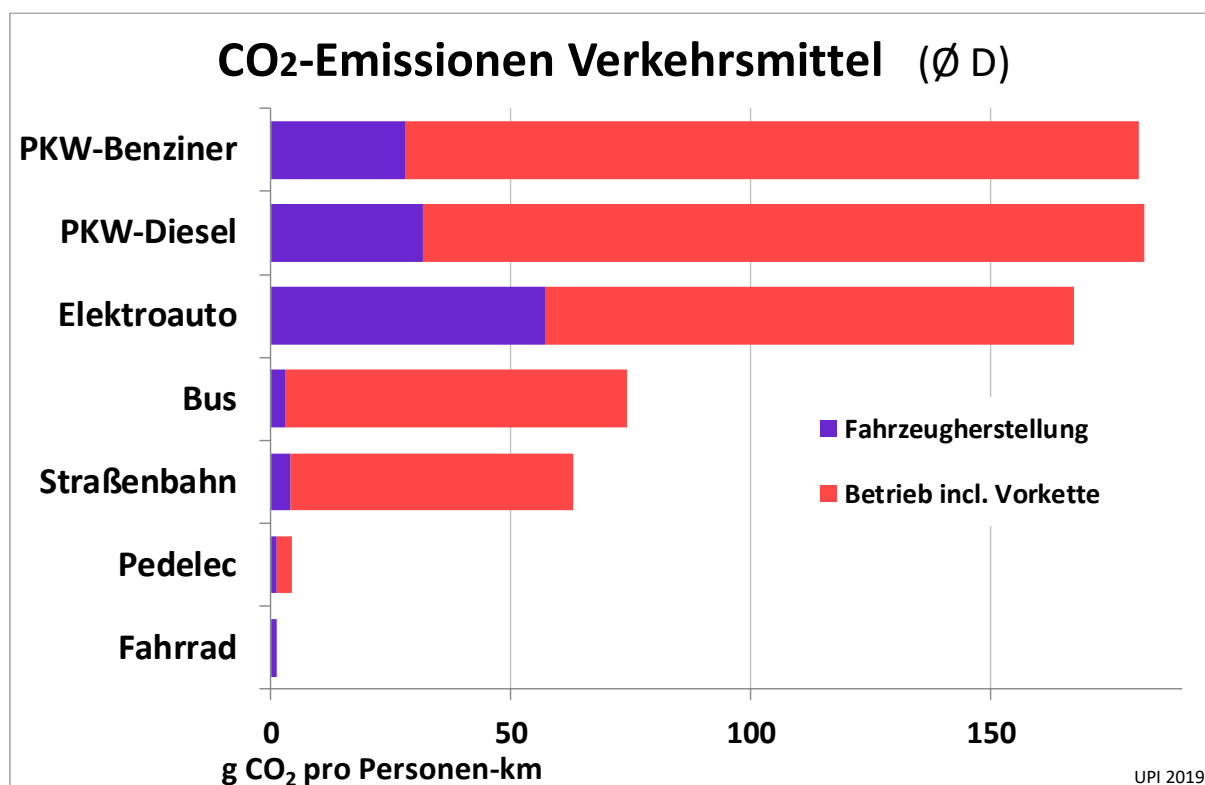


Bild 5: Spezifische CO₂-Emissionen Verkehrsmittel, Durchschnitt Deutschland 2017³, (siehe auch Bild 27 auf Seite 30)

Bild 6 zeigt die spezifischen CO₂-Emissionen nach PKW-Größen für das Jahr 2010 gerechnet mit dem Strommix. Die CO₂-Emission von Elektroautos ist seither nicht gesunken, sondern angestiegen. Wie Bild 9 zeigt, hat der CO₂-Emissionsfaktor für den Strominlandsverbrauch im Jahr 2010 ein vorläufiges Minimum erreicht und ist auch 8 Jahre später nur leicht gesunken.

³

Die Berechnungen wurden mit dem durchschnittlichen Besetzungsgrad der Verkehrsmittel gerechnet. Da für E-PKW keine Statistik über den Besetzungsgrad vorliegt, wurde der Besetzungsgrad von normalen PKW verwendet. Dies ist eine optimistische Annahme, da in der Regel Elektroautos z.B. nicht für Urlaubsfahrten (mit hohem Besetzungsgrad) verwendet werden und etwa die Hälfte der Elektroautos Zweitwagen sind, die einen niedrigeren Besetzungsgrad aufweisen.

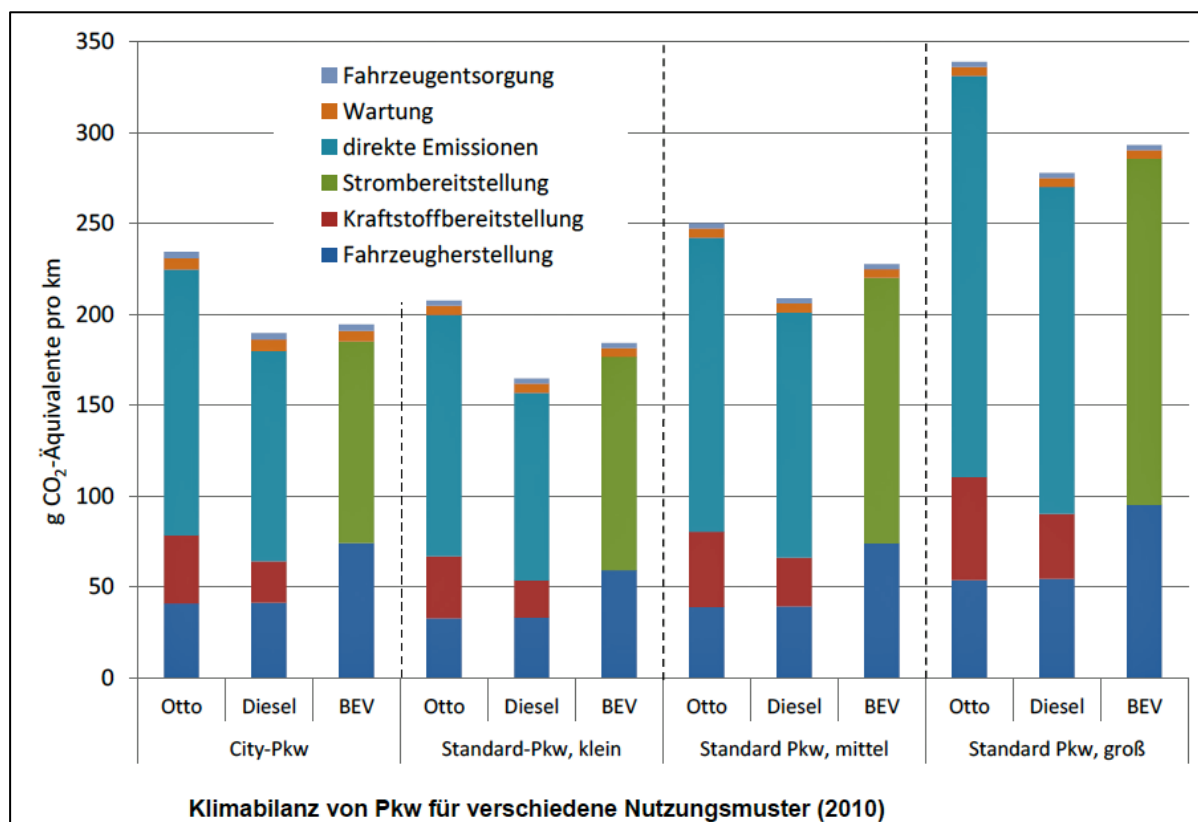


Bild 6: Spezifische CO₂-Emissionen nach PKW-Größen (BEV = Battery Electric Vehicle), aus ⁴

Auch die weit verbreitete Meinung, Elektroautos seien wegen der Stromerzeugung durch Wind- und Solaranlagen klimafreundlich, trifft nicht zu. Bild 7 zeigen die absolute Höhe des Primärenergieeinsatzes zur Stromerzeugung und Bild 8 den prozentualen Anteil der Primärenergieträger an der Stromerzeugung. Diese prozentuale Zusammensetzung ist maßgebend für die Höhe des CO₂-Emissionsfaktors des deutschen Strommix.

Der Einsatz fossiler Primärenergieträger in der Stromerzeugung, der CO₂-Emissionen verursacht, ist in den letzten Jahrzehnten ungefähr gleich geblieben. Dies wird auch in den nächsten Jahren so bleiben. Politische Bemühungen, den Anteil von Gas auf Kosten von Kohle zu steigern, sind gescheitert. Aufgrund der höheren Preise für Gas im Vergleich zu Kohle reduzierten Stromproduzenten in den letzten Jahren den Gasanteil an der Stromerzeugung und stellten Gaskraftwerke ab. Im März 2015 wollte der Bundeswirtschaftsminister den Kohlendioxid-Ausstoß von älteren Kohlekraftwerken durch eine Kohleabgabe reduzieren: Wenn Kraftwerke über eine bestimmte Freigrenze hinaus CO₂ ausstoßen, sollten ihre Betreiber eine Abgabe von bis zu 20 Euro pro Tonne CO₂ zahlen. Dieser Plan scheiterte jedoch an einem breiten politischen Widerstand von CDU bis Gewerkschaften.

⁴ Ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, Umweltbilanzen Elektromobilität, 2011

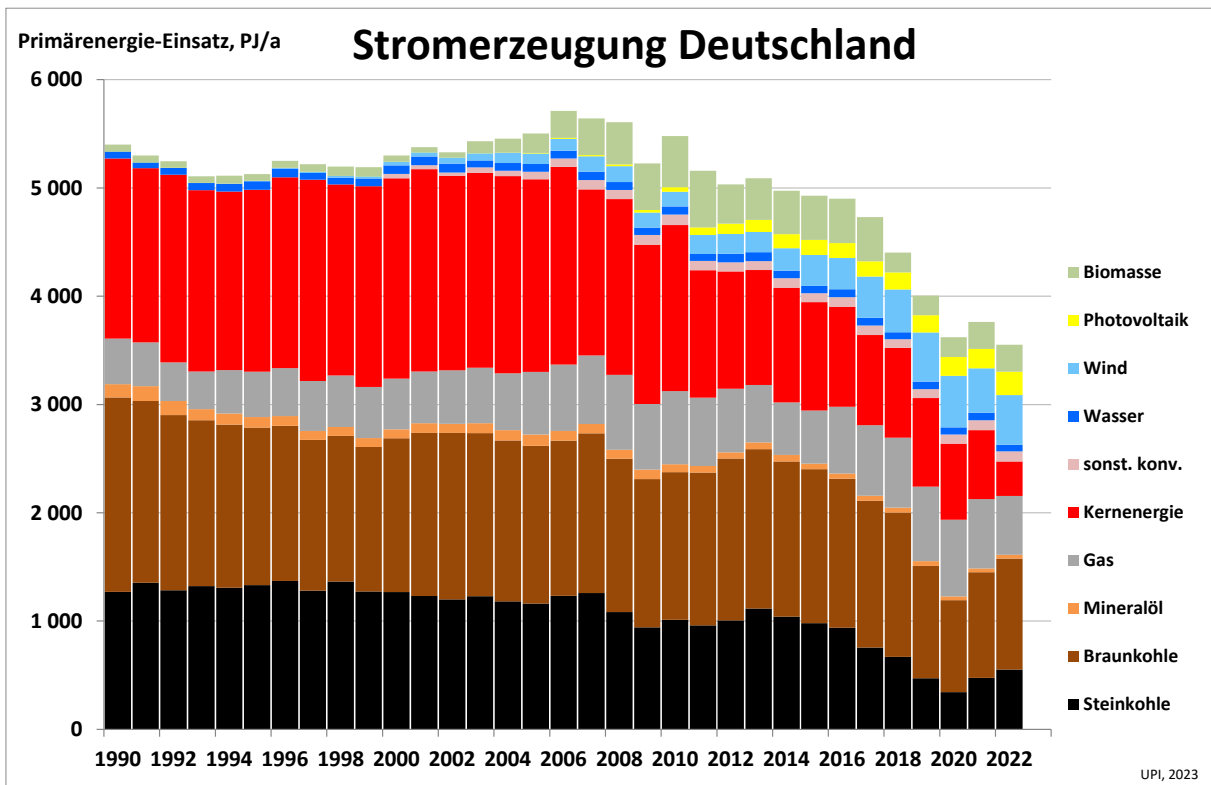


Bild 7: Primärenergieeinsatz in der Stromerzeugung in Deutschland 1990-2022

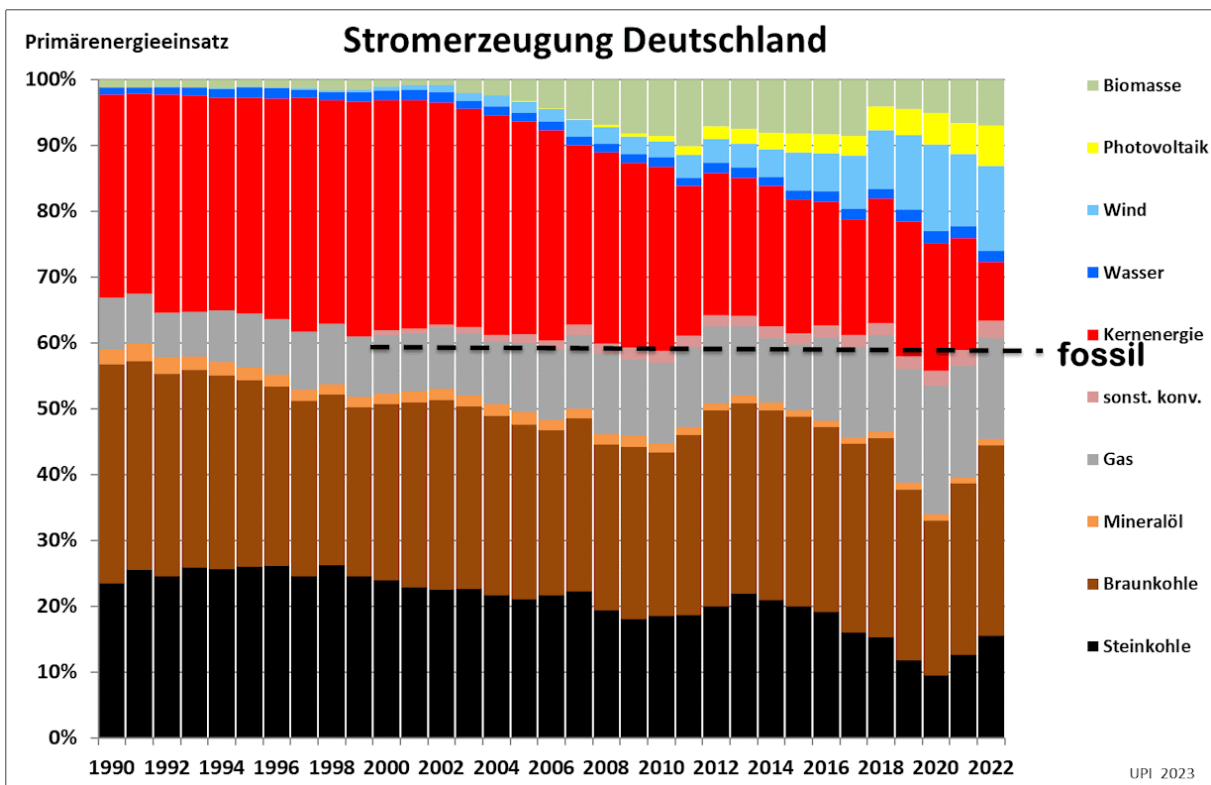


Bild 8: Anteile der Primärenergieträger in der Stromerzeugung Deutschland

Bei der Zusammensetzung der Stromerzeugung kann entweder die Primär- oder die Sekundärenergieseite betrachtet werden. Bei der Darstellung des Anteils regenerativer Energie an der Stromerzeugung wird meist der Anteil an der Sekundärenergie gezählt. Bei der Ermittlung der CO₂-Emission und des CO₂-Emissionsfaktors muss dagegen die Primärenergie (zur Stromerzeugung investierte Energieträger) betrachtet werden.

Fehler! Keine gültige Verknüpfung.

Bild 9: Zusammensetzung der Stromerzeugung in Deutschland 2017

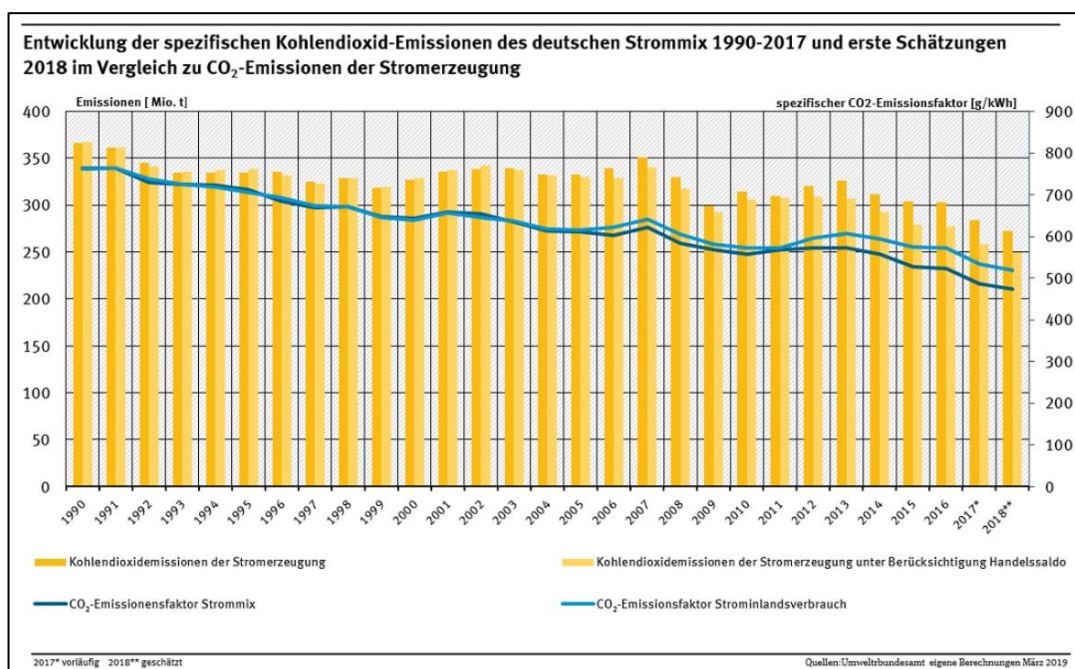


Bild 10: CO₂-Emissionsfaktor für den deutschen Strommix, aus UBA 2019

Bild 10 zeigt die CO₂-Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix (dunkelblau) und für den deutschen Inlandsstromverbrauch (helleres blau)⁵. Heute werden pro Verbrauch einer Kilowattstunde Strom 520 g CO₂ emittiert. Normalerweise wird in Ökobilanzen mit diesem durchschnittlichen Emissionsfaktor gerechnet. Dies ist jedoch genau genommen nicht richtig, da die verschiedenen Stromkraftwerke nicht nach durchschnittlicher Zusammensetzung, sondern nach ökonomischen Kriterien betrieben werden. Bild 11 zeigt die Zusammensetzung des Kraftwerkparks nach betriebswirtschaftlichen Kriterien der Stromproduzenten:

- links Kraftwerke mit hohen Investitions-, aber niedrigen Betriebskosten wie Wasser-, Wind- und Photovoltaik (keine Brennstoffkosten, laufen immer, wenn es möglich ist)
- Die nächst höheren Betriebskosten weisen Kernkraft- und Braunkohlekraftwerke auf, die ebenfalls in der Grundlast eingesetzt werden.

⁵ Umweltbundesamt, Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2012, CLIMATE CHANGE, 07/2013

- c. Im Gegensatz dazu spielen bei Steinkohle- und Gaskraftwerken hohe Betriebskosten eine Rolle (teurer Brennstoff). Sie werden deshalb nur bei höherem Strombedarf zugeschaltet.

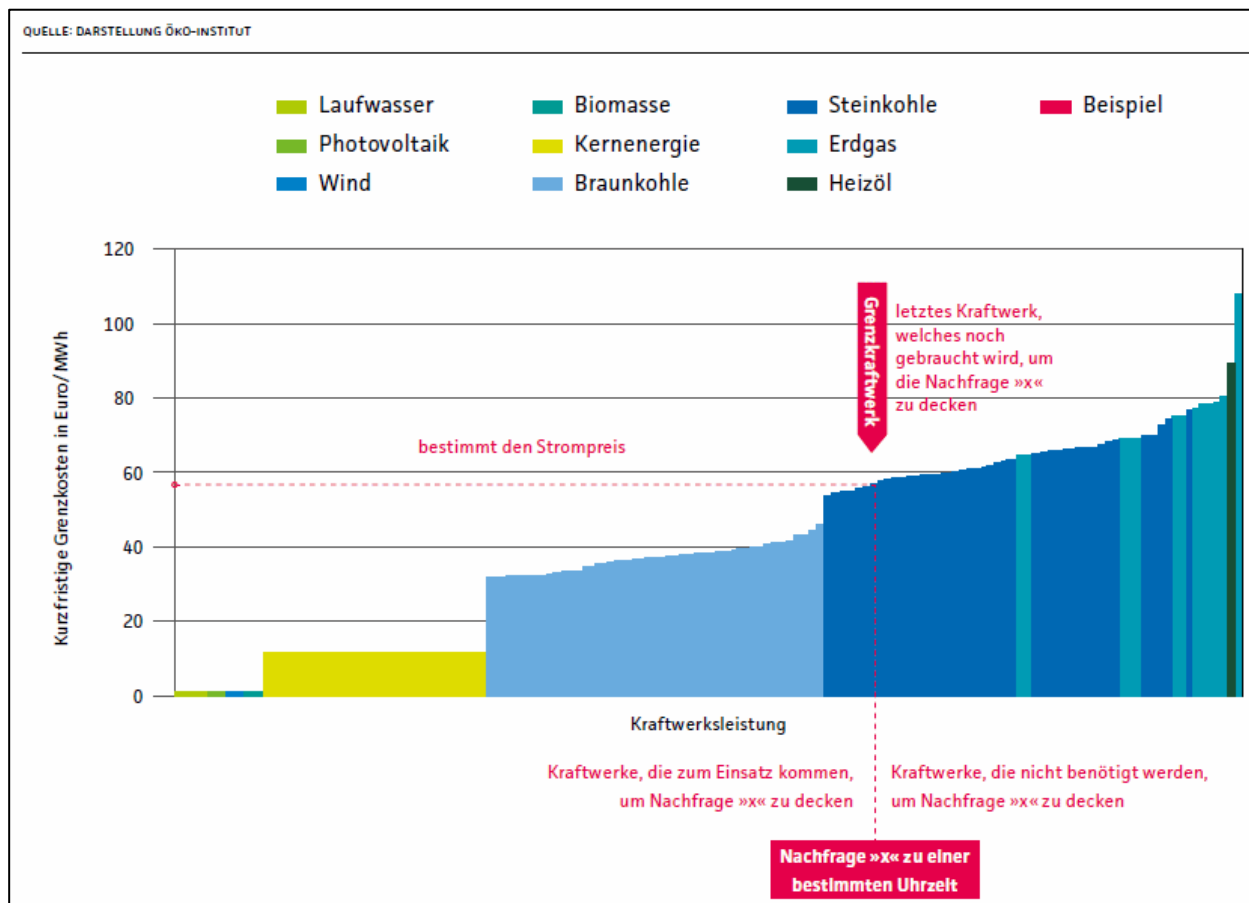


Bild 11: Grenzkostenbetrachtung beim Betrieb der Stromkraftwerke, aus ⁶

Erhöhungen des Stromverbrauchs führen deshalb im Wesentlichen zu einer Erhöhung des Einsatzes fossiler Brennstoffe, vor allem Steinkohle. Deshalb müsste bei der Berechnung der CO₂-Emissionen zusätzlicher Stromverbraucher wie Elektrofahrzeuge nicht mit dem durchschnittlichen Emissionsfaktor des Strommix, sondern mit dem ca. 35% höheren Emissionsfaktor von Steinkohlestrom in Höhe von 810 g CO₂/kWh gerechnet werden. Bei dieser realistischen Berechnungsmethode erhöhen sich die CO₂-Emissionen durch Elektro-PKW um ca. 35% (s. Bild 5 und Bild 6), E-PKW liegen in ihren Gesamtemissionen dann deutlich höher als Benziner und Diesel. (siehe „BEV Kohlekraftwerk Durchschnitt EU REAL“ in Bild 13).

⁶ Öko-Institut Darmstadt, Autos unter Strom, 2011

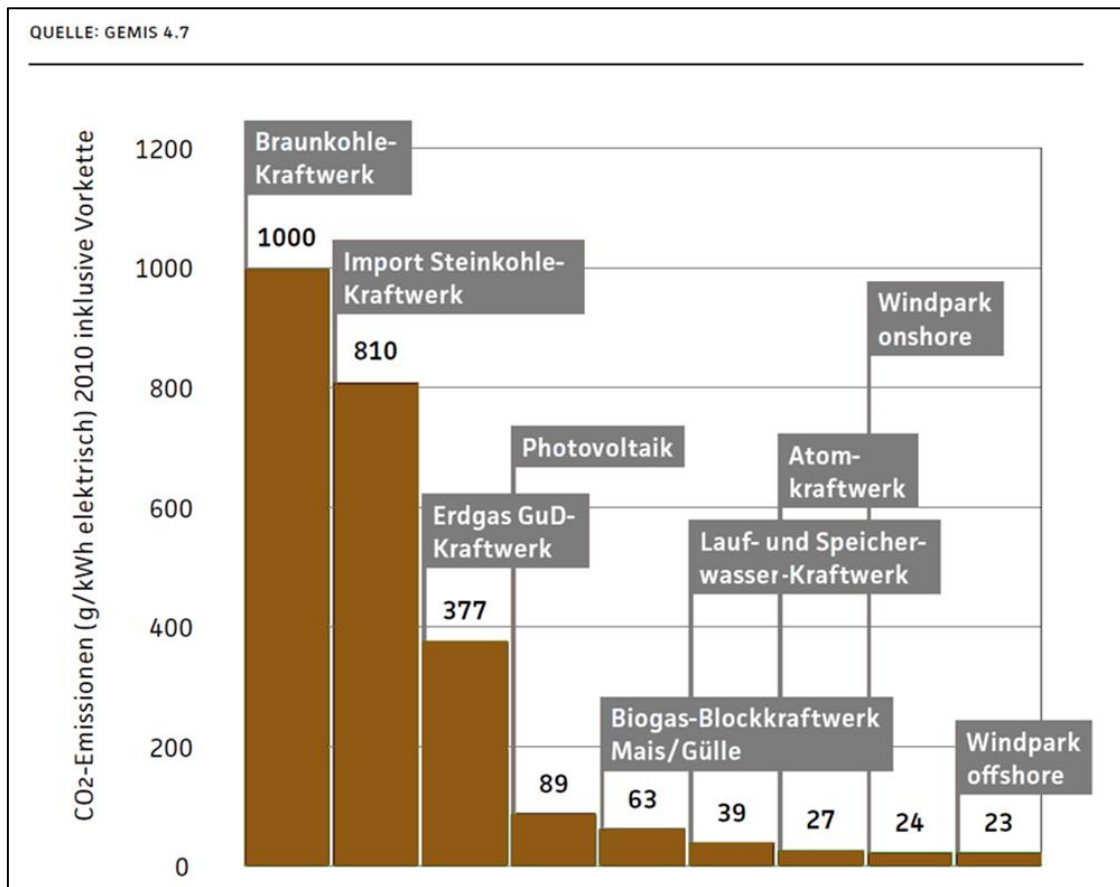


Bild 12: Spezifische CO₂-Emissionen der Stromerzeugung incl. Vorkette, aus ⁷

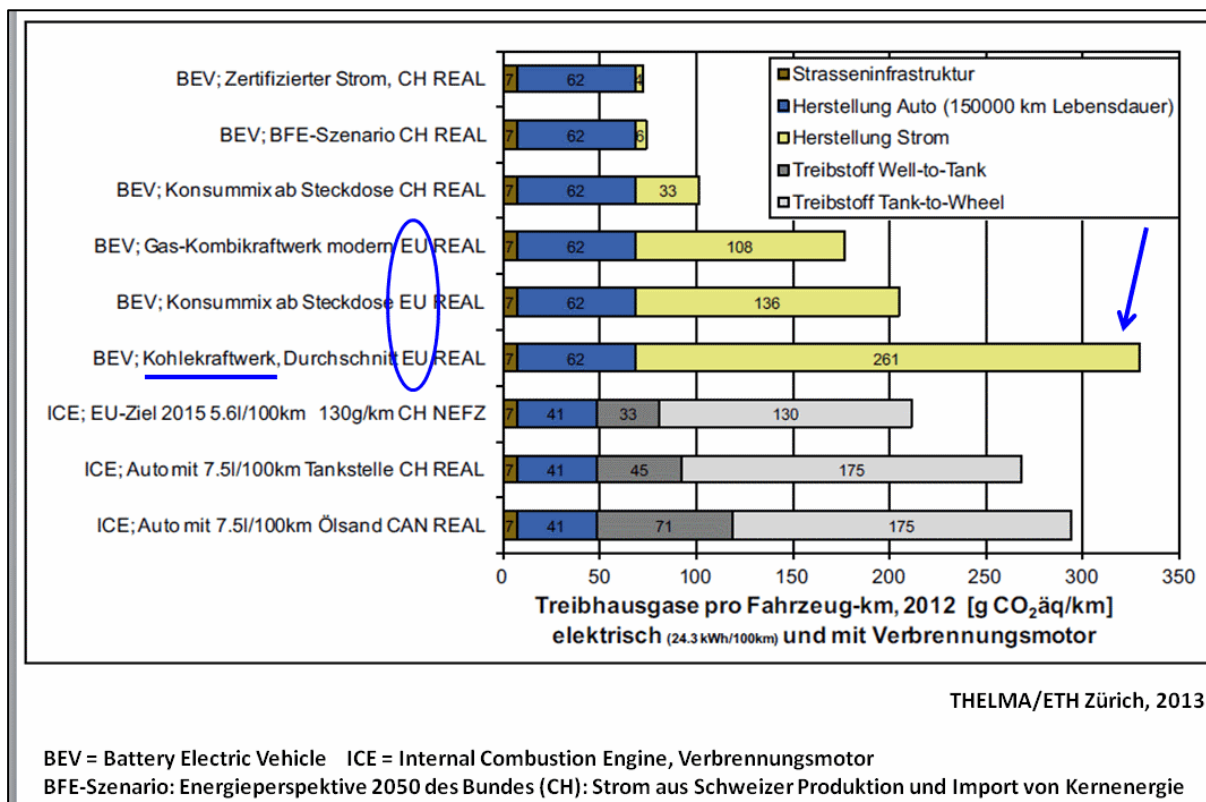


Bild 13: Spezifische CO₂-Emissionen von Elektro- und normalen PKW in der Schweiz (CH: weitgehend Strom aus Wasserkraft) und im EU-Durchschnitt⁸

Bild 13 zeigt, dass Elektroautos im Durchschnitt der EU bei einer Berechnung mit dem Strommix ungefähr dieselben Emissionen aufweisen wie normale PKW und zwar etwa in Höhe des heute gültigen CO₂-Grenzwerts von 130 g CO₂/km. Bei der realistischen Grenzkostenbetrachtung des Einsatzes von Kohlestrom liegen die CO₂-Emissionen von Elektrofahrzeugen jedoch deutlich höher als bei Benzin- und Diesel-PKW.

3.1 Elektroautos in der Zukunft

Bild 14 zeigt eine Prognose des Primärenergieeinsatzes in der Stromerzeugung in Deutschland, Bild 15 eine Prognose der daraus folgenden CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung und des CO₂-Emissionsfaktors (violette Linie und rechte Koordinate) des Strommix in Deutschland in der Einheit g CO₂/kWh.

⁸ Peter de Haan, Rainer Zah, Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz, Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung, Bern, 2013

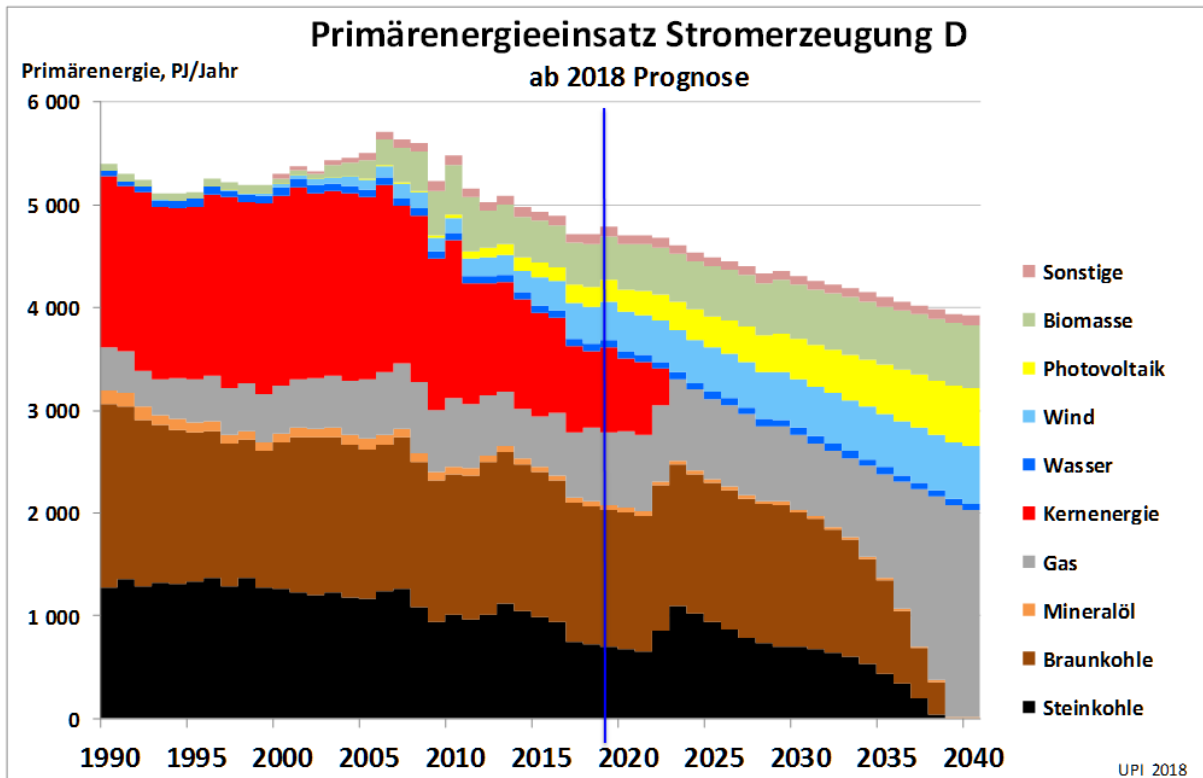


Bild 14: Prognose der Stromerzeugung in Deutschland

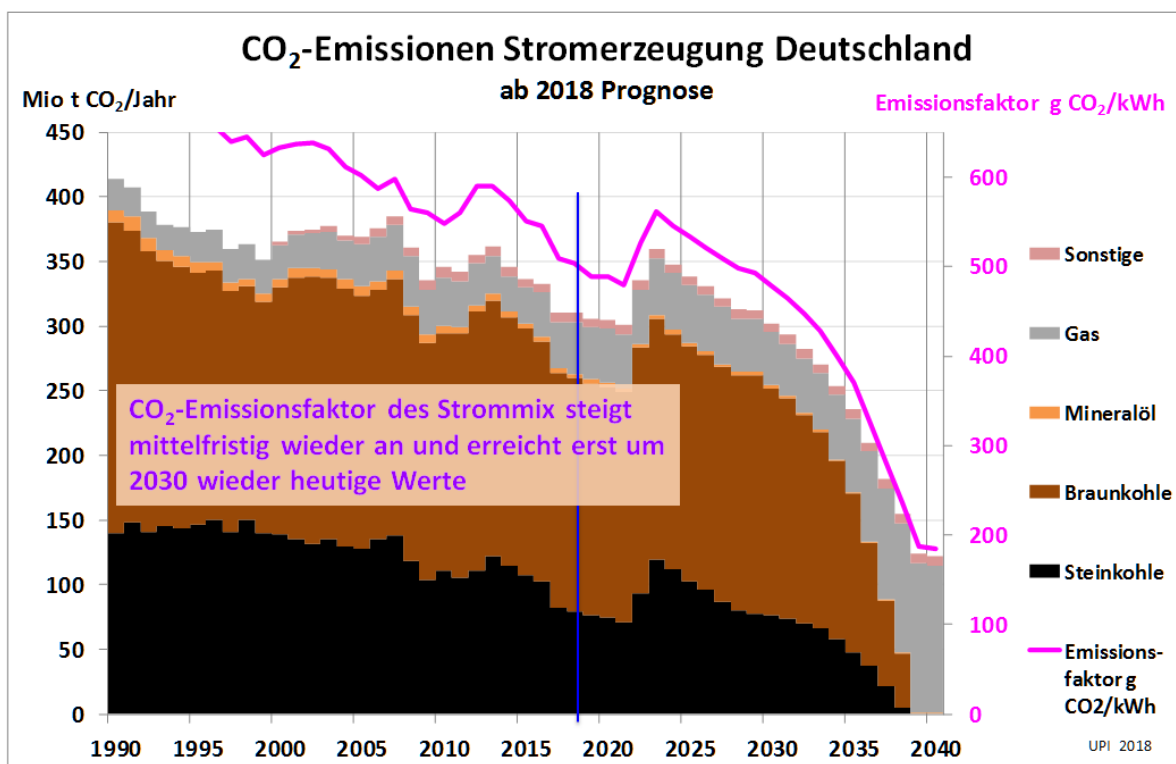


Bild 15: Prognose der CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung in Deutschland und des CO₂-Emissionsfaktors (violett)

Der Prognose liegen die folgenden Annahmen zugrunde:

- Der Zuwachs von Wasser-, Wind-, Photovoltaik- und Biomassestrom erfolgt in der Zukunft in derselben Geschwindigkeit wie im Durchschnitt der letzten 7 Jahre.
- Der Stromverbrauch entwickelt sich wie im Durchschnitt der letzten 10 Jahre.
- Die Kohleabgabe wird nicht eingeführt.
- Deutschland steigt bis zum Jahr 2038 aus der Kohle aus.
- Es wird kein durch Fracking gewonnenes Gas zur Stromerzeugung eingesetzt.

Insbesondere die erste Annahme über den zukünftigen Zuwachs von Wasser-, Wind-, Photovoltaik- und Biomassestrom ist wegen der Änderungen des Erneuerbaren Energiegesetzes (EEG) im Jahr 2014 eine optimistische Annahme (siehe dazu auch Bild 18). Auch die zweite Annahme über eine Entwicklung des Stromverbrauchs wie in den letzten 10 Jahren (leichter Rückgang) ist extrem optimistisch. Die Prognose beinhaltet keinen zusätzlichen Stromverbrauch durch das geplante starke Wachstum der Flotte von Elektroautos, elektrisch betriebener Wärmepumpen zur Heizung oder für die Herstellung von Wasserstoff (u.a. zur CO₂-Reduktion in der Chemischen Industrie. Für eine klimaneutrale Chemieproduktion wäre eine Verzehnfachung des Stromeinsatzes auf ca. 630 TWh/a, den heutigen Gesamtstromverbrauch der BRD nötig.⁹) Bei einer Zunahme des Stromverbrauchs müssten mehr fossile Energieträger zur Stromerzeugung eingesetzt werden, der CO₂-Emissionsfaktor läge dann höher. Auch die Annahme, dass kein durch Fracking gewonnenes Gas zur Stromerzeugung eingesetzt wird ist angesichts des Baues von Flüssiggasterminals zur Abnahme von amerikanischem Frackinggas optimistisch.

In Bild 15 ist die Entwicklung des CO₂-Emissionsfaktors für den Strommix eingezeichnet (violette Linie). Dieser wird mittelfristig wegen des Ausstiegs aus der Kernenergie wieder ansteigen und erst um 2030 wieder heutige Werte erreichen. Erst danach wird er niedriger liegen als heute, wird aber, solange noch fossile Brennstoffe vor allem Erdgas eingesetzt werden, nicht Null erreichen. Elektroautos werden deshalb auch mittelfristig, trotz des Zuwachses von Wind- und Solarstrom, keine bessere CO₂-Bilanz als heute erreichen und auch danach CO₂ verursachen.

In diesem Zusammenhang ist von Interesse, um wieviel Prozent der Stromverbrauch allein durch die Umstellung des Fahrzeugbestandes auf Elektrofahrzeuge anwachsen könnte. Um diese Frage zu prüfen, wurde eine Grenzbetrachtung durchgeführt: Wenn alle heutigen PKW in Deutschland Elektroautos wären, läge der deutsche Stromverbrauch um ca. 25% höher.

⁹ Roadmap Chemie 2050 - Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland

www.chemietechnik.de/vci-treibhausgas-neutrale-chemie-ist-technologisch-moeglich/

Alle PKW seien E-PKW, Daten von 2018		
realer Verbrauch E-PKW, Betrieb	20	kWh/100 km
Jahresfahrleistung	14 000	km
PKW-Zahl	47 000 000	
Jahresfahrleistung	6,58E+11	F-km/a
Stromverbrauch durch E-PKW	131,6	TWh/a
Gesamter Stromverbrauch	520	TWh/a
Erhöhung durch E-PKW	25%	

Tabelle 1: Gesamtstromverbrauch bei Umstellung des PKW-Bestandes auf Elektroautos, ohne LKW, Lieferwagen etc.

Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung hat 2015 aufbauend auf Studien des Öko-Instituts in verschiedenen Szenarien berechnet¹⁰, wie sich die Stromerzeugung ändern würde, wenn bis zum Jahr 2030 in Deutschland 0,9 bis 1 Million Elektroautos und 2,9 bis 3,7 Million Hybridautos zugelassen wären, das wären 8 bis 11% des heutigen PKW-Bestandes. Die Ergebnisse zeigt Bild 16.

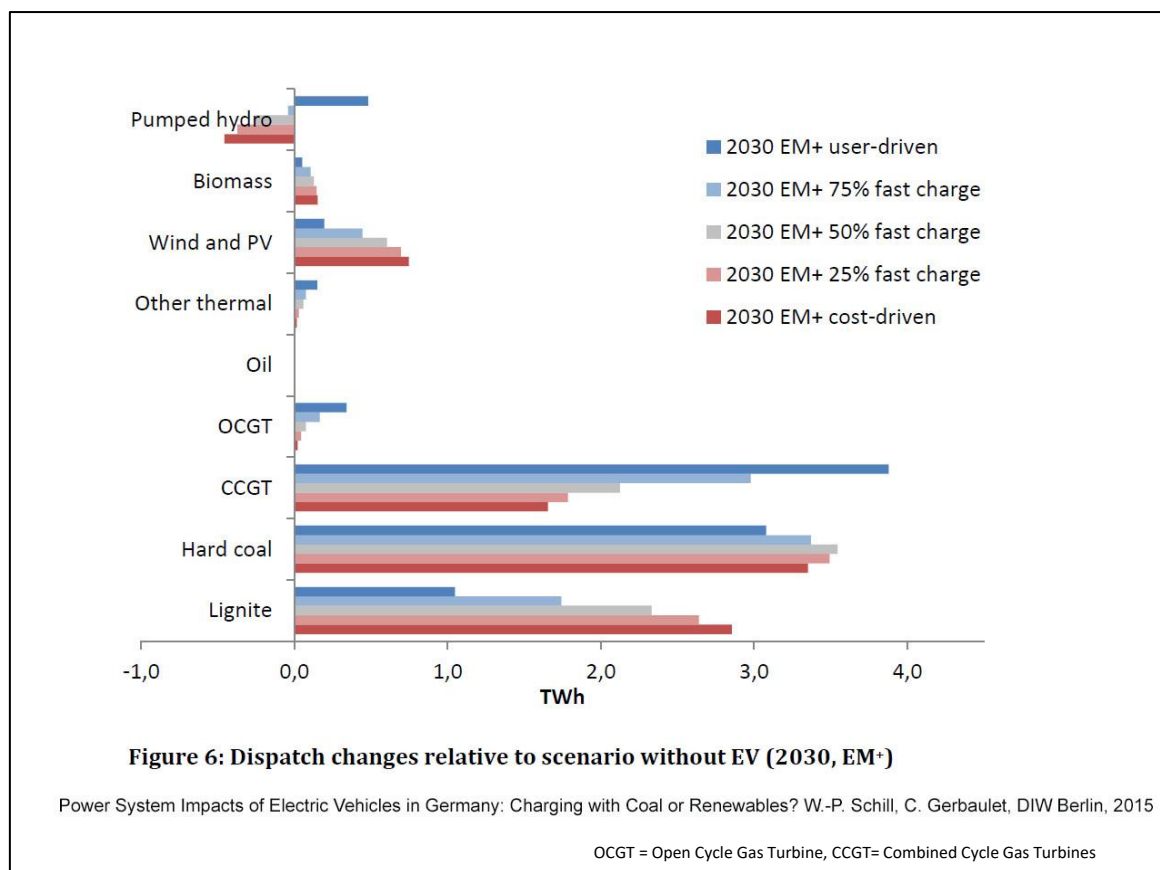


Bild 16: Änderung der Stromerzeugung bei Einführung von ca. 8 bis 11% Elektro- und Hybridautos in Deutschland bis 2030, aus ¹⁰

¹⁰ Wolf-Peter Schill and Clemens Gerbaulet, Power System Impacts of Electric Vehicles in Germany: Charging with Coal or Renewables?, DIW, Berlin, 2015

Die Berechnungen ergaben, dass in allen Szenarien vor allem die Stromerzeugung aus Braunkohle, Steinkohle und Erdgas um zusammen ca. 9 TWh pro Jahr ansteigen würde. Auch bei 100% kostengesteuerten Ladevorgängen (Smart-Grid-System: Ladestrom zu Zeiten mit Überschüssen von Wind- und Sonnenenergie billiger) ergibt sich ein deutlicher Zuwachs fossiler Energie. In diesem Szenario ist lediglich der Zuwachs an Erdgas etwas vermindert, der Zuwachs an Braunkohle allerdings am höchsten. Zugrunde gelegt wurde dabei der zu erwartende Ausbau der regenerativen Energiequellen bis 2030, wie er in Bild 17 dargestellt ist.

Nur wenn der Zubau regenerativer Energie deutlich schneller als bisher geplant erfolgen würde, könnte der zusätzliche Strombedarf von Elektroautos durch überschüssige erneuerbare Energien gedeckt werden und die Ökobilanz von Elektroautos bis 2030 verbessert werden. Dies ist aus heutiger Sicht jedoch nicht zu erwarten, im Gegenteil: Wie Bild 18 zeigt, ist zwar der Ausbau der Windenergie angestiegen, der Zubau von Photovoltaikanlagen ist jedoch stark zurückgegangen.

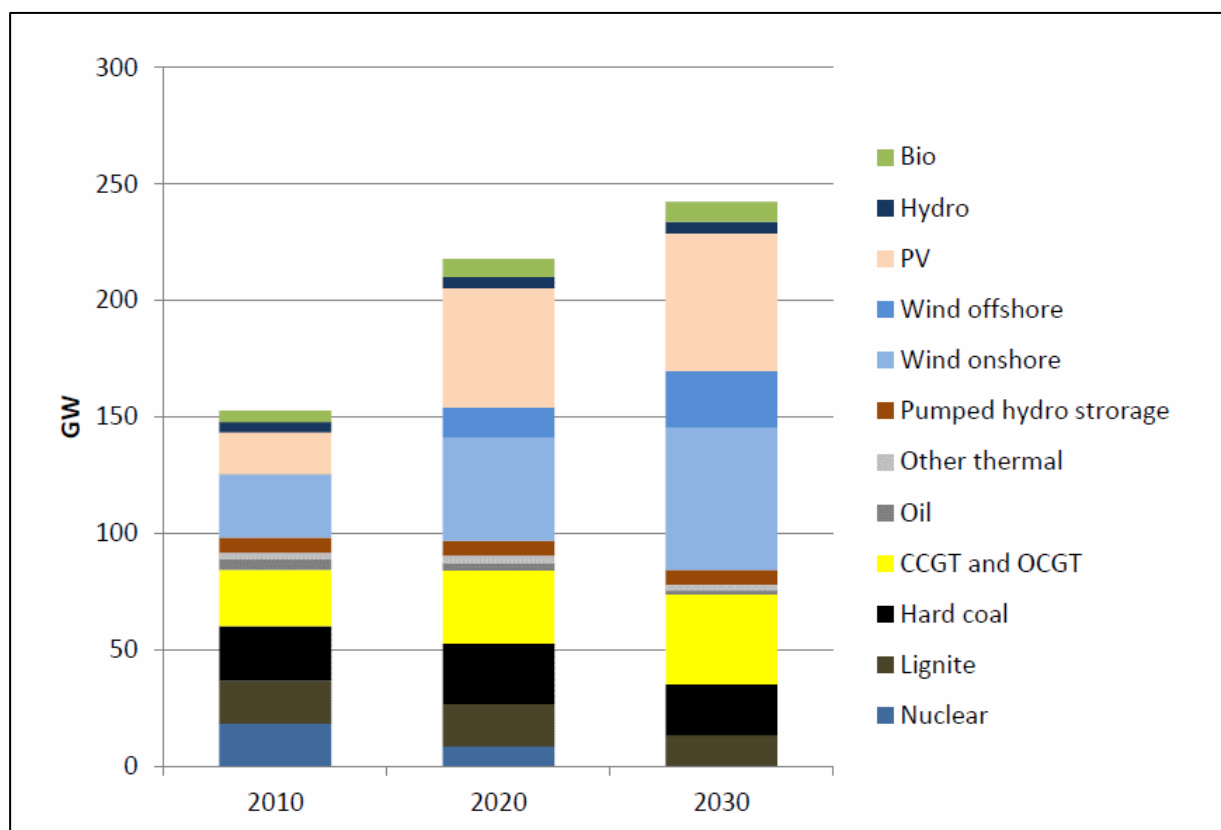


Bild 17: In den Szenarien zugrunde gelegte Kraftwerksleistung bis 2030, aus ¹⁰

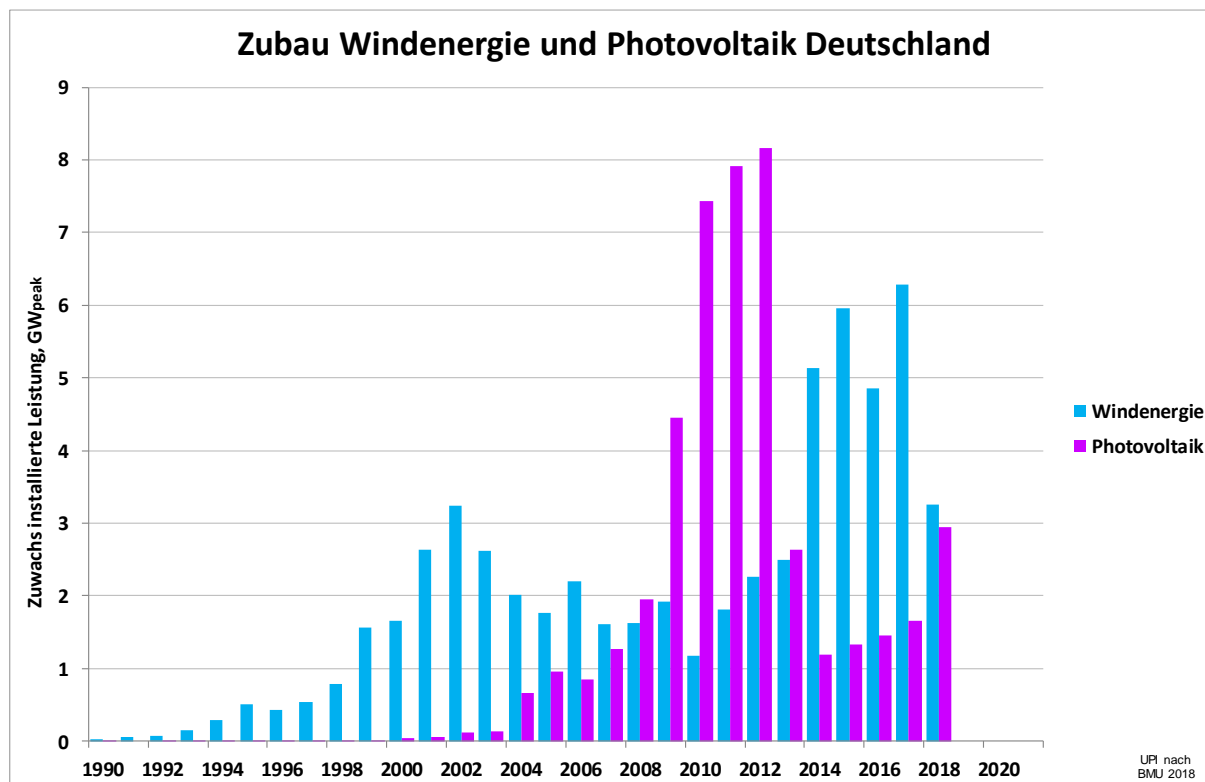


Bild 18: Zubau von Windenergie und Photovoltaik in Deutschland 1990 – 2018

3.2 Lässt sich die Ökobilanz mit Öko-zertifiziertem Strom verbessern ?

Es gibt eine Vielzahl von Öko-Zertifikaten im Strombereich. Eines der verbreitetsten ist das Renewable Energy Certificate System (RECS). Es funktioniert so:

Wasserkraftwerke in Skandinavien und der Schweiz verkaufen für jede erzeugte Megawattstunde Strom ein RECS-Zertifikat.¹¹ Jeder Stromanbieter kann das Zertifikat kaufen und dadurch einen Ökostromtarif anbieten. Physikalisch liefert er aber weiterhin z.B. Atom- oder Kohlestrom, nur auf dem Papier liefert er Ökostrom. An der Stromzusammensetzung ändert sich nichts. Allein in Skandinavien wird so viel Wasserkraft-Strom gewonnen, dass mit den zugehörigen Zertifikaten der gesamte deutsche Atom- und Kohlestrom für Haushaltskunden (auf legale Weise) zu Ökostrom umdeklariert werden kann.¹²

Ein weiteres Zertifikat ist das OK-Power-Label. Der Verein Energie-Vision vergibt jährlich das Label für einzelne Tarife von Stromversorgern. Der Stromhändler kauft oder erzeugt den Ökostrom selbst. Jeweils zu einem Drittel dürfen die Anlagen nicht älter als sechs beziehungsweise höchstens zwölf Jahre sein.

¹¹ Preis ca. 50 Cent pro Megawattstunde oder 0,05 Cent pro Kilowattstunde

¹² Stiftung Warentest <https://www.test.de/Strom-Der-Wechsel-lohnt-1132700-1132740/>

Das OK-Power-Label ist finanziell sinnvoll zum Ausbau der regenerativen Stromerzeugung. Ein Strombezug aus bestimmten, z.B. regenerativen Kraftwerken ist in einem Stromnetz allerdings physikalisch nicht möglich. Geliefert und verbraucht wird immer der im Moment erzeugte Strom. Physikalisch kommt der von Stadtwerken oder anderen Unternehmen bezogene Strom aus dem allgemeinen Stromnetz heute im Jahresmittel zu mehr als 70% aus nicht-regenerativen Kraftwerken, unabhängig vom Tarif oder der Ökozertifizierung.

3.3 Elektroauto mit Strom aus eigener Photovoltaik-Anlage

Wird ein Elektroauto mit Strom aus einer eigenen Photovoltaik-Anlage geladen, liegt die CO₂-Emission bei ca. 10 bis 20 g CO₂/km (Herstellung der PV-Anlage) + ca. 40 bis 70 g CO₂/km (Fahrzeug- und Batterieherstellung), zusammen ca. 50 bis 90 g CO₂/km.

Die CO₂-Emissionen eines Elektroautos (incl. der Vorketten) liegen in diesem Fall etwa bei der Hälfte der Emissionen eines PKW's mit Verbrennungsmotor. Dieselbe CO₂-Minderung wird allerdings erreicht, wenn der in der eigenen Photovoltaik-Anlage erzeugte Solarstrom ins öffentliche Stromnetz eingespeist wird, wo er fossil erzeugten Strom ersetzt. Die CO₂-Minderung kommt durch die Photovoltaik-Anlage, nicht durch das Elektroauto zustande.

Tabelle 2 zeigt den Zusammenhang an einem Beispiel. Wird der in einer eigenen PV-Anlage erzeugte Strom zur Ladung der Batterie des Elektroautos benutzt, entstehen pro Jahr ca. 178 kg CO₂, dies ist die durchschnittliche auf die Lebensdauer der PV-Anlage umgelegte Emission aus der Vorkette der Herstellung der Solarzellen. Wird das Elektroauto durch Strom aus der Steckdose betankt, verursacht der aus dem Stromnetz bezogene Strom eine CO₂-Emission von 1 160 kg CO₂ pro Jahr. In diesem Fall ist allerdings die CO₂-Einsparung durch eingespeisten PV-Strom ins Stromnetz in Höhe von 982 kg CO₂ pro Jahr gegenzurechnen. Im Saldo verursachen beide Varianten CO₂-Emissionen in gleicher Höhe.

Stromverbrauch E-PKW	2 000	kWh/a		
spez. Emission Photovoltaik-Strom	89	g CO ₂ /kWh		
spez. Emission Strommix Netz	580	g CO ₂ /kWh		
	fahren	einspeisen	Saldo	
E-PKW aus Photovoltaik, Emission:	178	0	178	kg CO ₂ /a
E-PKW aus Stromnetz, Emission:	1 160	- 982	178	kg CO ₂ /a

Tabelle 2: CO₂-Bilanzen bei der Eigennutzung von Solarstrom (jeweils ohne Fahrzeug- und Batterieherstellung)

Ähnliche Zusammenhänge gelten z.B. für Stadtwerke, die eigene regenerative Kraftwerke betreiben. Die direkte Nutzung des regenerativ erzeugten Stroms für E-Fahrzeuge oder die Einspeisung des Stroms in das allgemeine Stromnetz ergeben dieselbe CO₂-Einsparung.

Die Ökobilanz von Elektrofahrzeugen lässt sich also entgegen der weit verbreiteten Ansicht weder mit öko-zertifiziertem noch mit selbst erzeugtem Strom verbessern. Die einzige Ausnahme wäre ein Elektroauto, das mit einer PV-Anlage geladen wird, die nur zu diesem Zweck gebaut wurde und die ohne Elektroauto nicht errichtet worden wäre.

4 Elektroautos im Kontext der EU-CO₂-Gesetzgebung

Am 23. April 2009 beschloss die EU eine in allen Mitgliedsländern verbindliche Verordnung zur Verringerung der CO₂-Emissionen von PKW und leichten Nutzfahrzeugen.¹³ 2014 wurde die Fortschreibung des Emissionsminderungsziels bis 2020 beschlossen.¹⁴

4.1 Das Konzept der CO₂-Flottenemissionsgrenzwerte

In diesem Konzept sind folgende CO₂-Flottenemissionsgrenzwerte für die spezifische Emission pro Fahrzeugkilometer festgelegt, die im Durchschnitt der in einem Jahr durch die Hersteller verkauften Fahrzeuge eingehalten werden müssen. Bei Überschreitung der Flottenemissionsgrenzwerte fallen Strafzahlungen an.

Jahr	Grenzwert, g CO ₂ /km	Anteil der Neuwagenflotte eines Herstellers
vor 2012	158	100%
2012	130 \pm 5,2 l/100 km	65%
2013	130	75%
2014	130	80%
2015	130	100%
2020	95 \pm 3,8 l/100 km	95%
2021	95	100%

Tabelle 3: CO₂-Flottenemissionsgrenzwerte in der EU

¹³ VERORDNUNG (EG) Nr. 443/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen in Verbindung mit VERORDNUNG (EG) Nr. 715/2007 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. Juni 2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und Regelung Nr. 101 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) - Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Personenkraftwagen..., 19.6.2007

¹⁴ VERORDNUNG (EU) Nr. 333/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. März 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 443/2009 hinsichtlich der Festlegung der Modalitäten für das Erreichen des Ziels für 2020 zur Verringerung der CO₂-Emissionen neuer Personenkraftwagen

Die Verordnung sieht allerdings zahlreiche Möglichkeiten vor, wie die Einhaltung der Grenzwerte teilweise umgangen werden kann. So erhöht sich der Grenzwert z.B. automatisch nach einer festgelegten Formel mit der Masse der Fahrzeuge. Mit zahlreichen auch z.T. zweifelhaften Ökoinnovationen wie Biosprit kann die Emission der Fahrzeuge rechnerisch reduziert und damit die Einhaltung des Grenzwerts erreicht werden.

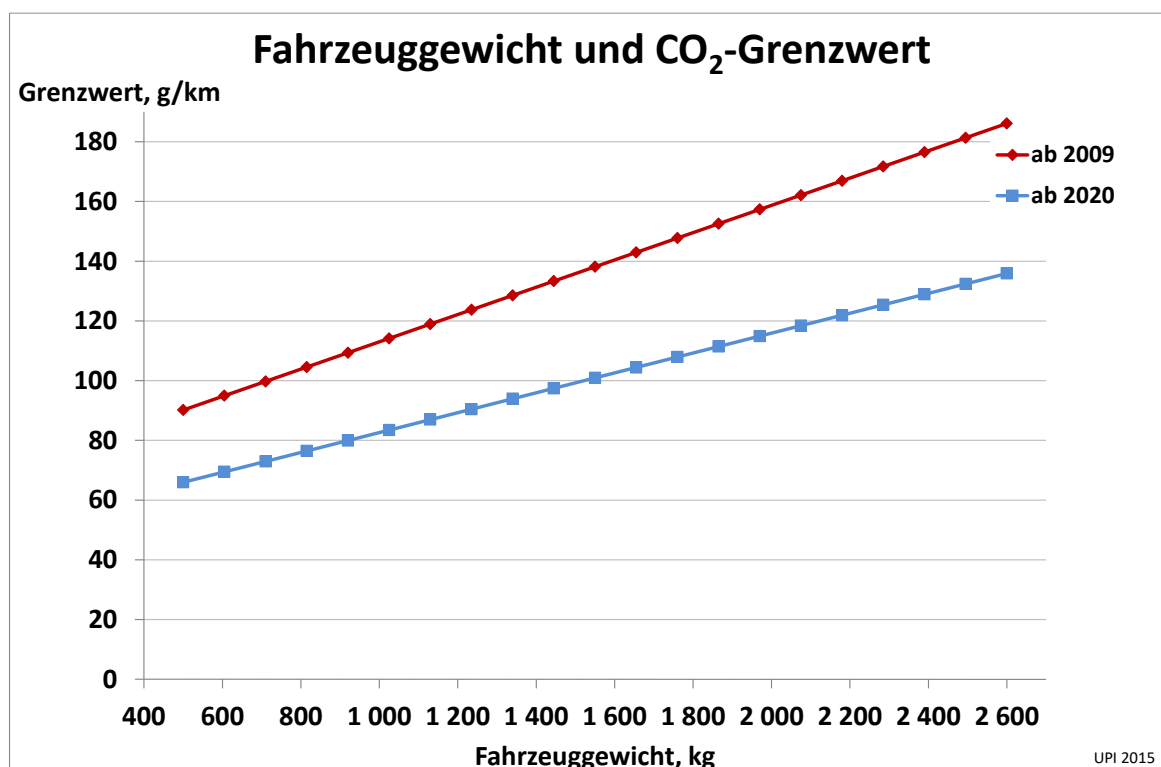


Bild 19: Anstieg der Emissionsgrenzwerte mit der Fahrzeugmasse

In diesem Zusammenhang spielen Elektro- und Hybrid-PKW eine wichtige Rolle, die im Folgenden näher dargestellt wird.

Der Verbrauch und damit die CO₂-Emissionen steigen mit der Masse und der Motorleistung von Fahrzeugen an. Ein besonderes Problem stellt deshalb der von der Automobilindustrie selbst erzeugte Trend nach immer schwereren, leistungsstärkeren und schnelleren Fahrzeugen dar. Quantitativ besonders ins Gewicht fällt der Trend zu SUV (Sport Utility Vehicles) und Geländewagen, deren Fahrzeugmasse meist über 2 Tonnen liegt.

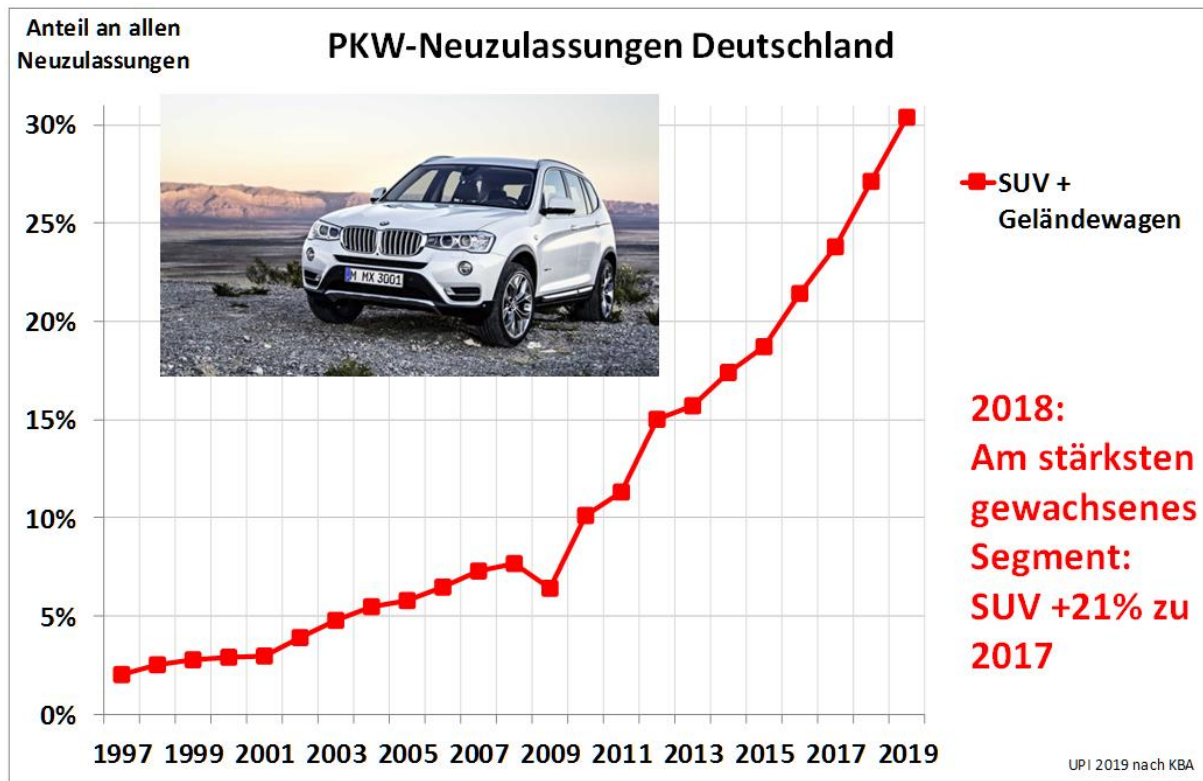


Bild 20: Trends bei PKW-Neuzulassungen

4.2 Messung der CO₂-Emissionen bei der Typzulassung und reale Emissionen

Die Messung der CO₂-Emissionen bzw. des Kraftstoff- oder Stromverbrauchs bei der Typzulassung erfolgt einheitlich nach dem „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ (NEFZ).¹⁵ (siehe Bild 21)

¹⁵ VERORDNUNG (EG) Nr. 715/2007 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 20. Juni 2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6)

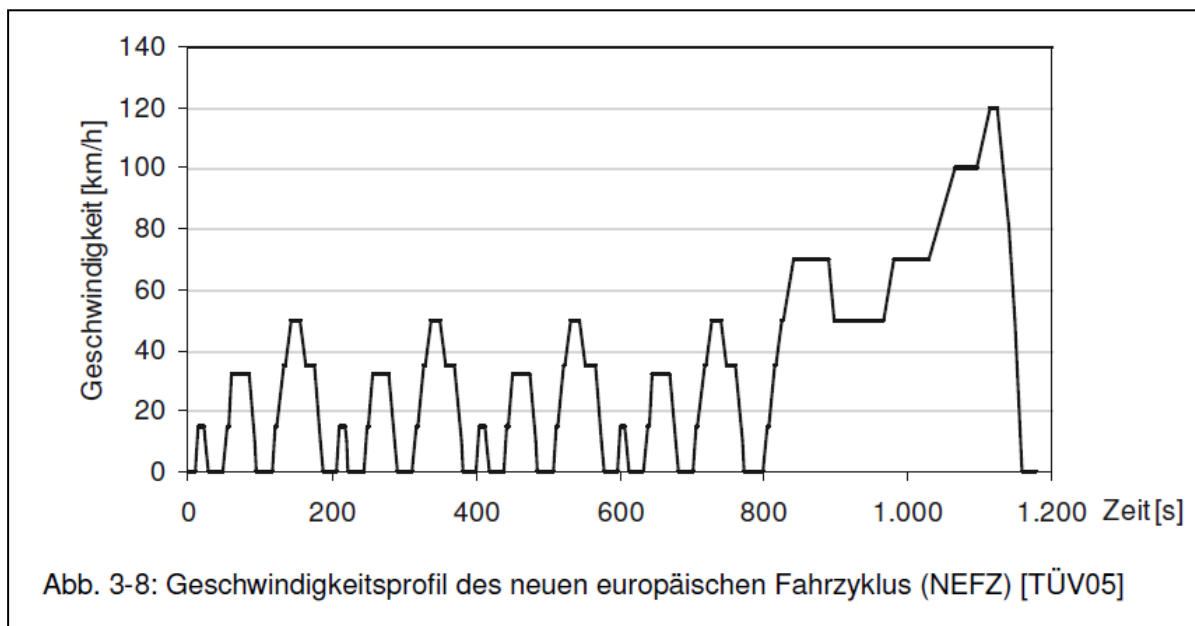


Abb. 3-8: Geschwindigkeitsprofil des neuen europäischen Fahrzyklus (NEFZ) [TÜV05]

Bild 21: Geschwindigkeitsverlauf im Testzyklus NEFZ

Die gesetzlich festgelegten Testbedingungen sind wirklichkeitsfern und erlauben den Herstellern die Messung unrealistisch niedriger Emissionen sowohl an CO₂ als auch an Schadstoffen wie NO_x oder Feinstaub.

Unrealistische Bedingungen des Testzyklus sind¹⁶:

- Geschwindigkeiten über 120 km/h werden nicht berücksichtigt. Bei diesen Geschwindigkeiten sind jedoch Verbrauch und Emissionen besonders hoch.
- Unrealistisch niedrige Beschleunigungen von 0 auf 50 km/h innerhalb 26 Sekunden
- Es ist den Herstellern erlaubt, den Testzyklus unter wirklichkeitsfernen Bedingungen zu fahren wie z.B. extrem hoher Reifendruck, Leichtlauföle und Leichtlaufreifen, Abkleben von Fugen der Außenhülle, Abmontieren von Außenspiegeln, kein Betrieb der Lichtmaschine
- Test ohne Klimaanlage und Heizung
- Umgebungstemperatur immer 20 - 30 °C
- Zum Abschluss erfolgt zusätzlich regelmäßig ein Abzug von 4% vom gemessenen Verbrauchswert

Diese unrealistischen Testbedingungen sind die Ursache dafür, dass der reale Verbrauch und die realen Emissionen um 20% bis 50% höher liegen als die bei der Zulassung im Testzyklus ermittelten und der Abgasberechnung zugrunde gelegten Werte.

¹⁶ siehe u.a. T&E, 13. März 2013: Mind the Gap! Why official car fuel economy figures don't match up to reality

Eine Auswertung des International Council on Clean Transportation Europe ICCT, der Verbrauchsmessungen an mehr als einer halben Million Pkw zugrunde liegen, zeigte, dass die Abweichungen zwischen den Ergebnissen des offiziellen Testzyklus und den realen Emissionen von durchschnittlich 8 % in 2001 über 20 % in 2009 auf 38 % in 2013 anstiegen. Die Diskrepanz nahm besonders in den letzten Jahren stark zu.¹⁷

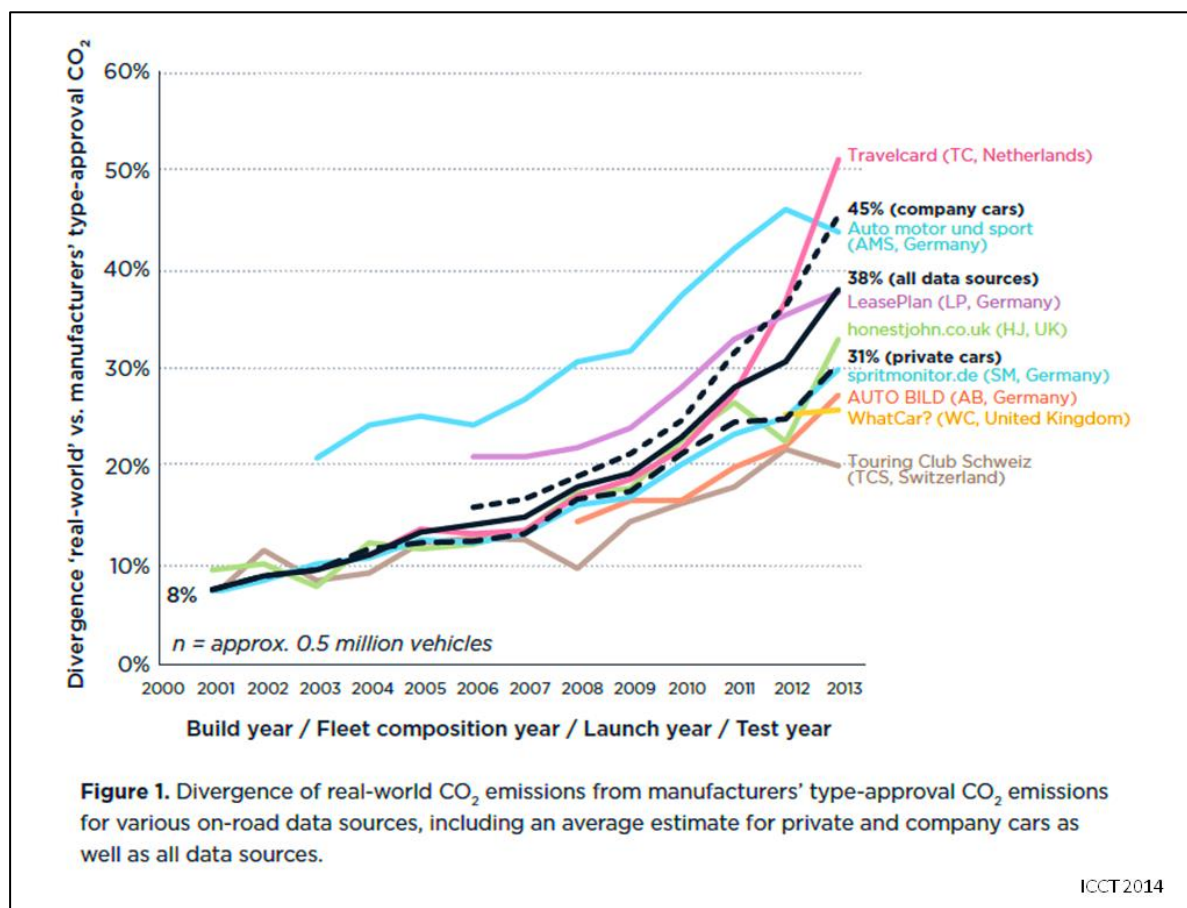


Bild 22: Abweichungen zwischen den Ergebnissen des offiziellen Testzyklus NEFZ und den realen Emissionen, aus ¹⁷

Besonders hoch liegen die Abweichungen bei modernen Hybrid-PKW. (roter Pfeil in Bild 23)

¹⁷ ICCT - International Council on Clean Transportation Europe, 2014, From laboratory to road. A 2014 update of official and 'real-world' fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe, September 2014

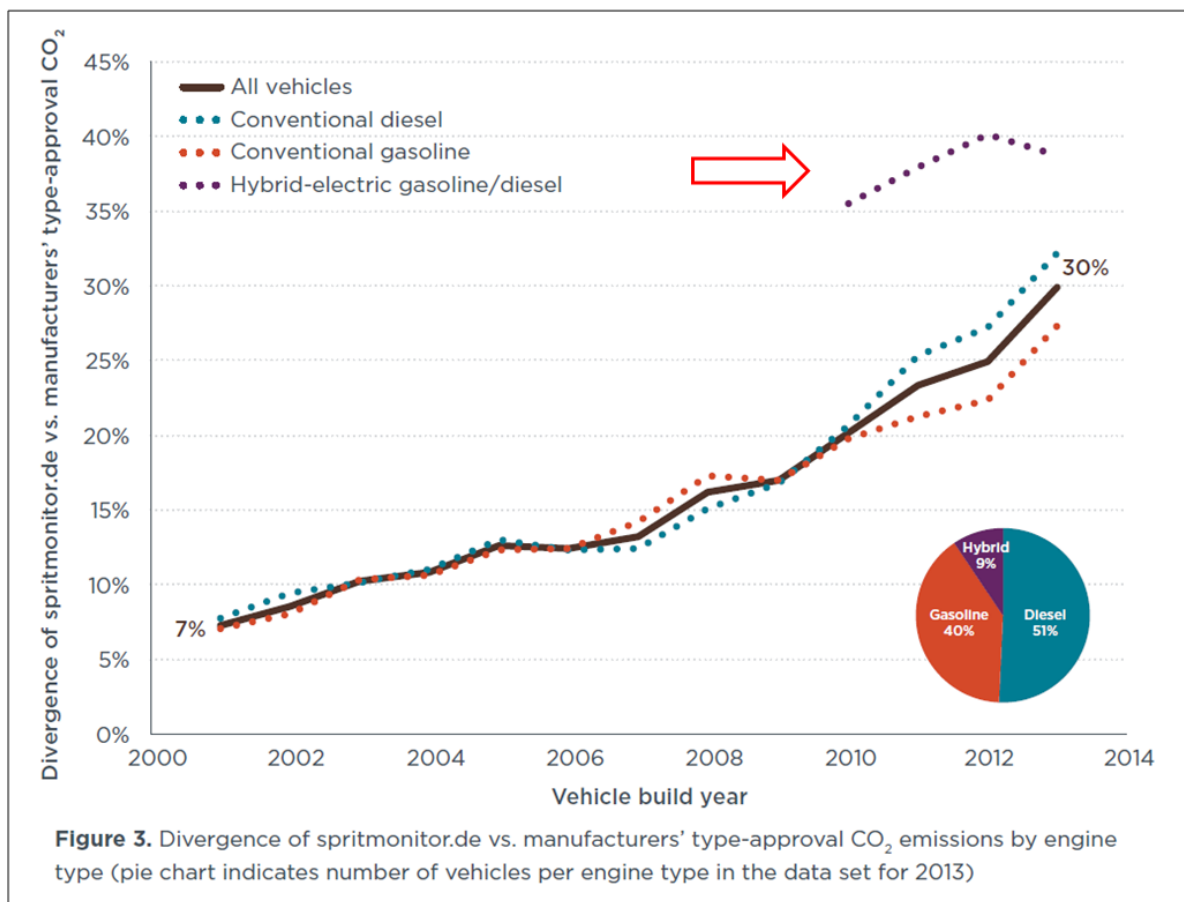


Bild 23: Abweichungen zwischen den Ergebnissen des offiziellen Testzyklus NEFZ und den realen Emissionen, aus ¹⁷; roter Pfeil: Hybrid-PKW¹⁸

Bereits 1996 entschied der Bundesgerichtshof, dass ein Mehrverbrauch von mehr als 13 % im Vergleich zum angegebenen Verbrauch für den Käufer unzumutbar ist.¹⁹ Trotzdem werden die Verbräuche nach wie vor mit dem unrealistischen Testzyklus gemessen, veröffentlicht und der Typzulassung durch das Kraftfahrtbundesamt zugrunde gelegt. Die Differenz ist besonders groß bei „sparsamen“ Fahrzeugen mit einer im Testzyklus ermittelten spezifischen Emission von 90 bis 100 g CO₂/km und bei der Hybrid-Technologie. Sie erreicht in diesem Bereich sogar Abweichungen bis zu 60%.²⁰

Es wäre deshalb eine wichtige Aufgabe, in Zukunft einen realistischeren Testzyklus zu etablieren. Dieser existiert bereits in Form des „*Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure*“ (WLTP). Nach einem Beschluss des Umweltausschusses des EU-Parlaments

¹⁸ Ergebnisse von spritmonitor.de, nach ¹⁷

¹⁹ Bundesgerichtshof, Az. VIII ZR 52/96

²⁰ Ntziachristos, L., Mellios, G., Tsokolis, D., Keller, M., Hausberger, S., Ligterink, N.E. and Dilara, P., 2014, 'In-use vs. type-approval fuel consumption of current passenger cars in Europe', *Energy Policy*, (67) 403–411

sollte er ursprünglich ab 1.1.2017 in der EU angewandt werden. Ein Veto der deutschen Bundesregierung stoppte diesen Plan jedoch vorläufig.

Bild 24 zeigt für den Durchschnitt der PKW-Neuzulassungen in Deutschland 2001 bis 2016 die Entwicklung verschiedener technischer Parameter, von denen der Treibstoffverbrauch und damit die Höhe der CO₂-Emissionen abhängen. Die Höchstgeschwindigkeit lag im Jahr 2016 um 6,7% höher als 2001, das Leergewicht der Fahrzeuge um 12,2% und die Motorleistung um 30%. Trotzdem ging die aus Prüfstandmessungen mit dem NEFZ-Zyklus ermittelte spezifische CO₂-Emission seit 2001 um 29% zurück ! (in Grafik untere rote Linie „behauptete CO₂-Emission, g/km“) Allerdings wuchs im gleichen Zeitraum die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Prüfstandmessungen und realer Messungen des spezifischen Treibstoffverbrauchs (und damit der CO₂-Emissionen) auf +42,6% ! (obere rote Linie) Dies legt den Verdacht nahe, dass der in den Zulassungsstatistiken angezeigte Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen und damit die rechnerische Einhaltung der EU-CO₂-Grenzwerte immer mehr mit der raffinierten Ausnutzung und Optimierung technischer Möglichkeiten auf dem Prüfstand und immer weniger mit der Realität zu tun hat. Vermutlich hat der behauptete Rückgang der spezifischen CO₂-Emissionen, der auch Grundlage vieler CO₂-Szenarienberechnungen ist, nur auf dem Papier, nicht jedoch in der Realität stattgefunden. Er ist im Übrigen auch nicht in der Entwicklung des realen Treibstoffabsatzes sichtbar.

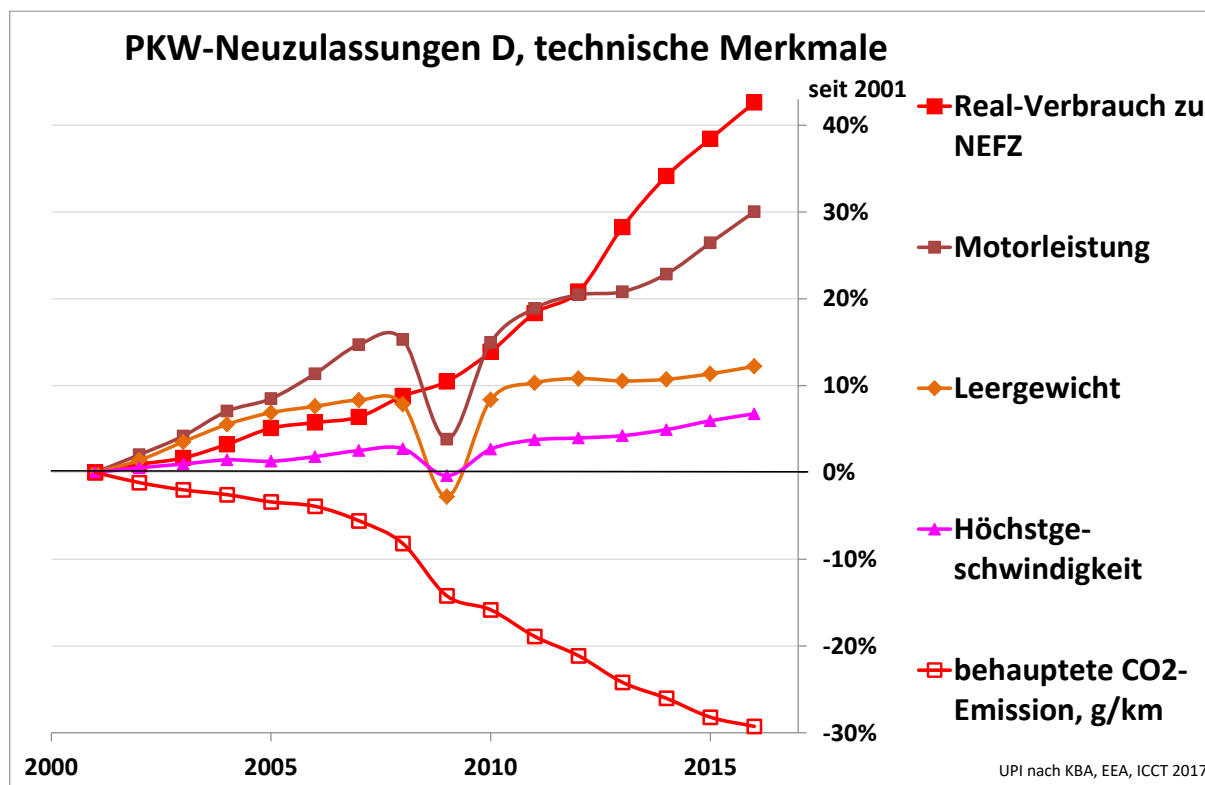


Bild 24: Entwicklung der für die CO₂-Emission relevanten Parameter bei PKW-Neuzulassungen

Die Prüfstandmessungen mit dem NEFZ führen nicht nur bei CO₂-Emissionen, sondern auch bei Schadstoffemissionen zu immer unrealistischeren Werten. Bei Testfahrten durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) zusammen mit der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) mit drei verschiedenen Diesel-PKW, die vom Kraftfahrtbundesamt als EURO 6-Fahrzeuge zertifiziert wurden, ergaben sich bei realistischen Testfahrten über 3000 km deutliche Überschreitungen des NO_x-Grenzwerts der EURO-6-Norm. Die NO_x-Emissionen im Innerortsbereich lagen um den Faktor 1,6 – 8,5, im Außerortsbereich um den Faktor 1,7 – 7,7 über dem Grenzwert der Euro 6-Norm von 80 mg NO_x/km !²¹

Auch eine neue Studie des International Council on Clean Transportation (ICCT) weist für moderne Diesel-Pkw eine hohe Diskrepanz zwischen den offiziellen Zertifizierungs- bzw. Typprüfwerten für Stickoxide (NO_x) nach dem NEFZ-Testzyklus bei der Zulassung und den entsprechenden realen Emissionswerten im Alltagsbetrieb nach. Im Durchschnitt lagen die realen NO_x-Emissionen der getesteten Euro 6-PKW etwa sieben Mal so hoch wie das gesetzliche Limit der Euro 6 Norm.²²

Eine für die weiteren Betrachtungen besonders relevante Einzelheit ist die juristische Festlegung, dass Elektroautos und Hybridautos mit ihrem aus dem Stromnetz bezogenen Strom nach der Richtlinie ECE 101 als emissionsfrei gelten.

4.3 Die Kompensation von Grenzwertüberschreitungen

Diese Festlegung einer Null-Emission für PKW mit Elektroantrieb hat zur Folge, dass Hersteller mit den verkauften Elektro- und Plug-In-Hybridautos hohe, über dem Grenzwert liegende Emissionen bei großen PKW kompensieren können. Dies sei zum besseren Verständnis an einem Beispiel des SUV X3 von BMW (Bild 25) näher dargestellt, von dem im Jahr 2014 in Deutschland 17 068 Fahrzeuge neu zugelassen wurden:²³

²¹ Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit dem Bayerische Landesamt für Umwelt, PEMS-Messungen an drei Euro-6-Diesel-PKW auf Streckenführungen in Stuttgart und München sowie auf Außerortsstrecken, März 2015

²² International Council on Clean Transportation (ICCT), Real-world exhaust emissions from modern diesel cars: A meta-analysis of PEMS data from EU (Euro 6) and US (Tier 2 Bin 5 / ULEV II) diesel passenger cars, Oktober 2014

²³ Kraftfahrtbundesamt, Neuzulassungen von Personenkraftwagen im Dezember 2014 nach Segmenten und Modellreihen

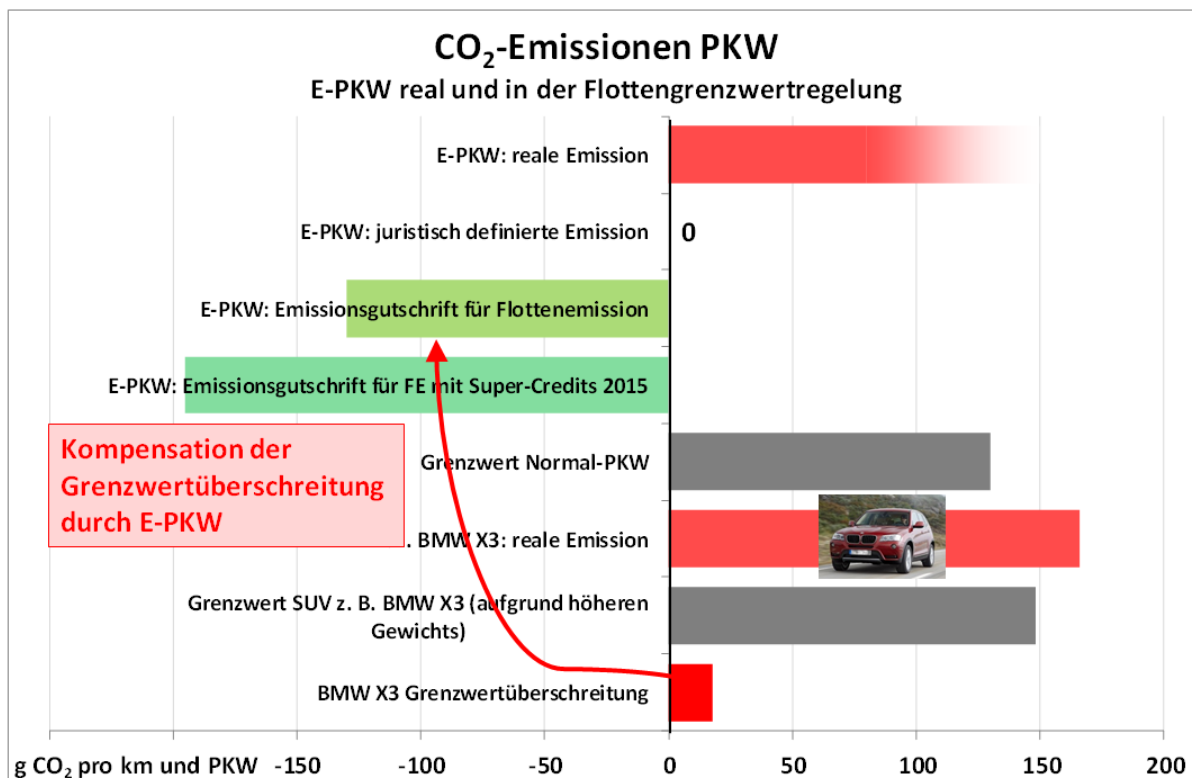


Bild 25: Kompensation der Grenzwertüberschreitung durch ein Elektroauto

Der obere rote Balken gibt die reale CO₂-Emission eines durchschnittlichen Elektroautos an. Der Wert darunter zeigt die CO₂-Emission dieses Elektroautos nach gesetzlicher Festlegung (Nullemission). Aufgrund dieser definierten Nullemission resultiert eine CO₂-Gutschrift für den Hersteller (grün), die dieser im Jahr 2015 zusätzlich mit dem Faktor 1,5 rechnerisch erhöhen kann (sog. „Super-Credit“). Darunter ist der im Jahr 2015 gültige CO₂-Grenzwert von 130 g CO₂ pro km eingezeichnet (grau). Der nächste rote Balken zeigt die bei der Typenzulassung im Testzyklus NEFZ vom Hersteller ermittelte CO₂-Emission des SUV X3 (rot). Obwohl für dieses Fahrzeug aufgrund seiner Masse ein höherer Grenzwert gilt (grau), wird dieser überschritten (rot).

Diese Grenzwertüberschreitung kann der Hersteller nun mit der CO₂-Gutschrift des Elektroautos kompensieren. Wie ersichtlich, reicht die Gutschrift eines Elektroautos dabei für die Kompensation mehrerer Grenzwertüberschreitungen aus. Maßgeblich sind die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der Flotte aller neuen Pkw, die ein Hersteller produziert. Die Hersteller können dabei „Emissionsgemeinschaften“ bilden und müssen so nur im Durchschnitt ihrer Emissionsgemeinschaft den Flottengrenzwert einhalten.

Bild 26 zeigt die Kompensation der Grenzwertüberschreitung eines X3 durch Plug-In-Hybrid-PKW. Der aus der Steckdose bezogene Strom wird juristisch als „Null“-Emission definiert, die Kompensationsmöglichkeit liegt etwa bei der Hälfte im Vergleich zu reinen Elektroautos.

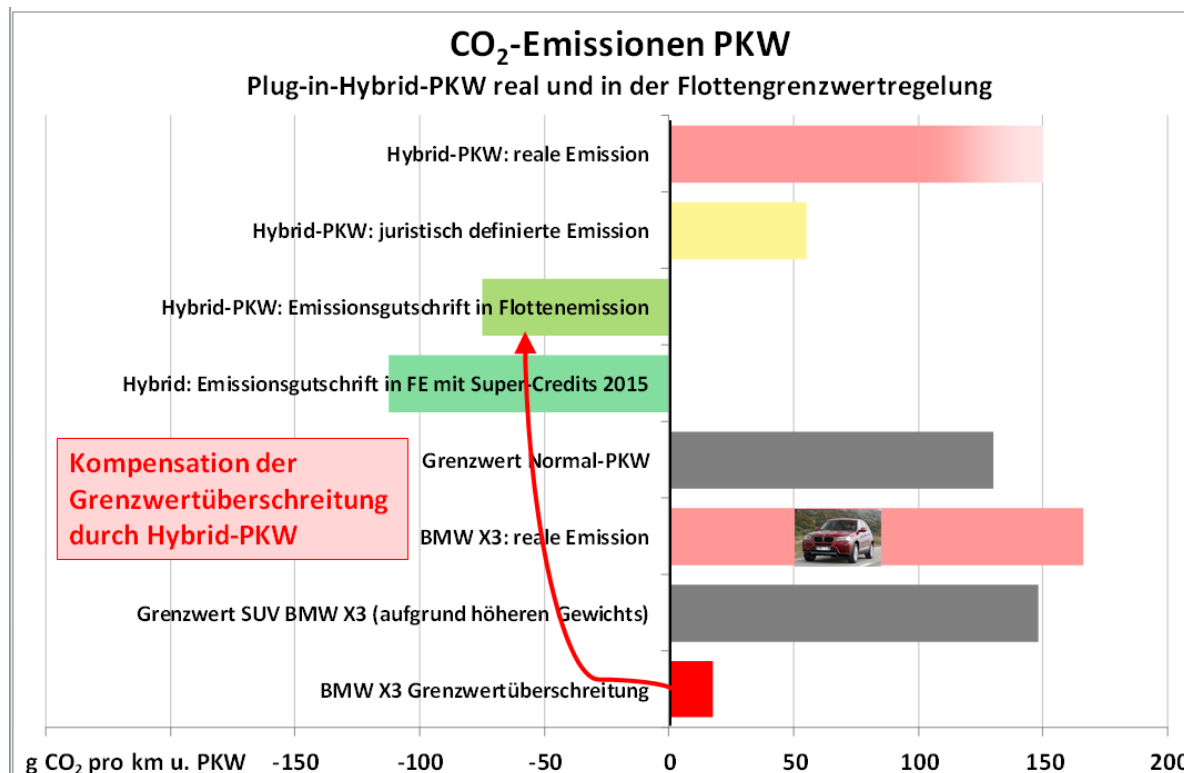


Bild 26: Kompensation der Grenzwertüberschreitung durch Plug-in- Hybrid

Ab 2020/2021 wird der CO₂-Flottengrenzwert von 130 auf 95 g CO₂/km um 27% gesenkt. Fallengelassen wurde nach Intervention der Automobilwirtschaft die vom EU-Parlament vorgeschlagene weitere Verschärfung des CO₂-Grenzwerts bis 2025 auf 68 bis 78 Gramm/km.²⁴ Wenn in den nächsten Jahren der NEFZ-Testzyklus durch den realistischeren WLTP-Zyklus ersetzt werden wird (siehe Kapitel 4.2), müssten die Fahrzeuge zusätzlich mindestens 25% weniger emittieren, um die Grenzwerte einzuhalten. Es ist abzusehen, dass die Automobilwirtschaft all ihren Einfluss geltend machen wird, um dies zu verhindern. Sie wird dazu u.a. folgende Forderungen erheben:

- a) Die CO₂-Grenzwerte müssen an den neuen Test-Zyklus angepasst (d.h. um ca. 25% erhöht werden !) und
- b) die Kompensationsmöglichkeiten durch Öko-Innovationen müssen erweitert werden, z.B. indem ab der Einführung des WLTP-Zyklus auch die in den Jahren zuvor verkauften Elektro- und Hybridfahrzeuge nachträglich zur Kompensation der Grenzwertüberschreitungen angerechnet werden können. Diese Forderung wurde von der Bundesregierung schon 2013 bei der Diskussion des neuen EU-Grenzwerts von 95 g/km ab 2020 erhoben, sie konnte sich damals allerdings in der EU damit noch nicht durchsetzen.²⁴

²⁴

auto-motor-und-sport, Neue CO₂-Regelung: Unter die 100-Gramm-Grenze, 25. Juni 2013

4.4 Die Folgen der Kompensationslösung in der Praxis

1. Ein Elektroauto ermöglicht im Durchschnitt ca. 5 großen PKW mit CO₂-Emissionen über dem Grenzwert die rechnerische Einhaltung des Grenzwerts
2. Die Automobilindustrie kann 2013-2015 und 2020-2022 E-PKW als „Super-Credits“ definieren: Dann zählen Elektroautos mehrfach. 1 E-PKW kompensiert dann die CO₂-Grenzwertüberschreitungen von 7 bis 10 großen PKW
3. Ein Elektroauto erspart den Herstellern pro ca. 5 Geländewagen/SUV Strafzahlungen wegen CO₂-Grenzwertüberschreitung in Höhe von z.Zt. ca. 10 000 € (ohne Super-Credits gerechnet)
4. Dieselben Regelungen gelten bei Plug-in-Hybrid-PKW, die CO₂-Kompensationen sind etwa halb so stark wie bei Elektroautos
5. Elektro- und Plug-In-Hybridautos führen deshalb entgegen der allgemeinen Meinung nicht zu einer Minderung, sondern zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen. Ein neu verkaufte Elektroauto ermöglicht mehreren großen PKW über die Laufzeit gerechnet CO₂-Mehremissionen über dem Grenzwert von ca. 50 Tonnen CO₂ ohne Strafzahlungen (ohne Super-Credits und ohne Reboundeffekte gerechnet, s. Kapitel 6 Rebound-Effekte durch Elektroautos auf Seite 37)

Durch diese in der EU-Gesetzgebung vorgesehene und von der Automobilwirtschaft in Anspruch genommene Kompensationsmöglichkeit verschlechtert sich die CO₂-Bilanz von E-PKW erheblich (Bild 27)

4.5 Neue „EU-CO₂-Grenzwerte“ ab 2025/2030

Ab 2025/2030 sind neue CO₂-Grenzwerte für PKW geplant. Diese werden nach den bisherigen Planungen wahrscheinlich folgende Merkmale aufweisen^{25,26}:

- keine festen Grenzwerte mehr, sondern nur noch prozentuale Absenkung: Senkung spezifischer CO₂-Emission bis 2025 um 15 % und bis 2030 um 37,5 % (Vans bis 2030 um 31 %) im Vergleich zu 2021
- Dadurch Vorteile für schmutzige Hersteller mit hohen Emissionswerten, Nachteile für saubere Hersteller mit niedrigen Emissionswerten

²⁵ <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/dieselskandal-autohersteller-tricksen-bei-neuem-abgastest-moeglicherweise-erneut/22837760.html?ticket=ST-33976962-Agzd9qyDkoKajzAjcgfB-ap1>

²⁶ <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2018/10/10/co2-emission-standards-for-cars-and-vans-council-agrees-its-position/>

- Anreiz, vorher zu hohe Emissionswerte als Ausgangswerte anzugeben
- Automobilindustrie muss in Zukunft keine festen Emissionswerte mehr einhalten, sie kann letztlich zukünftige „Grenzwerte“ weitgehend selbst bestimmen
- Höhere Super-Credits für E-PKW und Plug-in-Hybrid-PKW

Fehler! Keine gültige Verknüpfung.

Bild 27: Spezifische CO₂-Emissionen Verkehrsmittel, Durchschnitt Deutschland 2017 incl. CO₂-Verrechnung²⁷

4.6 Genügt die Begrenzung der spezifischen Emission in g CO₂/km ?

Aus Klimaschutzgründen besteht die Notwendigkeit, die CO₂-Emissionen in Zukunft deutlich zu senken. Die Bundesregierung hat das Ziel, die Emissionen bis 2050 um 90% gegenüber 1990 zu reduzieren. Das nächste Etappenziel ist die Senkung der Treibhausgasemissionen bis 2020 um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990. Das entspricht einer Minderung von rund 1 250 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten im Jahr 1990 auf einen Zielwert von höchstens 750 Mio t CO₂-Äquivalenten in 2020.

Bild 28 zeigt die Regelung im Bereich PKW. Hier ist bisher lediglich die spezifische Emission des einzelnen Neufahrzeugs in der Einheit „g CO₂ pro km“ begrenzt. Die Gesamtemission ist bisher weder für das einzelne Fahrzeug noch für den PKW-Verkehr insgesamt begrenzt.

²⁷ Die Berechnungen wurden mit dem durchschnittlichen Besetzungsgrad der Verkehrsmittel gerechnet. Da für E-PKW keine Statistik über den Besetzungsgrad vorliegt, wurde der Besetzungsgrad von normalen PKW verwendet. Dies ist eine optimistische Annahme, da in der Regel Elektroautos z.B. nicht für Urlaubsfahrten (mit hohem Besetzungsgrad) verwendet werden und etwa die Hälfte der Elektroautos Zweitwagen sind, die einen niedrigeren Besetzungsgrad aufweisen.

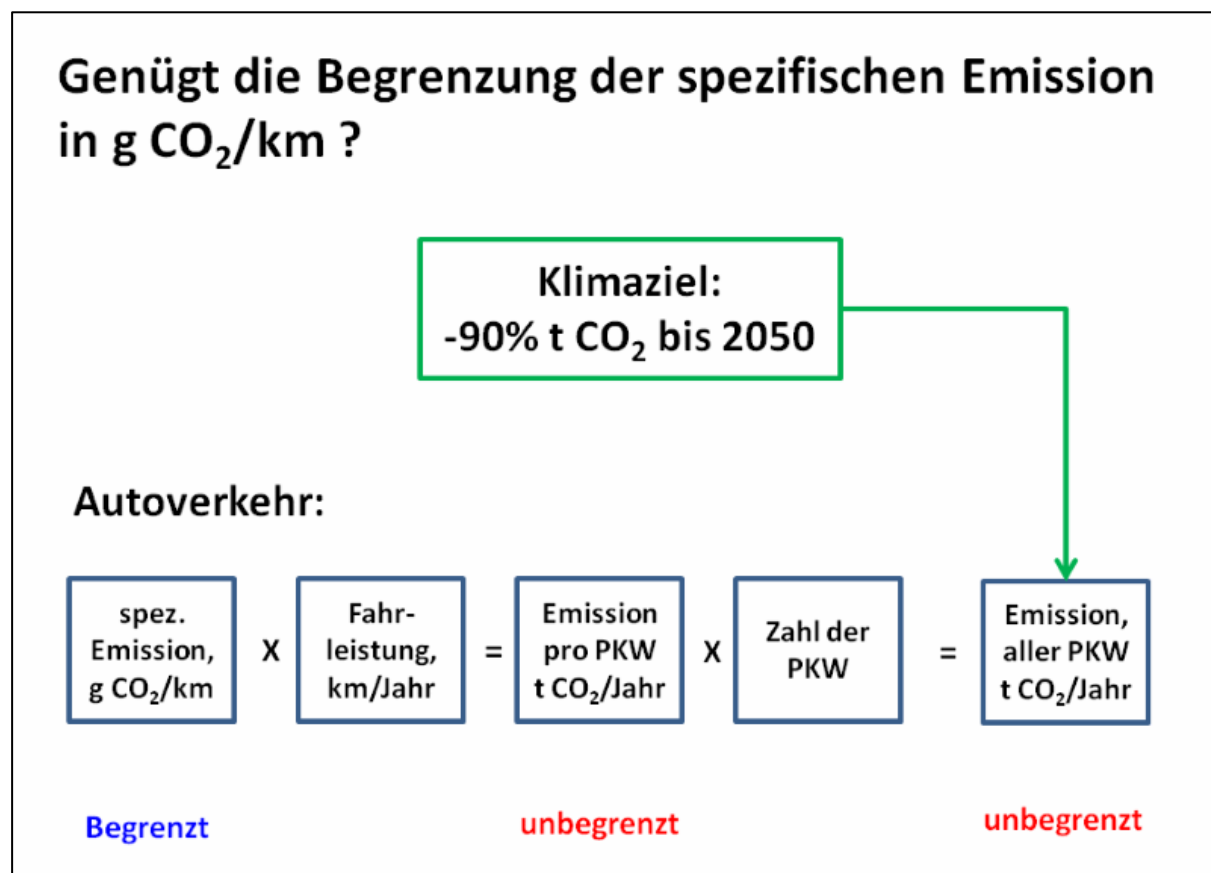


Bild 28: CO₂-Emissionsbegrenzung im Bereich PKW

Bild 29 zeigt die Verhältnisse der spezifischen und der Gesamtemission bei verschiedenen PKW-Größen. Daraus ist ersichtlich, dass gerade die stark zunehmenden Geländewagen und SUV nicht nur in der spezifischen CO₂-Emission um 22% über dem Durchschnitt aller PKW liegen, sondern aufgrund einer höheren Fahrleistung in der für den Klimaschutz relevanten Gesamtemission sogar 60% mehr CO₂ emittieren als der Durchschnitt. Diese deutlich höhere CO₂-Emission wird allerdings gesetzlich nicht begrenzt. Im Gegenteil: Durch die in den vorigen Kapiteln beschriebene Kompensationsmöglichkeit von Grenzwertüberschreitungen bei der spezifischen Emission wird sie durch Elektroautos erst ermöglicht !

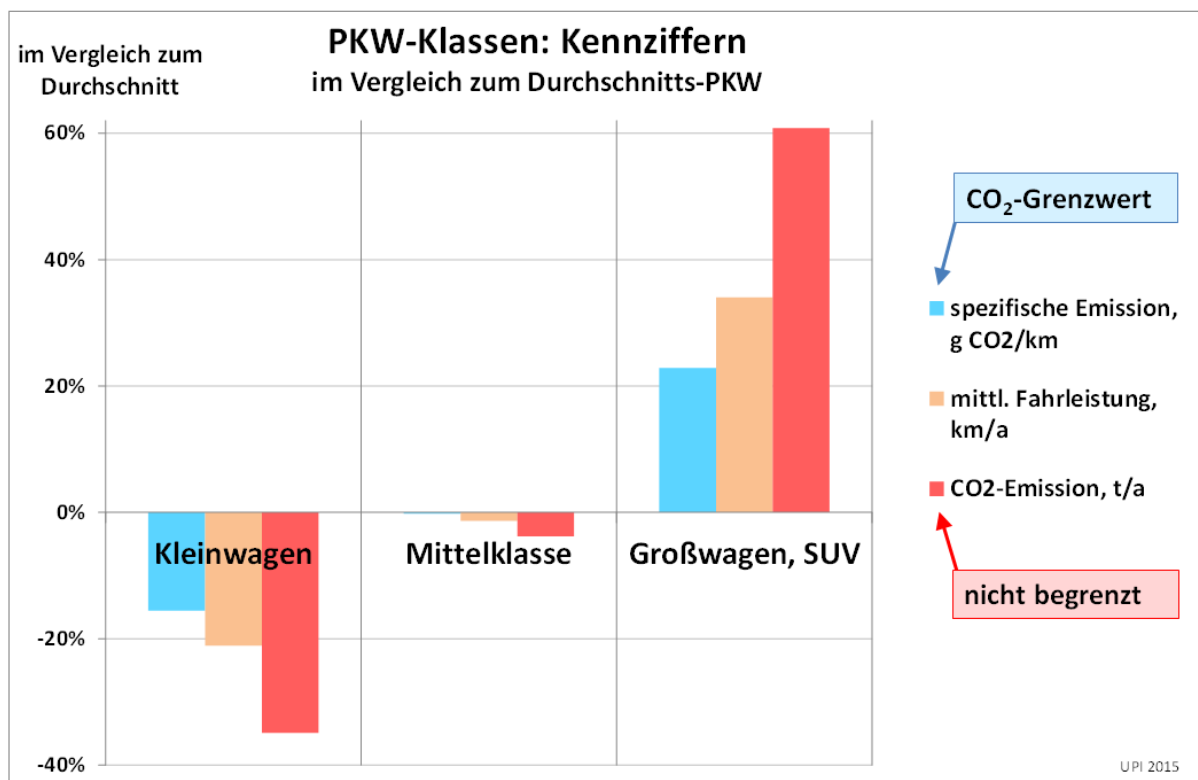


Bild 29: Spezifische und Gesamtemission bei verschiedenen PKW-Klassen

Tabelle 4 zeigt die Zahlen am Rechenbeispiel eines fiktiven Herstellers, der im Jahr 2014 50 000 SUV + Geländewagen und 2 000 Elektroautos verkaufte. Die gesetzliche Regelung der Kompensationsmöglichkeit durch Elektroautos reduziert seine Strafzahlungen für die Grenzwertüberschreitungen bei SUV und Geländewagen um 73%. Die verbliebenen Strafzahlungen können durch Hybridautos kompensiert werden. Insgesamt spart der Automobilhersteller in diesem Fall für jedes verkaufte Elektroauto Strafzahlungen in Höhe von 22 000 €.

Rechenbeispiel, 2014:	
verkaufte SUV + Geländewagen	50 000
verkaufte E-PKW	2 000
Strafzahlungen wegen CO ₂ -Grenzwertüberschreitung durch SUV + Geländewagen	60 000 000 €
CO ₂ -Gutschrift durch E-PKW	-44 000 000 €
verbleibende Strafzahlungen (vermeidbar durch Hybrid-PKW)	16 000 000 €
pro E-PKW gesparte Strafzahlungen	-22 000 €
CO ₂ -Mehremission (Geländewagen + SUV)	130 000 t

Tabelle 4: Flottengrenzwertregelung an einem Rechenbeispiel eines Herstellers

4.7 Welche Folgen hätten 1 Million Elektroautos ?

Bundesregierung und Automobilindustrie setzten sich 2010 das Ziel, dass „bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf unseren Straßen im Einsatz sind. Bis 2030 könnten es sechs Millionen Fahrzeuge sein.“²⁸ Im April 2015 bekräftigte die Bundesregierung dieses Ziel erneut.

Es lässt sich ausrechnen, welche Auswirkungen 1 Million Elektroautos im Jahr 2020 auf die CO₂-Grenzwertregelung hätten. Bild 30 zeigt das Ergebnis.

Die EU-Gesetzgebung senkt den Grenzwert für die spezifische CO₂-Emission von PKW von heute 130 auf 95 g CO₂/km im Jahr 2020. Diese Reduktion der CO₂-Emissionen würde durch die Kompensationsmöglichkeiten einer Million Elektroautos zusammen mit „Öko-Innovationen“ fast vollständig ausgehebelt.

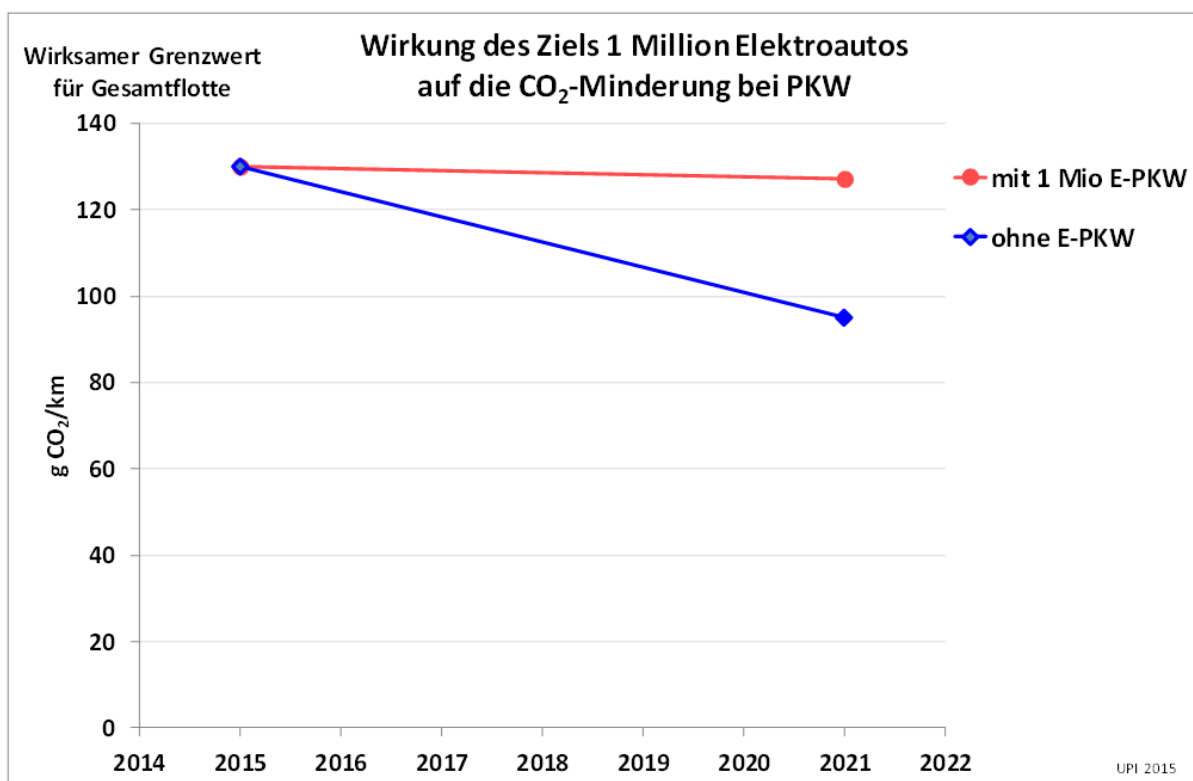


Bild 30: Folgen einer Realisierung des Ziels 1 Million Elektroautos auf die CO₂-Grenzwertregelung; Modellrechnung: Maximalbetrachtung

Es wird verständlich, weshalb die Automobilwirtschaft seit Jahren die Privilegierung und Subventionierung von Elektroautos fordert.

²⁸ www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Mobilitaet/podcast/_node.html

4.8 Rechtfertigung der „Nullemission“ von Elektroautos durch CO₂-Zertifikatehandel ?

Eine Hauptursache für die dargestellten Probleme ist die gesetzliche Definition der Elektrofahrzeuge als Nullemissionsfahrzeuge mit der Ignorierung der bei der Stromherstellung anfallenden Klimagase. Ein manchmal als Rechtfertigung dafür genanntes Argument lautet, dass diese Definition als Nullemission gerechtfertigt sei, da die Emissionen aus der Stromherstellung dem CO₂-Zertifikatehandel unterliegen und durch diesen begrenzt seien und deshalb nicht bei der Flottenemissionsbegrenzung der PKW berücksichtigt werden müssten.

Bild 31 zeigt die Preisentwicklung der CO₂-Emissionsrechte (CO₂-Zertifikate) im Strombereich und die Höhe der Strafzahlungen bei Überschreitung des CO₂-Grenzwertes bei neuen PKW pro Tonne CO₂, Bild 32 die Kosten für die Emission einer zusätzlichen Tonne CO₂ im Strom- und im PKW-Sektor. Die Grafik zeigt, dass es heute ca. 20-fach billiger ist, im Stromsektor zusätzliche CO₂-Emissionen zu verursachen als im PKW-Sektor. Während die CO₂-Abgabe im PKW-Sektor am unteren Ende der realen Vermeidungskosten liegt, liegt der Preis im Stromsektor weit unter den realen Vermeidungskosten. Deshalb geht das Argument einer regulatorischen Begrenzung der CO₂-Emissionen von Elektroautos im Stromsektor in die Leere. Aufgrund der um mehr als eine Größenordnung niedrigeren Preise für die zusätzliche Emission von CO₂ im Stromsektor findet diese Regulierung dort nicht statt.

Unterhändler von EU-Parlament, EU-Kommission und EU-Staaten haben zwar am 5.5.2015 ihre Absicht bekräftigt, ab 2019 überschüssige CO₂-Zertifikate aus dem Markt zu nehmen, um die Preise etwas zu erhöhen. Bevor die neue Regelung aber in Kraft treten kann, muss sie vom EU-Parlament sowie allen EU-Staaten abgesegnet werden. Einzelne Staaten wie Polen haben bereits Widerstand dagegen angekündigt. Am 15.7.2015 nannte die EU-Kommission als Ziel der inzwischen ab 2020 geplanten Aktion einen Preis von 25 €/t CO₂²⁹, ca. 4% (!) des im PKW-Bereich geltenden CO₂-Vermeidungspreises. Es ist absehbar, dass der Handel mit CO₂-Emissionsrechten aufgrund der viel zu niedrigen Preise in den nächsten Jahrzehnten keinen wirksamen Anreiz zur Emissionsreduktion im Stromsektor bieten wird.

²⁹

Frankfurter Allgemeine Zeitung, „Kommission will Emissionshandel reformieren“, 16.7.2015

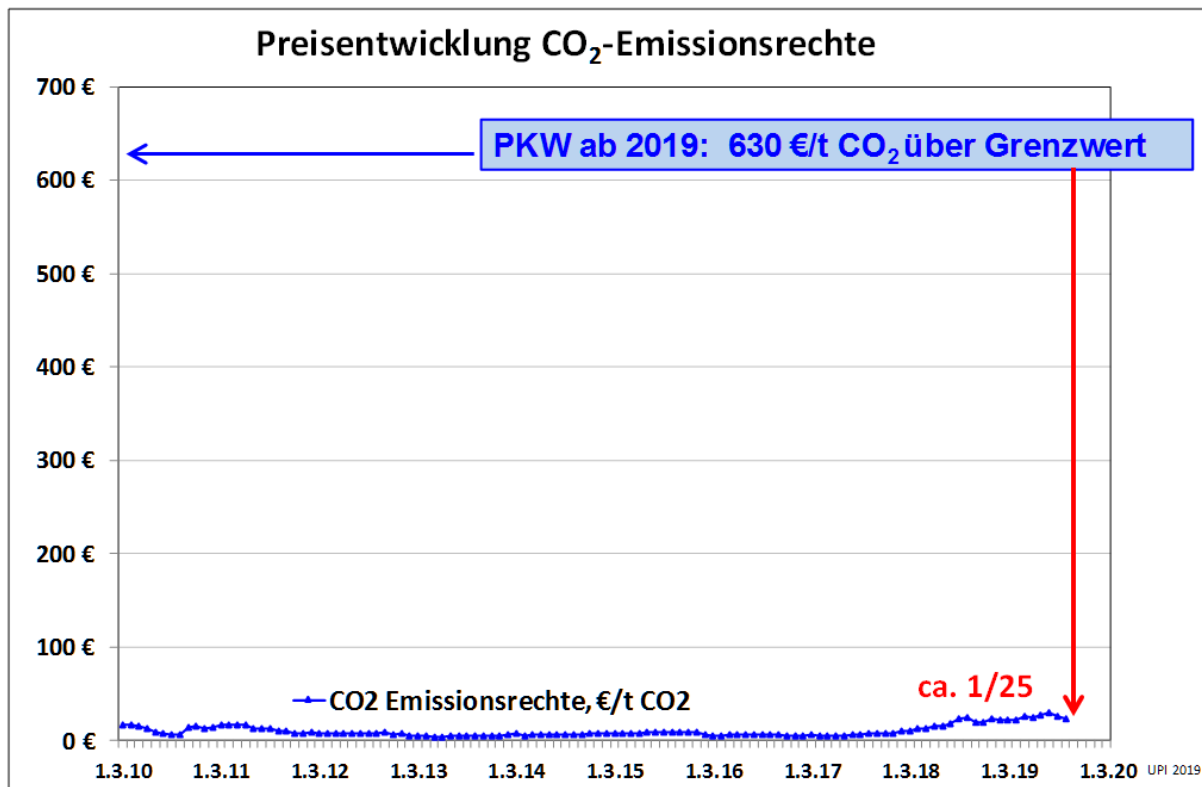


Bild 31: Preisentwicklung der CO₂-Emissionsrechte im Stromsektor und Höhe der Strafzahlungen bei Grenzwertüberschreitung im PKW-Sektor

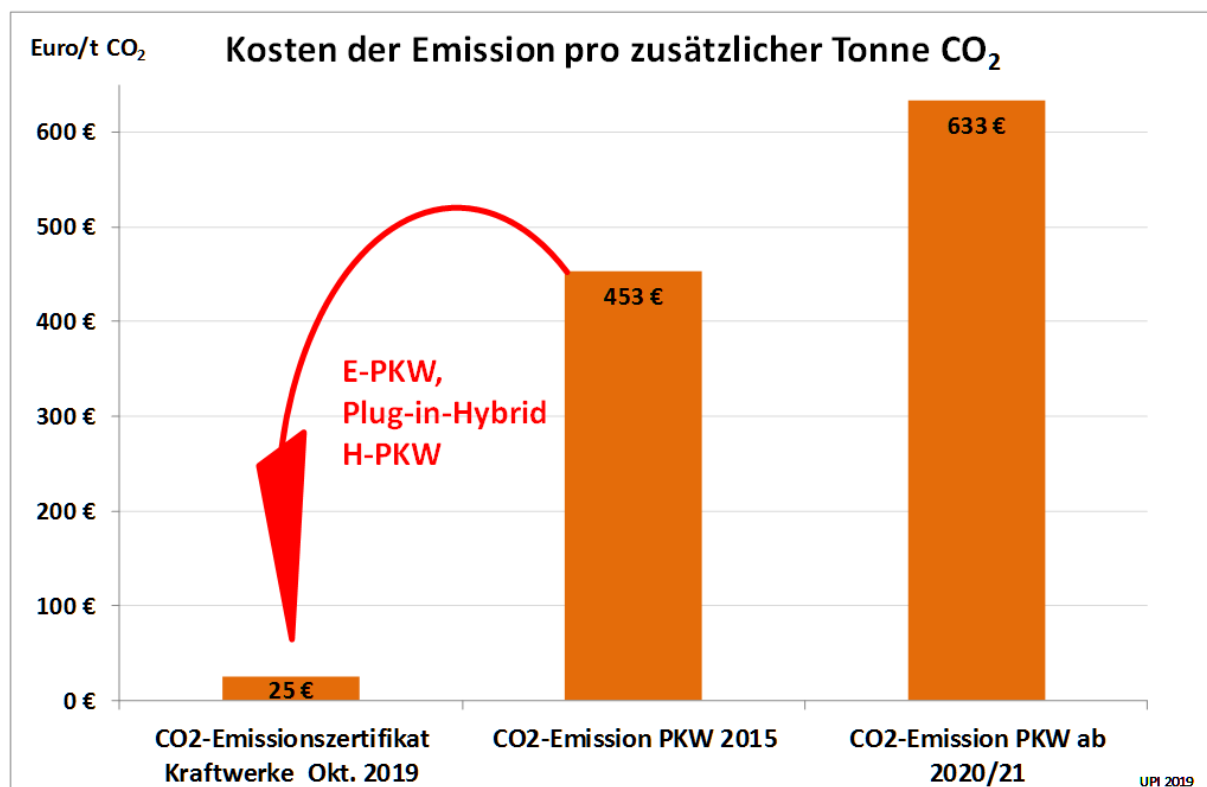


Bild 32: Verlagerung der Emissionsbegrenzung vom PKW- in den Stromsektor

Insgesamt werden heute E-PKW mit über 12 000 € pro Fahrzeug vom Steuerzahler subventioniert, damit die Automobilindustrie Strafzahlungen von ca. 10 000 € wegen CO₂-Grenzwertüberschreitung vermeiden kann.

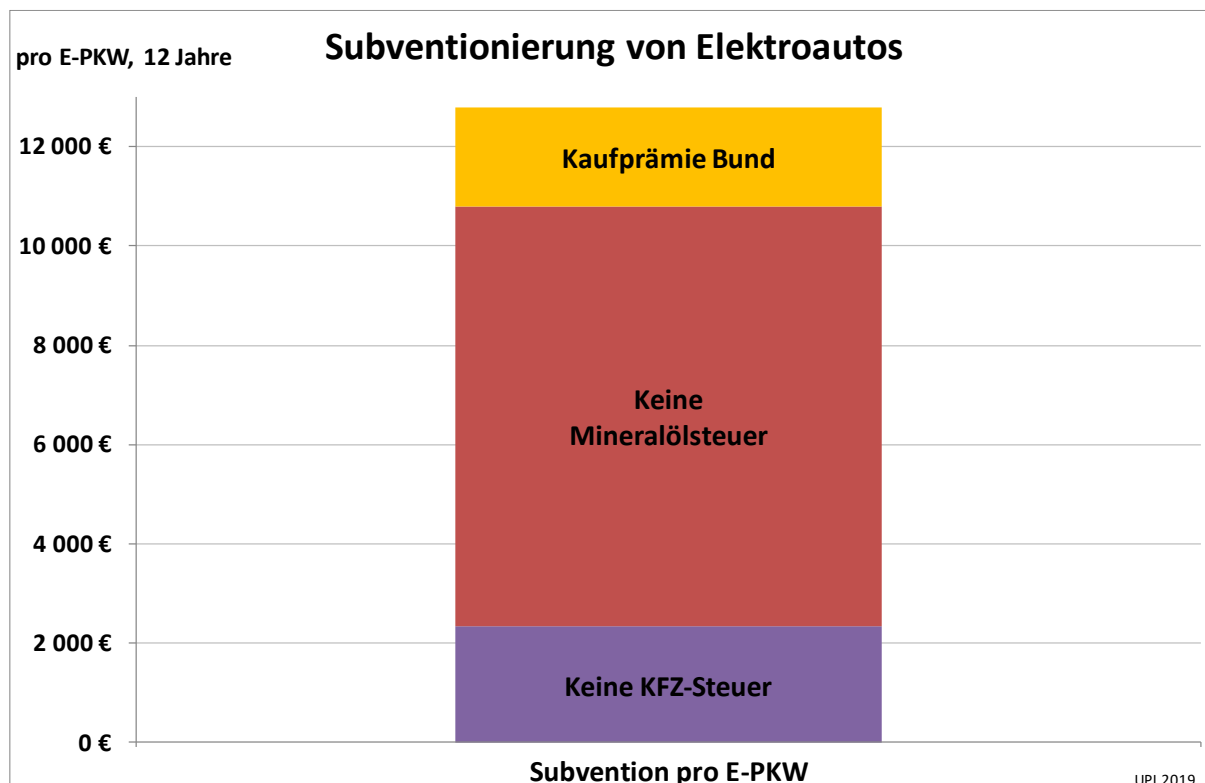


Bild 33: Subventionierung von Elektroautos

5 Höhere Unfallrisiken durch Elektroautos

Fußgänger und Fahrradfahrer orientieren sich im Verkehrsgeschehen neben dem Sehsinn auch unbewusst durch das Gehör, um herannahende Fahrzeuge oder Beschleunigungen von Fahrzeugen zu erkennen. Elektro- und Hybridfahrzeuge im Elektromodus verursachen im Gegensatz zu normalen Autos fast keine Motorgeräusche und sind im Stadtverkehr, besonders bei Geschwindigkeiten unter 35 km/h, kaum oder gar nicht hörbar. Dies erhöht das Unfallrisiko für Fußgänger und Fahrradfahrer im Stadtverkehr. Ein besonderes Risiko entsteht dabei für blinde und sehbehinderte Verkehrsteilnehmer sowie für Kinder. Vor Jahren wurde deshalb erwogen, Elektroautos ein künstliches Motorgeräusch vorzuschreiben, was jedoch bisher nicht realisiert wurde. In der Diskussion wird mitunter die Meinung vertreten, Fußgänger hätten sich an die neue technische Entwicklung anzupassen.

In den USA wird im Gegensatz zu Deutschland bei Unfällen die Antriebsart des Fahrzeugs in dem NHTSA's State Data System erfasst. Ausgehend von Befürchtungen des Nationalen Blindenverbands in den USA führte die Traffic Safety Administration des US-Department of Transportation deshalb eine Untersuchung aller Unfälle mit Hybridautos in 12 Bundesstaaten der USA in den Jahren 2000 – 2006 durch. Die Auswertung hatte das Ergebnis, dass Hybridautos Fußgänger 44% stärker gefährden als normale PKW (siehe Tabelle 5). Das Unfallrisiko für Fahrradfahrer ist durch Hybridautos sogar um 72% erhöht. Die Risikoerhöhung zeigte sich dabei nur bei Geschwindigkeiten im Stadtverkehr, bei höheren Geschwindigkeiten dominiert das Rollgeräusch, das sich zwischen Elektro- und Verbrennungsantrieb nicht unterscheidet. Hybridautos fahren im Stadtverkehr in der Regel elektrisch. Die Ergebnisse sind deshalb auf Elektroautos übertragbar. Am 16.12.2010 verabschiedete der US-Kongress deshalb ein Gesetz, wonach geräuscharme Elektro- und Hybridfahrzeuge im Straßenverkehr deutlich hörbar sein müssen. Geräusche müssen automatisch ertönen, wenn das Fahrzeug mit niedriger Geschwindigkeit fährt, der Fahrer darf diese Technik nicht ein- und ausschalten können.

Unfallopfer	Erhöhung der Unfallzahl durch Hybrid-PKW im Vergleich zu normalen PKW
Fußgängerunfälle	+ 44%
Fußgängerunfälle <35 mph (48 km/h)	+ 53%
Fußgängerunfälle >35 mph (48 km/h)	0%
Fahrradunfälle	+ 72%

Tabelle 5: Erhöhung des Unfallrisikos durch Hybrid-Autos³⁰

Die Hersteller haben inzwischen reagiert. So hat z.B. Daimler einen Sound-Generator entwickelt, der jedoch nur in den USA und Japan serienmäßig zum Einsatz kommt. In Europa ist er nicht vorgeschrieben, er kostet rund 180 € Aufpreis und wird deshalb in der Regel nicht eingebaut.

6 Rebound-Effekte durch Elektroautos

Rebound-Effekte sind Nebenwirkungen oder Rückkopplungseffekte einer Maßnahme, die letztlich zum Gegenteil des ursprünglich mit der Maßnahme Beabsichtigten führen. Übersteigt der Rebound den Einsparungseffekt quantitativ (Rebound von über 100 Prozent),

³⁰ US-Department of Transportation, Traffic Safety Administration, Incidence of Pedestrian and Bicyclist Crashes by Hybrid Electric Passenger Vehicles, 2009

wird er auch als Backfire-Effekt bezeichnet. Bei Elektroautos sind vier Rebound-Effekte wirksam, die meist nicht beachtet werden:

6.1 Regulatorischer Rebound

Wird die Energieeffizienz neuer PKW energiepolitisch über deren spezifische Emission gesteuert und gleichzeitig eine Kompensation mit Elektroautos ermöglicht, deren Emission als Nullemission definiert wird, führt die Zunahme des Anteils der Elektroautos wie oben beschrieben zur Aufweichung des Effizienzziels für Fahrzeuge mit fossilen Brennstoffen. Unter den derzeit gegebenen Rahmenbedingungen wirkt dieser Rebound als Backfire-Effekt.

6.2 Finanzieller Rebound

Die steuerliche Ungleichbehandlung von Benzin und Elektrizität führt zu niedrigen Betriebskosten von Elektroautos und kann damit trotz höherer Anschaffungskosten zu Mehrverkehr führen.

Während Benzin- und Diesel-PKW über die Mineralölsteuer zumindest einen Teil ihrer Infrastrukturkosten finanzieren, tragen Elektrofahrzeuge keine Kosten der Straßeninfrastruktur, da auf Strom keine Mineralölsteuer erhoben wird. Elektroautos haben zwar höhere Anschaffungskosten und damit Fixkosten, liegen aber bei den fahrleistungsabhängigen Betriebskosten bei weniger als der Hälfte im Vergleich zu normalen PKW und öffentlichen Verkehrsmitteln (siehe Bild 34).

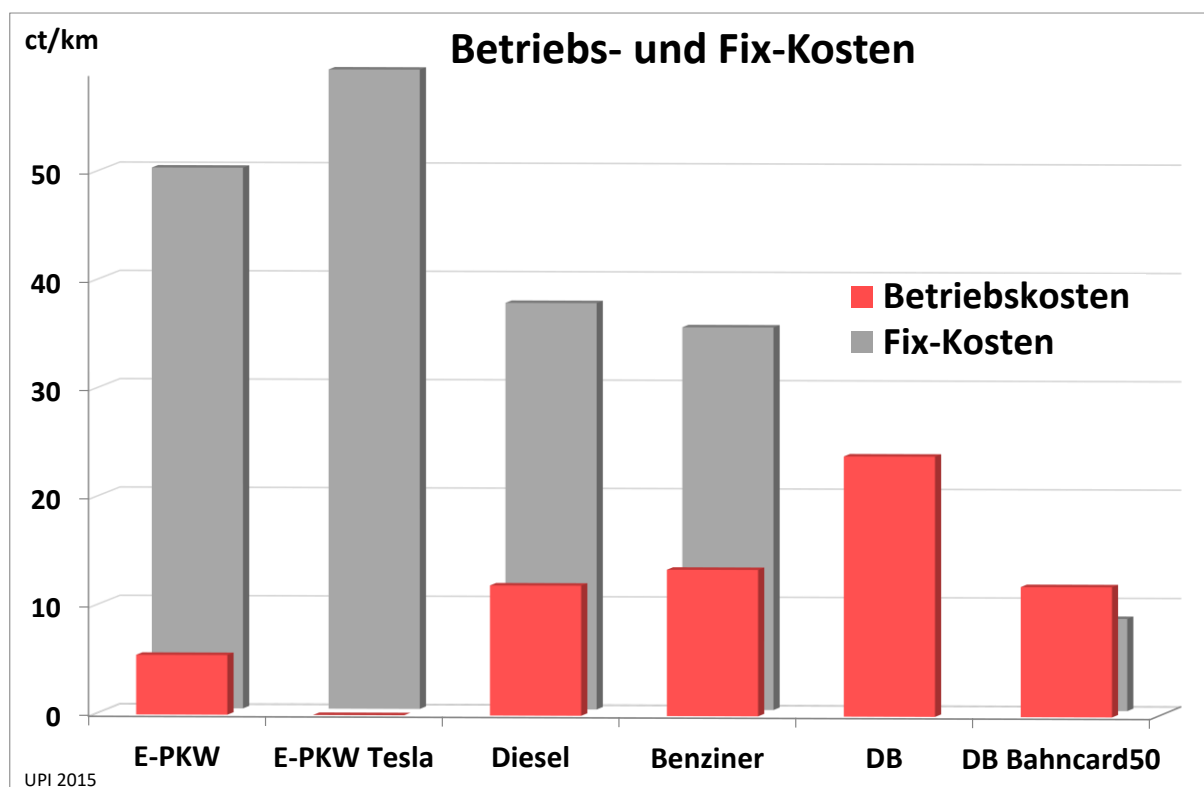


Bild 34: Fahrleistungsabhängige und fixe Kosten bei verschiedenen Verkehrsmitteln

Dadurch besteht bei Elektroautos ein starker Anreiz, „viel“ zu fahren, damit sich die hohen Anschaffungskosten „lohnen“. Sehr verstärkt wird dieser Rebound, wenn Elektrofahrzeugen kostenlose Stromtankstellen angeboten werden, wie dies etwa bei allen Elektroautos der Firma Tesla der Fall ist, die den Käufern ihrer Elektroautos kostenlose Stromtankstellen anbietet oder bei den durch ALDI Süd eingerichteten Ladestationen für Elektroautos. Im Mai 2015 sind bereits 50 ALDI-Ladestationen in Betrieb, an denen Elektroautos kostenlos geladen werden können.

Bei der Entscheidung über die Wahl eines Verkehrsmittels sind neben dem Zeitbedarf und dem Komfort des Verkehrsmittels die fahrleistungsabhängigen Betriebskosten die bestimmende Größe. Durch die niedrigen Betriebskosten der Elektroautos wird es deshalb mit der Zunahme der Zahl von Elektroautos sowohl zu einer Neuinduktion von Autoverkehr wie auch zu einer Verlagerung von Personenverkehr Öffentlichen Verkehr auf die Straße kommen.

Bild 35 zeigt die Höhe aller Abgaben und Umlagen auf den Strompreis privater Haushalte in Deutschland 2014.

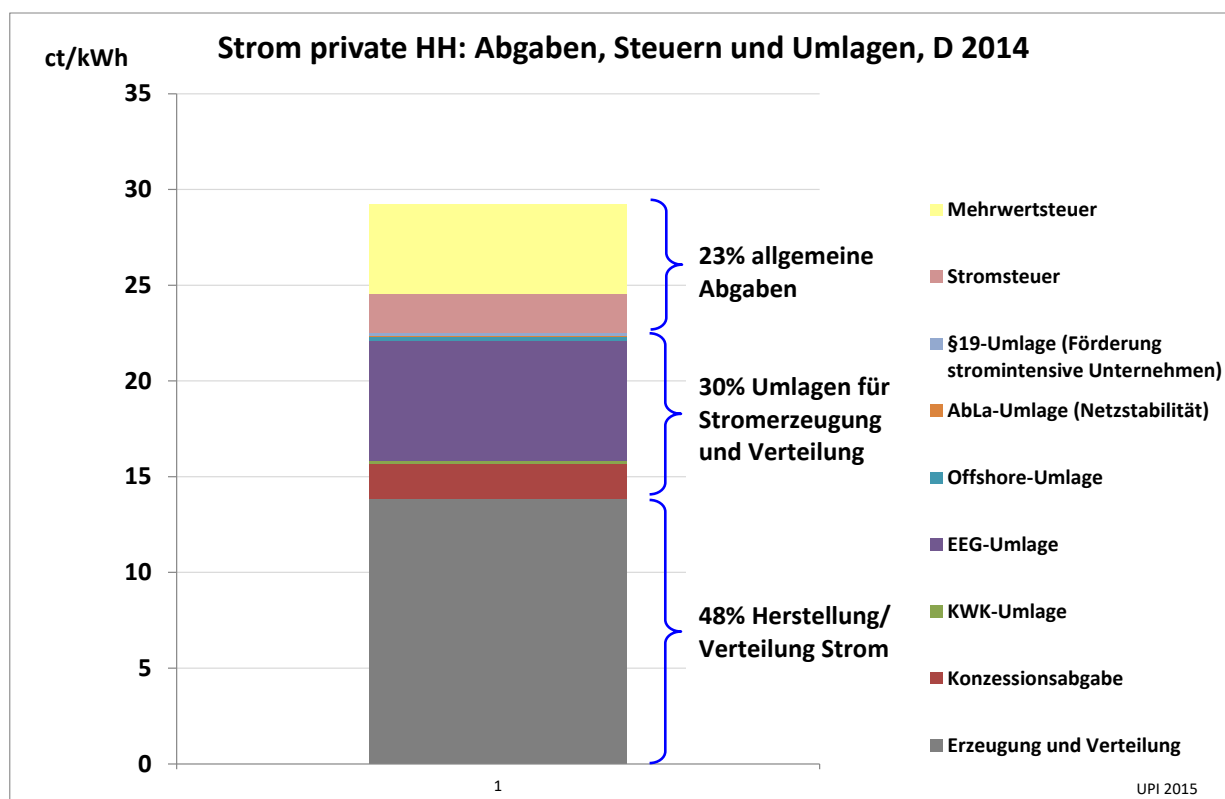


Bild 35: Abgaben und Umlagen auf Strom, Deutschland 2014

30% des Strompreises sind Umlagen und Abgaben für das Stromsystem selbst, mit dem z.B. die Einführung Erneuerbarer Energien finanziert wird oder Konzessionen für die Nutzung des öffentlichen Raums für die Verteilung des Stroms bezahlt werden. 23% sind allgemeine Abgaben, davon die Stromsteuer 7% und die Mehrwertsteuer 16%. Die Mehrwertsteuer ist eine allgemeine Steuer auf jeden Umsatz, die der Finanzierung der allgemeinen Staatsausgaben dient. Für die Finanzierung der Infrastrukturkosten des Verkehrs könnte höchstens die auf die Betankung der Elektroautos anfallende Stromsteuer herangezogen werden. Bild 36 zeigt die Höhe dieser Steuern bei Elektroautos und bei PKW mit Benzin- und Dieselmotor.

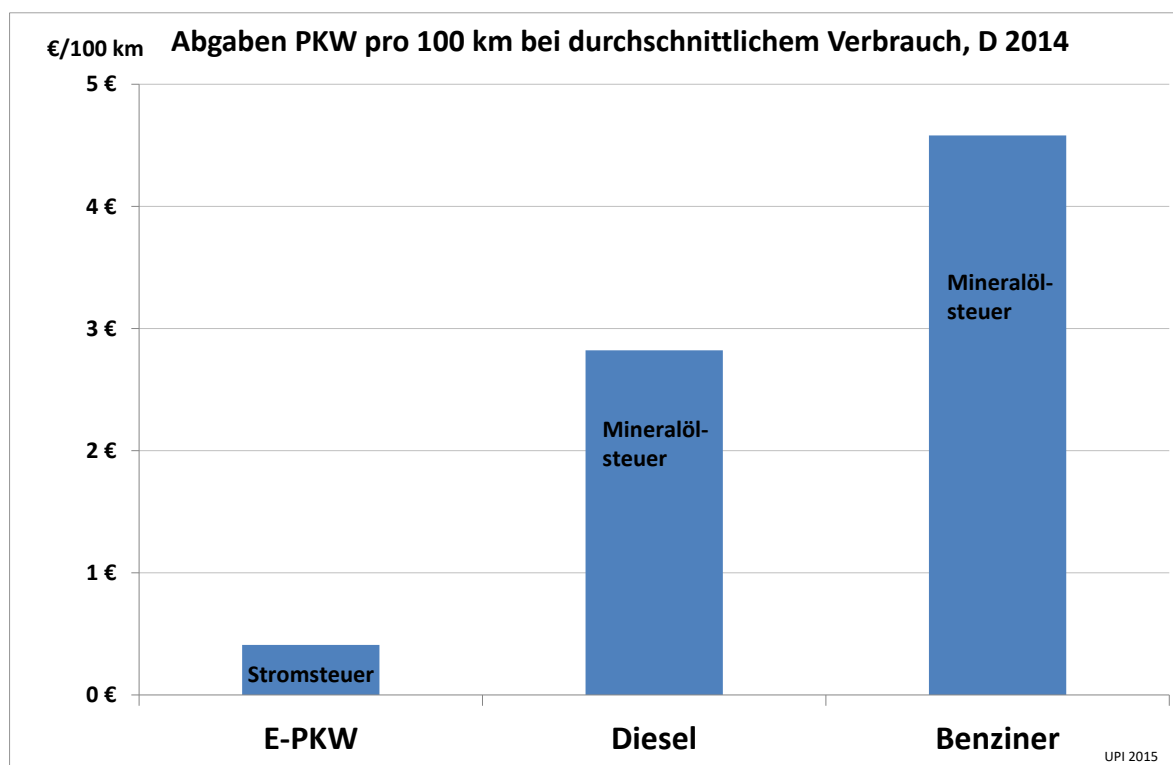


Bild 36: Allgemeine Steuern auf den Betrieb von Autos, Durchschnittswerte D 2014

Damit Elektroautos über ihre fahrleistungsabhängigen Kosten im gleichen Maße zur Finanzierung ihrer Infrastrukturkosten beitragen wie normale PKW, müsste die Stromsteuer um rund 800 % erhöht werden. Dies würde den Strompreis jedoch für alle privaten Verbraucher von heute 27 auf etwa 43 ct/kWh erhöhen, da der Verbrauch von Strom für Elektroautos nicht vom Stromverbrauch anderer Stromkunden zu trennen ist.

6.3 Mentaler Rebound

Die wahrgenommene geringe Umweltbelastung durch Elektroautos kann zur Substitution von Öffentlichem Verkehr und Fahrradverkehr durch Elektroautos führen. Elektroautos haben keinen Auspuff und gelten deshalb allgemein als umwelt- und klimafreundlich. Zusammen mit dem hohen Anschaffungspreis kann dies zu einem mentalen Rebound führen, der zuerst in Norwegen beobachtet und beschrieben wurde.³¹ Norwegen ist das Land mit dem höchsten Anteil an Elektroautos, inzwischen sind rund ein Fünftel der Neuwagen Elektroautos.

³¹ Zit. nach Bjart Holtsmark, Statistics Norway and Anders Skonhoft, Department of Economics, Norwegian University of Science and Technology, The Norwegian support and subsidy policy of electric cars. Should it be adopted by other countries?, Department of Economics, Norwegian University of Science and Technology Trondheim, Norway, 2014

Besitzer von Elektroautos nutzen auf dem Weg zur Arbeit in Norwegen deutlich häufiger das Auto als Öffentliche Verkehrsmittel, das Fahrrad oder die eigenen Füße. Besonders interessant ist ein Vorher-Nachher-Vergleich des Einflusses des Kaufs eines Elektroautos auf das Nutzerverhalten (Bild 37)

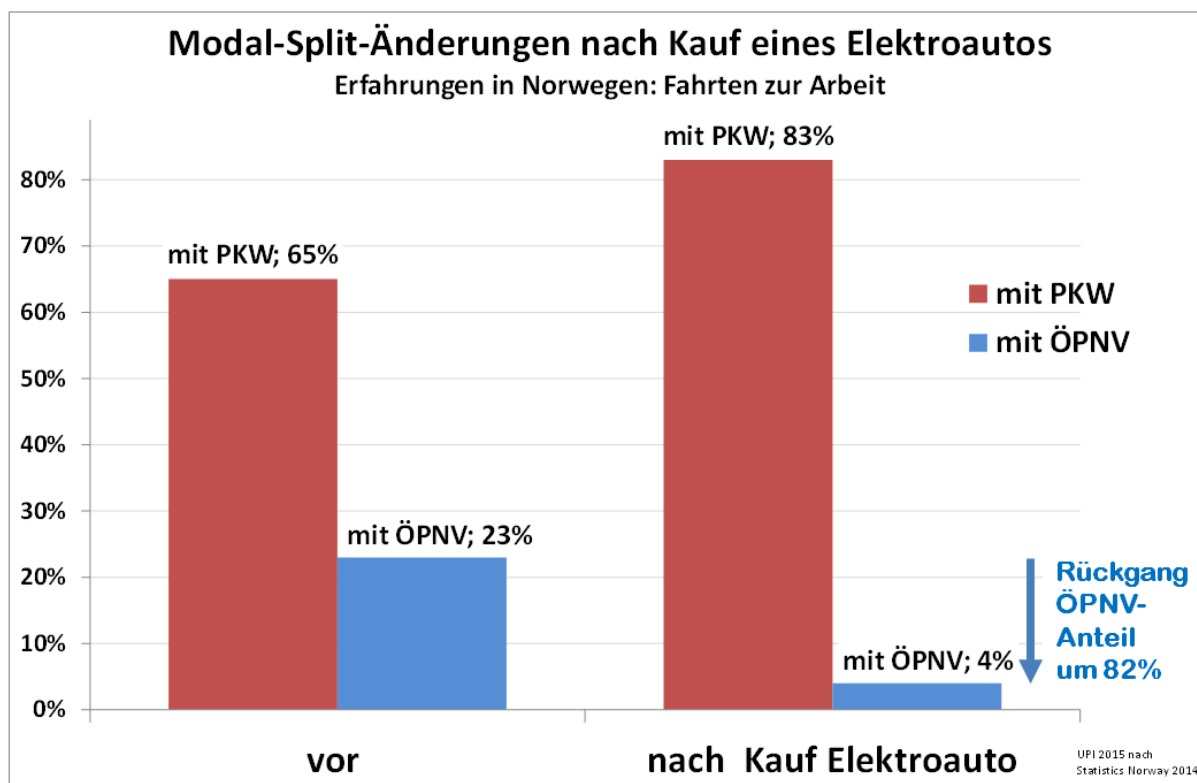


Bild 37: Modal-Split-Änderungen bei den Fahrten zur Arbeit bei Käufern von Elektroautos, aus ³¹

Während die Käufer eines Elektroautos vor der Anschaffung des Elektroautos noch zu 23% mit dem Öffentlichen Verkehr zur Arbeit fahren, sank dieser Anteil nach Anschaffung des Elektroautos auf nur noch 4% !

Fahrt zur Arbeit:	vor und	nach Kauf eines Elektroautos
mit PKW	65%	83%
mit ÖPNV	23%	4%

Tabelle 6: Änderung des Modal Split nach Kauf eines Elektroautos³¹

Untersuchungen zu diesem Thema liegen bisher aus Deutschland nicht vor. Es liegt jedoch eine interessante Studie der Technischen Universität Dresden vor, in der im Jahr 2015 u.a. die Jahresfahrleistung von 685 Besitzern von E-PKW erhoben wurde. Dabei ergab sich, dass

die durchschnittliche Jahresfahrleistung der Befragten mit dem E-PKW 80% höher lag als die Jahresfahrleistung normaler PKW.

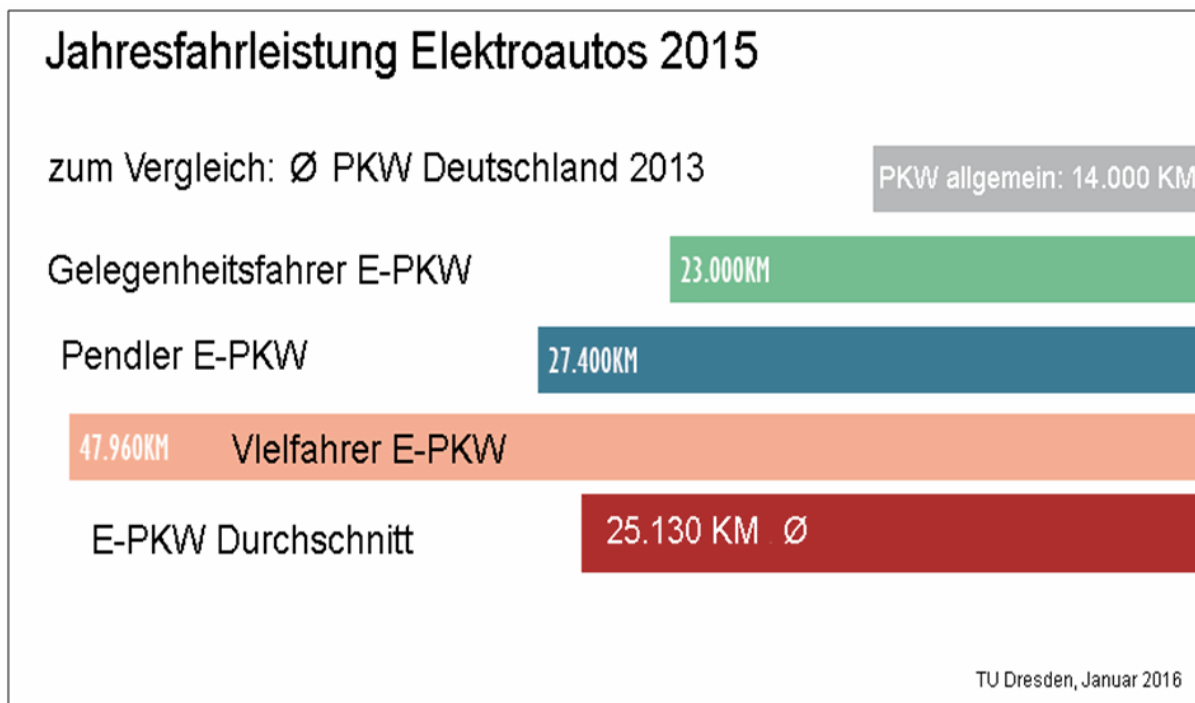


Bild 38: Jahresfahrleistung von Besitzern von E-PKW, aus ³²

Dabei gaben nur 4% der befragten E-PKW-Besitzer an, den E-PKW für Langstrecken zu benutzen. Die um ca. 11 000 km höhere Jahresfahrleistung von Elektroautos dürfte also vor allem durch eine häufigere Nutzung im Vergleich zu normalen PKW zustande kommen, wie dies bereits die Untersuchung über Modal-Split-Änderungen durch Elektroautos in Norwegen ergeben hat.

Modal-Split-Änderungen durch Elektroautos sind bisher in keiner Ökobilanzierung oder CO₂-Szenarienberechnung über Elektromobilität berücksichtigt.

6.4 Funktionaler Rebound

Da Elektroautos in der Reichweite begrenzt sind, können sie in der Regel einen normalen PKW nicht ganz ersetzen. Sie werden deshalb vor allem als Zweitwagen beworben und gekauft. Dadurch erhöhen sie die Fahrzeugzahl, was das Flächen- und Stellplatzproblem in Städten verschärft und den Ressourcenverbrauch bei der Fahrzeugherstellung.

³² Pessier, R., Raupbach, A., Elektromobilität funktioniert?! - Alltagstauglichkeit für die Langstrecke, Technische Universität Dresden, 2016

Sie befinden sich hier: [Automotive](#) > [elektromobil](#)

Umfrage

Elektroautos haben das Zeug zum **Zweitwagen**

16.04.14 | Redakteur: Gerd Steiler

ELEKTROAUTO

Das Wagnis BMW i3

Seite 2/2: Ein **Zweitwagen** für Wohlhabende.



Blick in den Innenraum des BMW i3 | © BMW

Elektroautos in Norwegen

Zweitwagen für Busmuffel

Die Norweger sind Weltmeister beim Kauf von Elektroautos. Aber die Kritik an Beihilfen wächst und der Öko-Nutzen ist umstritten.

STOCKHOLM taz | Norwegen hat einen neuen Elektroautorekord aufgestellt. Mal wieder. Im August hatten 15 Prozent aller neu zugelassenen Pkw einen Elektroantrieb, mit dem e-Golf lag ein Elektroauto auf Platz 2 der Zulassungsstatistik. Im Jahresschnitt liegt der Anteil der E-Autos 2014 deutlich über 10 Prozent, und über 10 Prozent liegt auch der Anteil Norwegens als Importland für alle weltweit produzierten Elektroautos.

Ist damit das Erdölland Norwegen ein Klimavorreiter, dem andere Länder schleunigst folgen sollten? Nichts wäre verkehrter, meint Anders Skonhoft, Volkswirtschaftsprofessor an der Uni Trondheim. Oslos staatliche Subventionspolitik für Elektroautos sei nämlich „blanker Wahnsinn“.

Unter Zugrundelegung des norwegischen Modells und ausgehend von einer 10-jährigen Lebensdauer des Fahrzeugs werde der Käufer eines Elektroautos in Form reduzierter Steuern und Abgaben mit jährlich rund 6.200 Euro subventioniert. Ein durchschnittliches E-Auto reduziere die Kohlendioxidbelastung pro Jahr aber gerade mal um 0,6 Tonnen. Eine Tonne weniger CO₂-Ausstoß koste also fast 10.000 Euro. Mit diesem Geld könne man die CO₂-Belastung der Atmosphäre wesentlich effektiver vermindern.

taz 9. Sept. 2014

Bild 39: Aspekte zum funktionalen Rebound: Elektroautos als Zweitwagen

Das DLR-Institut für Verkehrsforschung befragte 2014 mehr als 3 000 Besitzer von Elektroautos³³ und lieferte damit ein realitätsnahes Bild über die Nutzung batteriebetriebener Fahrzeuge.³⁴ 43% der Käufer von Hybrid-PKW und 59% der Käufer von Elektroautos nutzen diese als zusätzlichen PKW, nur etwa die Hälfte der Käufer schaffte nach dem Erwerb einen anderen PKW ab. Der Großteil der Befragten fühlt sich übrigens umweltbewusst, 82% der Befragten benutzen allerdings nach dem Kauf des Elektroautos das Elektroauto täglich, das Fahrrad nur zu 12% und den ÖPNV nur zu 4% täglich.

³³ davon 1946 private und 1166 gewerbliche Nutzer

³⁴ DLR, Erstnutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung, 2015

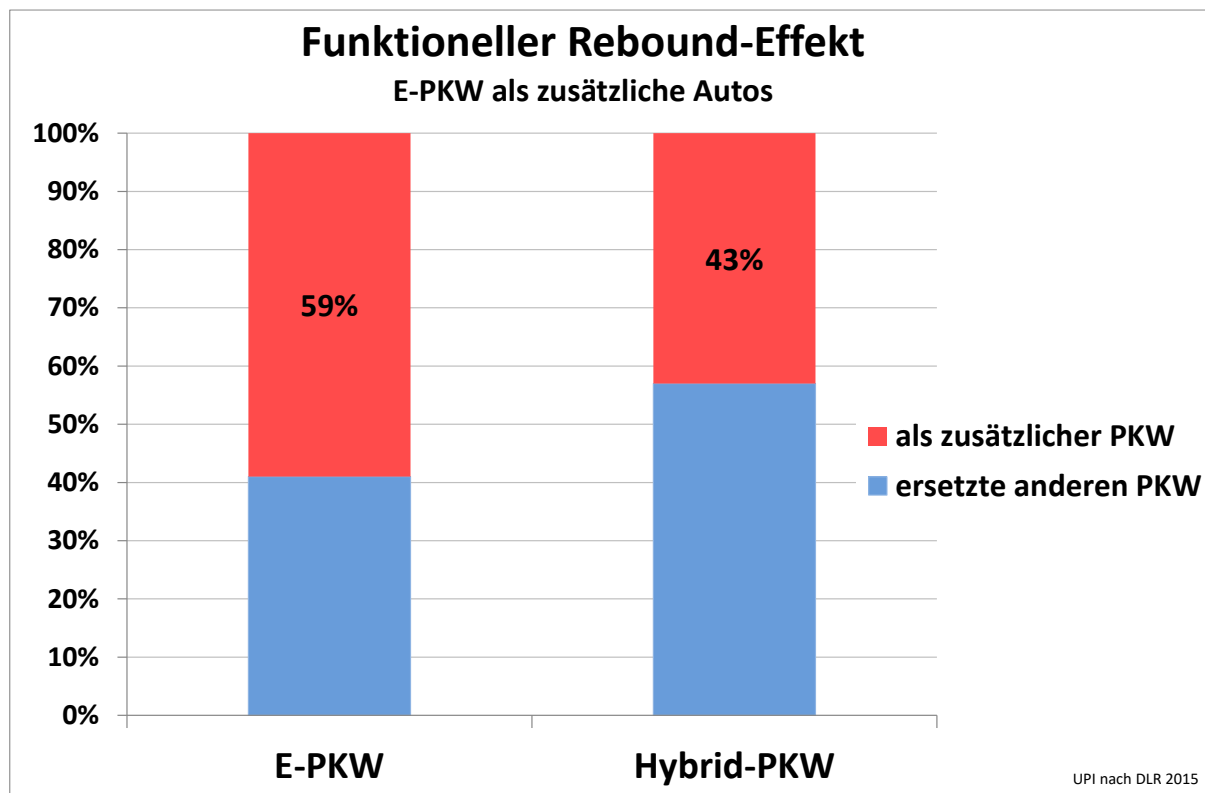


Bild 40: E-PKW als zusätzliche Autos

Ein PKW benötigt im Mittel 2,3 Stellplätze. Durch diesen Rebound-Effekt würde die Zunahme von Elektroautos zu einer Verschärfung des Stellplatzproblems in Städten führen. Der erhöhte Ressourcenverbrauch durch die Zunahme der Fahrzeugzahl ist bisher in keiner Öko-Bilanz oder Szenarienberechnung von Elektroautos berücksichtigt.

Die vier beschriebenen Rebound-Effekte führen in ihrer Summe zu einem deutlichen Backfire-Effekt: Elektroautos verringern heute und in den nächsten 1 bis 2 Jahrzehnten keine Umwelt- und Klimaprobleme, sondern verschärfen sie massiv.

7 Förderprogramme für Elektromobilität

Da es einerseits der Automobilindustrie und der Bundesregierung gelungen ist, das Ziel „Eine Million Elektroautos“ erfolgreich im öffentlichen Bewusstsein zu verankern und andererseits der Absatz von Elektroautos diesem Ziel bisher bei weitem nicht entspricht, entstanden an verschiedenen Stellen Ideen und Programme, die die Markteinführung von Elektroautos unterstützen wollen. Im Folgenden werden einige dieser Konzepte näher untersucht.

7.1 „Konzept eines Marktförderprogramms für Kraftfahrzeuge mit besonders niedrigen lokalen Emissionswerten“ („Krüger-Konzept“)

Besonders im Bereich der Partei der GRÜNEN wurde in den letzten Jahren ein alternatives Programm zur Förderung von Elektroautos diskutiert, bei dem die Neuanschaffung von Fahrzeugen mit einem Energieverbrauch unter 30 kWh/100 km mit Beträgen in der Größenordnung von 2 500,- bis 6 000,- € subventioniert werden soll. Finanziert werden soll diese Förderung durch Abgaben auf Fahrzeuge mit einer CO₂-Emission über 100 g CO₂/km.

Förderregeln „postfossile Mobilität“	Förderregeln Details
<ul style="list-style-type: none"> • Der 100 gr. CO₂/km übersteigende Anteil wird mit 20 Euro/gr. CO₂ belegt. Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> • VW Golf 7 (99 – 117 gr CO₂/km) -> 0 - 340 Euro • Mercedes E400 (160 gr CO₂/km) -> 1.200 Euro • Audi Q7-4,2 ((242 g CO₂/km) -> 2.840 Euro • Unter 30 kWh/100 km Energieverbrauch gibt es eine Förderung von 2.500 Euro zzgl. 200 Euro für jede kWh/100 km weniger. Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> • Renault ZOE (14,6 kWh/100 km) -> 5.580 Euro • Smart-ED (15,1 kWh/100 km) -> 5.480 Euro • Höchstgrenze 25% des Brutto-Listenpreises 	<ul style="list-style-type: none"> • Jedes in Deutschland erstmalig in Verkehr gebrachte Fahrzeug wird belegt/gefördert, auch wenn es bereits in einem anderen Land zugelassen war. Ausnahme: es ist zuvor in einem Land bereits gefördert worden. • Es werden nur Fahrzeuge mit mindestens 2 Sitzplätzen und Autobahnzulassung gefördert. • Quartalsweise Berichterstattung über den Fördertopf, mindestens jährliche Anpassung der Verbrauchs- bzw. Emissionshorizonte sowie der Förderbeträge.
<small>09.03.2015 StefanKrüger, Ingenieurbüro für Energieeffizienz 17</small>	<small>09.03.2015 StefanKrüger, Ingenieurbüro für Energieeffizienz 18</small>

Bild 41: Förderregeln nach dem Konzept S. Krüger³⁵

Da das Konzept weit verbreitet und diskutiert wurde und u.a. dazu führte, dass führende VertreterInnen der GRÜNEN die Subventionierung des Kaufs von Elektroautos mit bis zu 5 000 € fordern, sei an dieser Stelle etwas näher darauf eingegangen:

Ein Problem zeigt sich bereits im Titel des Konzepts: Es behandelt die CO₂-Emissionen, will aber laut Titel die „lokalen“ Emissionswerte reduzieren. Für das globale Klima ist der Emissionsort der Treibhausgase egal.

Ein größeres Problem ist, dass die Grafiken und Aussagen in dem Krüger-Konzept einen grundlegenden Fehler enthalten (siehe Bild 42): Die untere Koordinate zeigt die Einheit „Liter Treibstoff/100 km“. Die darüber liegende Koordinate zeigt die entsprechende CO₂-Emission beim Verbrennen des Treibstoffs in der Einheit „g CO₂/km“. In der oberen Koordinate hat

³⁵

Stefan Krüger, Konzept eines Marktförderprogramms für Kraftfahrzeuge mit besonders niedrigen lokalen Emissionswerten, 2012, aktualisiert 2015

Krüger den Brennwert des Benzins/Diesels in die Einheit „kWh/100 km“ umgerechnet³⁶. Soweit ist es richtig.

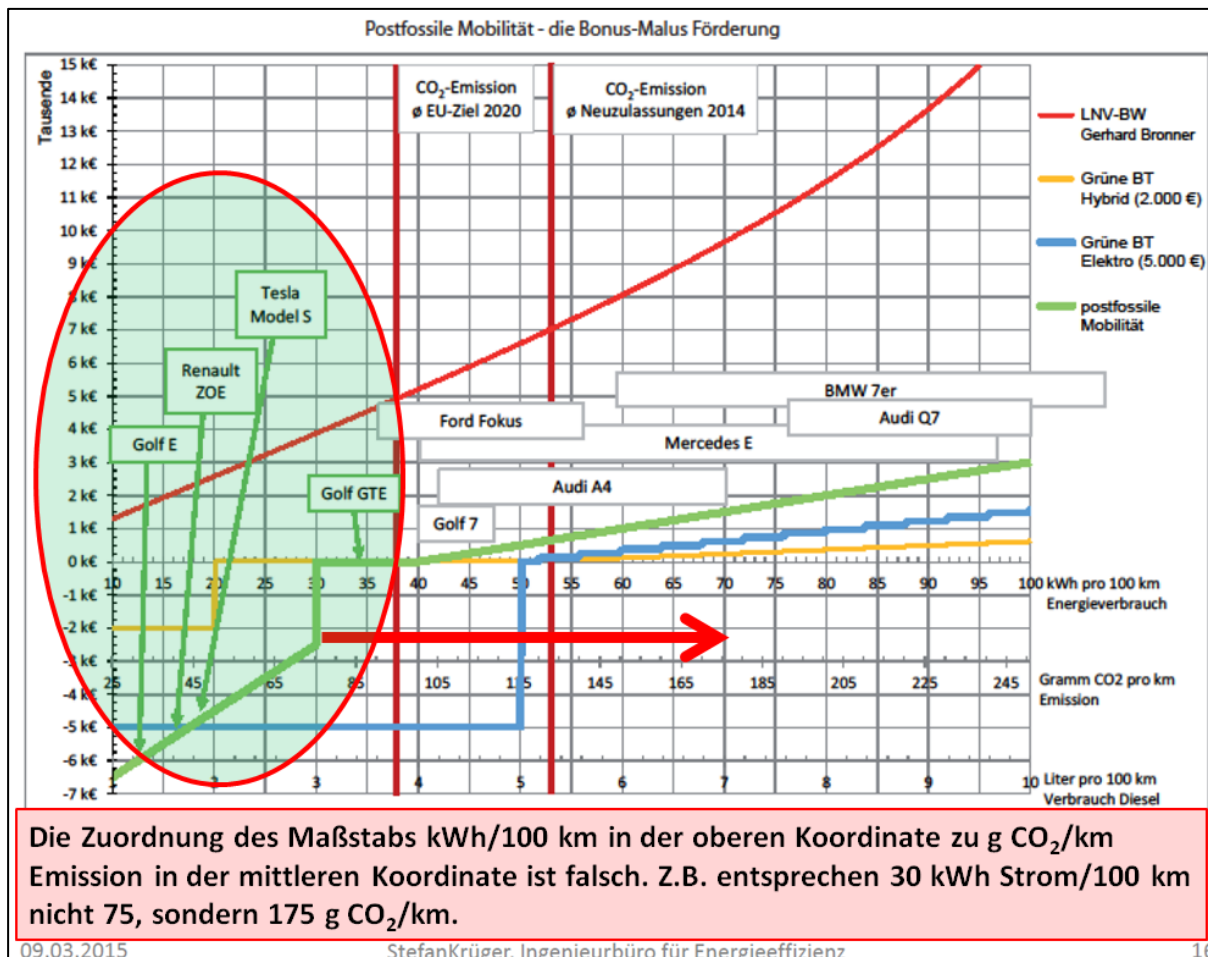


Bild 42: Hauptgrafik auf Seite 16 des Marktförderkonzepts von S. Krüger

Falsch wird es dadurch, dass für die in der oberen Koordinate eingetragenen Elektroautos für die CO₂-Emission ebenfalls die mittlere Koordinate „g CO₂/km“ verwendet wird. Der CO₂-Emissionsfaktor für Strom ist ein völlig anderer als der für Treibstoff. Letztlich wird hier Energie mit Exergie³⁷ verwechselt. Während der Treibstoff im Verbrennungsmotor aufgrund seines Exergiegehalts nur zu ca. 33% in mechanische Energie umgewandelt werden kann, wird der Strom im Elektromotor aufgrund seines hohen Exergiegehalts zu über 90% in mechanische Energie umgewandelt. Mit anderen Worten, Treibstoff hat zwar einen Brennwert von ca. 10 kWh/Liter. 10 kWh Strom haben aber in Bezug auf die Erzeugung mechanischer Energie nicht die gleiche Exergie wie 10 kWh Treibstoff, sondern ca. 2,7-mal

³⁶ „Der Umrechnungsfaktor für fossile Brennstoffe in kWh beträgt 10,9 kWh/l.“, Stefan Krüger, Konzept eines Marktförderprogramms für Kraftfahrzeuge mit besonders niedrigen lokalen Emissionswerten, S. 2

³⁷ Exergie ist der Anteil der Energie, der in Arbeit umgewandelt werden kann

soviel. Der hohe Exergiegehalt des Stroms ist die Ursache dafür, dass bei seiner Herstellung z.B. aus fossilen Brennstoffen nur ca. 40% der Primärenergie in Strom umgewandelt werden können, wodurch relativ viel CO₂ entsteht und der Emissionsfaktor pro kWh Strom deutlich höher liegt als pro kWh Benzin oder Diesel. Durch diesen Fehler entsteht der falsche Eindruck, Elektroautos lägen in Energieverbrauch und CO₂-Emissionen weit niedriger als normale PKW.

Die Wirkungsgrade bei Elektro- und Verbrennungsmotoren zeigt Bild 43. Beim Diesel- und Benzin-PKW treten die größten Verluste im Verbrennungsmotor auf, beim Elektroauto bei der Stromherstellung. Am Ende werden bei allen drei Antriebsarten nur rund 30% der ursprünglichen Primärenergie genutzt.

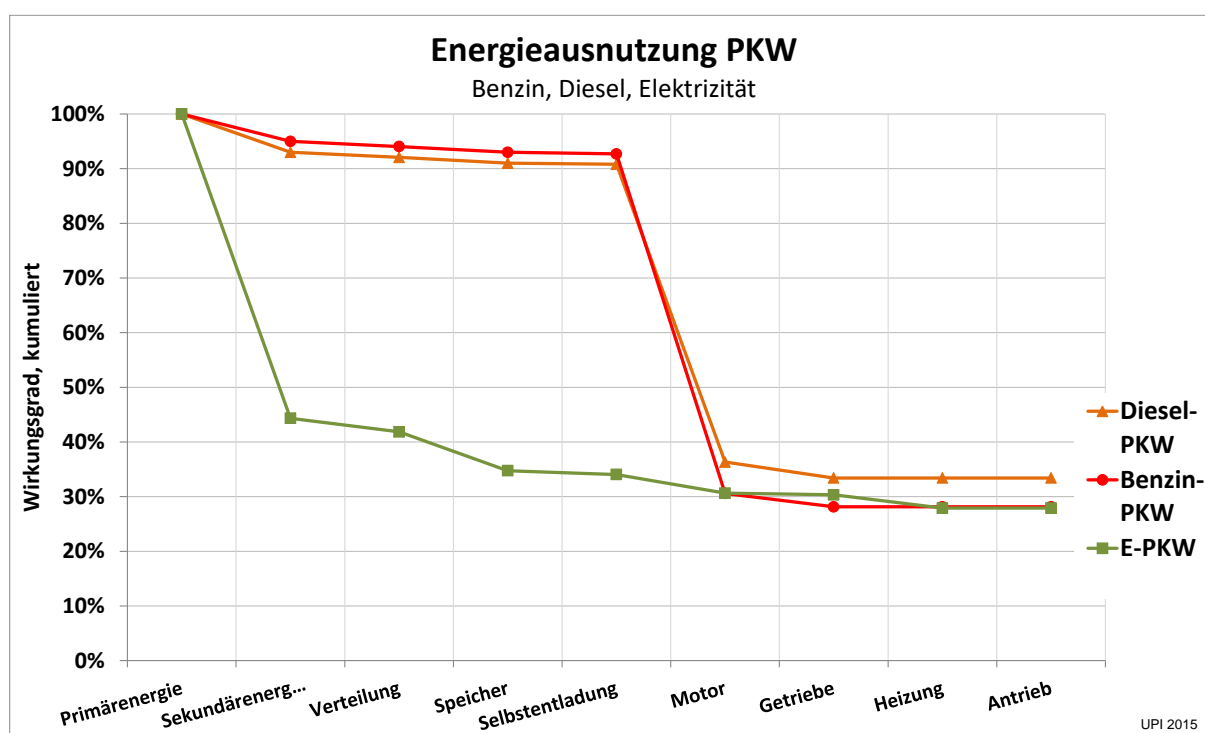



Bild 43: Gesamtwirkungsgrade bei Fahrzeugen mit Elektro- und Verbrennungsmotor

Entgegen der allgemein verbreiteten Meinung sind Elektroautos im Schnitt auch weder kleiner noch leichter als normale PKW. Dies war nur in der Anfangsphase der Entwicklung der Fall. Bild 44 zeigt die Leergewichte verschiedener PKW-Arten im Durchschnitt der Neuzulassungen 2013 in Deutschland.

Fehler! Keine gültige Verknüpfung.

Bild 44: Durchschnittliches Leergewicht PKW nach Antriebsarten 2013

Zu welchen Folgen eine Realisierung des Konzepts von Krüger führen würde, sei am Beispiel des von Tesla entwickelten Elektroautos S P85D (Bild 45) dargestellt. Dieses Elektrofahrzeug mit 700 PS, 2 Motoren, einer Höchstgeschwindigkeit von 240 km/h, einer Masse von 2,13 Tonnen und einer Beschleunigung von 0 auf 100 km/h in 3,4 sec würde nach dem Krüger-Konzept mit 4 880 € gefördert werden, da sein Stromverbrauch nach Angaben des Herstellers mit 18,1 kWh/100 km unter der Fördergrenze von 30 kWh/100 km liegt. Seine tatsächliche CO₂-Emission liegt zwar mit ca. 140 g CO₂/km um 8% über dem EU-Grenzwert 2015 und um 50% über dem Grenzwert 2020. Als Elektroauto wird seine Emission allerdings als Null definiert.



3 Seine Leistungsdaten sind reine Auto-Pornografie: 700 PS, wie ein Lamborghini Aventador, mit Allradantrieb und Beschleunigungswerten wie Porsche 911 Turbo, Ferrari 458 Italia oder diverse McLaren.

Handelsblatt 11.5.2015

4 Das Unternehmen gibt nach eigenen Angaben keinerlei Rabatte auf den Listenpreis. Kunden müssten sich ihren Rabatt vielmehr „erfahren“, so Schröder. Je mehr ein Kunde fährt – und dabei kostenlos am Supercharger auflädt – desto mehr spart er gegenüber einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Und da Elektromotoren laut Tesla

Video 09:37 Uhr 5

Tesla Model S P85D

Elektro-Wahnsinn auf Knopfdruck: Teslas Lamborghini-Killer mit 700 PS

700 PS und Allrad? Gibt's für 321.000 Euro bei Lamborghini (Aventador) - oder für ein Drittel des Preises bei Tesla. Der P85D rast mit Allrad und Mega-Power in eine ganz neue Liga. Und ist dabei noch familientauglich. FOCUS Online hat den ersten Videotest. »

**Herstellerangaben: 18,1 kWh/100 km, nach ADAC-Test: 24,2 kWh/100 km
= 140 g CO₂/km: 8% über EU-Grenzwert 2015 und 50% über Grenzwert 2020
1 S P85D kompensiert die Grenzwertüberschreitung von ca. 8 SUV (ohne Supercredits)**

→ Förderung nach Krüger-Vorschlag : 4 880 €/Fahrzeug, da <30 kWh/100 km

RNZ 19.5.2015

Bild 45: Beispiel Tesla S P85D

Bei Realisierung dieses oder ähnlicher Konzepte würde die Zahl der Elektrofahrzeuge durch die starken finanziellen Anreize deutlich zunehmen. Dies würde die Grenzwertüberschreitungen großer PKW legalisieren und die dadurch entstehenden EU-Strafzahlungen vermeiden. Diese liegen in Zukunft bei leistungsstarken PKW mit hohem Energieverbrauch in der Größenordnung von 4 000 bis 11 000 € pro Grenzwertüberschreitung (Bild 46). Demgegenüber lägen die Abgaben nach dem Konzept Krüger für große Fahrzeuge mit

Grenzwertüberschreitungen um rund 75% bis 80% niedriger als die zukünftigen EU-Strafzahlungen (die durch das Krüger-Konzept vermieden würden.) Die stattdessen nach dem Krüger-Konzept erhobenen Abgaben in einer Größenordnung von 2 700 € für z.B. einen Porsche Cayenne GTS mit einer Masse von 2,11 Tonnen und einer CO₂-Emission von 234 g CO₂/km wären bei einem Preis von 98 000 € irrelevant.

Fehler! Keine gültige Verknüpfung.

Bild 46: Strafzahlungen (EU) bei Überschreitung des CO₂-Grenzwerts und Abgaben nach Konzept Krüger

7.2 Integriertes Handlungsprogramm zur Förderung der E-Mobilität in München

Mit diesem im Mai 2015 beschlossenen Programm will München die Elektromobilität mit insgesamt 30 Millionen Euro fördern. In einer Studie der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken München wurde untersucht, wie und mit welchen Folgen Elektromobilität in München gefördert werden könnte.³⁸ Dabei wurde allerdings der wichtige Aspekt der Kompensationswirkung von Elektroautos innerhalb der Flottenemissionsbegrenzung der EU (siehe Kapitel 4) nicht berücksichtigt. So prognostiziert die Untersuchung eine deutliche Abnahme der Emission von Klimagasen durch E-Mobilität (Bild 47). Berechnungsannahmen jeweils: Szenario 1: 10%, Szenario 2: 43% und Szenario 3: 83% aller Autos in München sind bis 2030 Elektroautos.

³⁸ Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE) in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken München (SWM): „Modellregion Elektromobilität München - Szenarien für das Potenzial an Elektrofahrzeugen im Münchner Individualverkehr bis 2030“, 2010

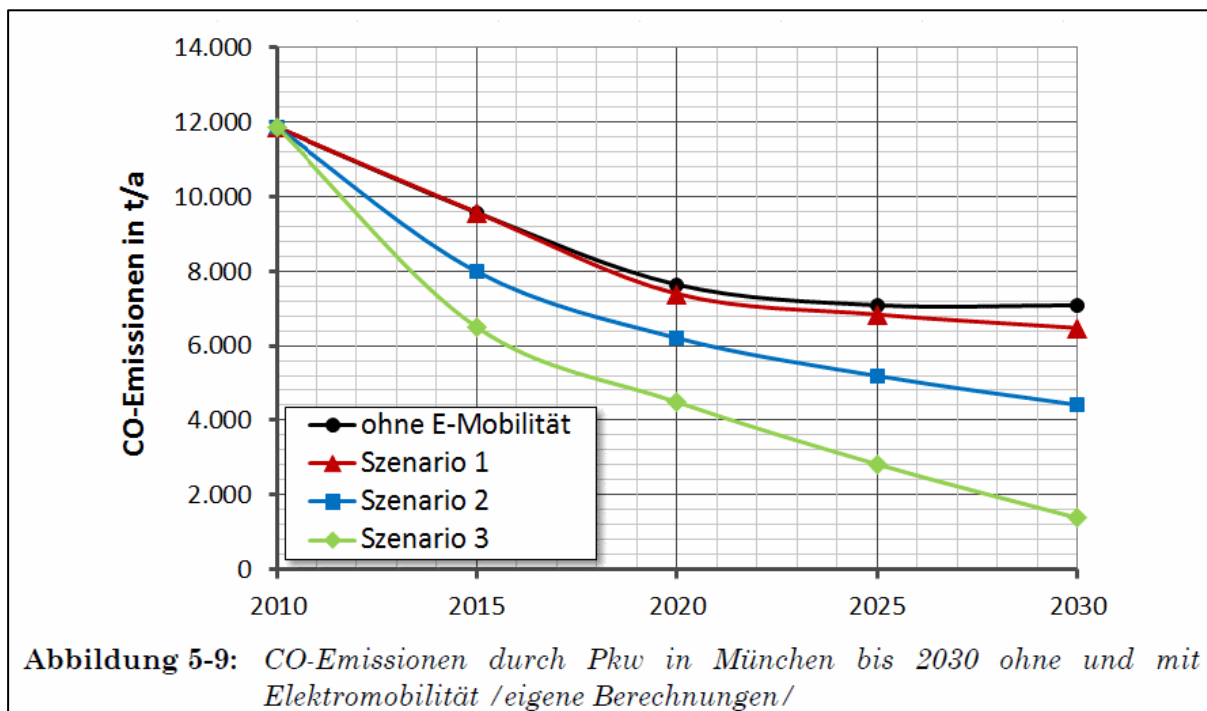


Bild 47: Berechnung der CO₂-Emissionen durch PKW in München in drei Szenarien, aus ³⁸, ohne Kompensationswirkung von Elektroautos innerhalb der Flottenemissionsbegrenzung der EU und ohne Rebound-Effekte

Wesentlich geringere Reduktionswirkungen prognostiziert die Untersuchung für die Schadstoffemissionen des PKW-Verkehrs (Bild 48 und Bild 49). Erst bei einer weitgehenden Ersetzung der PKW-Flotte durch Elektroautos zeigen sich spürbare Emissionsminderungseffekte. Auch ohne Elektroautos sinken die Schadstoffemissionen in Zukunft deutlich, da die Abgasgrenzwerte für Neuwagen in den letzten Jahren weiter abgesenkt wurden. Die neueste Abgasnorm EURO 6 gilt für alle Neuwagen ab 1.9.2015, Das Problem ist, dass Elektroautos nicht mit alten PKW mit höheren Abgasemissionen konkurrieren, sondern mit PKW-Neuwagen der neuesten Generation mit EURO 6. Ohne Elektroautos sinkt die Feinstaubemission durch Dieselmotoren in München nach der Untersuchung von 2010 bis 2030 um 91%. Selbst wenn bis 2030 in Szenario 3 83% der PKW durch Elektro-PKW ersetzt werden, lässt sich die Feinstaubemission bis 2030 lediglich noch um weitere 7% reduzieren. Auch diese Rechnung berücksichtigt allerdings weder die Kompensationswirkung und damit Unterstützung von Elektroautos für große PKW mit Verbrennungsmotor noch Rebound-Effekte.

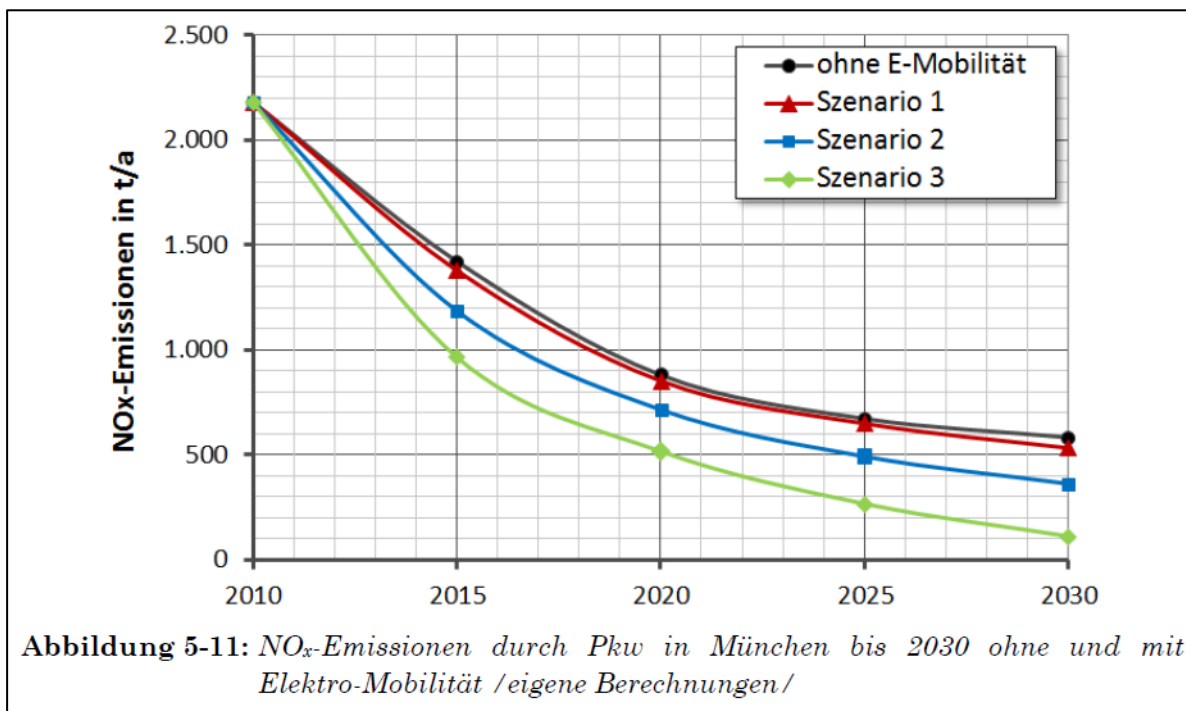


Bild 48: Berechnung der NO_x-Emissionen durch PKW in München, aus ³⁸

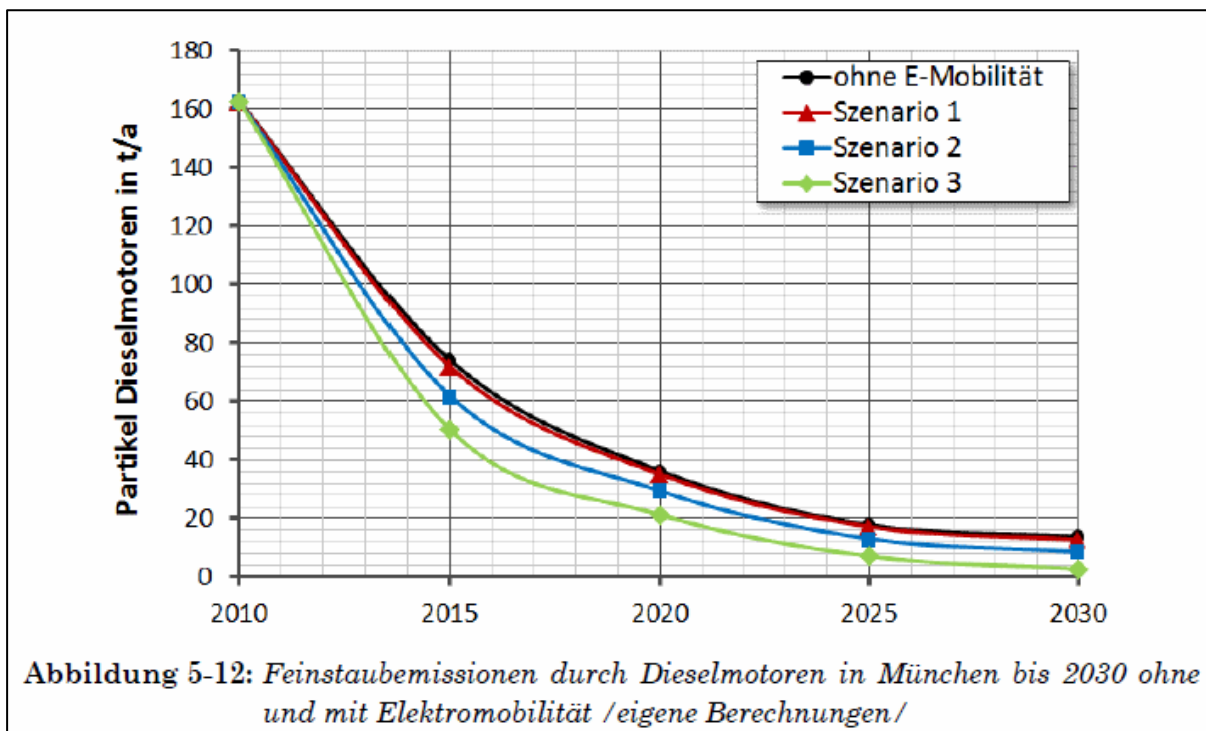


Bild 49: Berechnung der Feinstaub-Emissionen durch PKW in München, aus ³⁸

In Bezug auf den Verkehrslärm kommt die Münchner Untersuchung zu dem Ergebnis: *„Geräuschemissionen im Straßenverkehr können durch einen steigenden Anteil an Elektrofahrzeugen kaum reduziert werden, da bei neuen Kfz bereits ab niedrigen Geschwindigkeiten das Motorgeräusch durch das Fahrgeräusch übertroffen wird.“*³⁸

Inzwischen wurde von den Protagonisten des Förderprogramms in München erkannt, dass die geförderte Elektromobilität keinen Beitrag zum Klimaschutz leistet. Dies wurde jedoch vor der Entscheidung im Münchner Stadtrat nicht kommuniziert. Als Begründung für die 30 Millionen Euro-Subvention werden inzwischen lediglich noch die Reduktion der Schadstoff-Emissionen und des Verkehrslärm angeführt.³⁹

8 Elektroautos in der Zukunft: Voraussetzungen

Am Beginn der Automobilentwicklung vor 120 Jahren war der Elektromotor die dominierende Antriebsart, zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es weltweit über 500 Marken von Elektroautos. Danach jedoch setzte ein Rückgang der Elektroautos ein, da der billiger werdende Treibstoff die Nachteile bei der Speicherung der Elektroenergie (hohe zu bewegendende Masse der Batterien, lange Ladezeit, geringe Reichweite) überwog. Nur dort, wo eine Speicherung der Elektrizität nicht notwendig ist, blieb der Elektroantrieb erhalten bzw. setzte sich bei neuen Systemen durch (U-Bahn, S-Bahn, Straßenbahn, Elektrolokomotive, Oberleitungsbus).

Wie Bild 50 zeigt, bestehen die Probleme auch heute noch: Die Speicherung von Strom erfordert auch bei modernen Akkus aus physikalischen Gründen eine um mehr als eine Größenordnung höhere Masse als die Energiespeicherung mit flüssigen Treibstoffen.

Deshalb erfolgte ein Marktdurchbruch bei Batteriefahrzeugen bisher erst im Bereich E-Bike und Pedelecs, da hier aufgrund der wesentlich geringeren Fahrzeugmasse, der geringeren Reichweite und der integrierten Muskelkraft die zu speichernde Strommenge viel kleiner ist als bei E-PKW. Während der Absatz von E-PKW auf sehr niedrigem Niveau stagniert, nahm der Absatz von Pedelecs in Deutschland von 200 000 in 2010 auf 480 000 in 2014 zu.

³⁹

www.muenchen.de/rathaus/Stadtinfos/Presse-Service/2015/Stadt-will-Elektromobilit-t-mit-30-Millionen-Euro-f-rdern.html

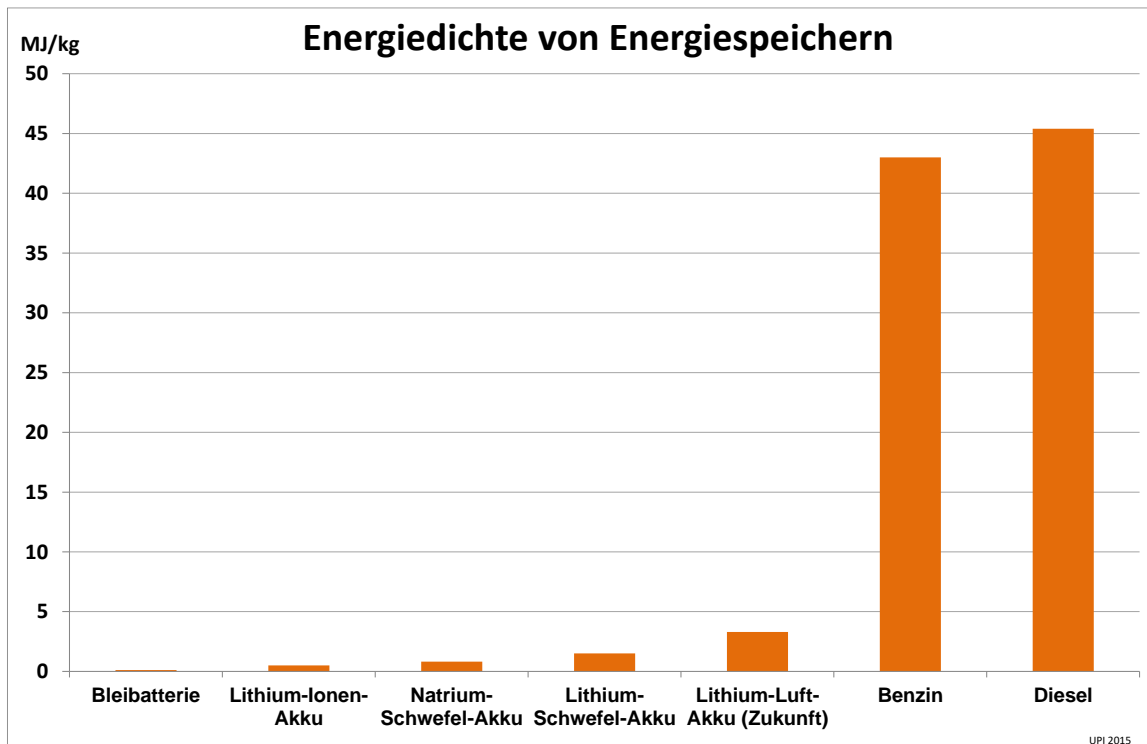


Bild 50: Energiedichte verschiedener Energiespeicher

E-Mobilität ist heute sinnvoll bei

- schienengebundenem öffentlichem Verkehr (keine Speicherung des Stroms notwendig, geringe Rollreibung Stahl-Stahl, geringer Flächenbedarf)
- Pedelecs und E-Lastenrädern (geringe Masse, Unterstützung der Muskelkraft, Ausdehnung des Einsatzbereichs des flächen- und ressourcensparenden Fahrrads, keine Kompensation von Grenzwertüberschreitungen großer PKW)

Bei Elektroautos dagegen bestehen neben den technischen Problemen in Deutschland aus ökologischer Sicht heute noch folgende Nachteile:

1. Bis etwa 2030 wird der zunehmende Einsatz von regenerativen Energiequellen im Wesentlichen nur den Rückgang der Kernenergie kompensieren. Die CO₂-Bilanz von Elektroautos wird in diesem Zeitraum deshalb nicht besser sein als die normaler PKW. Die Höhe der CO₂-Emissionen hängt in dieser Zeit vor allem von der Masse des Fahrzeugs ab, weniger von der Antriebsart.
2. Beim Einsatz von E-PKW treten die in Kapitel 6 beschriebenen Rebound-Effekte auf, die zu einer Verschärfung ökologischer Probleme (Flächenverbrauch, Überlastung des Straßennetzes, Platzbedarf in Städten, Verlagerungseffekte auf das Verkehrsmittel mit dem höchsten Ressourcenverbrauch, Erhöhung des Unfallrisikos, Erhöhung der CO₂-Emissionen) führen.

3. Durch die Definition von Elektroautos als „Null“-Emissionsfahrzeuge und die Kompensationsmöglichkeit von Grenzwertüberschreitungen innerhalb der EU-CO₂-Grenzwertgesetzgebung (siehe Kapitel 4) führen Elektroautos nicht zu einer Verringerung, sondern zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen.

Langfristig könnten Elektroautos allerdings eine wichtige und auch ökologisch sinnvolle Rolle im Verkehrsgeschehen spielen, wenn diese Probleme gelöst werden. Dazu müssen folgende Voraussetzungen geschaffen werden:

8.1 Berechnung der CO₂-Flottenemission mit realer statt mit „Null“-Emission

Für die Berechnung der CO₂-Flottenemission muss bei Elektroautos wie bei allen anderen Fahrzeugen die reale CO₂-Emission, nicht eine angebliche „Nullemission“ eingehen. Dazu müssen die entsprechenden EU-Verordnungen und Richtlinien geändert werden. Der notwendige Übergang von dem NEFZ-Testzyklus zu einem realistischeren Testzyklus bietet dazu eine Möglichkeit.

8.2 Deutliche Abnahme fossiler Brennstoffe in der Stromerzeugung

Maßstab für die CO₂-Emission der Stromerzeugung ist nicht, wie oft angenommen, der Anteil regenerativ, sondern der Anteil fossil erzeugten Stroms. Solange der Zuwachs CO₂-armen, regenerativ erzeugten Stroms im Wesentlichen nur den Rückgang der Kernenergie kompensiert, sinken die spezifischen CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung kaum.

Der Anteil regenerativer CO₂-armer Energiequellen an der Stromerzeugung muss deshalb erst so hoch werden, dass neben der Kernenergie auch ein erheblicher Teil der fossilen CO₂-reichen Primärenergie ersetzt wird. Erst dann verbessert sich die Ökobilanz des Elektroantriebs. Dies ist in einigen wenigen Ländern (Norwegen, Schweiz) bereits heute der Fall,⁴⁰ in Deutschland wird dies erst nach 2030 oder später der Fall sein.

8.3 Vorsorge gegen eine Verlagerung von Verkehr vom ÖV auf den MIV

Für die in Kapitel 6 beschriebenen Rebound-Effekte müssen Lösungen gefunden werden: Elektroautos werden hoch subventioniert, da sie bisher von ihren Infrastrukturkosten freige-

⁴⁰ ähnliches gilt für Frankreich mit 75% Kernenergie und 8% fossiler Stromerzeugung

stellt sind. Um eine Kannibalisierung des Öffentlichen Verkehrs durch Elektroautos zu vermeiden, muss diese Subventionierung der fahrleistungsabhängigen Kosten beendet werden, bevor Elektroautos breit eingeführt werden. Würde dies versäumt, wäre mit einer Zunahme von Verkehrsstaus, Verkehrsunfällen, externen Kosten, Betriebskosten des ÖPNV und Flächenansprüchen des Verkehrs zu rechnen, da PKW-Verkehr deutlich mehr Flächenverbrauch, Unfallrisiken und externe Kosten verursacht als Öffentlicher Verkehr.

Bisher liegt kein Konzept für die Anlastung der Straßeninfrastrukturkosten bei Elektroautos vor. Da dies über den Strompreis nicht möglich ist, wäre es wahrscheinlich nur über eine fahrleistungsabhängige PKW-Maut entsprechend der LKW-Maut realisierbar.

8.4 Vermeidung eines Anstiegs der PKW-Zahl

Da Elektroautos bisher die Anforderungen an Reichweite und Ladefähigkeit nicht so erfüllen wie normale PKW, wird heute etwa die Hälfte der gekauften Elektroautos als zusätzliches Fahrzeug angeschafft (E-PKW als 2. oder 3. PKW). Dies erhöht das Flächen- und Stellplatzproblem des PKW-Verkehrs, besonders in Städten und Gemeinden und den Ressourcenverbrauch. Dieses Problem lässt sich erst durch die Einsatzreife effizienter und schnellladbarer Batterien lösen, wovon die Hersteller technisch noch weit entfernt sind.

8.5 Vorkehrungen gegen erhöhtes Unfallrisiko

Das in Kapitel 5 „Höhere Unfallrisiken durch Elektroautos“ beschriebene Problem einer höheren Gefährdung von Fußgängern und Fahrradfahrern durch Elektroautos muss vor einer Einführung von Elektroautos beseitigt werden. Möglich wäre, es auf die gleiche Art wie in USA und Japan durch einen obligatorischen Einbau eines Sound-Generators für Geschwindigkeiten unter 35 km/h zu lösen.

Tabelle 7 zeigt zusammengefasst die Voraussetzungen, die erfüllt werden müssen, damit Elektroautos in Zukunft einen wirksamen und nicht kontraproduktiven Beitrag zum Klima- und Umweltschutz liefern können.

Erst wenn alle diese Bedingungen erfüllt sind, führen Elektroautos nicht mehr zu einer Vergrößerung, sondern zu einer Verringerung von Umweltproblemen.

- 1. Berechnung der CO₂-Flottenemission mit realer statt mit „Null“-Emission**
- 2. Deutlicher Rückgang fossiler Brennstoffe in der Stromerzeugung**
- 3. Vorkehrungen gegen Verkehrsverlagerung vom Öffentlichen Verkehr auf die Straße durch E-PKW (u.a. Ende der Subventionierung der fahrleistungs-abhängigen Betriebskosten von E-PKW und Beteiligung an den Infrastrukturkosten)**
- 4. Vermeidung eines Anstiegs der PKW-Zahl (E-PKW als vollwertiger Ersatz normaler PKW)**
- 5. Vorkehrungen gegen erhöhtes Unfallrisiko durch E-PKW**

Tabelle 7: Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz von Elektroautos

Die Einhaltung der EU-CO₂-Flottengrenzwerte wird der Automobilwirtschaft in Zukunft zunehmend Probleme bereiten: die Grenzwerte werden in Zukunft gesenkt und der Testzyklus muss in absehbarer Zeit auf einen realistischeren Testzyklus umgestellt werden (siehe Kapitel 4.2). Die Einhaltung der Grenzwerte wird dadurch erschwert, dass bei fast allen Automobilfirmen die Hauptwachstumssegmente aus schweren und leistungsstarken Modellen mit hohem Verbrauch und hohen CO₂-Emissionen bestehen.

Die Automobilwirtschaft wird deshalb die E-Mobilität aus eigenem Interesse, auch ohne staatliche Subventionierung, weiterentwickeln, um die Möglichkeiten der Kompensation von CO₂-Grenzwertüberschreitungen durch Elektroautos in Anspruch nehmen zu können. Selbstverständlich versucht sie dabei im Rahmen ihrer Öffentlichkeitsarbeit und durch direkten und indirekten Einfluss auf die Politik, einen möglichst hohen Teil der Kosten der Entwicklung und Einführung von Elektroautos auf den Steuerzahler abzuwälzen.

Es ist angesichts der heute noch bestehenden ungelösten Probleme und negativen Folgen von Elektroautos jedoch nicht sinnvoll, deren Einführung von staatlicher Seite mit Subventionen oder Nutzeranreizen zu fördern.

Da in Ländern mit hohem Anteil von CO₂-freiem Strom wie Norwegen mit 99% Wasserkraftanteil der Anteil von Elektroautos an den Neuzulassungen bereits bei 20% liegt, muss nicht befürchtet werden, dass ohne staatliche Subventionen die Entwicklung von Elektroautos zum Stillstand käme. Die Aufgabe der Politik besteht darin, die Rahmenbedingungen so zu ändern, dass eine umweltfreundliche E-Mobilität in Zukunft möglich wird.

9 Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Herkunft der CO ₂ -Emissionen in Deutschland	4
Bild 2: Aufschlüsselung der indirekten CO ₂ -Emissionen des Kfz-Verkehrs	4
Bild 3: Entwicklung der Treibstoffarten des Straßenverkehrs.....	5
Bild 4: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen des Verkehrs	5
Bild 5: Spezifische CO ₂ -Emissionen Verkehrsmittel, Durchschnitt Deutschland 2017, (siehe auch Bild 27 auf Seite 30)	6
Bild 6: Spezifische CO ₂ -Emissionen nach PKW-Größen (BEV = Battery Electric Vehicle), aus	7
Bild 7: Primärenergieeinsatz in der Stromerzeugung in Deutschland 1990-2022.....	8
Bild 8: Anteile der Primärenergieträger in der Stromerzeugung Deutschland	8
Bild 9: Zusammensetzung der Stromerzeugung in Deutschland 2017.....	9
Bild 10: CO ₂ -Emissionsfaktor für den deutschen Strommix, aus UBA 2019.....	9
Bild 11: Grenzkostenbetrachtung beim Betrieb der Stromkraftwerke, aus	10
Bild 12: Spezifische CO ₂ -Emissionen der Stromerzeugung incl. Vorkette, aus	11
Bild 13: Spezifische CO ₂ -Emissionen von Elektro- und normalen PKW in der Schweiz (CH: weitgehend Strom aus Wasserkraft) und im EU-Durchschnitt.....	12
Bild 14: Prognose der Stromerzeugung in Deutschland.....	13
Bild 15: Prognose der CO ₂ -Emissionen aus der Stromerzeugung in Deutschland und des CO ₂ -Emissionsfaktors (violett).....	13
Bild 16: Änderung der Stromerzeugung bei Einführung von ca. 8 bis 11% Elektro- und Hybridautos in Deutschland bis 2030, aus ¹⁰	15
Bild 17: In den Szenarien zugrunde gelegte Kraftwerksleistung bis 2030, aus ¹⁰	16
Bild 18: Zubau von Windenergie und Photovoltaik in Deutschland 1990 – 2018.....	17
Bild 19: Anstieg der Emissionsgrenzwerte mit der Fahrzeugmasse.....	20
Bild 20: Trends bei PKW-Neuzulassungen.....	21
Bild 21: Geschwindigkeitsverlauf im Testzyklus NEFZ.....	22
Bild 22: Abweichungen zwischen den Ergebnissen des offiziellen Testzyklus NEFZ und den realen Emissionen, aus ¹⁷	23
Bild 23: Abweichungen zwischen den Ergebnissen des offiziellen Testzyklus NEFZ und den realen Emissionen, aus ¹⁷ ; roter Pfeil: Hybrid-PKW	24
Bild 24: Entwicklung der für die CO ₂ -Emission relevanten Parameter bei PKW-Neuzulassungen.....	25
Bild 25: Kompensation der Grenzwertüberschreitung durch ein Elektroauto.....	27
Bild 26: Kompensation der Grenzwertüberschreitung durch Plug-in- Hybrid.....	28
Bild 27: Spezifische CO ₂ -Emissionen Verkehrsmittel, Durchschnitt Deutschland 2017 incl. CO ₂ -Verrechnung	30
Bild 28: CO ₂ -Emissionsbegrenzung im Bereich PKW	31
Bild 29: Spezifische und Gesamtemission bei verschiedenen PKW-Klassen.....	32

Bild 30: Folgen einer Realisierung des Ziels 1 Million Elektroautos auf die CO ₂ -Grenzwertregelung; Modellrechnung: Maximalbetrachtung	33
Bild 31: Preisentwicklung der CO ₂ -Emissionsrechte im Stromsektor und Höhe der Strafzahlungen bei Grenzwertüberschreitung im PKW-Sektor	35
Bild 32: Verlagerung der Emissionsbegrenzung vom PKW- in den Stromsektor	35
Bild 33: Subventionierung von Elektroautos	36
Bild 34: Fahrleistungsabhängige und fixe Kosten bei verschiedenen Verkehrsmitteln	39
Bild 35: Abgaben und Umlagen auf Strom, Deutschland 2014	40
Bild 36: Allgemeine Steuern auf den Betrieb von Autos, Durchschnittswerte D 2014	41
Bild 37: Modal-Split-Änderungen bei den Fahrten zur Arbeit bei Käufern von Elektroautos, aus ³¹	42
Bild 38: Jahresfahrleistung von Besitzern von E-PKW, aus	43
Bild 39: Aspekte zum funktionalen Rebound: Elektroautos als Zweitwagen	45
Bild 40: E-PKW als zusätzliche Autos	46
Bild 41: Förderregeln nach dem Konzept S. Krüger	47
Bild 42: Hauptgrafik auf Seite 16 des Marktförderkonzepts von S. Krüger	48
Bild 43: Gesamtwirkungsgrade bei Fahrzeugen mit Elektro- und Verbrennungsmotor	49
Bild 44: Durchschnittliches Leergewicht PKW nach Antriebsarten 2013	49
Bild 45: Beispiel Tesla S P85D	50
Bild 46: Strafzahlungen (EU) bei Überschreitung des CO ₂ -Grenzwerts und Abgaben nach Konzept Krüger	51
Bild 47: Berechnung der CO ₂ -Emissionen durch PKW in München in drei Szenarien, aus ³⁸ , ohne Kompensationswirkung von Elektroautos innerhalb der Flottenemissionsbegrenzung der EU und ohne Rebound-Effekte	52
Bild 48: Berechnung der NO _x -Emissionen durch PKW in München, aus ³⁸	53
Bild 49: Berechnung der Feinstaub-Emissionen durch PKW in München, aus ³⁸	53
Bild 50: Energiedichte verschiedener Energiespeicher	55

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtstromverbrauch bei Umstellung des PKW-Bestandes auf Elektroautos, ohne LKW, Lieferwagen etc.	15
Tabelle 2: CO ₂ -Bilanzen bei der Eigennutzung von Solarstrom (jeweils ohne Fahrzeug- und Batterieherstellung)	18
Tabelle 3: CO ₂ -Flottenemissionsgrenzwerte in der EU	19
Tabelle 4: Flottengrenzwertregelung an einem Rechenbeispiel eines Herstellers	32
Tabelle 5: Erhöhung des Unfallrisikos durch Hybrid-Autos	37
Tabelle 6: Änderung des Modal Split nach Kauf eines Elektroautos ³¹	42
Tabelle 7: Voraussetzungen für einen sinnvollen Einsatz von Elektroautos	58

Erweiterte Zusammenfassung des Berichts: www.upi-institut.de/upi79_elektroautos.htm

Häufige Fragen und Einwände: www.upi-institut.de/upi79_faq.htm

UPI Oktober 2019