

# CO2-BILANZ VON ELEKTROAUTOS

## *Strom ist nicht gleich Strom*

Ein häufiges Gegenargument zur Elektromobilität ist die Herkunft des Stromes und der damit verbundene CO2-Ausstoß. Stichwort: Hybridtechnik effizienter als Kohlestrom? Aus diesem Grunde versucht dieser Vortrag folgende Fragen zu klären: Welche Fahrzeugklassen sind in naher Zukunft geeignet elektrisch betrieben zu werden, inwieweit beeinträchtigt die Stromproduktion die CO2-Bilanz der Fahrzeuge und welche Anreize bietet die Verordnung zu CO2-Emissionen von Neuwagen im Zuge des EU-Klimapaketes.

Frederick Jahns (Kontakt: [Jahns@KTH.se](mailto:Jahns@KTH.se))

20.02.2009



# CO<sub>2</sub>-BILANZ VON ELEKTROAUTOS

*Strom ist nicht gleich Strom*

## EINLEITUNG

Mit zunehmend globalem Interesse CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren, hat diese Diskussion auch den europäischen Transportsektor, im Speziellen den Personenkraftfahrtsektor, erreicht. Weltweite Klimadebatten, wie die Kyoto-Konferenz und das damit verbundene Kyoto-Protokoll, veranlassten das Europaparlament ein EU-Klimapaket zu schnüren. Die "Verordnung zu CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neuwagen" nimmt dabei für den Personenkraftfahrtsektor eine zentrale Rolle ein. In dieser werden ab dem Jahre 2012 die CO<sub>2</sub>-Emissionen von PKW reglementiert. Einer der Kritikpunkte dieser Verordnung ist, dass Elektroantriebe, bedingt durch die Systemgrenzen-Legung, als CO<sub>2</sub>-neutral eingestuft werden. Was unter der Berücksichtigung der derzeitigen Stromproduktion in Europa schlichtweg nicht der Fall ist. Auf der anderen Seite werden die herstellungsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen von Benzin und Diesel auch nicht berücksichtigt. Es stellt sich somit die Frage, sind elektrisch betriebene PKW wirklich CO<sub>2</sub>-freundlicher als ihre Verwandten mit Verbrennungsmotoren und inwiefern ist es überhaupt möglich, Verbrennungsmotoren bis 2012 durch Elektromotoren zu substituieren.

## SUBSTITUTIONSPOTENTIAL

Das Substitutionspotential richtet sich in erster Linie nach der Zweckerfüllung des PKW und dessen Finanzierbarkeit. Da verschiedene Fahrzeugklassen auch verschiedene Zwecke erfüllen sollen, macht es durchaus Sinn, das Substitutionspotential klassenspezifisch zu betrachten.

Zu untersuchen sind die Vor- und Nachteile des Elektroantriebes gegenüber dem Verbrennungsmotor und in welchen Fahrzeugklassen diese Vor- und Nachteile besonders stark zum tragen kommen.

Die signifikantesten Nachteile elektrobetriebener Fahrzeuge sind das Reichweiten-Problem und die Batteriekosten. Das zeitintensive Aufladen der Batterien macht es dem Elektroauto unmöglich längere Strecken, die über der Batteriekapazität liegen, ähnlich schnell wie ein verbrennungsmotorbetriebener PKW zurückzulegen. Die Batteriekosten hingegen limitieren die Fahrzeuggröße zusätzlich, da ein größerer PKW gewichtsbedingt eine größere und somit teurere Batterie benötigt.

Ein großer Vorteil des Elektroautos ist das Nutzbremsenprinzip. Bei modernen Elektroautos geschieht die Abbremsung mittels des Elektromotors, der dann wie ein Generator funktioniert. Die so zurückgewonnene Energie steht dann wieder für den Antrieb zur Verfügung. Dies und das Auslagern der Schadstoffemissionen ist vor allem für Stadtgebiete interessant. Andere Vorteile sind der billige Unterhalt, eine hohe Elastizität des Motors und der geringe Einfluss auf den Verbrauch bei einer Übermotorisierung.

Das Elektroauto ist folglich also ein kleineres Auto, das hauptsächlich kürzere Strecken zurücklegt und mit stark variierender Geschwindigkeit fährt. Besonders interessante Fahrzeuge sind somit kleine Stadtautos der Klasse Micro (<1100 kg) und Subcompact (<1300 kg). Neben diesen eher großen Absatzmärkten besteht auch zusätzlich bei leichten Sportwagen erhebliches Substitutionspotential.

## WELL-TO-WHEEL ANALYSIS

Bei der Elektromobilität wird das gesamte CO<sub>2</sub> in den Kettengliedern, hauptsächlich im Kraftwerk, vor dem Fahrzeug emittiert, wohingegen bei Verbrennungsfahrzeugen über die ganze Kette verteilt CO<sub>2</sub>-Emissionen auftreten. Um bewerten zu können, wie hoch die tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Emissionsunterschiede sind, müssen sogenannte Well-to-Wheel Untersuchungen erfolgen. Dabei wird nicht nur der direkte CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Fahrzeuges betrachtet, sondern auch die ganze Kette bis zurück zum Rohstoff. Vom Umweltbundesamt ist es möglich Kenndaten zu erlangen, die ganze Prozessketten beinhalten. Besonders interessant ist der KEV-Faktor. Er gibt den kumulierten Energieverbrauch an, der zur Herstellung eines Energieträgers nötig ist. Erst das ermöglicht einen repräsentativen Vergleich von Diesel-, Benzin- und Elektrofahrzeugen. Vergleicht man nun diese Daten mit den kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Stromherstellung kommt man zu dem Ergebnis, dass Elektrofahrzeuge, betrieben mit Strom aus dem Deutschland-Mix 2007, weniger CO<sub>2</sub> emittieren als vergleichbare Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren (siehe Abbildung 1).

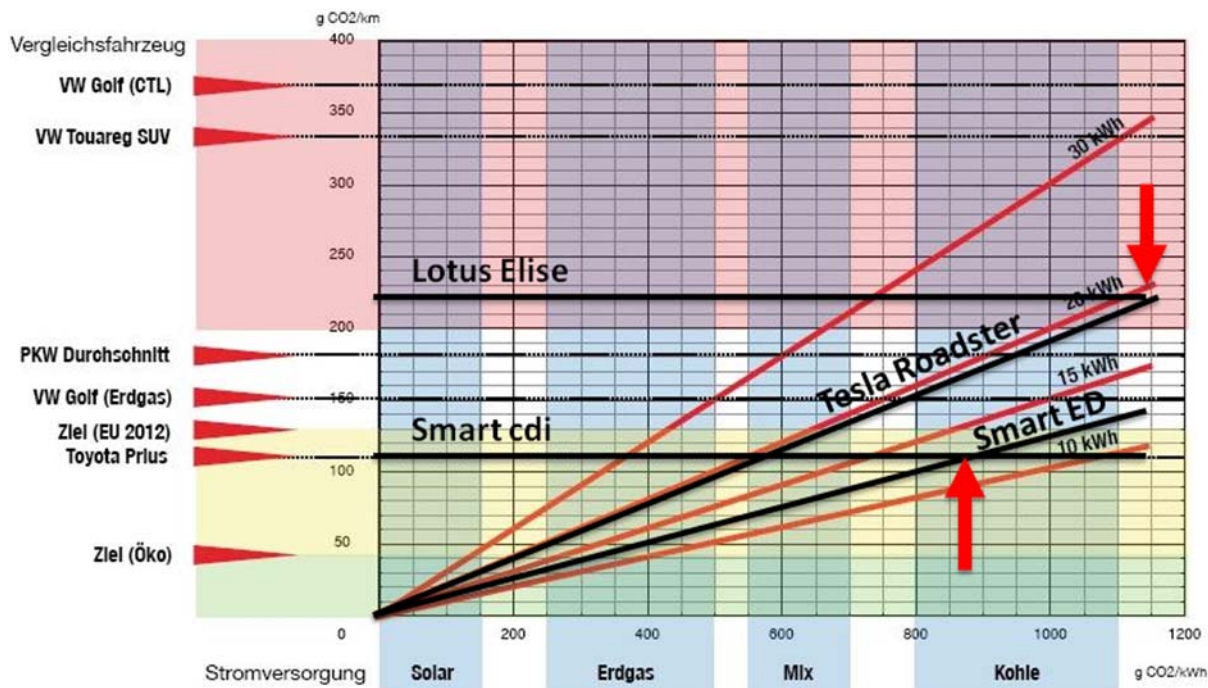


Abbildung 1 Vergleich Elektroantrieb vs. Verbrennungsmotor (Quellen: DGS, KBA, [www.alle-autos-in.de](http://www.alle-autos-in.de))

Wenn das Aufladen der Batterien durch sogenannte Smart Grids intelligent betrieben wird und diese bei Windstromüberschuss geladen werden, kann sogar ein noch weitaus niedrigerer Wert erreicht werden. Auch im Vergleich mit anderen fortschrittlichen Technologien schneidet die Elektromobilität sehr gut ab (siehe: Abbildung 2).

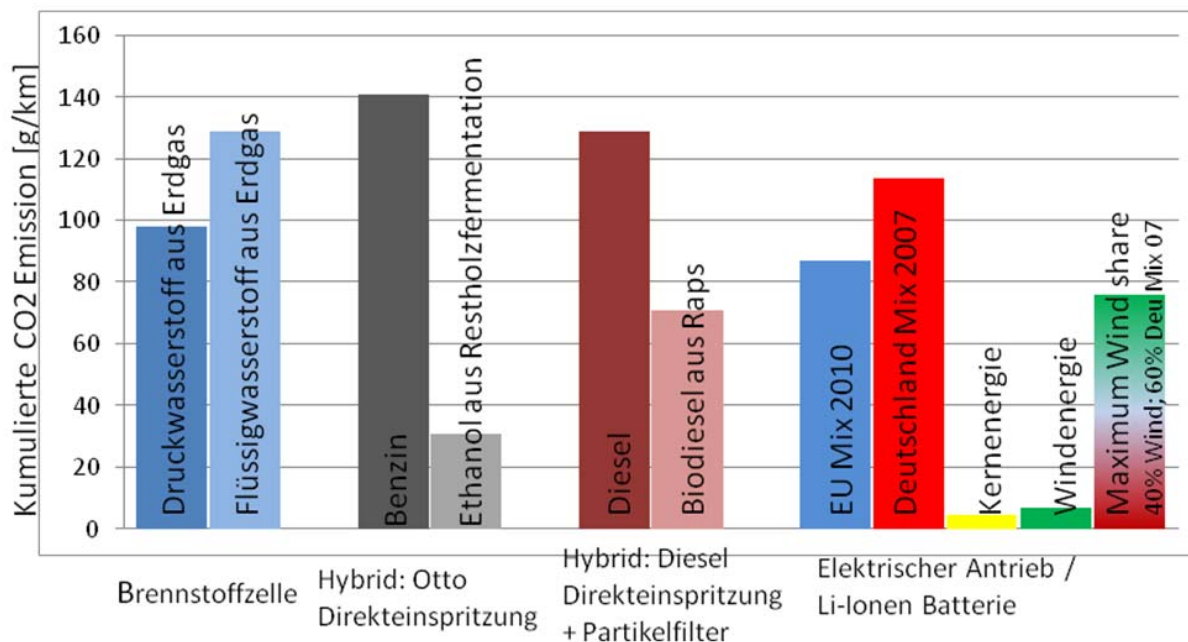


Abbildung 2: Prognose für 2010 am Beispiel der Kompaktwagenklasse (Quellen: Daimler PrognoseTool, BMU)

## VERORDNUNG ZU CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN

Im Zuge des EU-Klimapaketes wurde eine Verordnung zu CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neuwagen verabschiedet. Die letzte Neuerung dieser Verordnung geschah am 17.12.2008.

Hier sind die wichtigsten Daten aus dem Protokoll des Berichterstatters Guido Sacconi (SPE, Italien) zusammengefasst:

- Gestaffelter Grenzwert der Neufahrzeuge von 130 g/km:
  - 2012: 65%
  - 2013: 75%
  - 2014: 80%
  - 2015: 100 % → 130,0 g/km (ca. 5,5 l/100km)
  - 2020: → 95 g/km (ca. 4l/100km) (2013 nochmals überprüft)
- Super Credits für Autos die weniger als 50 g/km (ca. 2 l/100km) emittieren:
  - 2012+2013: Faktor 3,5
  - 2014: Faktor 2,5
  - 2015: Faktor 1,5
- Bei Überschreiten der Grenzwerte werden von 2012 bis 2018 folgende Geldbußen fällig:
  - 5 Euro für ein Gramm CO<sub>2</sub> zuviel
  - 15 Euro für zwei Gramm CO<sub>2</sub> zuviel
  - 25 Euro für drei Gramm CO<sub>2</sub> zuviel
  - 95 Euro für jedes weitere Gramm zuviel

Quelle: [www.europarl.europa.eu](http://www.europarl.europa.eu)

## EINFACHE STUDIE AM BEISPIEL VON DAIMLER

Um zu überprüfen inwiefern die oben aufgelisteten Geldbußen einen Einfluss auf die Elektromobilität haben könnten, soll folgendes sehr vereinfachtes Szenario herangezogen werden:

Als Ausgang der Studie dienen die Verkaufszahlen des Jahres 2007 von Daimler. In Westeuropa lag die Absatzzahl bei 779.000 PKW, die durchschnittlich 183,7 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer emittierten. Unter Berücksichtigung von Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes liegen geschätzte 15% des Absatzes unter 130 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer.

Wenn man nun davon ausgeht, dass es Daimler schafft bis zum Jahre 2012 seine durchschnittlichen CO<sub>2</sub> Emissionen um 13% auf 160 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer zu senken, müsste durchschnittlich ein Bußgeld von 2655 € pro Auto gezahlt werden. Bei einem

stagnierenden Absatzmarkt, der durch die Finanzkrise verursacht wird, hieße das ca. 800.000 verkaufte Autos für das Jahr 2012 und ein Bußgeld von 2,1 Mrd. €.

Angenommen, Daimler schafft es im Jahre 2012 50.000 Elektroautos zu verkaufen. Dabei kann man davon ausgehen, dass wegen der geringen Unterhaltskosten von Elektrofahrzeugen ca. 50% als zusätzliche Zweitwagen angeschafft werden und die restlichen 50% einen Teil der konventionellen Fahrzeuge substituieren. Somit kommt man auf eine Absatzzahl von 825.000 PKWs. 6% dieser PKW, und zwar die verkauften Elektrofahrzeuge, emittieren nach der Tank-to-Wheel Betrachtung dieser Verordnung kein direktes CO<sub>2</sub>. Fahrzeuge, die unter 50 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer emittieren, werden mit dem Super Credit Faktor von 3,5 in den Flottendurchschnittswert aufgenommen. So kommt es, dass der reale Flottendurchschnitt 155 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer emittiert, aber unter Berücksichtigung der Super Credits, nur 134 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer in die Bußgeldberechnung aufgenommen werden. Somit müsste Daimler nur 115 Mio. € Bußgeld zahlen. Damit spart Daimler fast 2 Mrd. € Bußgeld. Um den Absatz von 50.000 Elektrofahrzeugen in Europa zu sichern, könnte man nun folgende Überlegung anstellen: Einen Teil des ersparten Bußgeldes könnte in Subventionen der Elektrofahrzeuge investiert werden. Wenn beispielsweise (theoretischer Extremfall) 50% der Ersparnis, also rund 1 Mrd. €, zur Subvention genutzt würden, wären das 20.000 € pro Elektrofahrzeug. Das würde bedeuten, dass man Elektrofahrzeuge zu einem sehr attraktiven und konkurrenzfähigen Preis anbieten könnte.

## QUELLENANGABE

- [1] BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- [2] KBA – Kraftfahrt-Bundesamt
- [3] Umweltbundesamt – ProBas
- [4] DGS – Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.
- [5] Daimler-Sustainability-Tool:  
<http://www2.daimler.com/sustainability/optiresource/index.html>
- [6] Interaktiver Geschäftsbericht von Daimler:  
[http://gb2007.daimler.com/cgi-bin/show.ssp?companyName=daimler&language=German&report\\_id=gb-2007&id=4010](http://gb2007.daimler.com/cgi-bin/show.ssp?companyName=daimler&language=German&report_id=gb-2007&id=4010)
- [7] Protokoll des Europaparlamentes:  
[http://www.europarl.europa.eu/news/expert/background\\_page/064-44005-343-12-50-911-20081208BKG44004-08-12-2008-2008-false/default\\_p001c006\\_de.htm](http://www.europarl.europa.eu/news/expert/background_page/064-44005-343-12-50-911-20081208BKG44004-08-12-2008-2008-false/default_p001c006_de.htm)
- [8] <http://www.alle-autos-in.de>