



Juni 2016 v2, martin\_rotta [at] hispeed.ch  
Empfohlenes Format für Ausdruck: DIN A3

### Emissionen: Fahren

Verbrauch, Herstellerangabe (irrelevant) [pro 100km]

**Verbrauch, real im Alltag [pro 100km]**







realer Durchschnitt aller Fahrzeuge vom gleichen Typ (A)

Strom: inkl. Ladeverluste von 10%

**CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Verbrauchseinheit**

Werte physikalisch festgelegt (B)

**CO<sub>2</sub> pro km (Fahren)**

Reale CO <sub>2</sub> -Emissionen der heute am Markt erhältlichen Fahrzeugtypen und ihrer Treibstoffe												
CO <sub>2</sub> ist das für die Erderwärmung hauptverantwortliche Treibhausgas.												
Hybrid	Benziner I	Benziner II	Diesel	Gas (LPG)	Gas (CNG)		Wasserstoff		Elektro I			Elektro II
Toyota Auris HSD Modell 2015	VW Golf VII 1.2 TSI Modell 2015	BMW 535i Modell 2014	BMW 320d Modell 2015	Ford Focus 1.6TiVCT Modell 2012	Skoda Octavia III 1.4 G-Tec Modell 2015		Toyota Mirai, Brennstoffzelle Modell 2016		Tesla Model S 85 P Modell 2014			Nissan Leaf Modell 2012
					Erdgas	100% Biogas	 Strommix	 Strommix	 Strommix	 Strommix	 Ökostrom	 Ökostrom
3.6 l	5.2 l	8.1 l	4.6 l	7.6 l	3.5 kg	3.5 kg	0.76 kg	0.76 kg	18.1 kWh	18.1 kWh	18.1 kWh	15.0 kWh
5.4 l	6.5 l	10.7 l	6.4 l	8.6 l	4.2 kg	4.2 kg	0.91 kg	0.91 kg	23.0 kWh	23.0 kWh	23.0 kWh	18.8 kWh
2.36 kg	2.36 kg	2.36 kg	2.62 kg	1.63 kg	2.58 kg	klimaneutral	50.5 kWh Strom zur Erzeugung benötigt		–	–	–	–
128 g	153 g	253 g	168 g	140 g	108 g	0 g	0 g	0 g	0 g	0 g	0 g	0 g

### Emissionen: Bereitstellung Treibstoff

**CO<sub>2</sub> pro Verbrauchseinheit [l / kg / kWh]**

und zusätzliche, emissionsrelevante Informationen

**Benzin / Diesel:** Förderung des Rohöls, Transport in die Raffinerien, Herstellung der Kraftstoffe und Weitertransport zur Zapfsäule (C, E)

**Elektrizität:** an der Steckdose des Konsumenten, inkl. Verluste und Emissionen durch Bereitstellung der Infrastruktur (D)

**Erdgas:** Bohrung und Förderung, Transport (See oder Pipeline), Verarbeitung, Lagerung und Distribution (E)

**Biogas:** Infrastruktur, Primärenergieeinsatz zur Gewinnung und Aufbereitung, Infrastruktur und Transport (E)

**Wasserstoff:** Well-to-Tank, nicht berücksichtigt sind Lagerung, Distribution und Aufbau der notwendigen Infrastruktur (G)

Keine Wahl: Energieträger nicht erneuerbar						Potential: Energie bis zu 100% erneuerbar						
472 g	472 g	472 g	524 g	350 g	822 g	423 g	31'580 g	7'604 g	569 g	137 g	15 g	15 g
Plug-In-Hybride (also mit Stecker) weisen je nach Fahrprofil grosse Abweichungen auf, sind aber für kürzere Strecken vergleichbar mit Elektroautos.	sehr hohe Schadstoff-Emissionen bei Kaltstarts (Katalysator erst nach einigen km betriebswarm)	analog Benziner I, aber mehr Verbrauch an fossilen Ressourcen und darum auch mehr externe Kosten (finanz. Belastung der Gesellschaft durch neg. Auswirkungen, z.B. Luftverschmutzung) (I)	Abgasreinigung über selektive katalytische Reduktion (AdBlue) und Partikelfilter teuer, offizielle Messwerte zumindest fragwürdig (VW-Skandal 2015)	Nebenprodukt der Erdölraffinerien.  Fahrzeug startet mit Benzin, was zusätzliche Emissionen verursacht.  Nur ca. 50 Tankstellen in der Schweiz.	Im Vergleich zu Benzin 60-95 Prozent weniger Schadstoffe (NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> )  verbrennt nahezu partikelfrei  Fahrzeug startet mit Benzin, was zusätzliche Emissionen verursacht.	Schweizer Biogas aus Abfallstoffen, verfügbare Menge ist jedoch begrenzt  In den Niederlanden bereits weit verbreitet  Fahrzeug startet mit Benzin, was zusätzliche Emissionen verursacht.	Der Konsument hat keinen Einfluss auf die Energiequelle der Wasserstoff-Herstellung, daher Verwendung von Strommix. Energie teilweise aus Kernkraft (D 16%, CH 36%). H2 aus Dampfpreformation ist nicht erneuerbar.  <b>Effizienzproblem:</b> Produktion von 1 kg Wasserstoff durch Elektrolyse verbraucht rund 55 kWh Strom. Elektroautos fahren damit rund 300km. (Energiegehalt 33 kWh pro kg, typische Effizienz für moderne Anlagen 60%) (G)	fährt lokal emissionsfrei  Wert nahm von 1990 bis 2012 um 182g ab und sinkt weiter. (H)	fährt lokal emissionsfrei  Hoher Anteil an Wasserkraft, aber auch 36% aus Kernkraft (F)	Nahezu frei von Schadstoffemissionen.  zertifizierte, garantiert erneuerbare Energie, z.B. <b>naturemade star</b>	Nahezu frei von Schadstoffemissionen.  zertifizierte, garantiert erneuerbare Energie, z.B. <b>naturemade star</b>	
26 g	31 g	51 g	34 g	30 g	35 g	18 g	288 g	69 g	131 g	31 g	3 g	3 g

### Emissionen: Herstellung Fahrzeug

**CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Neuwagen**

abhängig von Materialaufwand und Produktion (K)

**Lebensdauer**

**CO<sub>2</sub> pro km (Herstellung Fahrzeug)**

6'100 kg	5'100 kg	7'400 kg	6'000 kg	5'500 kg	5'700 kg	5'700 kg	7'700 kg	7'700 kg	9'400 kg	9'400 kg	9'400 kg	6'900 kg
200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km	200'000 km
31 g	26 g	37 g	30 g	28 g	29 g	29 g	39 g	39 g	47 g	47 g	47 g	35 g

### Total CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kilometer

Lifetime-CO<sub>2</sub>-Emissionen

### Gesamtemissionen Well-to-Wheel

Klassifizierung anhand der offiziellen, deutschen Verordnung (L)

"Emissionseffizienz" im Verhältnis zum Fahrzeuggewicht

**Fahrzeuggewicht** gemäss Schweizer Energieetikette

184 g	210 g	340 g	231 g	198 g	171 g	46 g	327 g	108 g	178 g	78 g	50 g	37 g
37 t	42 t	68 t	46 t	40 t	34 t	9 t	65 t	22 t	36 t	16 t	10 t	7 t
E	G	G	G	G	E	A+++	G	A++	B	A+++	A+++	A+++
1'505 kg	1'271 kg	1'840 kg	1'505 kg	1'382 kg	1'416 kg	1'416 kg	1'850 kg	1'850 kg	2'074 kg	2'074 kg	2'074 kg	1'578 kg

### Fahrleistungen und Treibstoffkosten

Motorleistung  
Beschleunigung 0-100 km/h

Preis pro Verbrauchseinheit

Mittelwerte der letzten 5 - 10 Jahre (wo verfügbar, siehe unten)

Treibstoffkosten auf 100km

**Treibstoffkosten auf gesamte Lebensdauer** (200'000km)

mit 20% Tesla Supercharger (Gratis-Schnellladung)

Hybrid	Benziner I	Benziner II	Diesel	Gas (LPG)	Gas (CNG)		Wasserstoff		Elektro I			Elektro II
136 PS 10.9 s	110 PS 10.2 s	306 PS 5.8 s	184 PS 7.3 s	117 PS 12.1 s	110 PS 10.9 s	110 PS 10.9 s	155 PS 9.6 s	155 PS 9.6 s	421 PS 4.2 s	421 PS 4.2 s	421 PS 4.2 s	109 PS 11.5 s
1.68 CHF / l 9 CHF	1.68 CHF / l 11 CHF	1.68 CHF / l 18 CHF	1.79 CHF / l 11 CHF	0.81 CHF / l 7 CHF	1.86 CHF / kg 8 CHF	2.89 CHF / kg 12 CHF	9.50 CHF / kg 9 CHF	8.00 CHF / kg 7 CHF	0.23 EUR / kWh 5 EUR	0.14 CHF / kWh 3 CHF	0.19 CHF / kWh 4 CHF	0.19 CHF / kWh 4 CHF
CHF 18'211 –	CHF 21'840 –	CHF 35'952 –	CHF 22'912 –	CHF 13'932 –	CHF 15'624 –	CHF 24'276 –	CHF 17'328 –	CHF 14'592 –	EUR 10'575 EUR 8'460	CHF 6'437 CHF 5'150	CHF 8'736 CHF 6'989	CHF 7'148 –

**wissenschaftliche Quellen** – Literaturangaben siehe Rückseite

A) Werte: spritmonitor.de (06.2016)

A) ICCT 2015, S. 3: Abweichungen +8 bis 38%

A) Toyota Mirai: geschätzt anhand ICCT (+20%)

B) BAFU 2015, Treibhausgasinv. der Schweiz

B) EMPA, Aussage M. Gauch vom 22.10.2015

C) Shell 2014, S. 68: 15 - 20%

C) Haan & Zah 2013, S. XXV: 20-29%

C) Ecoinvent 2.2 (via M. Gauch EMPA)

D) Umweltbundesamt Deutschland 2015, S. 2

D) BAFU: 102g / UVEK, Art.1e+TCS, S.6: 111g

D) Ecoinvent 2.2: 137g CH-Mix, 15g CH-Öko

E) BMVBS, S.24, Situation 2012

F) Elektrizitätsstatistik 2015, BFE Schweiz

G) Wikipedia, H2 Energiebereitstellungskette

H) Umweltbundesamt DE, Statistik 2015

I) Umweltbundesamt 2012, S.8

K) EMPA, Berechnungen M. Gauch vom 15.06.2016,

(Bezug zu Haan & Zah 2013 & Ecoinvent 2.2)

K) UCSUSA 2015, S.21 , 1 bis 6t zusätzlich

K) Notter & Gauch et al. 2010, S. 6552, +30%

L) Bundesrepublik Deutschland, PKW-EnVKV,

Kategorien A++(+) erst ab Marktanteil >5% eingeführt

L) Berechnungsgrundlage Schweiz für verschiedene

Stromarten nicht offengelegt

**Treibstoffpreise** – Literaturangaben siehe Rückseite

**Benzin / Diesel:** BFS, 2015, S. 18 (2006 bis 2015), sowie PwC, 2014, S. 9

**LPG:** DVFG, (2006 bis 2015)

**CNG, Erdgas & Biogas:** (2011-2016), tel. Auskunft Energie360, R. Bösch

**Wasserstoff:** aktuelle Preise (12.2015)

**Strom:** BFE 2011 & 2015, (2006-2015), Haushalts-Niedertarif (Auto wird über Nacht geladen)

Nicht berücksichtigt sind die Emissionen aus der Bereitstellung der Infrastruktur (Strassen).

Für einen Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln (z.B. ÖV oder Fahrrad) müssten diese ebenfalls errechnet werden.

http://bit.do/co2-emissionen



Literaturverzeichnis

Bundesamt für Umwelt **BAFU**, 2015: Faktenblatt CO2-Emissionsfaktoren des Treibhausgasinventars der Schweiz, Regine RöhliBerger

Bundesamt für Umwelt **BAFU**, 2014: Wie klimafreundlich ist Schweizer Strom?  
http://www.bafu.admin.ch/klima/09608/index.html?lang=de#sprungmarke0\_28 (Zugriff: 17.12.2015)

Bundesamt für Energie **BFE**, 2011: Strompreisentwicklung in der Schweiz, sowie Medienmitteilung vom 07.09.2015  
(Strompreise 2016: Stabile Tarife für Haushalte und leichte Reduktion für mittlere Betriebe)  
eigene Berechnung für Tarife, Grundlage: Stadtwerk Winterthur, Haushalte, Produkte Weiss / Silber

Bundesamt für Statistik **BFS**, 2015: Landesindex der Konsumentenpreise – Durchschnittspreise für Benzin und Diesel, Monatswerte, Periode 1993-2015

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung **BMVBS**, 2013: CNG und LPG – Potenziale dieser Energieträger auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Energieversorgung des Straßenverkehrs, erstellt für das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit **BMUB**, 2015: Wie klimafreundlich sind Elektroautos? **LESEEMPFEHLUNG**

De **Haan, Peter & Zah, Rainer**, 2013: Chancen und Risiken der Elektromobilität in der Schweiz. Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS

Deutscher Verband Flüssiggas e.V. **DVFG**, 2015: Vergleich der Kraftstoffpreise, gestützt auf Bundesamt  
http://dvfg.de/infothek/vergleich-der-kraftstoffpreise-autogas-in-den-letzten-zehn-jahren-konstant-guenstig (Zugriff: 09.01.2016)

**Ecoinvent**: Wissenschaftlich breit abgestützte Datenbank, nicht öffentlich zugänglich.  
Die EMPA, das Bundesamt für Energie BFE u.a. stützen sich auf diese Daten.

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt **EMPA**, 2015: Korrespondenz mit Marcel Gauch via E-Mail im Oktober 2015

International Council on Clean Transportation **ICCT**, 2015: From laboratory to road – A 2015 update of official And “real-world” fuel consumption and CO2 values for passenger cars in europe. **LESEEMPFEHLUNG**

**Notter**, Dominic; **Gauch**, Marcel et. al., 2010: Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles.

**Pkw-EnVKV**, Pkw-Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung (2015): Verordnung über Verbraucherinformationen zu Kraftstoffverbrauch CO2-Emissionen und Stromverbrauch neuer Personenkraftwagen, Bundesrechtsverordnung, Deutschland, Zugriff via Wikipedia am 24.12.2015, https://de.wikipedia.org/wiki/Pkw-Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung

**PwC** Schweiz, 2014: Strompreise in der Schweiz 2016 bis 2025, In Zusammenarbeit mit Energy Brainpool, Berlin

**Shell** Deutschland, 2014: Shell PKW-Szenarien bis 2040.

Union of Concerned Scientists **UCSUSA**, 2015: Cleaner Cars from Cradle to Grave – How Electric Cars Beat Gasoline Cars on Lifetime Global Warming Emissions. **LESEEMPFEHLUNG**

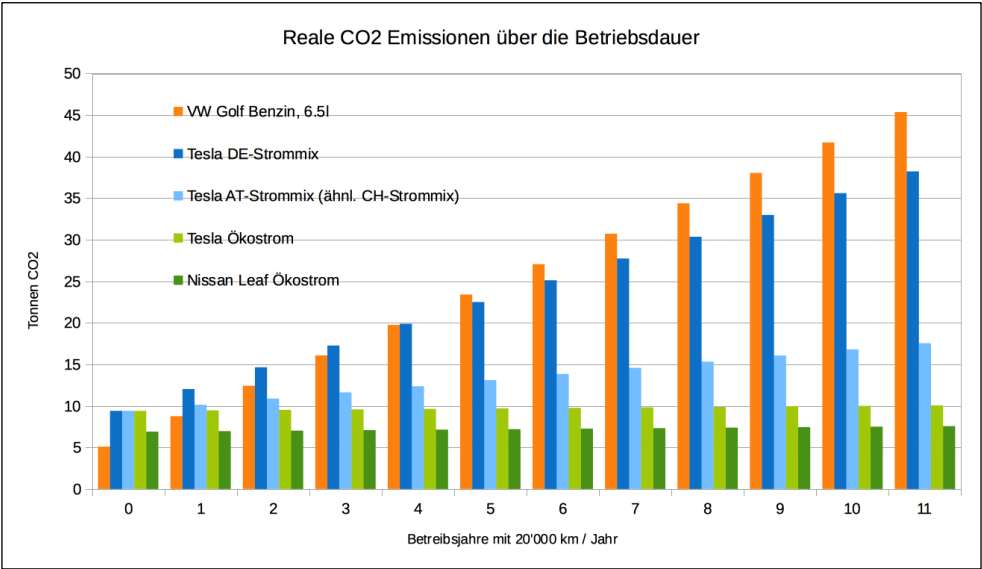
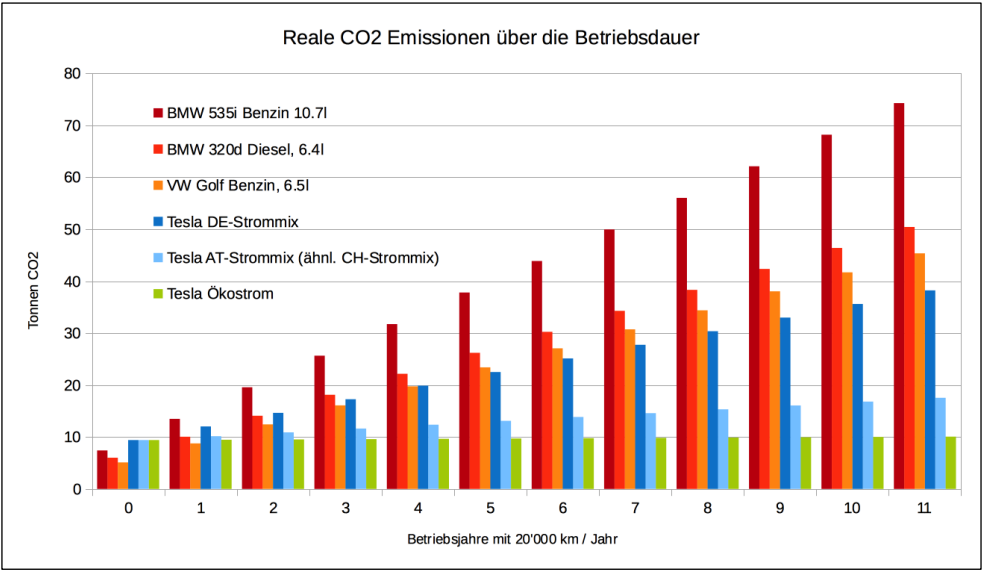
**Umweltbundesamt** Deutschland, 2015: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2014.

**Umweltbundesamt** Deutschland, 2012: Schätzung der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation **UVEK**, 2011: Verordnung über Angaben auf der Energieetikette von neuen Personenkraftwagen (730.011.1).

**Wikipedia**, 2015: Einträge "Motorenbenzin" und "Dieselkraftstoff" (Zugriff: 17.12.2015), Eintrag "Brennstoffzellenfahrzeug", "Bilanz der Energiebereitstellungskette" (Zugriff 05.01.2016)

Diagramme auf der rechten Seite mit freundlicher Unterstützung von **patrickCH** (TFF Forum).  
Datengrundlage bilden die Berechnungen in der Emissionstabelle auf der Vorderseite.



"Selbst mit dem kohlehaltigen, Deutschen Strommix ist ein 400 PS Elektro-Tesla sauberer als ein 100 PS Benziner. Effizientere Elektroautos wie der Nissan Leaf, vor allem aber das Laden mit ausschliesslich erneuerbarer Energie, vergrössern den Vorsprung um ein Vielfaches."

# "Selbst mit dem kohlehaltigen, deutschen Strommix fahren Elektroautos sauberer als Verbrenner."



Reale CO2-Emissionen der heute am Markt erhältlichen Fahrzeugtypen und ihrer Treibstoffe

M. Rotta, Juni 2016

Diese Tabelle ist nur eine Kurzform.  
Vollständige Übersicht inkl. Quellen:

<http://bit.do/co2-emissionen>



## Hybrid

Eco

**Toyota**

Auris HSD  
Modell 2015

## Benzin

Kompakt

**VW**

Golf 1.2 TSI  
Modell 2015

## Benzin

Oberklasse

**BMW**

535i  
Modell 2014

## Diesel

Normal

**BMW**

320d  
Modell 2015

## Erdgas

## Biogas

**Skoda**

Octavia G-Tec  
Modell 2015

## Elektro

Strom

## Elektro

Strom

## Elektro

Ökostrom

**Tesla**

Model S 85 P  
Modell 2014

Energieträger nicht erneuerbar

Energie bis zu 100% erneuerbar

CO2-Emissionen in Gramm pro km

### Emissionen beim Fahren

Was im Alltag aus dem Auspuff kommt.

128 g

153 g

253 g

168 g

108 g

0 g

0 g

0 g

0 g

### Herstellung Treibstoff

Ölförderung / Stromerzeugung

26 g

31 g

51 g

34 g

35 g

18 g

131 g

31 g

3 g

### Herstellung Fahrzeug

Karosserie / Motoren / Akkus

31 g

26 g

37 g

30 g

29 g

29 g

47 g

47 g

47 g

### Total CO<sub>2</sub> pro Kilometer

**184 g**

**210 g**

**340 g**

**231 g**

**171 g**

**46 g**

**178 g**

**78 g**

**50 g**

Lifetime-CO<sub>2</sub>-Emissionen

**37 t**

**42 t**

**68 t**

**46 t**

**34 t**

**9 t**

**36 t**

**16 t**

**10 t**

### Gesamtemissionen

anhand offizieller dt. Verordnung

**E**

**G**

**G**

**G**

**E**

**A+++**

**B**

**A+++**

**A+++**

### Treibstoffkosten

auf ges. Lebensdauer (200'000km)

18'211 CHF

21'840 CHF

35'952 CHF

22'912 CHF

15'624 CHF

24'276 CHF

8'460 EUR

5'150 CHF

6'989 CHF

### Fahrleistungen

Beschleunigung 0-100 km/h

10.9 s

10.2 s

5.8 s

7.3 s

10.9 s

4.2 s