



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

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

CO₂ ist das für die Erderwärmung hauptverantwortliche Treibhausgas.

Emissionen: Fahren

	Hybrid Toyota Auris HSD Modell 2015	Benziner I VW Golf VII 1.2 TSI Modell 2015	Benziner II BMW 535i Modell 2014	Diesel BMW 320d Modell 2015	Gas (LPG) Ford Focus 1.6TiVCT Modell 2012	Gas (CNG) Skoda Octavia III 1.4 G-Tec Modell 2015		Wasserstoff Toyota Mirai, Brennstoffzelle Modell 2016		Elektro I Tesla Model S 85 P Modell 2014			Elektro II Nissan Leaf Modell 2012
						Erdgas	100% Biogas	Strommix	Strommix	Strommix	Strommix	Ökostrom	Ökostrom
Verbrauch, Herstellerangabe (irrelevant) [pro 100km]	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
Verbrauch, real im Alltag [pro 100km] realer Durchschnitt aller Fahrzeuge vom gleichen Typ (A) Strom: inkl. Ladeverluste von 10%	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
CO₂-Emissionen pro Verbrauchseinheit Werte physikalisch festgelegt (B)	2.36 kg	2.36 kg	2.36 kg	2.62 kg	1.63 kg	2.58 kg	klimaneutral	-	-	-	-	-	-
CO₂ pro km (Fahren)	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 ₂ pro Verbrauchseinheit [/ kg / kWh] und zusätzliche, emissionsrelevante Informationen	Keine Wahl: Energieträger nicht erneuerbar						Potential: Energie bis zu 100% erneuerbar						
	Hybrid	Benziner I	Benziner II	Diesel	Gas (LPG)	Gas (CNG)	Wasserstoff	Wasserstoff	Elektro I	Elektro I	Elektro I	Elektro II	
Benzin / Diesel: Förderung des Rohöls, Transport in die Raffinerien, Herstellung der Kraftstoffe und Weitertransport zur Zapfsäule (C, E)	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
Elektrizität: an der Steckdose des Konsumenten, inkl. Verluste und Emissionen durch Bereitstellung der Infrastruktur (D)	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 _x , SO _x) 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. Effizienzproblem: 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. naturemade star	Nahezu frei von Schadstoffemissionen. zertifizierte, garantiert erneuerbare Energie, z.B. naturemade star	
CO₂ pro km (Bereitstellung Treibstoff)	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 ₂ -Emissionen pro Neuwagen abhängig von Materialaufwand und Produktion (K)	Hybrid	Benziner I	Benziner II	Diesel	Gas (LPG)	Gas (CNG)	Wasserstoff	Wasserstoff	Elektro I	Elektro I	Elektro I	Elektro II	
Lebensdauer	200'000 km												
CO₂ pro km (Herstellung Fahrzeug)	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 CO₂-Emissionen pro Kilometer

Lifetime-CO₂-Emissionen	184 g 37 t	210 g 42 t	340 g 68 t	231 g 46 t	198 g 40 t	171 g 34 t	46 g 9 t	327 g 65 t	108 g 22 t	178 g 36 t	78 g 16 t	50 g 10 t	37 g 7 t
---	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	--------------------	----------------------	----------------------	----------------------	---------------------	---------------------	--------------------

Gesamtemissionen Well-to-Wheel

Klassifizierung anhand der offiziellen, deutschen Verordnung (L) "Emissionseffizienz" im Verhältnis zum Fahrzeuggewicht Fahrzeuggewicht gemäss Schweizer Energieetikette	Hybrid	Benziner I	Benziner II	Diesel	Gas (LPG)	Gas (CNG)	Wasserstoff	Wasserstoff	Elektro I	Elektro I	Elektro I	Elektro II	
	E 1'505 kg	G 1'271 kg	G 1'840 kg	G 1'505 kg	G 1'382 kg	E 1'416 kg	A+++ 1'416 kg	G 1'850 kg	A++ 1'850 kg	B 2'074 kg	A+++ 2'074 kg	A+++ 2'074 kg	A+++ 1'578 kg

Fahrleistungen und Treibstoffkosten

	Hybrid	Benziner I	Benziner II	Diesel	Gas (LPG)	Gas (CNG)	Wasserstoff	Wasserstoff	Elektro I	Elektro I	Elektro I	Elektro II	
Motorleistung	136 PS	110 PS	306 PS	184 PS	117 PS	110 PS	110 PS	155 PS	155 PS	421 PS	421 PS	421 PS	109 PS
Beschleunigung 0-100 km/h	10.9 s	10.2 s	5.8 s	7.3 s	12.1 s	10.9 s	10.9 s	9.6 s	9.6 s	4.2 s	4.2 s	4.2 s	11.5 s
Preis pro Verbrauchseinheit Mittelwerte der letzten 5 - 10 Jahre (wo verfügbar, siehe unten)	1.68 CHF / l	1.68 CHF / l	1.68 CHF / l	1.79 CHF / l	0.81 CHF / l	1.86 CHF / kg	2.89 CHF / kg	9.50 CHF / kg	8.00 CHF / kg	0.23 EUR / kWh	0.14 CHF / kWh	0.19 CHF / kWh	0.19 CHF / kWh
Treibstoffkosten auf 100km	9 CHF	11 CHF	18 CHF	11 CHF	7 CHF	8 CHF	12 CHF	9 CHF	7 CHF	5 EUR	3 CHF	4 CHF	4 CHF
Treibstoffkosten auf gesamte Lebensdauer (200'000km) mit 20% Tesla Supercharger (Gratis-Schnellladung)	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)
- B) ICCT 2015, S. 3: Abweichungen +8 bis 38%
- C) Shell 2014, S. 68: 15 - 20%
- D) BAFU 2015, Treibhausgasinv. der Schweiz
- E) BMWBS, S.24, Situation 2012
- F) Elektrizitätsstatistik 2015, BFE Schweiz
- G) Wikipedia, H2 Energiebereitstellungskette
- H) Umweltbundesamt DE, Statistik 2015
- I) Umweltbundesamt 2012, S.8
- J) Umweltbundesamt Deutschland 2015, S. 2
- K) EMPA, Berechnungen M. Gauch vom 15.06.2016, (Bezug zu Haan & Zah 2013 & Ecoinvent 2.2)
- L) UCSUSA 2015, S.21, 1 bis 6t zusätzlich
- M) Notter & Gauch et al. 2010, S. 6552, +30%
- N) Bundesrepublik Deutschland, PKW-EnVKV, Kategorien A+++ erst ab Marktanteil >5% eingeführt
- O) 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.



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/infotehk/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**

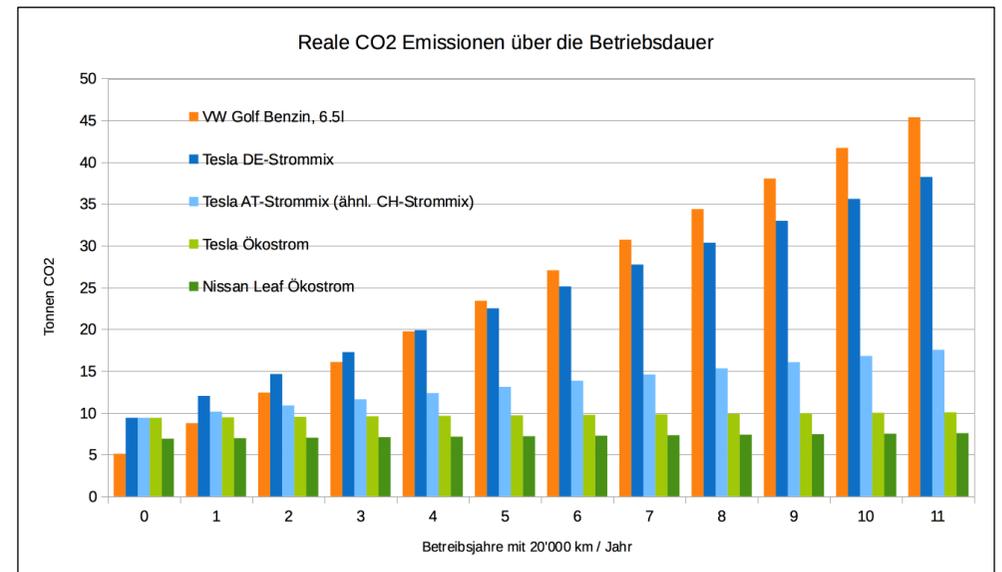
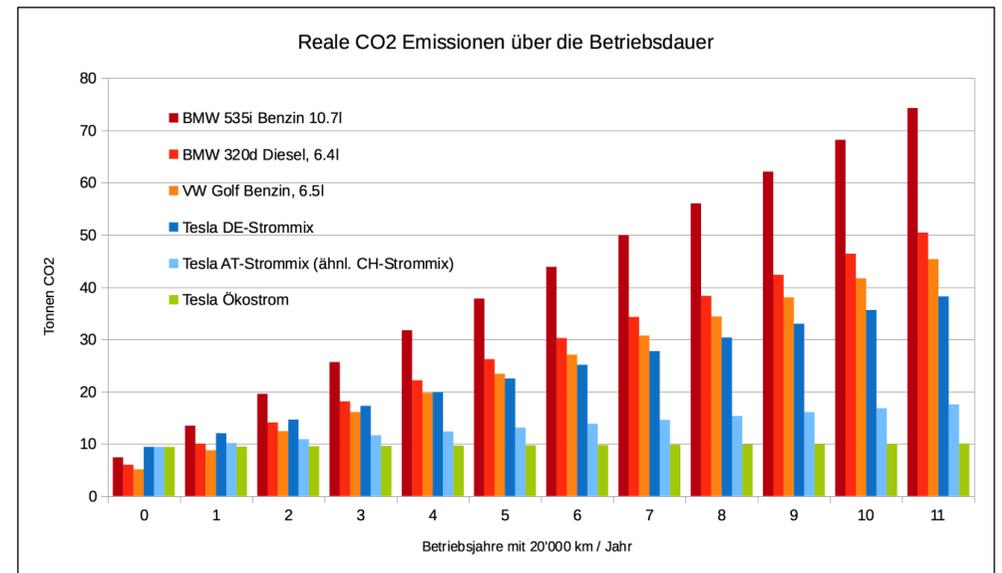
Umweltbundesamt Deutschland, 2015: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2014.

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 unvollständige Kurzform.

Originaldokument inkl. Quellen:

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



Hybrid	Benzin	Benzin	Diesel	Erdgas	Biogas	Elektro	Elektro	Elektro
Eco	Kompakt	Oberklasse	Normal	Normal	Normal	🇩🇪 Strom	🇨🇭 Strom	Ökostrom
Toyota	VW	BMW	BMW	Skoda		Tesla		
Auris HSD	Golf 1.2 TSI	535i	320d	Octavia G-Tec		Model S 85 P		
Modell 2015	Modell 2015	Modell 2014	Modell 2015	Modell 2015		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	0 g
Herstellung Treibstoff Ölförderung / Stromerzeugung	26 g	31 g	51 g	34 g	35 g	18 g	131 g	31 g	3 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	47 g
Total CO₂ pro Kilometer	184 g	210 g	340 g	231 g	171 g	46 g	178 g	78 g	50 g	50 g
Lifetime-CO ₂ -Emissionen	37 t	42 t	68 t	46 t	34 t	9 t	36 t	16 t	10 t	10 t
Gesamtemissionen anhand offizieller dt. Verordnung	E	G	G	G	E	A+++	B	A+++	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	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			