

Ökobilanz Erdgasauto

ausgearbeitet durch
Karin Flury, Rolf Frischknecht

Auftraggeber
gasmobil ag

Uster, Oktober 2012

ESU-services Ltd.	Kanzleistrasse 4	CH - 8610 Uster
Rolf Frischknecht	T +41 44 940 61 91	frischknecht@esu-services.ch
Niels Jungbluth	T +41 44 940 61 32	jungbluth@esu-services.ch
Sybille Büsser	T +41 44 940 61 35	buesser@esu-services.ch
Karin Flury	T +41 44 940 61 02	flury@esu-services.ch
René Itten	T +41 44 940 61 38	itten@esu-services.ch
Salome Schori	T +41 44 940 61 35	schori@esu-services.ch
Matthias Stucki	T +41 44 940 67 94	stucki@esu-services.ch
www.esu-services.ch	F +41 44 940 61 94	

Impressum

Titel	Ökobilanz Erdgasauto
Autor	Karin Flury, Rolf Frischknecht ESU-services Ltd. Kanzleistrasse 4, 8610 Uster Tel. +41 44 940 61 02, Fax +41 44 940 61 94 flury@esu-services.ch www.esu-services.ch
Kunde	gasmobil ag
Urheberrecht	Soweit nicht anders vermerkt bzw. direkt vereinbart sind sämtliche Inhalte in diesem Bericht urheberrechtlich geschützt. Das Kopieren oder Verteilen des Berichts als Ganzes oder in Auszügen, unverändert oder in veränderter Form ist nicht gestattet und Bedarf der ausdrücklichen Zustimmung von ESU-services GmbH und des Auftraggebers. Es ist nicht gestattet, den Bericht oder Teile davon auf Websites ausserhalb www.esu-services.ch und www.gasmobil-ag.ch zum Download bereitzustellen. Auch in veränderter Form bedarf die Weiterverbreitung der Inhalte der ausdrücklichen Genehmigung durch ESU-services GmbH und des Auftraggebers.
Haftungsausschluss	Die Informationen und Schlussfolgerungen in diesem Bericht wurden auf Grundlage von als verlässlich eingeschätzten Quellen erhoben. ESU-services GmbH und die Autoren geben keine Garantie bezüglich Eignung, oder Vollständigkeit der im Bericht dargestellten Informationen. ESU-services GmbH und die Autoren lehnen jede rechtliche Haftung für jede Art von direkten, indirekten, zufälligen oder Folge-Schäden oder welche Schäden auch immer, ausdrücklich ab.
Inhaltliche Verantwortung	Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die AutorInnen dieses Berichts verantwortlich.
Version	444_Erdgasauto_DEUTSCH_v3.0, 24.10.2012 14:33:00

Abkürzungen

	Deutsch	Englisch
CH	Schweiz (Confoederatio Helvetica)	
CED		Cumulative Energy Demand
GWP	Treibhauspotential	Global Warming Potential
KEA	Kumulierter Energieaufwand	
kWh	Kilowattstunde	
MJ	Megajoule	
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus	
PJ	Petajoule	
pkm	Personenkilometer	
TJ	Terajoule	
UBP	Umweltbelastungspunkt	
UCTE		Union for the Coordination of Transmission of Electricity (until 30.06.2009)

Inhalt

1	ZWECK UND INHALT	1
2	UMWELTINDIKATOREN	1
3	ÖKOBILANZEN ERDGASFAHRZEUG	1
3.1	Herstellung spezifischer Komponenten.....	2
3.2	Herstellung Fahrzeug.....	2
3.3	Umweltbelastung der Fahrzeugherstellung.....	2
4	BETRIEB DER ERDGASFAHRZEUGE	3
4.1	Verbrauchsmessung und Realverbrauch bei Erdgasfahrzeugen	3
4.2	Emissionen im Betrieb.....	4
5	VERGLEICH ÖKOBILANZ GASAUTO MIT FOSSIL UND ELEKTRISCH BETRIEBENEN FAHRZEUGEN	4
6	FOLGERUNGEN	8
7	LITERATUR	9

1 Zweck und Inhalt

Der vorliegende Bericht dient dazu, die Umweltauswirkungen des Fahrens mit Erdgasautos in der Schweiz aufzuzeigen. In diesem Bericht werden die zugrundeliegenden Annahmen sowie die wichtigsten Resultate und Erkenntnisse zusammengefasst. Eine ausführliche Dokumentation der Sachbilanzdaten ist in einem separaten Bericht zu finden (Flury & Frischknecht 2012).

Der Fokus dieser Studie liegt auf der Aktualisierung der Sachbilanzdaten zu Erdgasfahrzeugen und deren Betrieb. Es wird ein durchschnittliches sowie ein best-in-class Fahrzeug modelliert. In einem zweiten Teil werden die Umweltauswirkungen des Fahrens mit Erdgas-Autos berechnet und mit dem Fahren mit anderen Fahrzeugtechnologien (Benzin, Diesel, elektrisch) verglichen. Die Studie beschränkt sich auf monovalent betriebene Erdgas-Fahrzeuge sowie auf die individuelle Mobilität. Die vorliegende Studie basiert in wesentlichen Teilen auf einer Publikation zu Umweltaspekten von Elektroautos, welche das Bundesamt für Umwelt in Auftrag gegeben hat (Frischknecht 2012).

2 Umweltindikatoren

Es werden drei Ökobilanz-Indikatoren verwendet. Der Verkehrssektor ist eine bedeutende Quelle von Treibhausgasen. Die Treibhausgasemissionen werden gemäss den aktuellen Treibhausgaspotenzialen gemäss dem 4. Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) berechnet. Die Reduktion des Energiebedarfs ist im Zusammenhang mit der Diskussion zur 2000-Watt-Gesellschaft ein bedeutender Aspekt. Der kumulierte Energieaufwand wird gemäss der im ecoinvent Datenbestand v2.2 implementierten Methode (Frischknecht et al. 2007) berechnet. Die Ergebnisse werden aufgeteilt in erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieaufwand aufgezeigt. Die Gesamtumweltbelastungen werden basierend auf der Methode der ökologischen Knappheit 2006 (Frischknecht et al. 2008) beurteilt. Diese Methode basiert auf den Zielsetzungen der Schweizer Umweltpolitik.

3 Ökobilanzen Erdgasfahrzeug

Erdgasfahrzeuge unterscheiden sich nicht grundlegend von konventionellen, fossilen Fahrzeugen. Das Fahrgestell und der Innenausbau sind vergleichbar, sogar der Motor unterscheidet sich nicht. Speziell für Erdgasfahrzeuge angepasste Katalysatoren sind erst in Entwicklung¹. Die aktuelle Erdgasfahrzeugflotte verwendet dieselben Katalysatoren wie die herkömmlichen fossilen Fahrzeuge. Unterschiede bestehen vor allem im Gastank und dem zusätzlichen Benzintank, der als Notfallreserve mitgeführt wird.

Nachfolgend werden die wichtigsten Annahmen für die Modellierung eines durchschnittlichen und eines best-in-class Erdgasautos kurz beschrieben und die resultierenden Umweltauswirkungen mit einem durchschnittlichen Personenwagen verglichen.

Das durchschnittliche Erdgasauto repräsentiert den verkaufsgewichteten Durchschnitt über die gesamte Schweizer Gasfahrzeugflotte. Das best-in-class Erdgasauto basiert auf demjenigen Modell in der bestehenden Schweizer Gasfahrzeugflotte mit dem geringsten Verbrauch.

¹ <http://www.erdgas.ch/gasorama/2009/ausgabe-7/news/>, Juni 2012

3.1 Herstellung spezifischer Komponenten

Der Gastank eines durchschnittlichen Erdgasfahrzeugs hat ein Fassungsvermögen von 20 kg Gas. Zusätzlich wird ein Benzintank mit einer Kapazität von 14 l mitgeführt. Diese Werte beruhen auf verkaufsgewichteten Angaben (auto-schweiz 2012) von verschiedenen Erdgasfahrzeugen². Das best-in-class Erdgasfahrzeug verfügt über einen Gastank mit einem Volumen von 19 kg und der Benzintank fasst ebenfalls 14 l.

Basierend auf den Angaben zur Zusammensetzung von Treibstofftanks (Leuenberger & Frischknecht 2010) wird der Reservebenzintank entsprechend auf die oben genannte Grösse skaliert. Erdgastanks bestehen teilweise aus Aluminium, teilweise aus Kohlefasern und Stahl. Es wird angenommen, dass jeweils die Hälfte der Erdgasfahrzeuge mit dem einen bzw. dem anderen Tank ausgerüstet sind. Der Kohlenstoffstahl-Tank wird ebenfalls basierend auf den Angaben von Leuenberger & Frischknecht (2010) modelliert.

Diese zusätzlichen Komponenten führen zu einem Materialmehraufwand von 168 kg zusammengesetzt aus 68 kg Aluminium, 41 kg Stahl und 59 kg Kunststoff.

3.2 Herstellung Fahrzeug

Wie bereits erwähnt unterscheiden sich die Erdgasfahrzeuge von herkömmlichen Personewagen vor allem durch den eingebauten Gastank. Die restlichen Fahrzeugkomponenten werden von bestehenden Sachbilanzen von durchschnittlichen Personewagen (Spielmann et al. 2007) übernommen. Dies gilt auch für den Energie- und Transportaufwand in der Herstellung. Damit das Gewicht des durchschnittlichen Erdgasfahrzeuges der heutigen Flotte (1'603 kg) erreicht wird, wird die entsprechende Menge Stahl (115 kg) addiert. Das best-in-class Erdgasfahrzeug wiegt mit 1'380 kg etwas weniger als das in der ecoinvent Datenbank bilanzierte Benzinauto, entsprechend wird 99 kg Stahl subtrahiert.

3.3 Umweltbelastung der Fahrzeugherstellung

Ausgehend von dem in den Unterkapiteln 3.1 und 3.2 beschriebenen Aufbau der zwei untersuchten Erdgasautos lässt sich die Umweltbelastung der Herstellung der beiden Fahrzeuge abschätzen. In Tabelle 1 werden die resultierenden Werte für die drei Indikatoren gezeigt. Der Stahl- und Aluminiumverbrauch sowie der Stromkonsum dominieren die Ergebnisse in allen drei Indikatorkategorien.

Der in ecoinvent modellierte durchschnittliche Personewagen (Spielmann et al. 2007) liegt mit Werten von 85 GJ, 4.2 t CO₂-eq, 6.7 Mio. UBP um 15 % bis 20 % unter den Werten des Erdgasautos. Der erhöhte Materialbedarf der Erdgastanks und des Benzinzusatztanks ist deutlich sichtbar. Vor allem der erhöhte Aluminiemeinsatz wirkt sich markant aus.

Die Fahrzeugherstellung ist lediglich ein Teil der Umweltbilanz des Fahrens mit Erdgasautos. In den beiden folgenden Kapiteln werden der Betrieb des Fahrzeugs und die Ergebnisse Ökobilanz des Fahrens mit Erdgasfahrzeugen beschrieben.

² <http://www.erdgasfahren.ch/kaufen/erdgas-fahrzeuge/uebersicht-personenwagen/>, Juni 2012

Tabelle 1 Kumulierter Energieaufwand erneuerbar und nicht erneuerbar, Treibhausgas-Emissionen und Gesamtumweltbelastung (Methode der ökologischen Knappheit 2006) der Herstellung von einem durchschnittlichen und einem best-in-class Erdgasauto.

Einheit/Fahrzeug	KEA total MJ Öl-eq	KEA erneuerbar MJ Öl-eq	KEA fossil MJ Öl-eq	KEA nuklear MJ Öl-eq	Treibhausgase kg CO ₂ -eq	Umweltbelastung UBP'06
Durchschnitt	102'820	6'258	78'795	17'767	5'130	7'774'903
BestCase	97'101	6'048	73'886	17'167	4'782	7'169'595

4 Betrieb der Erdgasfahrzeuge

4.1 Verbrauchsmessung und Realverbrauch bei Erdgasfahrzeugen

Der Verbrauch und die Emissionen von Personenfahrzeugen werden im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) gemessen. Während dieser Messungen werden zwar möglichst realitätsnahe Fahrzyklen gefahren, aber direkte und indirekte Mehrverbräuche durch Klimaanlage, Heizung und elektrische Zusatzausstattungen wie elektrisch verstellbare Dachfenster werden dabei nicht berücksichtigt. Diese Komponenten fallen nicht nur wegen dem erhöhten Energiebedarf direkt ins Gewicht, sondern auch indirekt durch das erhöhte Gesamtgewicht des Autos. Die Messzyklen werden nämlich ohne Sonderausstattungen gefahren (Dudenhöffer & John 2009). Dies führt zu einer deutlichen Differenz zwischen den angegebenen Verbrauchszahlen und dem realen Verbrauch. Gemäss Expertenmeinungen³ liegt der Mehrverbrauch von Erdgasfahrzeugen in derselben Grössenordnung wie derjenige der herkömmlichen Benzin- und Dieselaautos. In Analogie zu Frischknecht (2012) wird hier, basierend auf Informationen von Höpfner et al. (2009), ein Mehrverbrauch von 20 % angesetzt.

Für die Verbrauchs- und Emissionsmessungen wird reines Methan verwendet. Dessen physikalische Eigenschaften entsprechen nicht denjenigen des durchschnittlichen Erd- oder Biogases, das an Schweizer Tankstellen verfügbar ist. Über Korrekturfaktoren für die Dichte (0.654/0.679 kg/l) und die Energieinhalte (49.65/48.03 MJ/kg) werden diese Unterschiede korrigiert.

Der Verbrauch und die Emissionen der in dieser Studie modellierten Erdgasfahrzeuge wurde über den verkaufsgewichteten Durchschnitt der Schweizer Erdgasflotte bestimmt (ASTRA 2012; auto-schweiz 2012). Unter Einbezug des Mehrverbrauchs unter realen Bedingungen und des Umrechnungsfaktors für das Normgas beträgt der durchschnittliche Verbrauch 7.48 kg/100 km und der best-in-class Verbrauch beläuft sich auf 6.40 kg/100 km.

³ Persönliche Mitteilungen: Ch. Bach, empa, 19. September 2012; N. Egli, BAFU, 13. September 2012; K. Egli, VCS Umweltliste, 7. September 2012

4.2 Emissionen im Betrieb

Die CO₂-Emissionen, die über den Emissionsfaktor für Erdgas (Faist Emmenegger et al. 2007) bestimmt wurden, betragen 23 kg/100 km beim durchschnittlichen Erdgasauto bzw. 18 kg/100 km beim best-in-class Erdgasauto. Abhängig vom getankten Gasgemisch sind die CO₂-Emissionen fossil (Erdgas) oder biogen (Biogas). Das Erdgas/Biogas-Gemisch emittiert entsprechend 90 % fossile und 10 % biogene CO₂ Emissionen.

Die Emissionsfaktoren von Kohlenmonoxid (CO), Stickoxiden (NO_x), Kohlenwasserstoffen (HC), flüchtigen organischen Verbindungen (NMVOC) und Partikeln werden über deren verkaufs- und verbrauchsgewichteten Mittelwert über die gesamte Schweizer Erdgasautoflotte bestimmt (ASTRA 2012; auto-schweiz 2012). Daraus lassen sich auch die Methanemissionen berechnen. Partikel werden keine emittiert. Emissionsfaktoren für Toluol, C2-Benzol, Ammoniak und Benzol werden aus einer anderen Studie übernommen (Alvarez & Weilenmann 2010). In Tabelle 2 werden die Emissionsfaktoren zusammengefasst.

Die Schwefeldioxidemissionen sind bestimmt über den Schwefelgehalt im Gasgemisch (Jungbluth et al. 2007). Die Emissionen, die durch den Abrieb von den Reifen und der Strasse entstehen, werden direkt aus den ecoinvent Berichten übernommen (Jungbluth et al. 2007).

Tabelle 2 Auspuffemissionen vom Betrieb eines durchschnittlichen und eines best-in-class Erdgasfahrzeugs.

	Verbrauch	CO ₂	CO	Stickoxide	NMVOC	Methan	Toluol	C2-Benzol	Ammoniak	Benzol	Schwefel-dioxid
Einheit/100 km	kg	kg	g	g	mg	g	mg	mg	g	mg	mg
Durchschnitt	7.5	22	23	3.3	148	5.8	5	3	2.5	17	98
Best Case	6.4	19	20	2.8	127	5.0	4	3	2.2	15	98

5 Vergleich Ökobilanz Gasauto mit fossil und elektrisch betriebenen Fahrzeugen

Die Umweltauswirkungen des Transports mit dem durchschnittlichen und dem best-in-class Erdgasauto sowie mit konventionell fossilen und elektrischen Personenwagen werden verglichen. Es werden Durchschnittsfahrzeuge sowie Autos der unteren Mittelklasse (Golf-Klasse) gezeigt. Die nachstehend gezeigten Bilanzen der konventionell fossilen und der elektrisch betriebenen Fahrzeuge basieren auf den Daten des ecoinvent Datenbestands v2.2 (siehe auch Frischknecht 2012). Angaben zum spezifischen Verbrauch der verschiedenen Fahrzeugmodelle sind in Tabelle 3 zu finden.

Die Fahrzeuge werden bezüglich ihres kumulierten Energieaufwandes (Frischknecht et al. 2007), der Treibhausgas-Emissionen (IPCC 2007) und der Gesamtumweltbelastung (bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006, Frischknecht et al. 2008) verglichen. Die

5. Vergleich Ökobilanz Gasauto mit fossil und elektrisch betriebenen Fahrzeugen

Ergebnisse sind bezogen auf einen Personenkilometer (pkm). Durch Multiplikation der Ergebnisse mit 1.6 erhält man die Ergebnisse pro Fahrzeugkilometer⁴.

Der Vergleich der Ökobilanz-Ergebnisse von Diesel-, Benzin-, Elektro- und Erdgasautos zeigt, dass die Treibhausgasemissionen der durchschnittlichen Gasfahrzeuge betrieben mit reinem Erdgas oder der Erdgas/Biogas-Mischung diejenigen der konventionell fossilen Fahrzeuge teilweise übersteigen (Tabelle 3). Im Vergleich zum durchschnittlichen Dieselfahrzeug liegen die Emissionen des durchschnittlichen Erdgasfahrzeugs um 15 % höher, verglichen mit dem durchschnittlichen Benziner um rund 3 %. Wird das Gasfahrzeug mit reinem Biogas betrieben, werden deutlich weniger Treibhausgase emittiert (minus 40 % gegenüber dem Dieselfahrzeug, minus 46 % gegenüber dem Benzinauto). Ein leichteres und effizienteres Erdgasauto (BestCase) reduziert die totalen Treibhausgasemissionen gegenüber dem Erdgas-Flottendurchschnitt um rund 13 %.

Der Vergleich des kumulierten Energieaufwands zeigt grössere Unterschiede zwischen den herkömmlich fossilen Fahrzeugen und den Erdgasautos. Erdgasautos verursachen demnach einen höheren kumulierten Energieaufwand. Wie bei den Treibhausgasemissionen senkt der Antrieb mit reinem Biogas und die Nutzung des leichteren und effizienteren Erdgasautos auch den kumulierten Energieaufwand. Dies deshalb, weil die im für die Vergärung verwendeten organischen Abfall enthaltene Energie nicht eingerechnet wird. Der kumulierte Energieaufwand der Biogasautos liegt jeweils deutlich unter demjenigen der Elektroautos (Strommix Schweiz, UCTE beziehungsweise zertifizierter Strommix).

Die Gesamtumweltauswirkungen des Personentransports mit Autos der durchschnittlichen Gasfahrzeuge liegen deutlich tiefer als diejenigen der durchschnittlichen Diesel- und Benzinautos. Die Gesamtumweltbelastungen von Elektroautos hängen stark vom verwendeten Strommix ab. Während die Gesamtumweltbelastungen aller untersuchten Arten von Gasfahrzeugen unter denjenigen der Elektroautos liegen, die den Schweizer Strommix bzw. den Europäischen Strommix konsumieren, liegen auch die best-in-class Gasfahrzeuge über den Belastungen der Elektroautos, die mit zertifiziertem Schweizer Strom betrieben werden.

⁴ Der Faktor 1.6 entspricht der durchschnittlichen Auslastung von Personewagen (1.6 Personen pro Fahrzeug, Spielmann et al. 2007).

5. Vergleich Ökobilanz Gasauto mit fossil und elektrisch betriebenen Fahrzeugen

Tabelle 3 Kumulierter Energieaufwand (erneuerbar, nicht erneuerbar), Treibhausgas-Emissionen und Umweltbelastung (Methode der ökologischen Knappheit 2006) pro pkm mit verschiedenen Personenwagen

	Verbrauch	KEA total	KEA erneuerbar	KEA fossil	KEA nuklear	Treibhausgase	Umweltbelastung
Einheit pro pkm	/100pkm	MJ Öl- eq/pkm	MJ Öl- eq/pkm	MJ Öl- eq/pkm	MJ Öl- eq/pkm	kg CO ₂ - eq/pkm	UBP'06/ pkm
Diesel, Durchschnitt	6.13 l	3.05	0.08	2.61	0.36	177	272
Benzin, Durchschnitt	6.79 l	3.40	0.08	2.95	0.38	198	207
Erdgas, Durchschnitt	7.48 kg	3.85	0.10	3.30	0.45	204	157
Erdgas/Biogas, Durchschnitt	7.48 kg	3.66	0.11	3.07	0.48	195	155
Biogas, Durchschnitt	7.48 kg	1.89	0.16	1.03	0.70	107	142
Elektroauto, Strommix CH	20 kWh	3.01	0.29	1.34	1.39	95	163
Elektroauto, Strommix UCTE	20 kWh	3.23	0.20	2.01	1.02	151	186
Diesel, Klassenbester	3.83 l	2.29	0.08	1.85	0.36	124	111
Benzin, meistverkauft	5.58 l	3.00	0.08	2.54	0.38	171	159
Erdgas, BestCase	6.40 kg	3.43	0.10	2.89	0.44	179	143
Erdgas/Biogas, BestCase	6.40 kg	3.26	0.10	2.70	0.46	171	142
Biogas, BestCase	6.40 kg	1.75	0.15	0.95	0.65	95	131
Elektroauto, zert. Strommix	20 kWh	2.20	0.65	1.12	0.43	79	115

Die Treibhausgas-Emissionen treten bei den verschiedenen Fahrzeugen an unterschiedlichen Stellen auf. Während bei den Fahrzeugen mit mehrheitlich fossilem Verbrennungsmotor (Diesel, Benzin, Erdgas und Erdgas/Biogas) die Treibhausgas-Emissionen am Auspuff rund zwei Drittel der Klimawirkung des Autofahrens ausmachen (zwischen 65 und 69 %), stammen die wesentlichen Beiträge zur Klimawirkung des Biogasautos aus der Bereitstellung des Gases (65 %). Diese sind vor allem auf Methan- und Lachgasemissionen in der Produktionskette zurückzuführen. Beim Elektroauto sind vor allem die Herstellung der Batterien klimawirksam.

Die Unterschiede zwischen den herkömmlich fossilen Fahrzeugen und den Gasautos sind vor allem in den höheren Treibhausgasemissionen im Betrieb, der höheren Materialintensität in der Fahrzeugherstellung und den leicht erhöhten Treibhausgasemissionen in der Treibstoffbereitstellung begründet.

Die Emissionen am Auspuff der mehrheitlich fossil betriebenen Autos sind für rund zwei Drittel (61 bis 69 %) der Gesamtumweltbelastung bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006 verantwortlich (siehe Abbildung 1). Weitere wichtige Anteile der Gesamtumweltbelastung stammen von der Treibstoffbereitstellung und der Autoherstellung (inklusive Unterhalt und Entsorgung).

Während die Umweltauswirkungen der Strasseninfrastruktur, der Fahrzeugherstellung und der Treibstoffbereitstellung ähnlich hoch sind, unterscheiden sich die herkömmlich fossilen Fahrzeuge von den Gasfahrzeugen vor allem in den Auswirkungen der Emissionen am Auspuff. Dabei liegt der Unterschied nicht hauptsächlich in den Treibhausgasemissionen. Der Flottenmix der Dieselaautos ohne Partikelfilter emittiert pro Fahrzeugkilometer knapp 24 mg Dieselruß, der Flottenmix der Dieselaautos mit geregelter Partikelfilter rund 0.04 mg Dieselruß und der Golf BlueMotion (Klassenbester, mit geregelter Partikelfilter) rund 0.01 mg Diesel-

5. Vergleich Ökobilanz Gasauto mit fossil und elektrisch betriebenen Fahrzeugen

rus⁵. Dieseleruss wird in der Methode der ökologischen Knappheit 2006 mit einem deutlich höheren Ökofaktor gewichtet als PM10 Emissionen (17'000 UBP/g Dieseleruss im Vergleich zu 150 UBP/g PM10). Dies führt zu einer deutlich erhöhten Gesamtumweltbelastung des Personentransports mit durchschnittlichen Dieselfahrzeugen. Beim Flottenmix der Benzinautos tragen die Benzolemissionen beim Kaltstart und bei der regulären Verbrennung des Benzins einen Teil zu den Gesamtumweltauswirkungen bei.

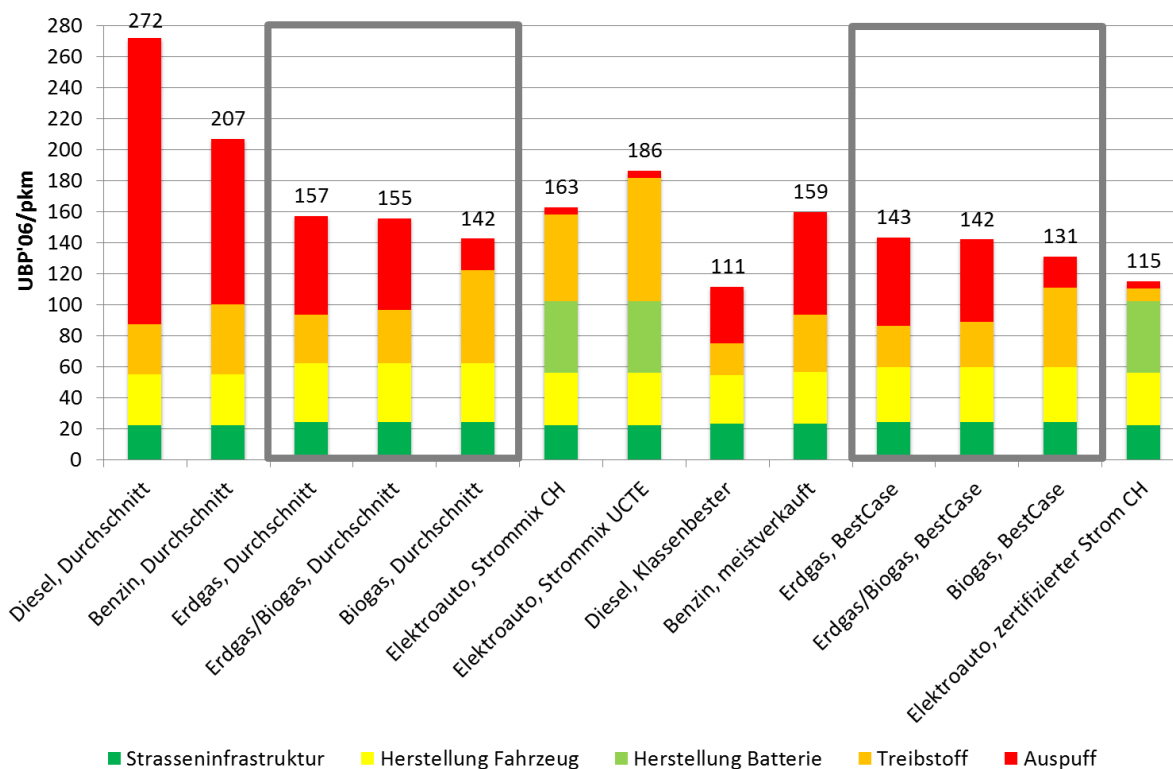


Abbildung 1 Dominanzanalyse der Umweltbelastung (bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006) des Fahrens von 1 pkm mit verschiedenen Personenwagen.

In Abbildung 2 werden die einzelnen Kategorien (Kompartimente) der Umweltbelastung gezeigt. Für alle Autos steuern die Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen den grössten Anteil bei, gefolgt von Emissionen in Oberflächengewässer und dem Verbrauch an Energieressourcen. Bei den Luftschadstoffemissionen des durchschnittlichen Dieselfahrzeugs sind vor allem Dieseleruss, CO₂ und Stickoxide von Bedeutung. Bei den Elektroautos sind die Abfälle (hier vor allem radioaktive Abfälle) an zweiter Stelle nach den Luftschadstoffen. Die Luftschadstoffe sind besonders bei Elektroautos, die mit dem UCTE-Strommix geladen werden, von Bedeutung. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die Schadstoffe SO₂ und Partikel aus Braun- und Steinkohlekraftwerken.

⁵ Dieseleruss in den Abgasen von Personenwagen mit Dieselmotor - Ergänzung zum Datensatz in ecoinvent data v2.2 (File PMDR-Bewertung für Diesel-Pw_v1.xlsx, Bafu, März 2011).

6. Folgerungen

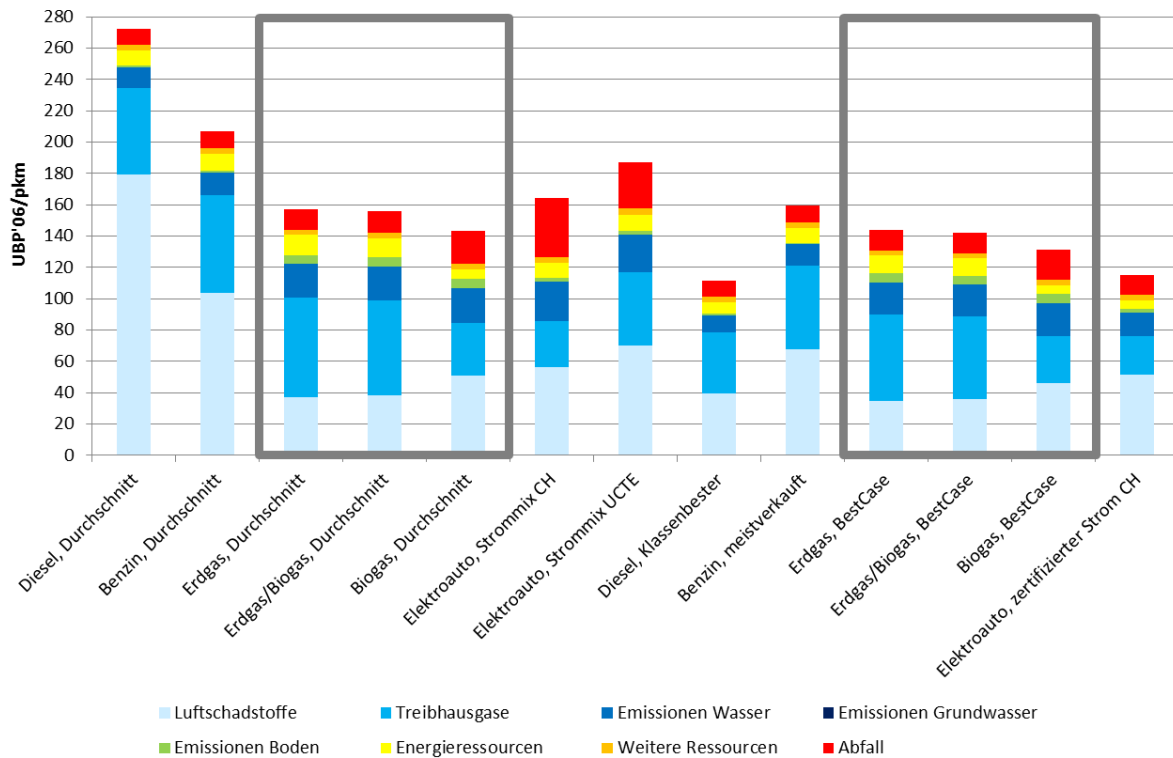


Abbildung 2 Kategorien der Umweltbelastung (bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006) des Fahrens von 1 pkm mit verschiedenen Personenwagen.

6 Folgerungen

Bezüglich der Treibhausgasemissionen und des kumulierten Energieaufwands schneidet die herkömmliche fossile Fahrzeugflotte etwas besser ab als die durchschnittlichen mit Erdgas betriebenen Gasfahrzeuge. Der Einsatz von biogasbetriebenen Autos führt hingegen zu einer deutlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Flottendurchschnitt der Diesel- und Benzinautos, nicht aber im Vergleich zum klassenbesten Dieselauto der unteren Mittelklasse.

Die mit Erdgas oder Biogas betriebenen Fahrzeuge verursachen deutlich weniger Gesamtumweltbelastungen als der Flottendurchschnitt der Benzin- und Dieselautos. Sie liegen damit knapp gleich hoch wie Elektroautos, deren Batterien mit dem Schweizer Strommix geladen werden

Unabhängig vom Treibstoff, der Fahrzeugtechnologie und der Bewertungsmethode weisen leichtere wie auch effizientere Autos tiefere Umweltbelastungen auf. Dies zeigt sowohl das Beispiel des klassenbesten Dieselfahrzeuges wie auch (weniger ausgeprägt) das Beispiel der best-of-class Gasautos. Bei den Gasautos gilt zudem, dass die Umweltauswirkungen durch einen höheren Anteil an Biogas gesenkt werden können.

7 Literatur

- Alvarez & Weilenmann 2010 Alvarez R. and Weilenmann M. F. (2010) Natural gas vehicles Euro-4 and Euro-5: standard program. Empa, Dübendorf.
- ASTRA 2012 ASTRA (2012) Zentrale Motorfahrzeug- und Motorfahrzeughalterdatenbank (MOFIS). Bundesamt für Strassen.
- auto-schweiz 2012 auto-schweiz (2012) Bestand Erdgasfahrzeuge 2011 (ed. auto-schweiz), Bern.
- Dudenhöffer & John 2009 Dudenhöffer F. and John E.-M. (2009) Warum der offizielle Kraftstoffverbrauch von Neuwagen erheblich von der Realität abweicht. ÖkoGlobe-Institut Universität Duisburg-Essen, Duisburg.
- Faist Emmenegger et al. 2007 Faist Emmenegger M., Heck T., Jungbluth N. and Tuchschnid M. (2007) Erdgas. In: *Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz*, Vol. ecoinvent report No. 6-V, v2.0 (Ed. Dones R.). Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Flury & Frischknecht 2012 Flury K. and Frischknecht R. (2012) Life Cycle Assessment CNG Car. ESU-services, Uster.
- Frischknecht et al. 2007 Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Bauer C., Doka G., Dones R., Hellweg S., Hischer R., Humbert S., Margni M. and Nemecek T. (2007) Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. ecoinvent report No. 3, v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Frischknecht et al. 2008 Frischknecht R., Steiner R. and Jungbluth N. (2008) Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 2006. Umwelt-Wissen Nr. 0906. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, retrieved from: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01031/index.html?lang=de.
- Frischknecht 2012 Frischknecht R. (2012) Umweltaspekte von Elektroautos. ESU-services, Uster.
- Höpfner et al. 2009 Höpfner U., Hanusch J. and Lambrecht U. (2009) Abwrackprämie und Umwelt - eine erste Bilanz. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, ifeu, Heidelberg.
- IPCC 2007 IPCC (2007) The IPCC fourth Assessment Report. Cambridge University Press., Cambridge.
- Jungbluth et al. 2007 Jungbluth N., Chudacoff M., Dauriat A., Dinkel F., Doka G., Faist Emmenegger M., Gnansounou E., Kljun N., Schleiss K., Spielmann M., Stettler C. and Sutter J. (2007) Life Cycle Inventories of Bioenergy. ecoinvent report No. 17, v2.0. ESU-services, Uster, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.
- Leuenberger & Frischknecht 2010 Leuenberger M. and Frischknecht R. (2010) Life Cycle Assessment of Battery Electric Vehicles and Concept Cars. implemented in ecoinvent data v2.2 (2010). ESU-services, Uster, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/projects/ecoinventdatenbank/ecoinvent-reports/.
- Spielmann et al. 2007 Spielmann M., Roberto Dones, Bauer C. and Tuchschnid M. (2007) Life Cycle Inventories of Transport Services. ecoinvent report No. 14, v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org.