

Emissionsvergleich verschiedener Antriebsarten in aktuellen Personenwagen

Untersuchung der Emissionen von aktuellen Personenwagen mit konventionellen und direkt eingespritzten Benzinmotoren, Dieselmotoren mit und ohne Partikelfilter, sowie Erdgasmotoren



Kurzversion 31. Oktober 2007

Danksagung:

Die Empa dankt dem BAFU und Novatlantis – „Nachhaltigkeit im ETH-Bereich“ für finanzielle Beiträge zur Durchführung der Vergleichsstudie:

Bundesamt für Umwelt BAFU

Abteilung Luftreinhaltung und NIS

Sektion Verkehr

Worbentalstrasse 68, 3063 Ittigen, Postadresse: 3003 Bern

Tel +41 31 322 93 40

Novatlantis – Nachhaltigkeit im ETH-Bereich

c/o EAWAG

Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf

Tel. +41 44 305 93 60

Vergleichsmessung durchgeführt von:

EMPA Materials Science and Technology

Abteilung Verbrennungsmotoren

Autoren des Berichts:

Christian Bach (Empa)

Dr. Stephan Lienin (sustainserv GmbH)

Kontakt:

EMPA Materials Science and Technology

Christian Bach, christian.bach@empa.ch

Leiter Abteilung Verbrennungsmotoren

Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf

Tel: +41 44 823 4137

sustainserv GmbH

Dr. Stephan Lienin, stephan.lienin@sustainserv.com

Director sustainserv und Projektkoordinator Novatlantis-Projekt „Erlebnisraum Mobilität“

Gartenstrasse 25, 8002 Zürich

Tel. +41 43 322 1010

Die gesamte Studie finden Sie als Download ab 1. November 2007, ca. 9.30 Uhr unter www.novatlantis.ch (Top-Eintrag unter Highlights direkt auf der Homepage).

Einleitung

In der Diskussion über den Emissionsvergleich der verschiedenen Antriebsarten von Personenwagen in der Schweiz existieren nur wenige Vergleichsdaten zu aktuellen Fahrzeugen, die auf tatsächlichen Messungen beruhen. Meistens wird noch auf die Studie des BUWAL von 1998¹ verwiesen. Diese Daten sind jedoch für die Beurteilung von Neufahrzeugen veraltet, da die Fahrzeugtechnologie von Benzin-, Diesel- und Erdgasfahrzeugen weiterentwickelt wurde. In der vorliegenden Vergleichsmessung wurden nur Fahrzeuge miteinander verglichen, die heute im Handel erhältlich sind und die gemäss Hersteller die Euro-4-Abgasvorschriften einhalten.

Die Untersuchungen wurden an der Empa im Rahmen der Erhebung der Emissionsfaktoren des schweizerischen Strassenverkehrs in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) durchgeführt. Sie sind Teil der Anstrengungen des BAFU, die Daten für die Beurteilung von Fahrzeugemissionen laufend zu aktualisieren. Die Studie wurde ebenfalls unterstützt von Novatlantis - „Nachhaltigkeit im ETH-Bereich“. Im Novatlantis-Projekt „Erlebnisraum Mobilität“ werden im Rahmen der Pilotregion Basel Fahrzeuge der nächsten Generation mit besonders sauberen und effizienten Antrieben getestet und Strategien für einen nachhaltigeren Fahrzeugverkehr entwickelt. Die vorliegende Vergleichsmessung liefert Fakten für die aktuelle Diskussion zum Vergleich und dem mittelfristigen Potential der Antriebstechnologien und deren zugehörige Treibstoffe.

Die Abteilung Verbrennungsmotoren der Empa setzt sich mit der Weiterentwicklung von Benzin-, Diesel- und Erdgasfahrzeugen auseinander. Die Empa ist in Zusammenarbeit mit verschiedenen Fahrzeugherstellern an Entwicklungsprojekten für alle Antriebsarten beteiligt und hat in ihrem Abgaslabor modernste Messmethoden und -technologien für die Messung von Partikel- und Abgasemissionen zur Verfügung.

Die Studie mit Fokus auf den Emissionsvergleich der Fahrzeuge ergänzt die aktuelle, vielfach zitierte Studie der Empa² zur Ökobilanzierung verschiedener Biotreibstoffe. Beide Studien zusammen geben zahlreiche Anhaltspunkte für die Beurteilung der Potentiale für den Klimaschutz und die Luftreinhaltung im Bereich des Personenwagenverkehrs.

¹ BUWAL, Ökobilanz der Treibstoffe (1998)

² Zah R., Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen (2007)

Zusammenfassung

Insgesamt wurden 32, heute auf dem Markt erhältliche Euro-4-Personenwagen untersucht: Benzinfahrzeuge (mit und ohne Direkteinspritzung), Dieselfahrzeuge (mit und ohne Dieselpartikelfilter) sowie Erdgasfahrzeuge. Dabei stand die Untersuchung der wichtigsten Emissionen im Vordergrund: Feinstaub, Ozonvorläuferschadstoffe (Stickoxide und Kohlenwasserstoffe) sowie Treibhausgase (CO_2 , CH_4). Die im Abgaslabor der Empa in Dübendorf vorgenommenen Messungen wurden einerseits im offiziellen Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ), der für die Zulassung von Fahrzeugen verwendet wird, und andererseits im Artemis-Fahrzyklus, der das reale Fahrverhalten abbildet, durchgeführt.

Die Messungen zeigen insgesamt, dass alle Antriebstechnologien (Antriebe mit Benzin, Diesel, Erdgas) in den letzten Jahren sauberer geworden sind, was aufgrund kontinuierlicher technologischer Weiterentwicklung in allen Bereichen und Einführung des Euro-4-Standards nicht überrascht. Bei immer sauberer werdenden Fahrzeugen rückt die Emission der Treibhausgase für eine ökologische Beurteilung zunehmend in den Vordergrund. Hier sind Erdgasfahrzeuge mit ca. 21% niedrigeren Emissionen gegenüber Benzinfahrzeugen und ca. 11% niedrigeren Emissionen gegenüber Dieselfahrzeugen mit Partikelfilter nach wie vor im Vorteil.

Trotz sinkender Abgasemissionen ist die Belastung der Atemluft durch Feinstaub und Ozon keinesfalls gelöst. Obwohl die verkehrsbedingten Emissionen schweizweit deutlich abnehmen, ist die Belastung der Luftqualität gerade in Schweizer Städten nach wie vor ein Problem, das eine stetige Weiterentwicklung in Richtung noch sauberer Antriebe nötig macht und auch Anlass für diese Studie war. Antriebssysteme, die nicht auf den städtischen Einsatz hin optimiert sind, sowie emissionsmässig nicht-optimale Fahrweisen in der Stadt sind nach wie vor Gründe dafür, dass die an sich gesunkenen Abgasemissionen noch nicht in wesentlich verbesserten Luftqualitäten Schweizer Städte resultiert.

Die im Verbrennungsmotor produzierten Feinstaubpartikel stellen aufgrund ihrer geringen Grösse ein gesundheitliches Risiko dar, das nach Ansicht von Fachleuten durch die Partikelanzahl besser erfasst wird, als durch die heute noch vorgeschriebene Partikelmasse. Die Emissionsmessungen zeigen, dass Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter die Luft im offiziellen Europäischen Fahrzyklus mit einer rund 250-mal höheren Partikelanzahl belasten als alle anderen Antriebssysteme. Benzinfahrzeuge (mit und ohne Direkteinspritzung), Erdgasfahrzeuge sowie Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter emittieren eine Partikelanzahl auf vergleichbar niedrigerem Niveau. Die Verwendung von Partikelfiltern bei Dieselfahrzeugen ist daher eine der wichtigsten Massnahmen, die auch vom BAFU schon lange gefordert wird.

Bei den für die Ozonbildung verantwortlichen NO_x -Emissionen emittieren Benzin- und Erdgasfahrzeuge auf tiefem und vergleichbarem Niveau. Dagegen stossen Dieselfahrzeuge im Vergleich dazu ca. zehnmal höhere NO_x -Emissionen aus. Vergleicht man den für die Ozonbildung relevanteren und auch gesundheitlich problematischeren NO_2 -Anteil an den NO_x -Emissionen, zeigen sich noch grössere Unterschiede. Während Benzin- und Erdgasfahrzeuge nahezu kein NO_2 ausstossen, liegt der NO_2 -Anteil bei den Dieselfahrzeugen mit und ohne Partikelfilter bei 30 bis 50% der NO_x -Emissionen. Dieselfahrzeuge tragen demnach wesentlich mehr zur lokalen Ozonbildung bei als Benzin- oder Erdgasfahrzeuge.

Bei den Gesamt-Kohlenwasserstoffemissionen (T.HC) weisen die Erdgasfahrzeuge im Mittel 30% höhere Werte auf als die Benzinfahrzeuge bzw. doppelt so hohe Werte wie die Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter. Allerdings bestehen die Gesamtkohlenwasserstoffe von Erdgasfahrzeugen zu 85% aus ungiftigem und für die Ozonbildung nicht relevantem Methan. Bei der für die Ozonbildung wesentlichen Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe (NMHC) weisen Erdgasfahrzeuge die niedrigsten Emissionen auf.

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse zusammenfassend graphisch dargestellt. Dabei ist die Antriebstechnologie mit dem jeweils grössten Emissionswert als 100% gesetzt. Somit sind die verbesserten Leistungen der jeweils anderen Antriebstechnologien gut ersichtlich.

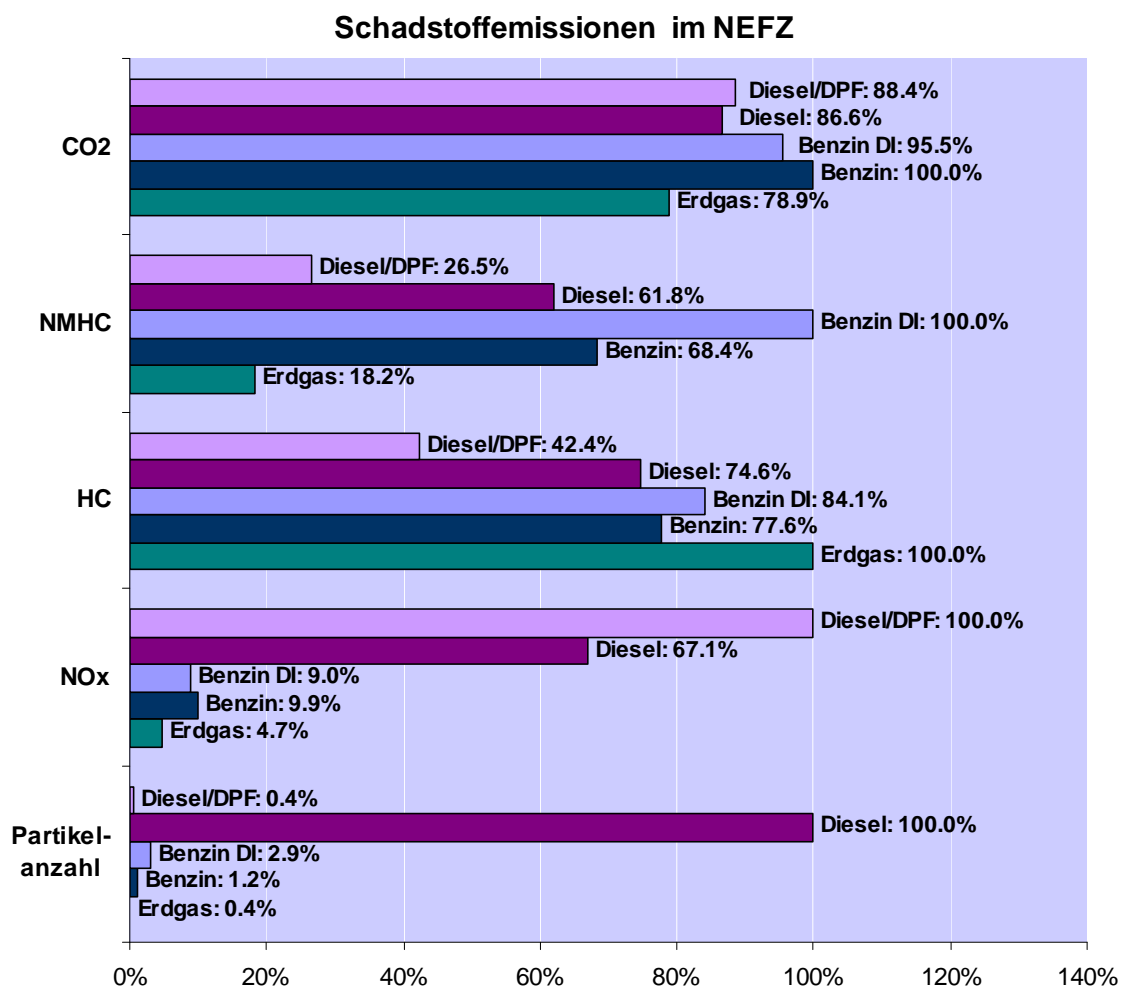


Abb. 1 Zusammenfassung der Emissionen von Erdgas-, Benzin- und Dieselfahrzeugen im offiziellen Neuen Europäischen Fahrzyklus NEFZ. Dargestellt sind mittlere Emissionen; für Streubereich siehe weiterer Bericht. Diesel / DPF: Diesel mit Dieselpartikelfilter, Diesel: Diesel ohne Dieselpartikelfilter, Benzin DI: Benzin mit Direkteinspritzung, Benzin: Benzin, Erdgas: Erdgas. Bei den Partikelemissionen wurde die wesentlichere Partikelanzahl für die Darstellung ausgewählt.

Der relative Vergleich zeigt, dass Erdgasfahrzeuge erstens hinsichtlich Treibhausgasemissionen und zweitens durch gleichzeitig niedrige Emissionen von Stickoxiden (NO_x) und Nichtmethan-Kohlenwasserstoffen (NMHC) bezüglich Ozonbildungspotential am besten abschneiden. Benzinfahrzeuge sind bei den NO_x-Emissionen auf vergleichbar tiefem Niveau, sind jedoch die Fahrzeuge mit den grössten Treibhausgasemissionen. Dieselfahrzeuge mit Partikelfilter zeigen wie Benzin- und Erdgasfahrzeuge gute Resultate bei den Partikelemissionen, sind aber bei den NO_x-Emissionen deutlich schlechter. Dieselfahrzeuge ohne Partikelfilter schneiden aus Umweltgesichtspunkten wegen der hohen Partikelemissionen und den höheren NO_x-Emissionen am schlechtesten ab.

Der Vergleich der Abgasemissionen im offiziellen Neuen Europäischen Fahrzyklus NEFZ und im realitätsnahen Artemis-Fahrzyklus zeigt in der Regel ähnliche Unterschiede im Emissionsverhalten zwischen den verschiedenen Antriebskonzepten; Unterschiede gibt es allerdings beim absoluten Emissionsniveau. Die Messungen im Artemis-Zyklus geben jedoch insgesamt einen vertieften Einblick und legen Schwächen einzelner Fahrzeugmodelle in bestimmten Fahrsituationen (z.B. Stadtverkehr, Überland, Autobahn) offen. Der weitere Bericht zeigt dafür einige Beispiele auf. Die Messungen zeigen auch, dass die Streuungen unterschiedlicher Fahrzeugmodelle einer Antriebstechnologie beträchtlich und in der Regel wesentlich grösser sind als der systematische Unterschied zwischen den Antriebstechnologien.

Derzeit stehen die biogenen Treibstoffe im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Die Mitte des Jahres veröffentlichte Studie der Empa (siehe Einleitung) hat gezeigt, dass es grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Biotreibstoffen hinsichtlich deren Ökobilanz gibt. Aus Sicht der Abgasemissionsmessungen soll hier nur kurz ergänzend auf Biotreibstoffe eingegangen werden. Die im Bericht dargestellten Messwerte gelten nur eingeschränkt für den Einsatz von Biotreibstoffen. Für Biogas, welches aufbereitet dem Erdgas beigemischt werden kann und diesem chemisch entspricht, gelten die gemessenen Werte uneingeschränkt. Für Fahrzeuge, die mit flüssigen Biotreibstoffen wie Biodiesel oder Ethanol betrieben werden, können diese Emissionswerte nicht übernommen werden, da sich diese Treibstoffe sowohl vom chemischen Aufbau wie auch von den physikalischen Eigenschaften von Benzin und Diesel unterscheiden.