

# Autoabgase sind real höher als auf dem Prüfstand

**Die Grenzwerte für Autoabgase werden laufend verschärft und führen zu besseren Motoren, Katalysatoren und Partikelfiltern. Feldmessungen zeigen nun, dass Fahrzeuge im realen Fahrbetrieb oft höhere Emissionen ausstossen als während der Abgasmessung für die Typenprüfung.**

Valentin Delb  
Leiter Abteilung Lufthygiene  
AWEL, Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft  
Baudirektion Kanton Zürich  
Telefon 043 259 29 85  
luft@bd.zh.ch  
www.luft.zh.ch



Die realen Abgasemissionen des Verkehrs liegen heute höher als die verschärften Grenzwerte als auch die Messresultate bei den Typenprüfungen hoffen liessen.  
Quelle: Roland ZH, Wikimedia

Der Ausstoss von Autoabgasen ist in den letzten Jahrzehnten deutlich gesunken. Trotzdem ist der Strassenverkehr nach wie vor eine dominierende Quelle von Luftschadstoffen. Er ist im Kanton Zürich mit einem Anteil von rund der Hälfte hauptverantwortlich für die Stickoxid ( $\text{NO}_x$ )-Emissionen. Auch bezüglich Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ ) und Russ trägt er mit einem Viertel bzw. mit einem Drittel der Emissionen einen wesentlichen Anteil bei (Grafiken unten). Dadurch verursacht der Strassenverkehr Kosten pro Jahr von rund 385 Mio. Franken, das ist knapp die Hälfte der Kosten, die durch Luftverschmutzung im Kanton Zürich verursacht werden (vgl. ZUP 74, Okt. 2013, «Luftverschmutzung verursacht weiterhin hohe Kosten»). Generell ist die Luftqualität in den vergangenen Jahren nur leicht besser geworden. Die Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) werden

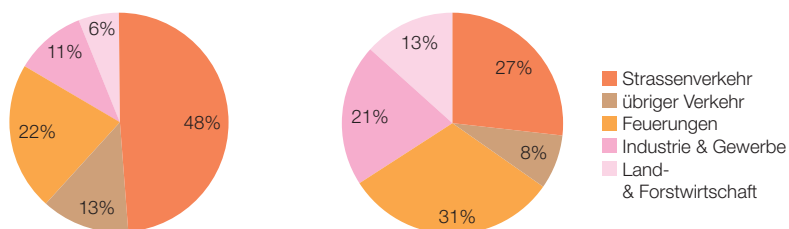
auch in Zukunft nicht überall eingehalten sein – auch wegen der nur noch langsam abnehmenden Strassenverkehrsemissionen.

Kritisch bleiben die Feinstaub-, Russ-, und  $\text{NO}_2$ -Belastungen in urbanen Gebieten und entlang verkehrsreicher Strassen. Ausserdem ist weiterhin mit hohen Ozon-Belastungen im Sommer sowie zu hohen Stickstoff-Einträgen im gesamten Kantonsgebiet zu rechnen.

## Grenzwerte für Autoabgase werden zwar laufend strenger ...

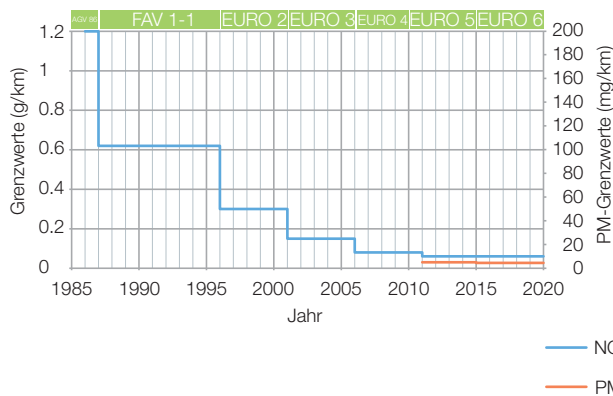
Die Abgasvorschriften und damit die Zulassung der Fahrzeuge werden unverändert von der EU übernommen. Die sogenannten Euro-Normen legen Grenzwerte für Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ), Kohlenwasserstoffe (HC), Partikelmasse (PM) und neu auch für Partikelanzahl (PN) fest und werden laufend verschärft (siehe Grafik).

**$\text{NO}_x$ -Emissionen 2013**  **$\text{PM}_{10}$ -Emissionen 2013**

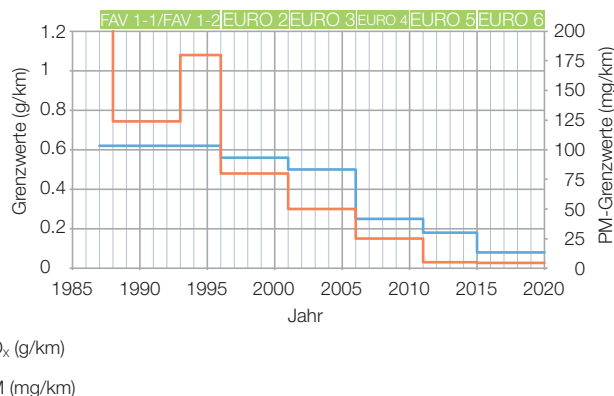


Der Strassenverkehr trägt sehr wesentlich zu den  $\text{NO}_x$ - sowie  $\text{PM}_{10}$ -Emissionen bei.  
Quelle: AWEL/Luft

### Entwicklung der Emissionsgrenzwerte für benzinbetriebene Personenwagen



### Entwicklung der Emissionsgrenzwerte für dieselbetriebene Personenwagen



Mit jeder neuen Euronorm wurden die Anforderungen verschärft, die für die verschiedenen Schadstoffe eingehalten werden müssen. Quelle: AWEL

Die Grenzwerte sind je nach Motortyp (Benzin- oder Dieselmotor) und Fahrzeugtyp (Personenwagen, Lieferwagen, Lastwagen) unterschiedlich. Die Grenzwerte von Benzin- oder Dieselmotor werden in Zukunft angeglichen.

Bevor die Fahrzeuge zum Verkauf zugelassen werden können, müssen sämtliche Fahrzeugtypen und -modelle einer Typenprüfung unterzogen werden. Dabei werden die Abgase während eines vorgegebenen Fahrzyklus gemessen und mit den zulässigen Grenzwerten verglichen. Der Hersteller muss die Einhaltung dieser Grenzwerte für eine festgelegte Zeitspanne oder Kilometerleistung garantieren. Nachkontrollen in Form einer Abgaswartung fanden früher in der Autogarage statt und wurden mit einem Kontrollkleber ausgewiesen. Neuere Fahrzeuge sind mit sogenannten On-Board-Diagnose-Systemen (OBD) ausgerüstet und seit 2013 von der Abgaswartungspflicht befreit. Mit OBD werden abgasrelevante Faktoren, etwa die Funktion der Lambdasonde beim Katalysator oder der Druckabfall im Partikelfilter kontinuierlich überwacht und grobe Abweichungen dem Lenker mit einer Warnleuchte angezeigt.

Bei der amtlichen Nachprüfung durch die Strassenverkehrsämter (so genannte «Motorfahrzeugkontrolle MFK») sind die Fahrzeuge auch hinsichtlich der Einhaltung der Umweltschutzzvorgaben zu überprüfen. Messungen werden heute aber nur noch bei Verdachtsfällen durchgeführt.

### ... die Probleme sind trotz strenger Grenzwerte noch nicht gelöst

Obwohl die Grenzwerte für Autoabgase mit jeder Euronorm deutlich strenger werden, nehmen die Schadstoffemissionen des Strassenverkehrs nur noch leicht ab. Dies ist auf verschiedene Gründe zurückzuführen:

- Feldmessungen zeigen, dass Fahrzeuge im realen Fahrbetrieb oft höhere Emissionen ausstossen, als dies während der Abgasmessung für die Typenprüfung der Fall ist. Die Fahrzeuge werden auf den zu absolvierenden Fahrzyklus optimiert. Dieser ist jedoch veraltet und entspricht nicht mehr dem heutigen Fahrverhalten und den Verkehrsverhältnissen, besonders bei städtischen Situationen mit vielen dynamischen Anfahrvorgängen und niedriger Geschwindigkeit.
- Diese Erkenntnis schlägt sich vor allem bei den NO<sub>x</sub>-Emissionen nieder. Diese sind gerade für Dieselfahrzeuge im realen Verkehr markant höher als in den standardisierten Prüfstandmessungen. Zugleich werden immer mehr Dieselfahrzeuge gekauft. Diese weisen grundsätzlich bis zehnfach höhere NO<sub>x</sub>-Emissionen auf als Benziner und sind kaum sauberer geworden (siehe Abbildung Seite 13, rechts). Dies alles führt dazu, dass sich die Messungen der NO<sub>x</sub>-Immissionen nicht mit den optimistischen Erwartungen aufgrund der Entwicklung der Abgasgrenzwerte decken.
- Je niedriger die Abgasgrenzwerte sind, desto höher ist der technische Aufwand für die Abgasreinigung und umso schwieriger wird es, sie im realen Betrieb auch garantiert und langfristig einzuhalten. Eine funk-

tionstüchtige Abgasreinigung aller Fahrzeuge ist aber die Grundvoraussetzung, damit die Luftschadstoffemissionen auch tatsächlich gesenkt werden können.

- Mit dem Wegfall der Abgaswartungspflicht findet keine messtechnisch abgestützte Überwachung der Abgasqualität mehr statt, denn OBD-Systeme überwachen lediglich die relevanten Motorkomponenten. Sensoren für die Schadstoffe fehlen. Zu hohe Emissionen können deshalb auch aufgrund nicht festgestellter Fehlfunktionen unbemerkt auftreten. Untersuchungen zeigen zum Beispiel, dass OBD-Systeme defekte Partikelfilter nur unzureichend erkennen.
- Die Zahl der Autos und die gefahrenen Kilometer nehmen jährlich zu. Die oben beschriebenen kleinen spezifischen Emissionen werden von einer Vielzahl von Quellen (bald 700 000 Autos im Kanton Zürich) verursacht und führen in der Summe zu hohen Emissionen. Selbst wenn nur ein kleiner Anteil der Fahrzeuge die Abgasvorschriften nicht in der Realität einhalten kann, so sind es absolut mehrere 10 000 Fahrzeuge, die zusätzlich hohe Emissionen ausstossen.

**Ansätze für Verbesserungen**

Um die oben genannten Probleme anzugehen, sind verschiedene Verbesserungen vorgesehen. Der veraltete Fahrzyklus soll voraussichtlich ab 2018 mit der Einführung der Abgasnorm Euro 6c durch einen praxistgerechten Fahrzyklus ersetzt werden. Der neue Fahrzyklus ist etwa doppelt so lang wie der bisherige, deutlich dynamischer und verlangt mehr Motorleistung. Ergänzend dazu sollen Strassentests mit mobilen Messeinheiten durchgeführt werden. Ein geeignetes Verfahren dafür stellt eine kleine mobile Abgasmessanlage an Bord des Testfahrzeugs dar. Die Motorenhersteller werden damit gezwungen, die Abgaskontrollsysteme für alle auftretenden Verkehrssituationen wirksam zu gestalten. Erwähnenswert ist, dass ein Vertreter des Bundesamts für Umwelt den Vorsitz der zuständigen Arbeitsgruppe der UNO-Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) hat, welche den neuen Fahrzyklus entwickelt.

In der Schweiz schlagen Luftreinhaltungs-Experten zwei weitere Massnahmen vor, um die übermässigen Emissionen begrenzen zu können.

Erstens soll die Überwachung der Funktionstüchtigkeit der Katalysatoren sowie anderer NO<sub>x</sub>-vermindernder Systeme mit Hilfe berührungsloser Remote Sensing Messungen (RSD) weitergeführt werden (siehe Interview Seite 14). Dabei geht es nicht darum, einzelne Fahrzeuge mit defekten Abgasnachbehandlungssystemen zu entdecken, sondern es soll die Wirksamkeit der

Abgasreinigungssysteme und der On-Board-Diagnose-Systeme überwacht werden. Wenn aus den Monitoring-Daten geschlossen werden müsste, dass die Kontrolle durch die OBD-Systeme nicht ausreichend ist und ein wesentlicher Anteil der Fahrzeuge mit nicht korrekt funktionierenden Abgasminderungssystemen herumfährt, so müssen Massnahmen erarbeitet und ergriffen werden, um diesen Missstand zu beheben.

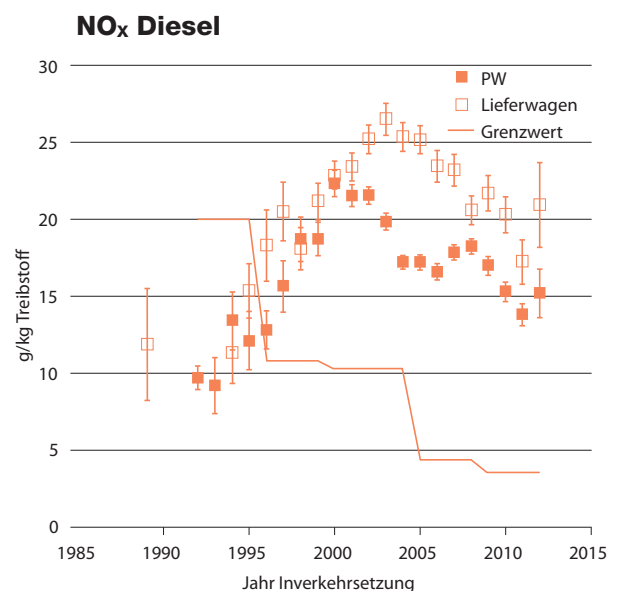
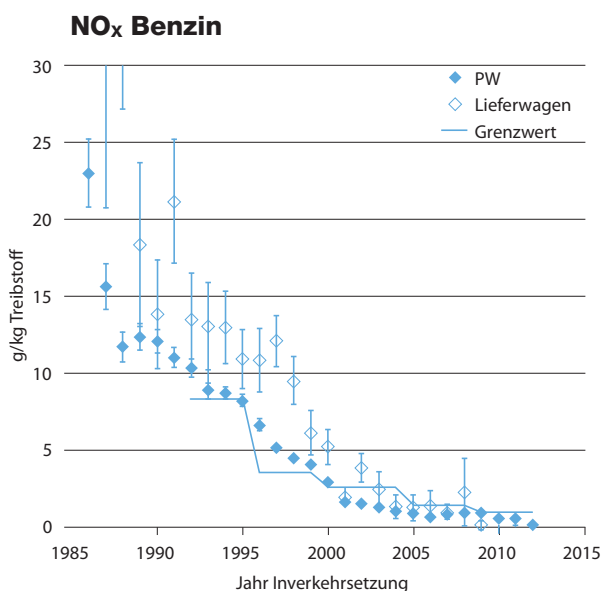
Als zweite Massnahme ist zu prüfen, ob die Funktionstüchtigkeit der Partikelfiltersysteme nicht mit einer vereinfachten Partikelanzahlmessung im Rahmen einer periodischen Nachprüfung festgestellt werden kann. Defekte Partikelfiltersysteme würden so erkannt.

**In Zukunft die Erfolge realisieren**

Um den Erfolg der bereits eingesetzten technologischen Entwicklung auch wirklich in Form einer geringeren Luftbelastung ernten zu können, sind weitere Anstrengungen notwendig. Es geht um unsere Gesundheit: So nehmen in der Schweiz Spitaleinweisungen wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen um durchschnittlich 0.4 Prozent zu pro 10 µg/m<sup>3</sup> Anstieg der PM10<sup>1</sup>-Tagesmittelwerte<sup>2</sup>. Zudem sind Dieselerussmissionen krebserregend.

<sup>1</sup> PM10 = Feinstaub

<sup>2</sup> Schindler et al. 2013



Während die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Benziner im Verlauf der Jahre mit strengerer Euronorm gesunken sind, haben die real gemessenen Werte für Diesel-Personen- und -Lieferwagen weiter zugenommen.

Quelle: Chen & Borken – Kleefeld, 2013, Daten vom AWEL

## INTERVIEW: «Die Feldüberwachung zeigt: Die Emissionen sind höher als erwartet»



Gian-Marco Alt ist seit 12 Jahren für die Datenaufbereitung der RSD-Messungen zuständig, Telefon 043 259 43 50, gian-marco.alt@bd.zh.ch

Michael Götsch sorgt als Messtechniker für einen reibungslosen Messbetrieb, Telefon 043 259 41 80, michael.goetsch@bd.zh.ch



Schweden) und den USA. Die Daten wurden auch für mehrere wissenschaftliche Publikationen genutzt.

### Was zeigen die Resultate?

Neben messspezifischen Aussagen lassen sich dank des Vorliegens der Fahrzeugdaten auch generelle Trends zum Fahrzeugpark im Kanton Zürich feststellen. Das auffälligste Merkmal ist dabei die Zunahme der Diesel-Personenwagen am Total aller Personenwagen von 5 Prozent im Jahr 2002 auf knapp 24 Prozent im Jahr 2013.

Es zeigt sich, dass Benzinfahrzeuge viel weniger  $\text{NO}_x$  als Dieselfahrzeuge emittieren und die Grenzwerte einhalten. Dieselfahrzeuge hingegen entfernen sich bezüglich ihrer  $\text{NO}_x$ -Werte immer weiter von den vorgeschriebenen Grenzwerten. Die Emissionen haben sich von ca. 10g/kg Diesel Anfang der 90er-Jahre (Euro 1) auf 22g/kg im Jahr 2000 (Euro 3) mehr als verdoppelt und liegen für die neuen Fahrzeuge (2012, Euro 5) mit 15g/kg immer noch deutlich höher als vor 20 Jahren. Diese Entwicklung ist ein klares Indiz für die Unzulänglichkeit des aktuellen Fahrzyklus und zeigt die Wichtigkeit der Einführung des neuen Fahrzyklus.

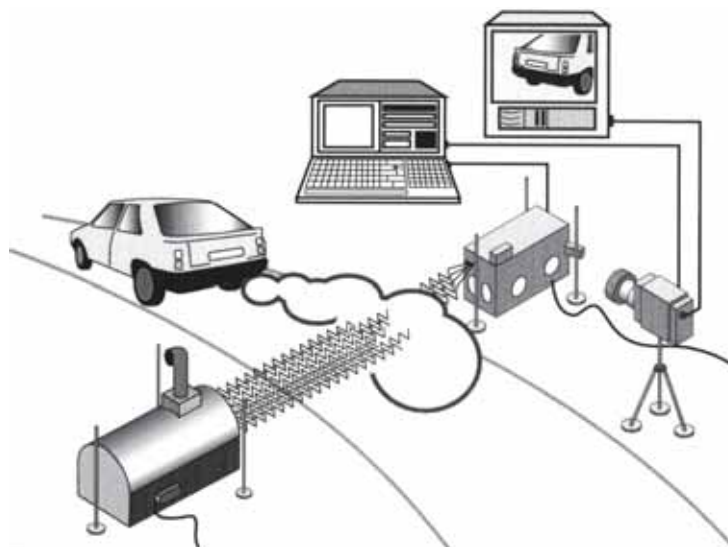
### Wozu eine Feldüberwachung?

Der motorisierte Strassenverkehr ist wichtiger Verursacher vieler Luftschadstoffe. Eine Feldüberwachung liefert Angaben über den Schadstoffausstoss in realen Verkehrssituationen und ergänzt die Messungen auf dem Prüfstand. Es können detaillierte Kenntnisse über den Schadstoffausstoss des Fahrzeugparks gewonnen werden, die für die Planung und den Vollzug von Luftreinhalte-Massnahmen von grundlegender Bedeutung sind. Zudem sind für den Kanton Zürich die Messungen wichtige Grundlagen für den Emissionskataster und die Immissionskarten, um damit Prognosen über die zukünftige Überschreitung von Immissionsgrenzwerten zu machen. Die Resultate werden auch den anderen interessierten Stellen zur Verfügung gestellt. Die Bundesämter für Strassen (ASTRA) und Umwelt (BAFU) nutzen sie als wichtige Grundlage für die Herleitung der Emissionsfaktoren im sogenannten «Handbuch Emissionsfaktoren».

### Wo und wie lange wird gemessen?

Die Auswahl eines geeigneten Standorts hängt von mehreren Faktoren ab. Für eine korrekte Messung wird eine einspurige Strasse benötigt. Zusätzlich muss genügend Platz vorhanden sein, um die Lichtschranken für Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie eine Videokamera für die Nummernschilderkennung installieren zu können. Der Strassenstandort muss so gewählt sein, dass keine Fahrzeuge in der Aufwärmphase sind (Anfahrt über Landstrasse) und alle einen eindeutigen Lastzustand aufweisen (z.B. Steigung). Das AWEL misst daher seit 15 Jahren am selben Standort in Gockhausen. Seit Messbeginn wurden rund 500 000 Fahrzeuge gemessen. Dabei handelt es sich um eine qualitativ hochstehende Messung mit der wohl weltweit längsten Messreihe. Aus diesem Grund ist das Interesse der internationalen Fachexperten sehr gross, namentlich aus Europa (Österreich, England,

### Berührungslose Abgasmessung per RSD



Mit dem Remote Sensing Detector (RSD) können die Abgase einzelner Fahrzeuge berührungslos im vorbeifahrenden Verkehr unter realen Verkehrsbedingungen gemessen werden.

Quelle: AWEL

### Wie funktioniert eine Feldüberwachung mit RSD?

Das Messsystem mit dem Remote Sensing Detector (RSD) ermöglicht die berührungsfreie Messung der Schadstoffkonzentration im Abgas vorbeifahrender Fahrzeuge (Abbildung rechts). Gemessen werden die Konzentrationen von Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ), Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) sowie Kohlenwasserstoff ( $\text{HC}$ ) im Abgas der vorbeifahrenden Fahrzeuge. Da die Werte bei der Messung sofort vorliegen, können sie dem einzelnen Fahrzeug zugeordnet werden. Die gleichzeitige Erfassung der Nummernschilddaten erlaubt die Verknüpfung der Messwerte mit den technischen Fahrzeugdaten. Unter bestimmten Rahmenbedingungen wäre es sogar möglich, damit hochemittierende Fahrzeuge zu ermitteln.