

*Der vorliegende Artikel ist die Kurzfassung der von der Autorin im Jahre 1995 an der TU Graz verfaßten Diplomarbeit, für die sie am 14. Juni 1996 in Anwesenheit des Rektors der Technischen Universität Graz, Prof. Josef Wohinz, den internationalen Honda-Shell-Preis überreicht bekam.*

## GENAUIGKEIT BEI ABGAS- UND VERBRAUCHSMESSUNGEN AUF ROLLENPRÜFSTÄNDEN

Trotz der langjährigen Diskussionen und Bemühungen um die Verringerung der Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbräuche der Kraftfahrzeuge ist dieses Thema aktueller denn je zuvor. Die Erfolge der Emissionsreduktionen bei Einzelfahrzeugen wurden nämlich wettgemacht durch das gesteigerte Verkehrsaufkommen, und die Prognosen der Zulassungszahlen für die nächsten Jahrzehnte lassen ahnen, daß die Verringerung der Abgasemissionen auch in Zukunft technische Herausforderungen stellen wird.

Die Gesetzgeber reagieren natürlich auf das gesteigerte Verkehrsaufkommen mit immer niedrigeren Schadstoff-Grenzwerten - die zukünftigen Vorgaben für Amerika sind schon bekannt unter den Schlagworten LEV (Low Emitting Vehicles) ULEV (Ultra-Low Emitting Vehicles) und ZEV (Zero Emitting Vehicles), für Europa sind sie absehbar -, und die Fahrzeughersteller setzen immer bessere Technologien ein, die ihre Autos immer sauberer machen. Doch extrem niedrige Emissionen stellen hohe Ansprüche an die Emissionsmeßtechnik.

Die Messung der Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbräuche von Pkws erfolgt auf Rollenprüfständen. Dort wird die Menge der durch Gesetze limitierten Schadstoffe Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffverbindungen (HC, Hydrocarbons) und Stickoxide (NO und NO<sub>2</sub>, genannt NO<sub>x</sub>)

ermittelt, bei Dieselfahrzeugen noch zusätzlich die sogenannten Partikelemissionen, Feststoffteilchen, die zum Großteil aus Ruß bestehen.

Um den Kraftstoffverbrauch rechnerisch ermitteln zu können (der zum Beispiel für die Berechnung der NOVA benötigt wird), wird auch noch Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), an sich kein „Schad“-stoff, gemessen.

Um nun diese Komponenten genau und vollständig ermitteln zu können, wird das sogenannte CVS (Constant Volume Sampling)-System angewendet, um die Abgase zu sammeln und aufzubereiten. Dabei wird das aus dem Auspuff strömende Abgas mit Luft vermischt und abgesaugt. Proben davon werden entnommen und analysiert. Den großen Vorteilen dieses Systems (Verringerung chemischer Reaktionen der Schadstoffkomponenten untereinander, Vermeidung der Kondensation von Wasserdampf mit negativen Folgen für die Emissionsmessung) stehen aber in steigendem Ausmaß Nachteile gegenüber, die umso bedeutsamer werden, je mehr die Emissionsgrenzwerte gesenkt und die Autos in bezug auf Emissionen sauberer werden.

Um realitätsnahe Schadstoffemissionen messen zu können, müssen die Bedingungen, insbesondere die Motorbelastung, am Rollenprüfstand möglichst genau denen auf der Straße angenähert werden. Dies geschieht durch die



**GERHILD KIRCHWEGER**

*Dipl.-Ing., geboren am 3. Juli 1969 in Bad Aussee; 1987–1995 Studium des Maschinenbaus an der TU Graz; während des Studiums diverse Feriapraktika in Norwegen, England und Frankreich; seit Juli 1995 Assistentin am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz.*

Simulation der Fahrwiderstände, wie zum Beispiel des Luftwiderstandes, durch die Prüfstandsbremse.

Um alle Fahrzeuge gleich zu behandeln, müssen die Messungen unter gleichen Umgebungsbedingungen durchgeführt werden. So würde zum Beispiel ein Fahrzeug bei 0° Celsius viel mehr emittieren als bei 20° Celsius.

Zusammengefaßt: Bei einer Rollenprüfstandsmessung sind sehr viele Komponenten im Spiel: Zunächst einmal die CVS-Anlage und die Analytoren, weiters die Prüfstandsbremse und ihre Steuerung, und zuletzt natürlich das Fahrzeug selbst und seine Umgebung.

Nun sind die einzelnen Komponenten nicht absolut stabil und können ihr Verhalten von Messung zu Messung oder sogar während einer Messung verändern. Je mehr hochkomplexe Komponenten beteiligt sind, wie es bei Rollenprüfstandsmessungen der Fall ist, umso mehr können die Ergebnisse von theoretisch völlig gleichen Messungen stark voneinander abweichen, das heißt die Reproduzierbarkeit kann sehr schlecht sein.

Nun sollten gerade Abgasmessungen aber reproduzierbar sein, da sie ja darüber entscheiden, ob ein Fahrzeug zum Verkehr zugelassen wird oder nicht. Daher war es das Ziel dieser Diplomarbeit, den Ursachen dieser schlechten Reproduzierbarkeit auf den Grund zu gehen.

Dabei wurde versucht, verschiedene Einflüsse zu isolieren. Zunächst einmal gibt es solche Einflüsse oder „Fehler“, die der Gesetzgeber toleriert, ganz einfach weil sie nicht mit vertretbarem Aufwand vermieden werden können oder es überhaupt unmöglich ist, sie zu vermeiden. Zu diesen gehören zum Beispiel Kalibrierfehler, die in gewissem Ausmaß erlaubt sind, weil die Meßgeräte oder Kalibriergase keine genauere Einstellung zulassen. Werden die Emissionen der Fahrzeuge wie

oben angesprochen aber immer geringer, können diese an sich sehr kleinen Kalibrierfehler schon gravierenden Einfluß auf das Meßergebnis haben.

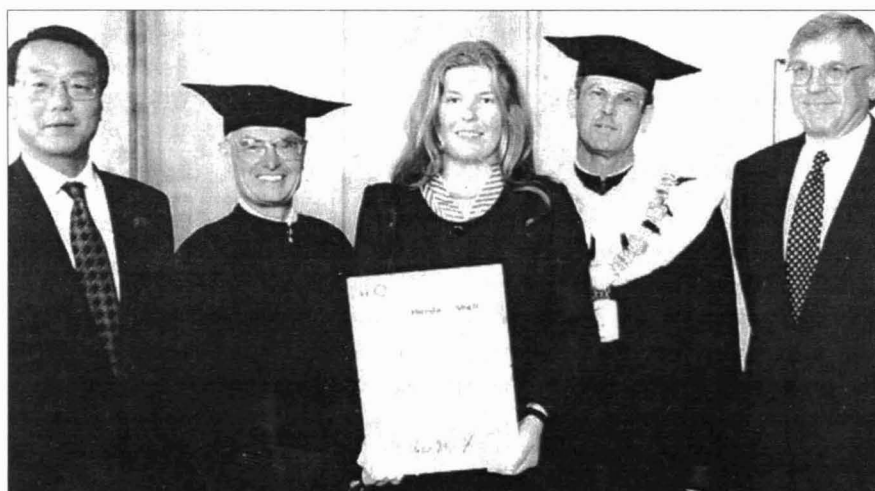
Weiters wurde untersucht, welchen Einfluß gesetzlich tolerierte Meßfehler bei den Umgebungsbedingungen wie zum Beispiel Luftdruck oder Luftfeuchtigkeit, der Geschwindigkeitsmessung oder etwa des Kraftstoffs auf das Meßergebnis haben.

Diese Untersuchungen gehörten zum „theoretischen“ Teil der Arbeit, der „praktische“ beschäftigte sich teils auch mit gesetzlich tolerierten Fehlern, teils aber mit „ungesetzlichen“ Fehlern. Dabei wurden absichtlich Fehler herbeigeführt, die außerhalb der gesetzlichen Toleranz lagen, um festzustellen, welchen Einfluß diese Fehler auf das Endergebnis hatten.

Dies ist vor allem dort interessant, wo man sich auf andere gemessene Größen, zum Beispiel den Fahrwiderstand, stützen muß, von denen man sich aber nicht sicher sein kann, daß sie hundertprozentig richtig sind, sei es, daß zur Ermittlung der Fahrwiderstände dasselbe Fahrzeug nicht zur Verfügung stand, und nur an einem von der Type her gleichen gemessen werden konnte, sei es, daß die Bedingungen bei der Ermittlung der Fahrwiderstände (Außentemperaturen, Windstärke, Fahrbahnbeschaffenheit) nicht ideal waren. Würde nun festgestellt, daß eine

Variation der Fahrwiderstände in einem gewissen Bereich keinen merkbaren Einfluß auf die Schadstoffemissionen und Verbräuche hat, könnten „unsichere“ Eingabedaten in unkritischen Fällen verwendet werden, was unter Umständen deutliche Zeit- und Kostenvorteile bringen könnte.

Doch zunächst einmal zu den gesetzlich tolerierten Fällen. Dazu muß etwas weiter ausgeholt werden. Emissionstests werden durchgeführt, indem mit dem Fahrzeug ein genau definierter Geschwindigkeitsverlauf nachgefahren wird. Dieser Geschwindigkeitsverlauf kann aber nicht immer absolut exakt eingehalten werden, sei es, daß es durch Schaltvorgänge zu unvermeidlichen Abweichungen kommt, oder der Motor kurzfristig nicht in der Lage ist, das Fahrzeug schnell genug zu beschleunigen (z.B. wegen des „Turbolochs“). Für solche Fälle sind Geschwindigkeitstoleranzen vorgesehen. Diese Geschwindigkeitstoleranzen könnten aber auch genutzt werden, um das Geschwindigkeitsprofil zu glätten und damit die Emissionen zu senken. Besonders ausgeprägt kommt das beim FTP-75, dem amerikanischen und früheren österreichischen Testzyklus zum Tragen, der im Gegensatz zum europäischen Fahrzyklus sehr wenige Phasen wirklich konstanter Geschwindigkeit aufweist. Hier konnten Abweichungen der Emissionen festgestellt werden,



DIPLOM.-ING. GERHILD KIRCHWEGER NACH DER PREISVERLEIHUNG

die deutlich außerhalb der normalen Meßwertstreuungen lagen.

Nun aber zu den absichtlichen „ungesetzlichen“ Fehlern. Hier wurden Falscheingaben von Fahrzeugmasse, Fahrwiderstand und Getriebe-Schaltpunkten untersucht. Während eine falsche Fahrzeugmasse sich durchaus in geändertem Emissionsverhalten zeigte, bewirkte erst eine massive Veränderung der Fahrwiderstände Ergebnisse, die sich deutlich vom Normalwert abhoben.

Eine Veränderung der Getriebe-schaltpunkte zeigte immer ganz

deutliche Auswirkungen. Dies hat allerdings bei der jetzigen österreichischen Gesetzgebung keine Relevanz mehr, da im europäischen Fahrzyklus die Gangwechsel genau vorgeschrieben sind.

Zu bemerken ist allerdings, daß Benzinfahrzeuge allgemein von sich aus eine sehr hohe Streuung zeigen, Abweichungen von  $\pm 20\%$  sind keine Seltenheit. Dieselfahrzeuge hingegen streuen selten mehr als  $\pm 5\%$ . CO<sub>2</sub> ist allerdings generell sehr viel stabiler mit Streuungen von maximal 1-2% bei beiden Motorkonzepten. Dieses

höchst unbefriedigende instabile Verhalten der Benzinfahrzeuge bezüglich ihrer Schadstoffemissionen ist auf ihre Gemischbildung und Abgasnachbehandlung durch Lambda-Sonde und Katalysator zurückzuführen.

## Prägnant. Konstant. Zielgenau.

Wenn Ihre Kommunikation meßbar erfolgreicher werden soll:

Legen Sie Ihre Werbe-Schrotflinte zur Seite und sprechen Sie mit uns. Wir tauschen Sie gegen die Präzision der Scharfschützen. Ihr Unternehmensleitbild, Image- und Zielgruppenanalyse dienen zur Definition eines langfristigen gültigen Kommunikationsziels. Um dies zu erreichen, erstellen wir ein detailliertes Kommunikationskonzept und Briefingunterlagen für Agenturen.

Daraus leiten sich Corporate Design und Werbebotschaft und Wahl der Medien ab. Als Generalunternehmer übernehmen wir Ihre Kommunikationsarbeit oder sind Ihnen bei der Auswahl der umsetzenden Werbeagentur behilflich. Daß Sie die festgelegten Kommunikationsziele auch erreichen und der Regelkreis geschlossen werden kann, stellen regelmäßige Imageerhebungen innerhalb Ihrer Zielgruppe sicher.

## Strategie. Kommunikation. Design.

**intema**  
**consult**

international technology  
marketing & management

**Intema Consult Marketing**  
**Dienstleistungs-Ges.m.b.H.**

Head Office  
Karlauer Gürtel 24/4, A-8020 Graz, Austria  
Tel.: +43/316/96 39 30  
Fax: +43/316/96 39 30-2

