

Beitrag zur Sachverständigenanhörung des 5.PUA (18/8273, 8932)

zur Frage erhöhter Schadstoffemissionen und Verbräuche von Fahrzeugmotoren durch Manipulation der elektronischen Motorsteuerung durch Hersteller und Betreiber, ungeeigneter Emissionsmessung, unzureichender Gesetzgebung und mangelhaften Vollzugs am 22.9.2016 in Berlin, Paul-Löbe-Haus, Sitzungssaal E 700

Emissionsstabilität von Fahrzeugmotoren

Der einzig sichere Weg zur Emissionsstabilität bestverfügbarer Abgastechnologie ist die flächendeckende unabhängige periodische Kontrolle nach einem neuen Testprotokoll

Zusammenfassung: Die EU-Abgasgesetzgebung bis Euro V/5, im Stakeholder-Verfahren mit der Industrie erarbeitet, hat durch sehr bescheidene Grenzwertsetzung, falsche Definitionen (PN, NO₂), unrealistische Messprozeduren und stetigen Abbau der Kontrollen (im Gegensatz zu USA) für die Luftqualität wenig gebracht, sehr viel mehr wäre technisch möglich gewesen. Der Autor hat das immer wieder untersucht und weltweit über die Society of Automotive Engineers SAE und in 8 deutschen HdT-Seminaren (3 Bücher) publiziert und auf die enormen Folgekosten für die Gesellschaft hingewiesen. Die Abgasnachbehandlung bei neuen Motoren ab Euro VI/6 durch Partikelfilter und Katalysatoren in Kombination mit der elektronischen Motorensteuerung bietet nun aber in einem Riesenschritt die Möglichkeit der fast vollständigen Eliminierung der Diesel-typischen Schadstoffe, vor allem der krebserzeugenden Nanopartikel (99.9%) und PAH (90%) sowie der Stickoxide (95%) bei gleichzeitiger Absenkung des Treibstoffverbrauchs resp. der CO₂-Emission. Allerdings sind diese neuen Systeme auf einfache Weise und kaum nachweisbar manipulierbar durch den Hersteller, Werkstätten und Kunden, was schon ab 1998 an vielen Betrugsfällen in USA nachgewiesen, aber in der bisherigen EU Gesetzgebung nicht berücksichtigt wurde. Dabei stehen immer Kosten und Betriebskosten im Vordergrund und nicht Umweltethik - seit je ein Fremdwort in der Automobilindustrie. Korrekturen der Gesetzgebung zur Zuordnung der Verantwortung („polluter pays“), zur Monetarisierung der Umwelt- und Gesundheitsschäden, zur Definition der Messverfahren und zum Vollzug sind erforderlich. Aber das wird nicht genügen. Eine Gewährleistung der Emissionsstabilität ist letztlich nur möglich durch unabhängige periodische Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Emissions-Minderungs-Komponenten aller Fahrzeuge (AU); hinreichende Erfahrung, geeignete Messgeräte und Prüfprotokolle hierfür sind bereits aus dem Bereich der Nachrüstung vom Emissionstechnologien in Umweltzonen verfügbar (Beilage).

Ausgangsbasis: Dieselmotoren waren und sind die thermodynamisch besten Motoren und waren früher zudem als robust und praktisch nicht manipulierbar bekannt. Ihr Brennstoffverbrauch und die Emissionen von CO und HC waren immer vergleichsweise niedrig, NO_x und PM dagegen waren hoch, aber zeitlich sehr stabil. Das Beharren der Hersteller auf innermotorischen Massnahmen beim Diesel (im Gegensatz zum Benzinmotor, wo bereits 1970 J.J.Mooney mit dem 3-Wege-Katalysator die Lösung brachte) führte zu „faulen“ technischen Kompromissen (trade-off) und begrenzte die Emissionsminderung bis und mit Euro V auf einem sehr bescheidenen Niveau. Euro VI/6 brachte den Durchbruch: dabei haben sich weniger die Motoren selbst verändert, vielmehr sind bei diesen modernen Konzepten verstärkt Motorelektronik und vor allem die Abgasnachbehandlung (DPF+SCR) hinzugekommen. Die Emissionsmesstechnik aber blieb leider weitgehend unverändert mit dem Ziel einer reinen Typprüfung, nämlich Nachweis der Erreichung der gesetzlichen Grenzwerte mit neuen Fahrzeugen in einem eng begrenzten Betriebsbereich - das Verhalten unter realen Fahrbedingungen blieb unbeachtet. Unverändert blieben auch der Grenzwert NO_x als Summe NO+NO₂ zweier Gase stark unterschiedlicher Toxizität, obschon doch in der Atemluft NO₂ begrenzt ist - ein gravierender Fehler - und der Anzahlgrenzwert PN für ultrafeine Feststoffpartikel wurde zwar beim Fahrzeug eingeführt, aber in der Atemluft fehlt dieser Schadstoffgrenzwert. Im Vergleich zum Clean Air Act der USA (siehe Sec.202), wo Vollzug und Kontrolle in vorbildlich flexibler Weise vorausschauend geregelt sind (Abschaltmöglichkeiten von Emissionskomponenten zwecks sogenannter Motorschonung oder ähnlicher Unfug kommen dort übrigens nicht vor), ist die derzeitige EU-Gesetzgebung nicht geeignet für eine sich schnell entwickelnde Technologie und auch die jetzt in aller Eile ins Auge gefassten Änderungen dienen diesem wichtigen Ziel nicht.

- **Elektronische Motorsteuerung** mit superschnellen Sensoren und Aktuatoren ermöglichte die dynamische Optimierung des Verbrennungsprozesses heute in ungeahnter Weise. Die Betriebsparameter können sogar im Wechsel der Arbeitsspiele d.h. blitzartig angepasst werden; Änderungen des Fahrzyklus, des Verkehrs, des Fahrerverhaltens, des Treibstoffs, der Meereshöhe und vieler anderer Einflüsse werden sofort berücksichtigt – auch die Emissionen könnten weiter optimiert werden, ebenso Verbrauch und Leistung. Die Systeme sind selbstadaptierend, lernen also selbst; die Prozesse werden sozusagen „ohne Zutun“ besser. Diese gewaltige Chance der technischen Gestaltung musste genutzt, hätte aber auch durch die EU-Gesetzgebung adäquat erfasst werden müssen, denn diese intelligenten System kann sozusagen jeder (Hersteller, Werkstatt oder Betreiber) auch beliebig fehlleiten, die Optima im jeweilig eigenen Interesse und gegen Umwelt-Interessen definieren und „unter der Hand“ verändern. Der Motor ist damit zwar sehr viel entwicklungsfähiger geworden, aber auch ungleich manipulierbarer – nicht nur im Lieferzustand, sondern zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt. Der durch die Homologation definierte technische Zustand bei der

Auslieferung markiert nur einen Ausgangszustand, nicht mehr. Manipulation der Abgasemissionskontrolle begann sozusagen sofort mit der Motorelektronik, die Versuchung war und ist offenbar zu gross – der berühmteste Fall ereignete sich in USA schon 1998 in Absprache mehrerer Nutzfahrzeughersteller, eine fast identische Vorwegnahme des betrügerischen Vorgehens von Volkswagen 2015 – von der EPA (Margo Oge) damals nur aufgrund einer Anzeige erkannt und mit > 1 Mia US\$ sanktioniert. Siehe dazu „Asleep at the Wheel“, die vorbildliche mea culpa Erklärung der EPA. Die Vielfalt von elektronischen Eingriffsmöglichkeiten ins Emissionsverhalten jedoch durch gesetzliche Vorgaben alleine lenken zu wollen, ist eine sehr anspruchsvolle, wahrscheinlich unlösbare Aufgabe.

- **Abgas-Nachbehandlung** ermöglicht die Entkoppelung von Motoroptimierung und Abgasentgiftung. Als selbstständige Disziplin entstand sie als Folge des US-Clean Air Act (1970) und hat mit dem 3-Wege-Katalysator die weitgehende Entgiftung der Abgase des Benzinmotors (mit Ausnahme der Partikelemissionen) bewirkt. Unverständlicherweise wurde das Werkzeug der die Abgasnachbehandlung dem Dieselmotor unter dem Druck der Hersteller über Jahrzehnte „verweigert“, obwohl die technischen Lösungen, nämlich Partikelfilter (CORNING USA seit 1982) und katalytische Entstückung nach dem SCR-Verfahren (HUG, Schweiz seit 1987) längst verfügbar waren. Dass die Gesetzgebung diese Massnahmen nicht durchgesetzt hat, obschon Dieselmotoren von der WHO bereits 1988 als kanzerogen erklärt worden war und die 6-Städte-Studie (D.Dockery USA 1993) ultrafeine Partikel aus dem Verkehr als grösstes Mortalitätsrisiko epidemiologisch aufgezeigt hatte (nach Lawther 1928 und STAUB 1936), ist aus Sicht der Umwelt- und Gesundheitsrisiken (public health) unverzeihlich – es wäre technisch möglich gewesen, wie umfangreiche Nachrüstprojekte (Schweiz VERT ab 1996) und der erfolgreiche Alleingang von Peugeot mit dem FAP ab 2000 gezeigt haben. Erst mit Euro 5/6 für PKW (2011) und Euro VI (2014) für NFZ wurde der Partikelfilter über das Partikel-Anzahlkriterium PN, das erstmals die ultrafeinen Partikel adäquat berücksichtigt, erzwungen und auch die NOx-Grenzwerte wurden soweit abgesenkt, dass generell katalytische Entstückung erforderlich wurde. Die Schadstoffemission am Auspuff wurde damit in einem einzigen Schritt um Grössenordnungen vermindert, bei DPF wurden 99.9%, mit SCR bis 99% Verminderung erreicht. Die Entgiftung des Abgases ist damit nahezu vollständig – der Schadstoffgehalt im Auspuff ist meist niedriger als in der Umgebungsluft. Die EU ist heute den USA erstmals bezüglich der PN-Minderung bei Strassenfahrzeugen, neu auch bei non-road Fahrzeugen weit überlegen. Allerdings kann die Nachbehandlung durch gezielte Programmierung - sei es durch den Hersteller oder Betreiber zeitweilig abgeschaltet oder in anderer Weise beeinflusst werden, was kaum nachweisbar ist. Bei Versagen der Abgasnachbehandlung aber sind die Emissionen dann schlagartig höher als sie je vorher gewesen sind. Und da die Vollzugs-Kontrollen fehlen, wird das nicht bemerkt.

Grundsätzliche Mängel in der Abgasgesetzgebung ermöglichen diese Manipulation zulasten Umwelt und Gesundheit, wobei vor allem auf die beiden folgenden schwerwiegenden Mängel hingewiesen werden muss:

- **Monetarisierung „Abgasemissionen haben offiziell keinen Geldwert“.** Die Gesundheitsschäden durch Mortalität infolge von Abgasemissionen von Fahrzeugen belaufen sich auf Summen, die bei Fahrzeugen von Euro V in der Grössenordnung der Investition der Fahrzeuge liegen. Die entsprechenden (nur externen) Kosten erreichten in Deutschland 2015 laut OECD 45% des Bundeshaushalts. Dabei sind Nicht-Mortalität, Umweltschäden und Erwärmung der Atmosphäre (Russ ist Nr.2 nach CO₂) nicht einmal berücksichtigt. Das Prinzip „polluter pays“ wird im Bereich des industriellen Umweltschutzes umgesetzt, nicht aber bei Fahrzeugen (im Gegensatz zu USA). Sanktionen bei Verletzung der Grenzwerte sollten sich an dieser Schadenshöhe orientieren. Es fehlt auch die steuerliche Berücksichtigung dieser „Qualität“ der Fahrzeuge (ansatzweise in der Maut für Nutzfahrzeuge enthalten). Solange Emissionen nicht entsprechend ihrem Schadenspotential monetär bewertet werden, werden sie nicht ernst genommen.
- **Zuordnung der Verantwortung:** Im Gegensatz zu Sicherheitsmängeln und entsprechenden Folgeschäden, die primär in der Verantwortung des Fahrzeughalters liegen, ist die Verantwortung für Emissionsschäden nicht geregelt. Emissionsmängel gehören aber unbedingt auf das gleiche Niveau wie Sicherheitsmängel, denn ihr Schadenspotential ist, wenn auch nicht unmittelbar sichtbar, sogar wesentlich höher. Der Betreiber muss die Verantwortung für das Emissionsniveau seines Fahrzeugs übernehmen und er muss für überhöhte Emissionen mangels Wartung äquivalent sanktioniert werden, was voraussetzt, dass der Hersteller ihn auf solche Überschreitungen durch entsprechende Warnungen aufmerksam macht – ähnlich dem Rotlicht bei Schmierölverlust, Bremsenversagen oder Reifendruckverlust - dass die Werkstätten diese Emissionen messen können und dass zusätzlich eine unabhängige periodische Kontrolle stattfindet.

Kontrollen auf 5 Niveaus, die unterschiedliche Zielsetzung haben, darf man nicht verwechseln

- **1. OBD** elektronische on-board Diagnose ist die Selbstkontrolle des Systems, ein Element der Fahrzeug-Kontrolle im ureigenen Interesse des Herstellers und Betreibers; sie muss auch Emissionskontrolle einhalten, Langzeitstabilität überwachen und Alarmer auslösen, dient aber per se, wie gutgläubige Behörden wohl erst 2015 schmerzhaft lernen mussten, nicht dem Umwelt- und Gesundheitsschutz.
- **2. Homologation** resp. Typprüfung oder Prüfung der Konformität eines neuen Fahrzeugtyps mit der geltenden Gesetzgebung ist zwingend und auch im Interesse des Herstellers, um verkaufen zu dürfen. Sie

wird nun ausgedehnt auf *Real World Driving* RWD, um belastbarere Daten zu erarbeiten. Das ist sicher gut, aber keine Gewähr, dass die später ausgelieferten Fahrzeuge diese Emissionsqualität in Kundenhand auch über ihre gesamte Betriebszeit erbringen.

- **3. Conformity of Production CoP** ist ein wichtiges Qualitätsinstrument, um zu gewährleisten, dass die Serie auch so gebaut wird, wie sie homologiert wurde, aber auch dies ist ein Qualitätsinstrument im Interesse des Herstellers, um seine Marktpartizipation zu erhalten.
- **4. In Use Compliance IUC** ist die Prüfpflicht des Staates, um die Konformität im Einsatz und in Kundenhand über die Laufzeit eines Fahrzeugtyps immer wieder nachzuweisen. Kein Kontrollrecht, sondern eine Pflicht. Dies ist das stärkste Instrument der US-Behörden, mit dem ständig objektive Fehler und betrügerische Machenschaften aufgedeckt wurden – auch der VW-Trick. Dieses Instrument ist nach Europäischem Recht offenbar schwer umsetzbar und wurde wohl aufgegeben, es ist aber zwingend wieder einzuführend.

Aber weder OBD noch Homologation noch CoP noch IUC verhindern Manipulation der Motorelektronik und der Abgasnachbehandlung bei Hersteller oder Betreiber mit schwerwiegenden Folgen für Umwelt und Gesundheit.

- **5. Unabhängige Periodische Kontrolle jedes Fahrzeugs im Jahresrhythmus (AU):** Die Überprüfung aller Fahrzeuge auf Sicherheitsmängel und Emissionsmängel ist unverzichtbar. Nur damit wird der Staat seiner Aufgabe zum Gewährleistung von Sicherheit im Verkehr, Schutz von Umwelt und Gesundheit gerecht. Es handelt sich dabei um eine Hoheitsaufgabe, die grundsätzlich nicht delegiert werden darf. Nur auf diese Weise lassen sich Manipulationen aufdecken, deren Umfang wir jetzt gerade erst erahnen und die durch Appelle nicht eingedämmt werden können. Gleichzeitig dient diese Massnahme dazu, Informationen zu Alterung und Verschleiss bei diesen neuen Technologien ermitteln, um vorbeugende Wartung auszulösen und somit die Emissionsstabilität zu erhalten. Dies ist unser Preis für saubere Atemluft.

Dieser Praxistest muss für jede Werkstatt geeignet sein, nicht länger als 10 Minuten und finanziell vertretbar. **Wichtig ist dabei vor allem**, dass wir nicht wieder versuchen, „krampfhaft“ Emissionsprüfwerte zu definieren, die letztlich keinen Bezug zum realen Betrieb haben, sondern dass wir die perfekte Funktionalität der Emissionskomponenten prüfen, nämlich (dimensionslos) Abscheidegrad des Filter und Konversion der Katalysatoren. Damit werden wir der Forderung gerecht, dass Komponenten bestverfügbarer Technologie eingesetzt sind, wie das das Umweltgesetz für krebserzeugende Schadstoffe generell postuliert. Technisch sind wir heute in der Lage, mit diesem Test individuelle Fehler einzelner Komponenten zu diagnostizieren.

Nebenbemerkung: abgesehen von der Abgaskontrolle bezüglich Partikelanzahl PN und NO₂, sollte auch die Qualität der Atemluft am Strassenrand bezüglich der gleichen Grössen kontrolliert werden – also neben NO₂ auch PN – es ist doch nach rationalen Kriterien nicht vertretbar, das im Abgas und der Atemluft „mit 2 Ellen“ gemessen wird. Weiter sollten auch für die Atemluft in den Fahrerkabinen insbesondere der Berufsfahrer und der Schulbusse Grenzwerte festgelegt werden (die Fahrzeugkabine ist heute die bei weitem höchste Schadstoff-Exposition), damit die hierfür technisch verfügbaren Möglichkeiten zum Zug kommen, somit eine win-win Situation für Volkswirtschaft und Gesundheit erzielt wird.

20.8.2016

Andreas C.R.Mayer

Dipl.Ing, Dr.med.h.c, SAE-fellow

hat ab 1980 bei BBC (ab 1990 selbständig mit TTM) Technologien zur Abgasminimierung durch Aufladung und Abgasrückführung, Partikelfilter ab 1984, SCR ab 1993 entwickelt und erprobt und darüber jeweils publiziert. Ab 1996 war er massgebend an der Einführung von Partikelfiltern auf Baustellen in der Schweiz beteiligt (VERT-Projekt), an der Entwicklung der neuen Partikel-Anzahlmesstechnik (1998) unter Zugrundelegung von Partikelgrösse, Anzahl und Substanz und hat im VERT-Netzwerk die gesundheitlichen Aspekte technischer Massnahmen in direkt beatmeten menschlichen Zellkulturen überprüft. Die von ihm, Siegmann, Kittelson und Czerwinski 1998 gegründete ETH-Nanopartikelkonferenz ist das interdisziplinäre technisch-wissenschaftliche Forum für die Minimierung der Abgasemissionen geworden. Ab 1999 hat er diese Erfahrungen als Berater an die kalifornische Umweltbehörde CARB weitergegeben, ab 2005 an die EU-Kommission zur Einführung von PMP und Euro 6. 2008 hat er sich als Sachverständiger in einem PUA der BRD gegen die Einführung von sogenannt offenen Filtern in Deutschland gewendet, um der modernen Abgasnachbehandlung den Weg zu bereiten. Er steht seit über 10 Jahren im engen Kontakt mit den WVU-Labors in USA, die den VW-Betrug aufgedeckt haben (Besch, Thiruvengadam), mit der CARB-Leitung, die den ersten Brief dazu geschrieben hat (A.Hebert, A. Ayala) mit der ehem. Leiterin der EPA mobile sources, die die ersten Manipulationen 1998 aufgedeckt hat (Margo Oge), hat für diese Organisationen mehrfach F&E-Projekte durchgeführt, die jeweils aus Umwelt-Strafkassen bezahlt wurden – daher der Blick hinter die Kulissen - und hat entsprechende Arbeiten auch für das Deutsche Umweltministerium durchgeführt, hauptsächlich aber für Schweizer Institutionen wie SUVA, BAFU und DEZA.



Periodic Test of Diesel Vehicles for Emission Stability if equipped with DPF, DOC, SCR-Emission Control Devices

Motivation

Emission stability of modern emission controlled Diesel powertrains cannot be guaranteed by the OEM for the lifetime of the vehicle; however, this is essential for public health. Apart from wear, poisoning, aging, fuel and lube influences and damage of both, emission control hardware and software elements, various kinds of tampering and manipulation have been observed, even being publically offered on the market. Legally required electronic onboard OBD control clearly are sufficient. Independent 100% periodic inspection ought to be mandatory to guarantee functionality of **Particle Filters (DPF), Oxidation Catalysts (DOC, ASC), Selective Catalytic NO_x-Reduction (SCR)** and other emission control systems, also called exhaust after-treatment systems of modern combustion engines.

Testing Procedures

VERT has developed inspection methods for emission-control devices, which are so efficient, reliable and cost effective that they are herewith recommended for new legal procedures covering all engines and applications:

DPF, Filtration Efficiency: Solid particle number concentration PN is measured upstream and downstream of the DPF, following the ECE-PMP protocol. Measuring being done with available handheld instruments, measurements can be performed at any load or speed, even low idling is sufficient for very accurately determining the filtration efficiency; failure for this relative value is below 1%; detection limit is $<10^3$ P/cc. Small filter substrate damage of less than 2% of the overall cell number is detectable and easily repairable at low cost. This procedure can be simplified by doing only one measurement downstream at tail pipe, however, at cost of accuracy. Since filtration of solid nanoparticles mainly depends on particle size and space velocity the measuring instrumentation must be highly sensitive for particles in the size range of 20-500 nm.

DOC, Conversion Efficiency: A DOC may be part either of a DPF-system or of an SCR-system or even standing alone. It may be inhibited by thermal or chemical poisoning or contamination or PGM-coating might be too low from beginning. DOC-conversion efficiency depends primarily on temperature: In oxygen rich Diesel exhaust, conversion of CO to CO₂ starts at about 130°C (light-off) and it reaches its full conversion level at about 250°C. By means of a load step at constant rpm, conversion capability of a DOC is determined very accurately and in very short time. Test procedure is heating the exhaust gas up to 300°C on a simple roller-dyno or similar and measuring the CO→CO₂ conversion curve during cooling down at the tail pipe – or inverse. This procedure reveals the exact status of the DOC conversion activity within a few minutes. And if it is active for CO it will also be active for HC and NO conversion.

SCR, Functionality of Selective Catalytic NO_x-Reduction: Functionality requires both, proper catalytic conversion of the SCR-catalyst system and the accurate injection of the urea-water solution "Adblue" to be done at the minimum permissible temperature. Again a simple load step at constant engine rpm enables to check all functions in one single run. Either heating the exhaust gas from idling temperature 150°C to 300°C, or following the cooling curve from 300°C to idle with a NO_x sensor at the tail pipe reveals, whether urea is injected, whether the right amount is injected, whether it is injected at the right temperature and whether the catalyst conversion is on the expected level. After this simple test all required information for a fail/pass decision is available. An even more precise control test is available by an additional NO_x-measurement upstream of the SCR. NH₃-measurement at the tail-pipe may be complementary.

Instrumentation

The instrumentation of handheld PN measurement has been specified by the Swiss VAMV-regulation, first published 8/2012 by the Swiss Federal office for metrology METAS <http://www.admin.ch/ch/d/as/2012/5371.pdf> and it includes the EU-PMP protocol to focus on non-volatile particles. Instruments meeting these specs are already on the market by TSI, TESTO and AVL. Sensors for measurement of CO, NO, NO₂ and NH₃ are available by many manufacturers. A guideline for instruments for field measurement of gaseous emissions with handheld instruments is also available by the Swiss Federal Office of Metrology METAS. Test data are to be stored electronically and fail/pass criteria are evaluated automatically, protected against falsification or manipulation.

Application

This inspection method applies in principle to any vehicle or engine, HDV as well as LDV, on-road as well as off-road and is not limited to Diesel engines. Prerequisite is that engine control electronics must permit load step testing at standstill axles with emission control functions fully operative.

Available Experience, Operation Time and Cost

VERT experience dates back for 2 years in applying this testing method in a small scale. Required time for a complete test-run is about 10 minutes; cost for instruments will be in the range of opacity meters as used in the past. **This intends to trigger a process to develop rules for a modern independent emission testing regulation.**