

Dr. sc. JOSIP STEPANIĆ
 Dr. sc. ŽELJKO CVIRN
 Fakultät für Maschinen und Schiffbau
 Fakultät strojarstva i brodogradnje
 Zagreb, I. Lučića 5

Prometna tehnika - Traffic Engineering
 Pregledni članak - Review
 U. D. C. 621.6.028:629.113
 Primljeno - Accepted: 20 Jul. 1996
 Prihvaćeno - Approved: 4 Sep. 1996

ÜBERSICHT ÜBER NEUE SCHADSTOFFMINDERUNGEN GEPLANT BIS 2010

SAŽETAK

PREGLED PLANIRANJA SMANJENJA KOLIČINE ŠTETNIH ISPUŠNIH PLINOVA

Svuda gdje izgara gorivo nastaju plinovi izgaranja. Na ovom mjestu govori se o ispušnim plinovima motornih vozila. Najveći dio štetnih sastojaka u ispušnim plinovima kod motora s ugrađenim katalizatorima nastaje za vrijeme tzv. hladnog starta i rada motora do trenutka dok još nije postignuta radna temperatura. Ovo se posebno odnosi na udio HC plinova. Europska unija donijela je propise o smanjenju štetnih udjela u plinovima izgaranja u nastojanju da se poboljša kakvoća zraka, posebno u velikim gradovima, a prema preporukama Svjetske zdravstvene organizacije. Kako bi se postigao taj cilj Komisija Europske zajednice je, zajedno s udruženjem proizvođača automobila i industrijom prerade nafte, usvojila program o emisiji štetnih plinova, goriva i tehnologijama motora. Uobičajeno je taj program označavati izvornom skraćenicom EPEFE (European Programme on Emissions, Fuels & Engine Technologies).

1. EINLEITUNG

Neue Erkenntnisse und an kritischen Stellen vorgenommene Messreihen bestätigen: Die früher erstellten Massnahmepläne und Umweltvertraglichkeitsberichte sind nicht mehr akzeptierbar. So mußten - wie inzwischen jedermann weiß - Temporeduktionen auf Autobahnabschnitten wieder aufgehoben werden, weil sich der berechnete Nutzen nicht nachweisen ließ. Die NO_x-Emissionswerte neuerer Lastwagen sind 50% niedriger als früher angenommen und kaum mehr geschwindigkeitsabhängig. Bei den Personenwagen haben heute über 72% einen Katalysator (in EU Ländern), und es läßt sich nachweisen, daß Katalysatormotoren von Generation zu Generation bessere Abgaswerte aufweisen und sich bei den saubersten Fahrzeugen NO_x- wie CO- und HC-Werte mit den heutigen Prüfmethode in Werkstätten kaum noch feststellen lassen. Jetzt hat man auch einen neuen Fahrzyklus, genannt "Neuer europäischer Fahrzyklus, NEFZ", Bild 1.

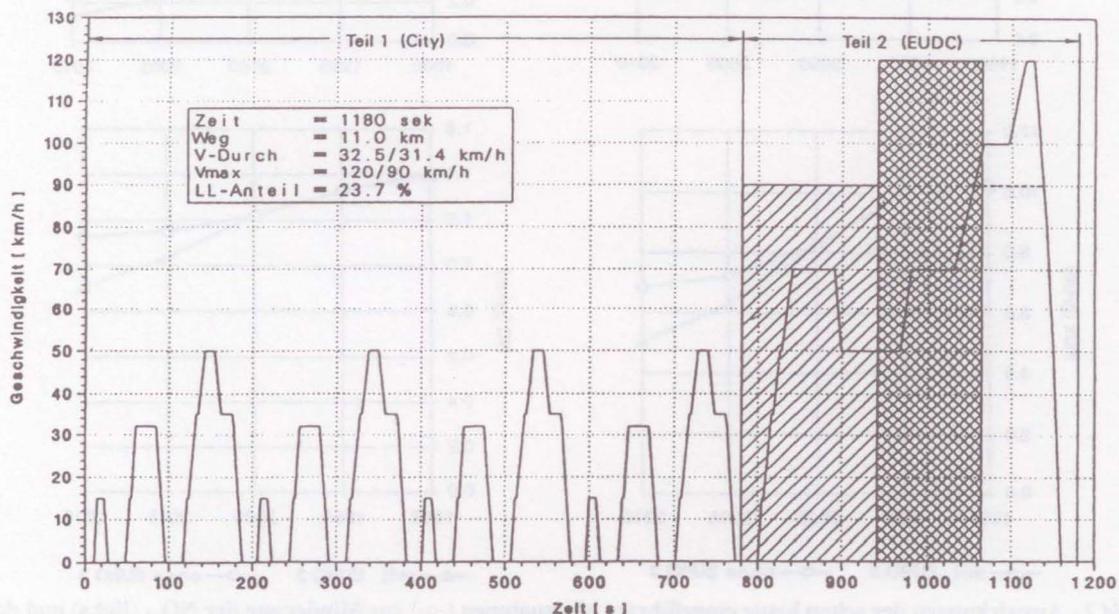


Bild 1 - Neuer europäischer Fahrzyklus, NEFZ; zum Vergleich wurden in dem Schnellfahrteil die bisher gültigen Konstantfahrten mit eingetragen

2. STRASSENVERKEHR HEUTE

Heute spricht man über neue Regeln, Bild 2. Heute werden die Emissionsfaktoren, nicht mehr wie bisher nach einer mittleren Reisegeschwindigkeit, sondern nach sogenannten Fahrmustern oder Verkehrssituationen erfasst.

So lassen sich im Gegensatz zu früher Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- und Verzögerungseinflüsse, aber auch der Kaltstart bei Pkw auf Rollenprüfständen ziemlich genau ermitteln.

Für schwere Lastkraftwagen, LKWs, laufen die Messprogramme dagegen auf dynamischen Motorprüfständen ab. Dies hat - trotz größerem Aufwand - auch Vorteile, weil sich im Nachgang die Emissionen für alle mit diesem Motor ausgerüsteten Fahrzeugtypen bestimmen lassen.

Wie ein Vergleich der alten mit den neuen Emissionsfaktoren illustriert, können z.B. Startzuschläge und Kalt- oder Warmstart, aber auch Verdampfungsemissionen beim Motorabstellen neuerdings viel genauer erfasst werden. Damit lassen sich aber auch Mittel und Wege zu Verbesserungen aufzeigen. So läßt sich beweisen, daß ein gut funktionierendes Benzindampfdruck-

führsystem mit Aktivkohlenkanister über 95% der Verdampfungsverluste auffangen kann.

Für uns alle ist es schon heute selbstverständlich daß die heutigen Pkws dank geregelter Dreiwegen-Katalysator je nach Fahrzyklus 70 bis 90% tiefere Schadstoffemissionen (bei gleichzeitig um 10 bis 15% geringerem Verbrauch) aufweisen.

Es ist interessant aufgrund dieser Daten festzustellen, was die noch Euro-3-Stufe, die ab dem Jahr 2000 eingeführt werden soll, zusätzlich noch bringt. Gemäß dem Grafiken, Bild 2, verflachen sich bei Kurven sowohl bei PKW (meistens mit Otto motoren) wie bei schweren LKW (meistens mit Diesel motoren) zwar leicht die Schadstoffmengen gehen aber doch noch eindeutig zurück. Das Absenkungspotential bis zum Jahre 2010 macht bei den Schadstoffen CO und HC beachtliche 30 bis 50% aus. Weniger positiv stellt sich die Emissionsentwicklung bei den NO_x-Werten dar, und zwar ausschliesslich aufgrund der stark überribenen Wachstumsprognose für schwere Nutzfahrzeuge (SNF), deren Fahrleistungen in den nächsten 10 bis 15 Jahren um bis zu 64% zunehmen sollen.

Bisher beschränkte sich die Abgasgesetzgebung weltweit auf Strassenfahrzeuge. Erst in den letzten

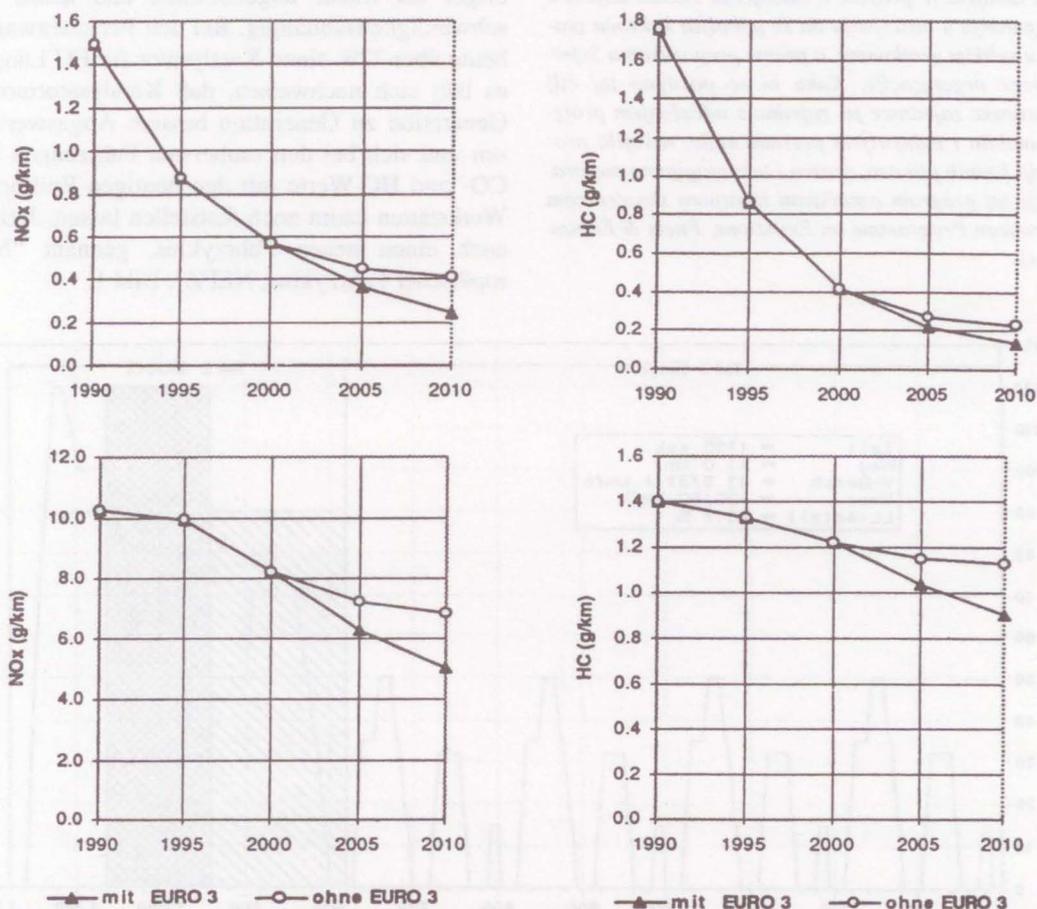


Bild 2 - Auswirkungen der schon heute eingeführten Massnahmen (-o-) zur Minderung der NO_x- (links) und der HC-Emissionen (rechts) bei Pkw- (oben) und NF-Motoren (unten). Die noch in Diskussion befindlichen Euro-3-Normen könnten ab dem Jahr 2000 noch die mit (-▲-) markierten Absenkungen bringen.

Jahren wurde man sich bewußt, daß die Vielzahl der nicht im Strassenverkehr eingesetzten Motoren in Bau-, Land- und Forstwirtschaft, bei Industrie-, Garten- und Hobbyheraten, in der Schiffs- und Luftfahrt sowie beim Militär einen immer größeren Anteil zur Luftverschmutzung beitragen. Schon heute schätzt die US-Umweltbehörde, daß sowohl bei den CO-, HC- und NO_x-Emissionen rund 20% von diesen Off-Road-Motoren stammen. Bei den Partikeln wie auch beim Verbrauch beträgt der Anteil sogar 27%.

Zum Beispiel sind die HC-Emissionen einer kleinen Kettensäge wesentlich höher als die eines Personenwagens und eine einzige dieselmotorsierte Ladeschaufel, wie man sie auf kleinen und mittleren Baustellen trifft, stößt pro Stunde mehr NO, aus als 17 leichte Nutzfahrzeuge!

Eine ganz andere Frage ist der Off-Road Sektor wo ein besonders vielfältiges Angebot von Verbrennungsmotoren mit Leistungen von 0,5 PS (Kettensägen, Rasenmäher) bis 1000 PS (Schiffsmotoren usw.) vorliegt, die erst noch nach verschiedenen Verbrennungsverfahren (2- und 4-Takt-Fremd- und Selbstzünder) arbeiten, ist es sehr schwierig und nur bei weltweiter Zusammenarbeit von Herstellern und Behörden möglich, hier allgemeine Vorschriften zur Schadstoffreduzierung und Nachbehandlung der Abgase einzuführen und zu überwachen.

3. HEUTIGE PLÄNE IM BEREICH PKW

Man arbeitet an Abgasentgiftungssystemen (Platin-/Rhodium-Keramik-Katalysatoren, gesteuerte Abgasrückführungssysteme).

Aber für noch schärfere Reduktion der Schadstoffe muß man auch den Treibstoff verbessern! Deshalb ist für die Abgasgesetzgebung ab dem Jahre 2000 (EU-Stufe III) dringend eine neue Referenztreibstoffqualität zu definieren. Die Ergebnisse mit verschiedenen Treibstoffzusammensetzungen zeigen deutlich, daß Schwefel ein Katalysatorgift ist und eine Reduzierung des Schwefelgehalts von z.B. 382 ppm auf 18 ppm eine 10% Absenkung aller drei gesetzlich limitierten Schadstoffe über den Gesamtprüfzyklus mit sich bringt. Im Warmzustand des Katalysators liegt der Emissionsrückgang aber mit 50% bei HC, 40% bei CO und 20% bei NO_x noch wesentlich höher. Bild 3.

4. HEUTIGE ZIELE

Die NO_x-Konzentrationen in Ballungsgebieten bis zum Jahre 2010 in ganz Europa die Zielwerte zu 98% einhalten zu lassen. Für die restlichen 2% sind zur weiteren NO_x-Absenkung zusätzliche Maßnahmen beim Verkehr erforderlich. Weit besser sieht es beim Ozon aus. Noch vor dem Jahre 2000 wird der Strassenverkehr

Modellierte Kraftstoffe des Auto-Oil-Programmes

Die Kraftstoffkennwerte entsprechen angenommenen Marktmittelwerten

Diesel Fuel	Base Average	I	II	III	IV
Cetane Number	51	53	54	55	58
Density	843	835	831	828	825
Polyaromatics	9	6	4.5	2.2	1
T-95	355	~ 348	~ 345	~ 340	~ 340
Sulphur	450	300	200	50	30
Emission Changes	NO _x	-2%	-2%	-3%	-3%
	PM	-6%	-10%	-14%	-15%

Vehicles		Emission Scenario			
		1	2	3	4
Gasoline LDV's	CO	-20	-30	-45	-70
	HC	-20	-40	-65	-70
	NO _x	-20	-40	-65	-70
Diesel LDV's	CO	-25	-40	-50	-50
	HC	-10	-20	-30	-30
	NO _x	-20	-35	-50	-70
	PM	-20	-35	-50	-70

Bild 3 - Verschiedene Treibstoffvarianten (I bis IV) (oben) und deren Verhalten bei verschiedenen Motor-Technologie-Varianten (1 bis 4)

nur noch eine untergeordnete Rolle als Quelle der Ozon-Vorläuferstoffe spielen. Auch bei CO und Benzol werden die Luftqualitätsziele überall in Europa noch vor dem Jahr 2010 erreicht. Kohlenmonoxid (CO), das früher gefürchtete giftige Auspuffgas läßt sich in Katalysatoren, wie übrigens auch HC, leicht oxidieren und unschädlich machen, womit überall in Europa, selbst unter ungünstigen Bedingungen, das Ziel < 1,5 mg CO/m³ Luft erreicht wird. Einzig bei den Partikeln wurden wegen unzureichender Messdaten und dem Fehlen von abgestimmten Zielwerten, sowie mangels eines Partikel-Immissionsmodells zur Bewertung von Maßnahmen zur Emissionsabsenkung, noch keine Absenkungsziele aufgestellt. Dennoch wird es in den Großstädten im Gleichschritt mit der NO_x-Absenkung zu einer starken Reduzierung der Partikel kommen. Für London rechnet man z.B. von 1995 bis 2010 mit -35%.

ZUSAMMENFASSUNG

Wo Treibstoffe verbrannt werden, entstehen auch Emissionen. In der aktuellen Situation gehören also Fahrzeugemissionen zu den Hauptthemen. Die Hauptanteile der Abgasemissionen entstehen bei den heutigen katalytischen Abgasnachbe-

handlungen während des Kaltstarts und der Kaltlaufphase, solange der Katalysator seine optimale Betriebstemperatur noch nicht erreicht hat. Dies gilt besonders für die HC-Emissionen.

Im Bemühen, die Luftqualität in den europäischen Ländern und vor allem in den Großstädten zu verbessern und den Vorgaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) anzupassen, entwickelt die Kommission der EU eine Serie von Direktiven zur Senkung der Schadstoffemissionen der Strassenfahrzeuge. Um dieses Ziel zu erreichen, hat die Kommission vor etwa zwei Jahren zusammen mit den Verbänden der europäischen Automobil- und Mineralölindustrie ein gemeinsames Programm (das "European Programme on Emissions, Fuels & Engine

technologies" EPEFE) aufgestellt. Dieses beinhaltet gemeinsame Forschungsprogramme, Abgastests sowie Kosten-Nutzen-Analysen.

LITERATUR

[1] D. KR PAN, D. JERAS: Laki motori I. i II. Liber, Zagreb, 1976.
 [2] D. KR PAN: Goriva i maziva. Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1949.
 [3] Automobil Revue, Hallwag AG, Bern, Jahrgang 1993-1995.

CO	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
HC	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
NOx	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
PM	0.05	0.075	0.1	0.125	0.15

Kategorie	Kategorie	Kategorie				
		1	2	3	4	5
LDV1	LDV2	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3
LDV1	LDV2	0.05	0.075	0.1	0.125	0.15

Tab. 1. Grenzwerte für Schadstoffemissionen (in mg/kWh) für verschiedene Fahrzeugkategorien (LDV1 - leichte PKW, LDV2 - leichte LKW) für verschiedene Schadstoffe (CO, HC, NOx, PM) für verschiedene Jahre (1990, 1995, 2000, 2005, 2010).

Das Ziel der EU ist es, die Schadstoffemissionen von Straßenfahrzeugen bis zum Jahr 2010 zu halbieren. Dies wird durch die Einführung von Grenzwerten für CO, HC, NOx und PM erreicht. Die Grenzwerte werden in mg/kWh angegeben. Die Grenzwerte für CO betragen 2,0 mg/kWh für 1990, 2,5 mg/kWh für 1995, 3,0 mg/kWh für 2000, 3,5 mg/kWh für 2005 und 4,0 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für HC betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für NOx betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für PM betragen 0,05 mg/kWh für 1990, 0,075 mg/kWh für 1995, 0,1 mg/kWh für 2000, 0,125 mg/kWh für 2005 und 0,15 mg/kWh für 2010.

Die Grenzwerte werden in mg/kWh angegeben. Die Grenzwerte für CO betragen 2,0 mg/kWh für 1990, 2,5 mg/kWh für 1995, 3,0 mg/kWh für 2000, 3,5 mg/kWh für 2005 und 4,0 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für HC betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für NOx betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für PM betragen 0,05 mg/kWh für 1990, 0,075 mg/kWh für 1995, 0,1 mg/kWh für 2000, 0,125 mg/kWh für 2005 und 0,15 mg/kWh für 2010.

Das Ziel der EU ist es, die Schadstoffemissionen von Straßenfahrzeugen bis zum Jahr 2010 zu halbieren. Dies wird durch die Einführung von Grenzwerten für CO, HC, NOx und PM erreicht. Die Grenzwerte werden in mg/kWh angegeben. Die Grenzwerte für CO betragen 2,0 mg/kWh für 1990, 2,5 mg/kWh für 1995, 3,0 mg/kWh für 2000, 3,5 mg/kWh für 2005 und 4,0 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für HC betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für NOx betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für PM betragen 0,05 mg/kWh für 1990, 0,075 mg/kWh für 1995, 0,1 mg/kWh für 2000, 0,125 mg/kWh für 2005 und 0,15 mg/kWh für 2010.

3. KÜRZLICHE PLÄNE IM BEREICH PKW

Die Grenzwerte werden in mg/kWh angegeben. Die Grenzwerte für CO betragen 2,0 mg/kWh für 1990, 2,5 mg/kWh für 1995, 3,0 mg/kWh für 2000, 3,5 mg/kWh für 2005 und 4,0 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für HC betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für NOx betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für PM betragen 0,05 mg/kWh für 1990, 0,075 mg/kWh für 1995, 0,1 mg/kWh für 2000, 0,125 mg/kWh für 2005 und 0,15 mg/kWh für 2010.

4. BRITISCHE ZIELE

Die Grenzwerte werden in mg/kWh angegeben. Die Grenzwerte für CO betragen 2,0 mg/kWh für 1990, 2,5 mg/kWh für 1995, 3,0 mg/kWh für 2000, 3,5 mg/kWh für 2005 und 4,0 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für HC betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für NOx betragen 0,1 mg/kWh für 1990, 0,15 mg/kWh für 1995, 0,2 mg/kWh für 2000, 0,25 mg/kWh für 2005 und 0,3 mg/kWh für 2010. Die Grenzwerte für PM betragen 0,05 mg/kWh für 1990, 0,075 mg/kWh für 1995, 0,1 mg/kWh für 2000, 0,125 mg/kWh für 2005 und 0,15 mg/kWh für 2010.