

PRÜFUNG DER LUFTVERUNREINIGUNG IM INNENRAUM VON KRAFTFAHRZEUGEN

Von

I. HÖRÖMPÖLY

Lehrstuhl für Kraftfahrzeuge, Technische Universität Budapest

(Eingegangen am 15. 5. 1974.)

Vorgelegt von Prof. Dr. Z. LÉVAI

In den Mitgliedstaaten des RGW gibt es gegenwärtig noch keine Empfehlungen für die Prüfung der Luftverunreinigungen in Innenräumen von Kraftfahrzeugen (in Fahrerkabinen von Lkw, im Inneren der Pkw, in Führerkabine und Fahrgastraum von Omnibussen), deren Ergebnisse eine Qualitätsbeurteilung der Kraftfahrzeuge ermöglichen würden, d. h. auf deren Grundlage die Inbetriebnahme derselben gestattet oder untersagt würde.

Um für Typenprüfungsverfahren eine reproduzierbare Prüf- und Meßmethode zu entwickeln, wurde von dem Verfasser einerseits das zugängliche Fachschrifttum studiert, andererseits wurden Voruntersuchungen unternommen.

Zuerst wird festgelegt, daß die Luftverunreinigung im Innenraum eines Kraftfahrzeugs nur an einem Ort geprüft werden dürfe, wo in das Innere des geprüften Fahrzeugs kein von einem fremden Fahrzeug oder einer anderen Verunreinigungsquelle stammender gesundheitsschädlicher Stoff eindringen kann.

Es wurde versucht, während der Messungen im Fahrzeug der Jahreszeit, in der die Untersuchung erfolgte, entsprechende klimatische Verhältnisse zu schaffen. Dazu wurden im Innenraum Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit sowie Luftgeschwindigkeit gemessen. Durch Öffnen der Fenster bzw. Heizung wurde im Innenraum des fahrenden Fahrzeugs die Lufttemperatur in Abhängigkeit von dem relativen Feuchtigkeitsgehalt so geändert, daß sie zwischen die Behaglichkeitskurven (Abb. 1) falle und die Luftgeschwindigkeit der Kurve der angenehmen Luftgeschwindigkeit entspreche (Abb. 2).

Bei der Bestimmung des Untersuchungsvorgangs lag es auf der Hand, daß der Luftverunreinigungsgrad im Fahrzeuginneren im für die Emission kritischen Betriebszustand des Motors ermittelt werden müsse. Als aus der Sicht der Emission kritisch wird jener Betriebszustand des Motors bezeichnet, wo Otto-Motoren mit angereichertem Gemisch, Dieselmotoren mit maximaler oder nahe maximaler Speisung arbeiten.

Es wurde ferner ein großes Gewicht auf die Analyse der Luft im Leerluft gelegt. Nach der vorstehenden Definition gehört beim Otto-Motor der Leerluft eindeutig zum kritischen Motorbetriebszustand. Bei Dieselmotoren ist beson-

ders die Periode des kalten Anlassens zu den kritischen Betriebszuständen zu zählen.

Die Richtigkeit dieser Annahmen wurde durch die bei den Vorversuchungen gemessenen Verunreinigungskonzentrationen im Innenraum bestätigt.

In diesem Sinne wird vorgeschlagen, bei der Typenprüfung von Kraftfahrzeugen die Luft im Fahrzeuginneren bei folgenden Fahrweisen zu prüfen:

1. Leerluft
2. ständige Geschwindigkeit
3. veränderliche Geschwindigkeit und
4. Bergfahrt.

Die Untersuchungen sind an einem Ort vorzunehmen, wo die Konzentration der atmosphärischen Verunreinigungen den in den »zulässigen Luftqualitätsnormen« festgelegten Wert nicht übersteigen.

Von den RGW-Staaten wird nur in einigen und auch dort lediglich die CO-Emission beschränkt oder soll in der nächsten Zukunft geregelt werden. Durch die Vorschriften der EGB wird gegenwärtig und voraussichtlich noch einige Jahre lang nur die CO- und C_nH_m -Emission eingeschränkt. Unter Berücksichtigung der vorigen Ausführungen schlagen wir vor, bei der Prüfung des Innenraumes nur den Kohlenoxid- und den Gesamt-Kohlenwasserstoffgehalt der Luft zu messen, und bei der Qualitätsbeurteilung des Fahrzeugs nur diese zu berücksichtigen.

In Anbetracht der voraussichtlichen Zunahme der Kraftfahrzeugverkehrsichte erachten wir es schon jetzt für nützlich, die Konzentration der Stickstoffoxide zu bestimmen.

Für die Untersuchung können alle technischen und Meßgeräte benutzt werden, die zum Messen von Kohlenoxid mit $\pm 3\%$, von Gesamt-Kohlenwasserstoffgehalt und Stickstoffoxiden mit $\pm 5\%$ Genauigkeit geeignet sind.

Es ist zweckmäßig, Meßgeräte zu benutzen, mit deren Hilfe die Konzentrationen der einzelnen Schadstoffe schon im Zeitpunkt der Messungen ermittelt werden können.

Unter den für die Untersuchung gewählten einzelnen Betriebsbedingungen dürfen an den ausgewählten Probeentnahmestellen erst mindestens 10 Minuten nach der Stabilisierung der Parameter Luftproben entnommen bzw. ortsfeste Instrumente abgelesen werden.

Für die Konzentrationsmessungen der Luftverunreinigungen im Inneren der Kraftfahrzeuge werden die Zonen empfohlen, die für die Reinheit der Innenluft bzw. für die Gesundheit des Fahrers kennzeichnend sind.

In Pkw und Lkw sowie bei gemischter Nutzung sollen bei verschiedenen Fahrweisen die Luftprobeentnahme bzw. das Ablesen der Meßgeräte in der Atemzone (in Kopfhöhe) des Fahrers erfolgen.

In Omnibussen werden die Schadstoffkonzentrationen in der Atemluft in Kopfhöhe des Fahrers und beim hintersten Sitz an der Auspuffseite, in

Kurven gleicher Behaglichkeit

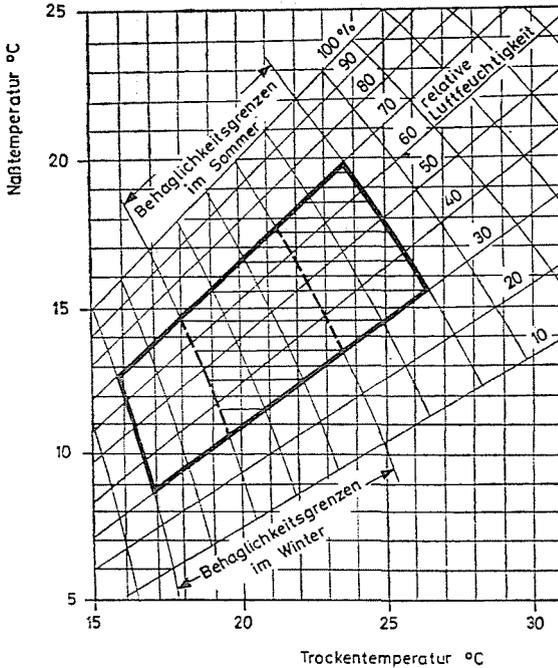


Abb. 1

Gelenkbussen auch noch am Sitz hinter dem Falteil (an der Auspuffseite) in der Atemzone des sitzenden Fahrgastes ermittelt.

Unter sämtlichen Prüfbedingungen (bei allen Fahrweisen) werden an den genannten Probenahmestellen die Verunreinigungskonzentrationen in der Innenluft wenigstens dreimal im ungeheizten und im geheizten Fahrzeug gemessen.

Bei der Prüfung geheizter oder klimatisierter Fahrzeuge soll der Innenraum den Behaglichkeitskurven in Abb. 1 entsprechend geheizt oder klimatisiert werden.

Während der Fahrt soll in der warmen Jahreszeit (ohne Heizung) die Höchstgeschwindigkeit der Luftbewegung in Abhängigkeit von der Innenraumtemperatur der Kurve in Abb. 2 folgen.

Bei Windgeschwindigkeiten über 15 km/h darf keine Leerlaufprüfung unternommen werden.

Auch zur Zeit von Niederschlägen (Regen, Schnee) kann keine Prüfung erfolgen. Es darf keine Typenprüfung an Fahrzeugen mit Kilometerleistungen unter 500 km und über 5000 km durchgeführt werden.

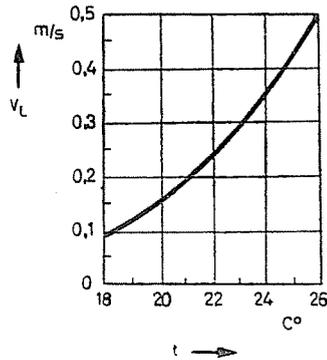


Abb. 2

1. Prüfung im Leerlauf

Der Leerlaufprüfung vorangehend werden die Schadstoffkonzentrationen in der Umgebungsluft bestimmt.

Für die Prüfung wird das Fahrzeug auf horizontaler Fläche so aufgestellt, daß der Wind von der Auspuffseite und vom Hinterteil des Fahrzeugs her kommt. Der Motor wird mit der vorgeschriebenen Leerlaufdrehzahl laufen lassen. Abweichend von den anderen Prüfungen wird im Leerlauf die Innenluft erst wenigstens 20 Min nach dem Anlassen des Motors geprüft.

Die Leerlaufprüfung beginnt mit der Dichtigkeitsprobe, es werden also sämtliche Türen, Fenster bzw. Luftschlitze geschlossen. Nachfolgend wird die Innenluft im stehenden Fahrzeug untersucht, wobei die Fenster soweit geöffnet werden, wie diese in der warmen Jahreszeit im mit durchschnittlicher Geschwindigkeit fahrenden Fahrzeug in der Regel offen gehalten werden. Die Leerlaufprüfung wird auch im geheizten Wagen durchgeführt.

2. Prüfung bei ständiger Geschwindigkeit

Die Prüfung wird auf ebener Straße unternommen (Steigung oder Neigung nicht über 3% sind auf 10% des Straßenabschnitts zugelassen).

Bei der Probenahme fahren Fahrzeuge, für die außerhalb von Wohngebieten Geschwindigkeitsbeschränkungen vorgeschrieben sind, mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, Fahrzeuge, für die keine derartigen Beschränkungen in Kraft sind, mit einer Geschwindigkeit, die 90 Prozenten ihrer Höchstgeschwindigkeit entspricht.

3. Prüfung bei veränderlicher Geschwindigkeit

Die Prüfung erfolgt auf ebener Straße.

Das Fahrzeug fährt mit veränderlichen Geschwindigkeiten zwischen einer Höchst- und einer Mindestgeschwindigkeitsgrenze.

Die Höchstgeschwindigkeit stimmt mit der im vorigen Abschnitt angegebenen Geschwindigkeit überein. Die Mindestgeschwindigkeit soll der unteren Grenze des um eines niedrigeren Ganges als der bei Höchstgeschwindigkeit benutzte Gang entsprechen. Beim Erreichen der Höchstgeschwindigkeit wird kräftig gebremst (mit Radbremse und mit dem Motor). Es darf keine den Auspuffgasaustritt hindernde Bremse benutzt werden.

Je nach den Fahrzeuggegebenheiten soll die Höchstgeschwindigkeit von der Mindestgeschwindigkeit ausgehend mit der größtmöglichen Beschleunigung erreicht werden.

Die veränderliche Fahrweise soll mindestens 10 Min lang dauern.

Die Luftprobenentnahme wird beim Erreichen der Höchstgeschwindigkeit begonnen.

4. Prüfung bei Bergfahrt

Die Prüfung wird auf einer Wegstrecke mit 8% mittlerer Steigung unternommen, die keinen Horizontalabschnitt enthält. Während der Prüfung soll der Motor ständig mit der zum Höchstdrehmoment gehörenden Drehzahl laufen. Dementsprechend soll mit einem Gang gefahren werden, daß während der Prüfung keine Gangschaltung erforderlich werde.

Die Probenahme beginnt in der zehnten Minute der Bergfahrt.

Nach der empfohlenen Prüfmethode wurde die Luftverunreinigung im Innenraum von Fahrzeugen untersucht, die — einerseits — im Massen- und individuellen Verkehr in Ungarn und in den RGW-Staaten eine wichtige Rolle spielen, — andererseits — von solchen, wo auch im bestimmungsgemäßen Einsatz aus konstruktiven Gründen Schadstoffe in bedeutender Menge in das Innere der Fahrzeuge gelangen können.

Die Kohlenmonoxidkonzentrationen wurden mit einem Hartmann—Braunsehen IR-Gasanalysator, die Gesamt-Kohlenwasserstoffmenge mit einem Gaschromatographen Pye 105 (unter Anwendung eines Wasserstoff-Flammenionisationsdetektors FID), die nitrosen Gase nach der Salzmannschen photometrischen Methode nachgewiesen. Ferner wurden die Formaldehydkonzentration photometrisch bestimmt, Flugstaubmengen, relative Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Luftgeschwindigkeit im Inneren der Fahrzeuge gemessen.

Die in den kennzeichnendsten Fahrzeugtypen ermittelten Kohlenoxid-, Gesamt-Kohlenwasserstoff- und Stickstoffoxid-Konzentrationswerte sind in den Tabellen I und II zusammengestellt.

Tabelle I

Kraftwagen SHUK für Gemischnutzung

Bitumenverteiler ZIL 130

	CO ppm	C _n H _m mg/m ³	NO _x mg/m ³	CO ppm	C _n H _m mg/m ³	NO _x mg/m ³
Leerlauf	Alle Öffnungen geschlossen 5,5 2,3 0,0216			Heizung in Betrieb 50,0 155 0,094		
Leerlauf	Ladeplatte hinuntergelassen 8,0 1,4 0,185			Ohne Heizung 4,5 257 0,013		
Ständige Geschwindigkeit	Fenster neben dem Fahrer geöffnet 4,0 n.m. 0,1			Heizung in Betrieb 5,0 240,3 0,062		
Ständige Geschwindigkeit	Ladeplatte hinuntergelassen 84,0 5,8 2,7			Ohne Heizung 4,0 167,6 0,037		
Veränderliche Geschwindigkeit	Fenster neben dem Fahrer geöffnet 6,0 n.m. 0,108			Im bestimmungsgemäßen Einsatz wird das Kraft- fahrzeug nicht mit ver- änderlicher Geschwindig- keit in Betrieb gehalten		
Veränderliche Geschwindigkeit	Ladeplatte hinuntergelassen 100,0 5,8 1,00					
Bergfahrt	Fenster neben dem Fahrer geöffnet 6,0 n.m. 0,081			Heizung in Betrieb 5,0 342,2 0,065		
Bergfahrt	Ladeplatte hinuntergelassen > 100 3,5 1,05			Ohne Heizung 5,0 269,5 0,05		

n.m = nicht meßbar
C_nH_m mit Dräger-Röhre gemessen
Alle Messungen ohne Heizung

Bei der Festlegung der zulässigen Grenzwerte für die Luftverunreinigungen gingen wir von den gegenwärtig gültigen Werten der Allgemeinen Unfallverhütungs- und Gesundheitsschutzmaßnahme (ÁBEO) aus, da ja für den Fahrer die Fahrerkabine den Arbeitsplatz darstellt.

Ein Kraftfahrzeug gilt in bezug auf die Luftreinheit als befriedigend, darf also in Betrieb genommen werden, wenn im Inneren (in der Fahrerkabine bzw. im Fahrgastraum) bei den vorgeschriebenen Prüfungen unter gleichen Prüfungsbedingungen keine mittleren Schadstoffkonzentrationen ermittelt wurden, die folgende Grenzwerte übersteigen:

Kohlenwasserstoffe über 300 mg/m³ (in Form von Benzindampf) oder
500 ppm (Normal-Hexangleichwert);

Kohlenoxid über 30 mg/m³ bzw. 24 ppm;

ferner wenn keine Auspuffgase in den Innenraum gelangen, die Geruchsbelästigung, Unbehagen (Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, Brechreiz usw.) verursachen können.

Tabelle II

Gelenkbus IKARUSZ 180 mit RÁBA—MAN-Motor

Shiguli (VAZ 2101)

Fahrweise	CO ppm	C _n H _m mg/m ³	NO _x mg/m ³	CO ppm	C _n H _m mg/m ³	NO _x mg/m ³
Im Leerlauf beim Fahrer	4,5	273,8	0,075	2,0	357,3	0,028
Mit Heizung beim Falteil beim Fahrer	5,0	167,6	0,042			
Ohne Heizung beim Falteil	5,0	111,8	0,053	5,0	416,5	0,017
Bei ständiger Geschwindigkeit beim Fahrer	4,0	388,3	0,025			
Mit Heizung beim Falteil	4,0	462,4	0,067	20,0	413,6	0,156
Ohne beim Fahrer	2,0*	121,0	0,20	im Stadtverkehr		
Heizung beim Falteil	4,5	637,0	0,032	28,0	764,7	0,196
Bei veränderlicher Geschwindigkeit bei Fahrer	1,0*	—	0,068	im Stadtverkehr		
Mit Heizung beim Falteil	5,0	301,7	0,092	5,0	283,0	0,10
Ohne beim Fahrer	4,5	438,6	0,116			
Heizung beim Falteil	4,5	300,3	0,030	7,0	400,1	0,079
In Bergfahrt beim Fahrer	4,0	146,7	0,084			
Mit Heizung beim Falteil	3,5	509,9	0,075	10,0	421,5	0,138
Ohne beim Fahrer	4,0	252,8	0,056			
Heizung beim Falteil	4,5	382,8	0,106	10,0	202,6	0,155
	3,0	413,5	0,105			

* mit Dräger-Röhre gemessen

Zusammenfassung

In den RGW-Ländern sind noch keine Vorschriften für die Prüfung der Luftverunreinigung im Inneren von Kraftfahrzeugen in Kraft. Es wurde ein Prüf- und Meßverfahren entwickelt, um im Leerlauf, bei ständiger sowie bei veränderlicher Geschwindigkeit und in Bergfahrt die Schadstoffkonzentrationen im Inneren der Fahrzeuge zu prüfen.

Aus den nach diesem Verfahren durchgeführten Probemessungen wurde festgestellt, daß im Innenraum des Omnibusses IKARUS 180 in jeder Fahrweise eine Gesamt-Kohlenwasserstoffkonzentration über dem zulässigen Wert vorhanden war. Dieselbe Feststellung wurde für die Shiguli-Wagen gemacht. Die Kohlenoxid- und Stickstoffoxidkonzentrationen blieben hingegen unter dem zulässigen Wert.

Literatur

1. SAE J 989—1 (1968)
2. HOFFMANN, H.—HEYMER, A.: Zbl. Verkehrs-Medizin 16, 234 (1970)
3. JENEY, E.—MEDVE, F.: Egészségtudomány. 2, 105. (1967)
4. FLAMISCH, O.—MERÉTEI, I. T.—POLLÁK, I.—SZOBOSZLAI, M.: ATUKI Tudományos Közlemények 227, XI. (1971)

Imre HÖRÖMPÖLY, H-1067 Budapest, Eötvös u. 28. Ungarn