

Minimierung von Dieselmotoremissionen durch steckbare Dieselpartikelfilter für Straßenfahrzeuge gemäß TRGS 554

M. Berges, J. Timmer, H. Kleine, V. Wilms

Zusammenfassung Die BG/BGIA-Empfehlungen „Hauptuntersuchungen und Sicherheitsprüfungen von Kfz in Prüfstellen amtlich anerkannter Überwachungsinstitutionen“ empfehlen als Schutzmaßnahme zur Minimierung der Exposition von Beschäftigten gegenüber Dieselmotoremissionen neben dem Einsatz von mitgeschleppten Abgasabsaugungen den Einsatz von steckbaren mobilen Dieselpartikelfiltern. Die vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz – BGIA im Jahr 2003 durchgeführten Messungen von Dieselmotoremissionen beim Einsatz dieser Partikelfilter, über die in diesem Beitrag berichtet wird, belegen deren Wirksamkeit. Damit bieten steckbare mobile Dieselpartikelfilter eine vergleichbare Sicherheit zu mitgeschleppten Abgasabsaugungen. Sie sind im Sinne der Gefahrstoffverordnung und der Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 554 „Dieselmotoremissionen“ eine Schutzmaßnahme nach dem Stand der Technik zur Minimierung der Gefahrstoffexposition von Beschäftigten.

Minimization of diesel soot in the workplace atmosphere by attachable mobile diesel particulate filters

Abstract Beside mobile exhaust facilities for diesel particulate, the BG/BGIA-recommendations "General inspections and safety inspections of motor vehicles at inspection authorities" recommend the use of attachable mobile diesel particulate filter as a protective measure in order to minimize the exposure at workplaces. Here we report on measurements of diesel engine exhaust performed by the BG-Institute for Occupational Safety and Health – BGIA in 2003 during general and safety inspections while attachable and mobile diesel particulate filters were used. The measurements prove that these filters are an effective protective measure to minimize the exposure of the employees and that their use is in accordance with the German Ordinance on hazardous substances and the Technical Rules on hazardous substances TRGS 554.

1 Einleitung

Zur Unterstützung von Mitgliedsunternehmen bei der Beurteilung der Arbeitsbedingungen an Kraftfahrzeugprüfanlagen amtlich anerkannter Überwachungsinstitutionen wurden in Zusammenarbeit mit der zuständigen Verwaltungs-Berufsgenossenschaft durch das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz – BGIA an 26 Prüfstellen in geschlossenen Prüfhallen exemplarische Messungen der relevanten Gefahrstoffe bei der Hauptuntersuchung (HU) und der Sicherheitsprüfung (SP) durchgeführt. Die Messungen zeigten, dass bei den Untersuchungen grundsätzlich mit der Einhaltung der damals gültigen technischen Richtkonzentrationen für Dieselmotoremissionen (DME) und

Benzol sowie der Luftgrenzwerte für die übrigen Gefahrstoffe zu rechnen ist, einschließlich der Einhaltung des Grenzwertes für Stoffgemische nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 403 [1]¹⁾.

Auf der Grundlage dieser Messungen wurden im Jahr 2001 BG/BGIA-Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsbereichen „Hauptuntersuchungen und Sicherheitsprüfungen von Kfz in Prüfstellen amtlich anerkannter Überwachungsinstitutionen“ [2] erarbeitet.

BG/BGIA-Empfehlungen geben dem Unternehmer praxisgerechte Hinweise zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung, zu geeigneten Schutzmaßnahmen und Hinweise zu deren Wirksamkeitskontrolle. Der Unternehmer kann nach Prüfung der Übertragbarkeit auf seine betriebliche Situation BG/BGIA-Empfehlungen übernehmen und damit den eigenen Ermittlungsaufwand erheblich reduzieren; dies ist insbesondere bei messtechnischen Ermittlungen von Bedeutung, die im Einzelfall ganz entfallen können.

Die in diesen BG/BGIA-Empfehlungen und ebenso in der Berufsgenossenschaftlichen Information BGI 871 „Arbeitsystem Kfz-Prüfanlagen“ [3] aufgeführten Maßnahmen sehen im Sinne der Minimierung der Gefahrstoffexposition nach dem Stand der Technik neben dem Einsatz von mitgeschleppten Abgasabsaugungen gemäß Nr. 4.6.4.2 TRGS 554 [4] den Einsatz von steckbaren mobilen Dieselpartikelfiltern (DPF) vor. Diese bieten, wenn eine mitgeschleppte Abgasabsaugung nicht vorhanden oder nicht adaptierbar ist, die gleiche Sicherheit und stellen im Sinne von Nr. 4.1.3 bzw. Nr. 4.3.2 Abs. 2 TRGS 554 eine Möglichkeit dar, Dieselmotoremissionen wirksam zu mindern. In der letzten Überarbeitung der TRGS 554 (in der Fassung von März 2001) konnte diese Ersatzmaßnahme wegen des Redaktionsschlusses nicht mehr in die speziellen Anforderungen zur Benutzung von Rollenbremsprüfständen in Nr. 4.6.4.2 Abs. 7 eingefügt werden.

Steckbare mobile DPF werden von Kfz-Herstellern seit mehr als 15 Jahren eingesetzt. So setzt die Fa. Volvo die Filterpatrone P 15 der Fa. EHC²⁾ seit 1985 in der Herstellung und Verladung der Pkw ein, um Dieselmotoremissionen bei der Ausfahrt der Pkw aus den Hallen bzw. Einfahrt auf Automobilfrachter zum Überseetransport zu verringern. Aus dieser Zeit datiert auch ein von der Fa. Volvo AB in Göteborg, Schweden, in Auftrag gegebener Untersuchungsbericht, in dem die Fa. Camfil AB in Trosa, Schweden, eine Partikelabscheiderate der Filter, bezogen auf die Partikelanzahl pro Liter für Partikeln > 0,12 µm, von mehr als 99,9 % feststellt [5]. Einige Lkw-Hersteller (z. B. EvoBus, MAN, IVECO, DaimlerChrysler) setzen seit Jahren die Filterpatrone L 20 ein und die Fa. Deutsche Post nutzt diese in ihren Verlade-

Dr. rer. nat. Markus Berges, Jürgen Timmer,
Dr.-Ing. Horst Kleine,

Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA,
Sankt Augustin.

Dr.-Ing. Valerie Wilms,

Berufsgenossenschaft der Straßen-, U-Bahnen und
Eisenbahnen, Hamburg.

¹⁾ Mit Inkrafttreten der neuen Gefahrstoffverordnung zum 1. Januar 2005 kennt das Regelwerk keine technischen Richtkonzentrationen mehr, sondern nur noch Arbeitsplatzgrenzwerte. Mit der Bekanntmachung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) vom 31. Dezember 2004 III B3–35122 informiert das BMWA darüber, dass die „bisherigen“ technischen Regeln jedoch auch künftig als Auslegungs- und Anwendungshilfe für die neue Verordnung herangezogen werden können. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die noch nicht überarbeiteten Technischen Regeln nicht im Widerspruch zur neuen Verordnung stehen dürfen.

²⁾ Weitere Informationen über Filterpatronen der Fa. EHC sind über Baumüller & Partner GmbH, Neustadt/Weinstraße zu beziehen.



Bild 2. DPF-Set (Fa. EHC, Typ L 20) mit pneumatischer Innenspannvorrichtung.

Bild 1. Dieselpartikelfilter der Fa. EHC, Typ P 15 für Pkw.

hallen seit mehr als 13 Jahren. Auch im militärischen Bereich, beispielsweise beim Einsatz von Flugzeugschleppern in Hallen, ist die Wirksamkeit der L-20-Filterpatrone durch vergleichende Arbeitsplatzmessungen belegt [6].

Im Rahmen des von deutschen (Tiefbau-Berufsgenossenschaft), österreichischen (AUVA) und Schweizer Institutionen (Suva) durchgeführten Projektes VERT (Verminderung der Emissionen von Real-Dieselmotoren im Tunnelbau) hat die Abgasprüfstelle der Hochschule für Technik und Architektur in Biel, Schweiz, an einem Dieselmotorenprüfstand einen Partikelzahl-Abscheidegrad der Filterpatrone L 20 von 97 % bestimmt [7].

Kennzeichnend für die oben genannten Einsatzgebiete ist die überschaubare Typenpalette der verwendeten Kraftfahrzeuge. Die besondere Schwierigkeit für den Einsatz sowohl der DPF als auch der mitgeschleppten Absaugung in den Prüfstellen amtlich anerkannter Überwachungsinstitutionen ist jedoch, dass hier alle Fahrzeugtypen bzw. Endrohrgeometrien mit entsprechenden Adaptern abgedeckt werden müssen.

Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung wurde die Einsatzfähigkeit von steckbaren mobilen DPF für Pkw und Lkw an verschiedenen Kfz-Prüfanlagen überprüft. Durch amtlich anerkannte Überwachungsinstitutionen (TÜV, DEKRA) wurde der Einsatz an unterschiedlichen Auspuff-Endrohrsystemen über mehrere Monate getestet. Dabei wurde insbesondere die Befestigungstechnik für den Einsatz an Lkw optimiert: Im Vergleich zur alten Befestigungstechnik mit Manschetten konnte durch eine neue pneumatische Innenspannvorrichtung, die einen gasdichten Abschluss gewährleistet, eine universelle Einsetzbarkeit auch bei extremen Endrohrgeometrien erzielt werden.

In diesem Beitrag wird über die vom BGIA im Jahre 2003 durchgeführten umfangreichen Messungen von DME beim Einsatz dieser neuen DPF an Prüfstellen amtlich anerkannter Überwachungsinstitutionen im Rahmen der HU und SP berichtet.

2 Steckbare DPF für Straßenfahrzeuge

2.1 Beschreibung der DPF

Bei den Messungen wurden die zuvor genannten DPF der Fa. EHC, Typen P 15 und L 20 eingesetzt. Der Typ P 15 ist für Pkw

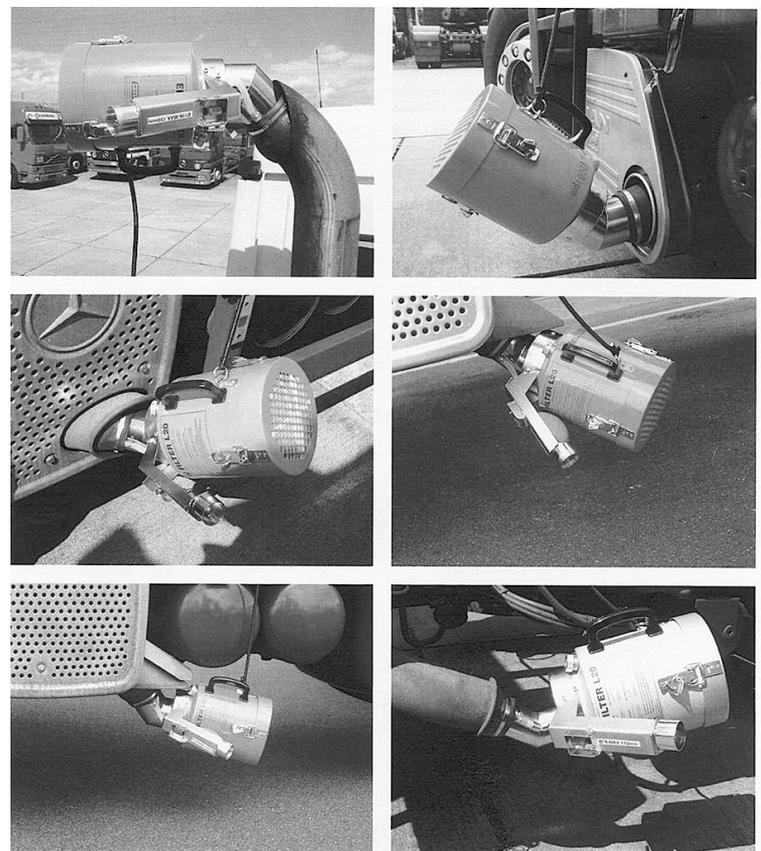


Bild 3. Anwendungsbeispiele L 20.

und Transporter (bis 5 l Hubraum) geeignet (Bild 1). Er besteht aus einem Kunststoffgehäuse mit Filterpatrone, die Adapter mit Membranventil sind aus Gummi und werden durch einen Bajonettverschluss mit dem Filtergehäuse verbunden. Die Filterpatrone besteht aus Hartkarton, das Filtermedium ist Glasfaserfilterpapier, hinterlegt mit Aktivkohle. Zum Anschluss an das Auspuffendrohr stehen verschiedene Adapter, u. a. auch Winkel-Gummikegel oder Adapter für Doppel-Endrohranlagen, für die unterschiedlichsten Fahrzeuge zur Verfügung.

Der DPF vom Typ L 20 eignet sich für Lkw bis 14 l Hubraum, für Fahrzeuge von 14 bis 35 l Hubraum kann der Typ „L 20

Doppel“ eingesetzt werden. Das Material des Filtergehäuses ist verzinktes Stahlblech, orange lackiert, mit Filterpatrone und Membranventil. Der DPF vom Typ L 20 ist in vielen Ausführungen für die verschiedenen Auspuffendrohre lieferbar. Die Filterpatrone besteht aus Hartkarton, das Filtermedium ist Glasfaserfilterpapier, hinterlegt mit Aktivkohle (Bild 1). In vorangegangenen Versuchen wurden die Filter mit einer Manschette am Endrohr befestigt. Diese konnte jedoch nicht in allen Fällen einen gasdichten Sitz gewährleisten. Mit der neuen Version des Filters, der über eine pneumatische Innenspannvorrichtung verfügt, wurde ein wesentlicher Fortschritt erreicht. Die Innenspannvorrichtung wird über das Befüllventil mit Druckluft gefüllt, so dass der Filter fest und dicht sitzend im Auspuffendrohr befestigt werden kann. Zum Einsatz kommen diverse Adapter für Innenrohrdurchmesser von 78 bis 115 mm und von 106 bis 150 mm. Insbesondere gibt es auch eine Verlängerung für mittig unter dem Lkw angebrachte Endrohre (Bilder 2 und 3).

2.2 Handhabung der DPF

Die Wirksamkeit der steckbaren DPF ist entscheidend von ihrer Handhabung abhängig. Diese wurde durch die Einführung der verschiedenen Adapter zwar deutlich erleichtert, jedoch sind einige wichtige Bedingungen zu beachten: Beispielsweise besitzen die DPF ein Überdruckventil mit Membran. Ein Filterwechsel ist erforderlich, wenn die Membrane im eingebauten Ventil durch den hohen Abgasgedruck platzt und dort Abgase austreten. Vor jedem Einsatz muss überprüft werden, ob diese Membran zerborsten ist, um ein Abströmen der DME in den Arbeitsbereich zu verhindern. Eine Musterarbeitsanweisung für „Arbeiten mit einem DME-Filter bei HU und SP“, die die wesentlichen Punkte im Umgang mit den DPF erörtert, zeigt Bild 4. Die Benutzung der DPF muss in einer Betriebsanweisung angeordnet sein (Bild 5). Betriebs- und Arbeitsanweisungen müssen Gegenstand von regelmäßigen Unterweisungen der Beschäftigten sein.

3 Gefahrstoffmessungen

3.1 Messungen bei der Pkw-Prüfung

Zur Messung der DME wurden jeweils drei bis vier stationäre Probenahmegeräte des Typs Gravikon PM 4 F mit einem Volumenstrom von 4 m³/h entlang einer Prüfgasse aufgestellt, um entsprechend dem BGIA-Standardverfahren [8] DME in Form elementaren Kohlenstoffes zu bestimmen. Hierbei werden die alveolengängigen Partikeln auf binderfreien Glasfaserfiltern (MN 85/90 BF, 70 mm, gegläht bei 500 °C) abgeschieden. Der Anteil von elementarem Kohlenstoff in den abgeschiedenen Partikeln wird mittels Coulometrie bestimmt.

Es wurden jeweils Messungen bei acht Hauptuntersuchungen an dieselbetriebenen Pkw innerhalb einer Stunde in einer zweigassigen geschlossenen Prüfanlage unter Einsatz

Arbeitsanweisung

Arbeiten mit einem DME-Filter bei HU und SP

Die Filter scheiden die Russpartikel ab und tragen zur Gefahrstoffminimierung für die Mitarbeiter bei. Die Filter wirken sofort beim Anlassen, ermöglichen ein flexibles Fahren und sind unempfindlich gegen Feuchtigkeit.

Filter

Nur Partikelfilter verwenden, die die Bestimmungen der TRGS 554 „Dieselmotoremissionen“ erfüllen. Sie sollen als Abgasfilter eingesetzt werden, wenn keine (mitgeführte) Abgasabsauganlage zur Verfügung steht oder die Auspuffkonstruktion deren Adaption verhindert (Lage unterhalb des Chassis, Karosseriebündigkeit, Anfahrerschutz).

Montage und Demontage

Passenden DME-Filter verwenden. Für die unterschiedlichen Auspuffdurchmesser stehen passende DME-Filter zur Verfügung.

Bei den Filtern für Pkw/Kleintransporter den passenden Gummikegel auf das Filtergehäuse aufschrauben und den Filter danach von Hand vor der Prüfhalle über den Auspuff stecken. Filter nach durchgeführter Prüfung außerhalb der Prüfhalle entfernen.

Die Lkw-Filter mit einer pneumatischen Innenspannvorrichtung entsprechend der Betriebsanleitung mit wenigen Handgriffen im Auspuff des Fahrzeuges montieren. Die Spannvorrichtung vor der Prüfhalle in den Auspuff einführen und den Gummibalg mit Druckluft über das Ventil mit Schnellkupplung aufpumpen, so dass der Filter fest und luftdicht im Auspuff befestigt ist. Sicherheitsstraps einhängen.

Zur Demontage nach der Prüfung: außerhalb der Prüfhalle Schalter an der Spannvorrichtung umlegen, Filter entfernen.

Prüfung

Maximale Drehzahl 1200 U/min beachten

Wartung

Filterpatrone bei Bedarf wechseln:

- Die Standzeit der Filterpatrone ist abhängig von Motorleistung, Umgebungs- und Witterungsbedingungen.
- Ein Wechsel der Filterpatrone ist erforderlich, wenn durch den Abgasgedruck die Membrane in dem eingebauten Ventil platzt und dort Abgase austreten.
- Zum Wechsel der Filterpatrone werden bei den Lkw-Filtern die drei Schnellverschlüsse am Deckel gelöst, bei dem Filter für Pkw/Kleintransporter das Filtergehäuse aufgeschraubt, die volle Patrone entnommen und eine neue eingesetzt.
- Die geborstene Membrane im Ventil muss ebenfalls erneuert werden.

Bild 4. Musterarbeitsanweisung.

von aufsteckbaren DPF P 15 und anschließend an denselben Pkw ohne diese DPF durchgeführt (Tabelle 1).

Beim Einsatz der steckbaren DPF wurde die Bestimmungsgrenze von 0,015 mg /m³ unterschritten, während ohne steckbare DPF im Mittel eine DME-Konzentration von 0,044 mg/m³ gemessen wurde. Die bis 31. Dezember 2004 gültige Technische Richtkonzentration (TRK) für DME von 0,1 mg/m³ wurde jedoch selbst in diesem ungünstigen Szenario, das von der üblichen Praxis abweicht, nicht überschritten. Aufgrund des gegenwärtigen Anteils dieselgetriebener Fahrzeuge von ca. 25 % ist in der Praxis in einer Prüfanlage nicht mit acht Dieselfahrzeugen in Folge zu rechnen; außerdem sind die Prüfkapazitäten im Laufe eines Arbeitstages nicht immer voll ausgelastet.

Die geschilderte Vergleichsmessung steht im Einklang mit den bisherigen Messungen, die im Rahmen der Erstellung der BG/BGIA-Empfehlungen [2] durchgeführt wurden. Bei diesen Messungen wurde in 26 Prüfstellen während des normalen Prüfbetriebs, ohne Verwendung von DPF, für DME ein

DME-Konzentration C _e in mg/m ³		Bemerkungen
ohne DPF	mit DPF, Typ P 15	
0,045	< 0,015	Halleneinfahrt links
0,048	< 0,015	Halleneinfahrt rechts
0,035	< 0,015	Hallenausfahrt links
0,046	< 0,015	Hallenausfahrt rechts

Tabelle 1. DME-Messung bei der Hauptuntersuchung von acht Diesel-Pkw in einer Stunde am Standort A.

Firma:	Betriebsanweisung	Stand:
Verantwortlich:		
Unterschrift:		
ANWENDUNGSBEREICH		
Dieselmotoremissionen		
Betriebsanweisung gemäß § 14 Gefahrstoff-Verordnung		
Dieselmotoremissionen (DME) sind Abgase, die bei der Verbrennung von Dieselmotorkraftstoff (Gemisch von Kohlenwasserstoffen mit Zusätzen) frei werden. Sie enthalten gas- und partikelförmige Bestandteile, insbesondere Kohlen-, Stick- und Schwefeloxide, Aldehyde, Ruß mit Anlagerungen.		
(Die bis 31.12.2004 gültige TRK betrug 0,1mg/m ³)		
GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT		
	Dieselmotoremissionen können Krebs erzeugen. Charakteristischer stechender Geruch. Höhere Konzentrationen in der Luft können zu Schleimhautreizungen, Kopfschmerzen, Schwindel und Benommenheit bis zur Bewusstlosigkeit führen. Kohlenmonoxid kann Schädigungen des ungeborenen Kindes hervorrufen. Gebärfähige Arbeitnehmerinnen sind über die fruchtschädigende Wirkung von Kohlenmonoxid zu unterrichten.	
SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN		
	<ul style="list-style-type: none"> • Wartezeiten mit laufendem Motor vor geöffneten Hallentoren vermeiden. • Unnötiges Laufenlassen der Motoren und starkes Gasgeben ohne Absaugung vermeiden. • Bei HU und SP Absauganlagen oder DME-Filtern benutzen. • Druckluftbremsanlage, wenn möglich, mit Druckluft aus dem Netz, ansonsten nur im Freien mit dem Motor befüllen. • Bei AU Absauganlage benutzen und Absaugtrichter so ausrichten, dass Abgase völlig erfasst und abgesaugt werden. Keine Prallflächen bilden. Nach Beendigung der AU immer über die Tore lüften. • Nachströmöffnungen dürfen nicht zugestellt werden. • Nach Kontakt mit Dieselruß Gesicht und Hände reinigen. • Im Prüfbereich nicht essen, trinken, rauchen. 	
VERHALTEN BEI STÖRUNGEN		
	<ul style="list-style-type: none"> • Frischluft zuführen und Arbeitsbereich verlassen. • Bei defekter Absauganlage sofort den Vorgesetzten verständigen. • Bei Ausfall der Abgasabsaugung dürfen keine AU in der Halle durchgeführt werden. • Für Entstehungsbrände Feuerlöscher bereithalten. 	
VERHALTEN BEI UNFÄLLEN / ERSTE HILFE		
	<ul style="list-style-type: none"> • Notruf 112. • Nach Einatmen: Bei Vergiftungserscheinungen sofort an die frische Luft, bei Bedarf Ersthelfer verständigen, bei Unwohlsein den Arzt aufsuchen. 	
INSTANDHALTUNG / ENTSORGUNG		
<ul style="list-style-type: none"> • Ablagerungen an Absaugleitungen und an Wänden durch Staubsauger der Staubklasse H (EN 60335-2-69) oder durch Nassreinigung (keine Hochdruckreinigung) entfernen. • Verbrauchte Partikelfilter nach Angabe des Herstellers entsorgen. 		

Bild 5. Musterbetriebsanweisung.

95-Perzentil von 0,024 mg/m⁵ bestimmt. Dies ist ein weiteres Indiz für die These, dass im normalen Prüfbetrieb nicht innerhalb einer Stunde acht Diesel-Pkw in Folge geprüft werden und dass für die Vergleichsmessung ungünstigere Randbedingungen gewählt wurden.

3.2 Messungen bei der Sicherheitsprüfung von Lkw

An insgesamt zehn Tagen wurden an drei Standorten bei der Sicherheitsprüfung von Lkw Messungen von DME durchgeführt. Dabei wurden die Hallentore nach der Einfahrt des Lkw geschlossen. Hinsichtlich des Prüfaufkommens wurde ein Worst-case dargestellt: Innerhalb eines Zeitraums von jeweils zwei Stunden wurden fünf Sicherheitsprüfungen nachgestellt, was einer Motorlaufzeit von insgesamt 5 x 11,5 min bei Leerlauf und erhöhter Motordrehzahl zuzüglich einer entsprechenden Anzahl von Motorstarts entsprach (Tabelle 2).

In der Praxis dauert die Sicherheitsprüfung eines Lkw nach Erfahrung der Überwachungsinstitutionen bis zu einer Stunde, worauf im Wesentlichen Zeiten ohne Motorlauf entfallen, da sich nur einer von fünf Prüfbereichen auf die Prüfung der Bremsanlage bezieht. Bei der Hauptuntersuchung ist die Bremsanlage sogar nur einer von neun Prüfbereichen. Die diesen hier dargestellten Messungen zugrunde liegenden „Worst-case“-Bedingungen, die hochgerechnet von fünf Lkw/zwei Stunden auf acht Stunden 20 Lkw ergeben würden, sind in der Praxis so nicht durchführbar. Ein Zeitaufwand von ca. einer Stunde/Lkw ist erforderlich, um dem im § 29 Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) vorgegebenen Rahmen der Pflichtuntersuchungen zu genügen. Kommen noch Ergänzungsuntersuchungen zu einzelnen Prüfpositionen hinzu (s. Anlage VIII a zum § 29 StVZO), wird ein noch höherer Zeitaufwand benötigt. Realistisch gesehen werden im Schnitt ein bis zwei Fahrzeuge/Tag geprüft; aller-

	Aktion	Zeit in min	Aktion	Motorlaufzeit in min	Motorstillstand in min
1	Einfahren in Halle auf Bremsrolle	00:00	einfahren		
2	Motor aus, DPF montieren		aus		1
3	Starten und hineinfahren	01:00	starten und Leerlauf	0,5	
	30 s Motorbetrieb bei 1200 U/min	01:30	1200 U/min	0,5	
4	Simulation Bremsenstand:				
	60 s Leerlauf	02:00	Leerlauf	1	
	60 s Motorbetrieb bei 1200 U/min	03:00	1200 U/min	1	
	60 s Leerlauf	04:00	Leerlauf	1	
	60 s Motorbetrieb bei 1200 U/min	05:00	1200 U/min	1	
5	Fahrt zur Grube	06:00	Leerlauf	0,5	
	30 s erhöhter Leerlauf	06:30	1200 U/min	0,5	
	Motor aus	07:00	aus		3
6	Abreißprüfung/Zeitverhalten				
	Motor Leerlauf	10:00	starten und Leerlauf	1	
	dann 60 s Motorbetrieb bei 1200 U/min	11:00	1200 U/min	1	
7	Motor aus	12:00	aus		2
8	Drucksicherung				
	Druckluftkreis 3 gegen Bremskreise 1 und 2	14:00	aus		1
	auffüllen	15:00	starten und 1200 U/min	1	
	Bremskreis 2 gegen Bremskreis 1 und Druckluftkreis 3	16:00	aus		1
	auffüllen	17:00	starten und 1200 U/min	1	
	Bremskreis 1 gegen Bremskreis 2 und Druckluftkreis 3	18:00	aus		1
	Druckbehälter auffüllen	19:00	starten und 1200 U/min	1	
9	Motor aus	20:00	aus		3
10	Starten und Halle verlassen und DPF demontieren	23:00	starten und Leerlauf	0,5	
11	Umfahren der Halle	23:30	ausfahren		1,5
	Summe	25:00		11,5	13,5

Tabelle 2. Prüfzyklus bei der simulierten Sicherheitsprüfung von Lkw mit und ohne DPF.

Tabelle 3. Übersicht der eingesetzten Lkw.

Lkw-Typ	Hubraum in l	Leistung in kW
DAF Truck AE 45	5,9	131
DaimlerChrysler Atego 815	4,2	110
DaimlerChrysler Actros	12,0	315
MAN M 04	6,9	169
MAN Silent 19 403	12,0	294
Mercedes Axor 1840	12,0	295
Mercedes Benz 1838 L	14,6	280
Volvo FH 12-16	12,1	338

dings stehen an den meisten Prüfanlagen nicht täglich Lkw-Prüfungen an, da Nutzfahrzeuge heute überwiegend in Werkstätten und Speditionen geprüft werden [9].

Die Auswahl der Lkw erfolgte auch unter dem Gesichtspunkt der Verfügbarkeit der Fahrzeuge, stellt aber wie in **Tabelle 3** zu erkennen ist hinsichtlich Hubraum und Leistung der Fahrzeuge einen Querschnitt der zugelassenen Lkw dar.

Bei den in **Tabelle 4** und **Bild 6** gezeigten Messergebnissen handelt es sich um die der zweistündigen Probenahme unter Worst-case-Bedingungen. Diese Bedingungen wurden gewählt, um möglichst Werte oberhalb der Nachweisgrenze zu erhalten, da anderenfalls ein Vergleich der Messwerte mit und ohne DPF nicht möglich gewesen wäre.

Während bei den Sicherheitsprüfungen ohne DPF die ehemalige TRK für DME von 0,1 mg/m³ durchaus überschritten wurde, betrug die Konzentration in diesem Worst-case-Szenario bei Einsatz eines DPF maximal 0,026 mg/m³.

Ohne Berücksichtigung der Messung an Standort A bei geöffneten Hallentoren wurden die DME durch den Einsatz der aufsteckbaren DPF im Mittel von 0,086 mg/m³ auf 0,019 mg/m³ reduziert. Dies entspricht einer Minderung um 78 %.

Die Messung am Standort A bei absichtlich geöffneten Hallentoren legt den Schluss nahe, dass die damalige TRK selbst ohne Benutzung eines DPF in der warmen Jahreszeit eingehalten wurde, da die Hallentore in der Regel geöffnet sind und somit eine gute Durchlüftung stattfindet.

Bei der Erarbeitung der BG/BGIA-Empfehlungen [2] wurde bei der Prüfung von Lkw keine Überschreitung der TRK von DME beobachtet; das 95-Perzentil betrug 0,024 mg/m³. Dies unterstützt die These, dass es sich bei dem gewählten Szenario von fünf Sicherheitsprüfungen in zwei Stunden um einen Worst-case handelt.

4 Diskussion der Messergebnisse

Steckbare mobile DPF für Straßenfahrzeuge können gemäß den BG/BGIA-Empfehlungen [2] zur Gefahrstoffminimie-

Standort	Lkw	DME-Konzentration C_E in mg/m^3		Bemerkungen
		ohne DPF	mit DPF Typ L 20	
A	Atego 815	0,12	0,026	
A	Axor 1840	< 0,007	< 0,015*	* Hallentore offen und nur 1 h Messzeit
B	MAN M 04	0,071	0,019	
B	MB 1838 L	0,050	0,020	
B	DAF Truck AE 45	0,087	< 0,007	Außenmessung je nach Messzeit zwischen < 0,003 und < 0,007
C	Volvo FH 12-16	0,092	0,023	
C	MAN Silent 19-403	0,081	0,013	
C	DaimlerChrysler Actros	0,101	0,024	
Mittelwert ($n = 8$)		$0,076 \pm 0,035$	$0,018 \pm 0,006$	
Mittelwert ($n = 7$)*		$0,086 \pm 0,022$	$0,019 \pm 0,007$	

Tabelle 4. DME-Messungen bei der Sicherheitsprüfung von Lkw.

* ohne Berücksichtigung der Messung am Standort A bei geöffneten Hallentoren

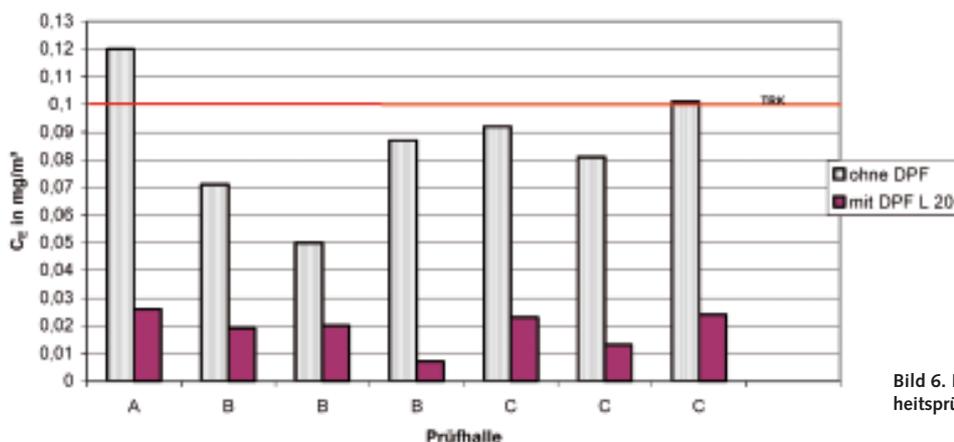


Bild 6. Ergebnisse der Messungen während der Sicherheitsprüfung von Lkw.

rung in geschlossenen Kfz-Prüfanlagen eingesetzt werden. Die neue Generation der DPF wurde insbesondere für den Einsatz an unterschiedlichen Auspuff-Endrohrformen funktional und ergonomisch optimiert. Die Handhabung wurde in der Praxis auf breiter Basis überprüft. Die DPF werden bereits bei vielen Überwachungsinstitutionen eingesetzt. Die Wirksamkeit des neuen Partikelfiltersystems ist durch die

oben dargestellten Gefahrstoffmessungen eindrücklich nachgewiesen.

Damit wird dem Minimierungsgebot der Gefahrstoffverordnung und den in Nr. 4.6.4.2 TRGS 554 genannten besonderen Anforderungen an Werkstätten Genüge getan. Mit Blick auf die Minimierung der Exposition von Beschäftigten gegenüber DME stellen steckbare DPF für Straßenfahrzeuge eine geeignete Alternative zu mitgeschleppten Abgasabsaugungen dar.

Literatur

- [1] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 403). Ausg. 10/1989. BArbBl. (1989) Nr. 10, S. 71-72. www.baua.de/prax.
- [2] BG/BGIA-Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsbereichen, Hauptuntersuchungen und Sicherheitsprüfungen von Kfz in Prüfstellen amtlich anerkannter Überwachungsinstitutionen (Kennzahl 1036). In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 30. Lfg. IV/03. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg. www.bgia-arbeitsmappdigital.de/1036.
- [3] Berufsgenossenschaftliche Information: Arbeitssystem Kfz-Prüfanlagen, Leitfaden für eine präventive Arbeitsgestaltung (BGI 871). SP25.3. Hrsg.: Verwaltungs-Berufsgenossenschaft, April 2004. Köln: Carl Heymanns 2004. www.arbeitssicherheit.de.
- [4] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Dieselmotoremissionen (DME) (TRGS 554). Ausg. 3/2001. BArbBl. (2001) Nr. 3, S. 112-129. www.baua.de/prax.
- [5] Persönliche Mitteilung, Untersuchungsbericht vom 17. April 1985. J. Baumüller, Wehrwissenschaftliches Institut für Werk-, Explosiv- und Betriebsstoffe, Swisttal.
- [6] Persönliche Mitteilung, Bericht 00/00081/50080, 02.08.2000, J. Baumüller, Wehrwissenschaftliches Institut für Werk-, Explosiv- und Betriebsstoffe, Swisttal.
- [7] Überprüfung der EHC-Aufsteckfilter HAT und L20 am Dieselmotorprüfstand. Gutachten Nr. EHC/AFHB/TTM '00. Hochschule für Technik und Architektur Biel, Nidau, Schweiz.
- [8] Messverfahren für Gefahrstoffe. Dieselmotor-Emissionen (Kennzahl 7050) In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 18. Lfg. IV/97. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg. www.bgia-arbeitsmappdigital.de/7050.
- [9] Persönliche Mitteilung, D. Diekmann, RWTÜV-Fahrzeug GmbH, Essen.