

Johannes Weidhofer, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt,
Adalbert--Stifter-Straße 65, A-1200 Wien
Tel.: +43 1 33111 584
E-Mail: Johannes.Weidhofer@auva.sozvers.at

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Norbert Winker, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt,
Adalbert--Stifter-Straße 65, A-1200 Wien

Dieselmotor-Emissionen unter besonderer Berücksichtigung von Ultrafeinstaub

J. Weidhofer, N. Winker

Zusammenfassung

Dieselmotoren sind im Tunnel- und Bergbau kaum zu ersetzen. Die Partikelemission auch heutiger Motoren ist noch derart hoch, dass die kritischen Grenzwerte am Arbeitsplatz durch Belüftung allein nicht eingehalten werden können. Im Hinblick auf große Tunnelvorhaben in der Schweiz, in Deutschland und in Österreich und auch auf Grund des Minimierungsgebotes bei Dieselruß (DME) mussten technische Lösungen gefunden werden, die sich möglichst sofort und allgemein anwenden lassen. Im Rahmen des Projektes VERT wurden daher zahlreiche Möglichkeiten der Abgasnachbehandlung in Prüfstandsversuchen und in Feldeinsätzen untersucht. Während Abgasrückführung und der Einsatz spezieller Treibstoffe keine Lösung darstellen und der Oxidationskatalysator wegen der überwiegenden Nachteile abzulehnen ist, hat sich die Verwendung von Partikelfiltern unterschiedlicher Systeme weitgehend bewährt. Besondere Beachtung wurde dabei der zuverlässigen Abscheidung von Ultrafeinstaub (Nanopartikeln) < 500 nm geschenkt. Hauptergebnis des Projektes ist, dass die Abgasnachbehandlung mit Partikelfiltern machbar, kostengerecht und auch im Feld mit geeigneten Messgeräten kontrollierbar ist und ein wirksamer Arbeitnehmer- und Umweltschutz nur damit erreicht werden können.

Diesel exhaust emission especially considering ultra-fine-particles

Summary

Diesel engines are hardly replaceable in tunnel construction. The particle emissions even of "state of the art" engines are that high, that the critical workplace emission limits cannot be achieved by mere ventilation. With regard to big tunnel projects in Switzerland, Germany and Austria and keeping in mind the demand to minimise the emissions of diesel-soot, technical solutions with an instant and general application had to be found. Within the scope of the project VERT several retro-fitting measures were investigated, both in the laboratory and in field tests. While exhaust gas re-circulation and the usage of special fuels does not yield satisfying solutions, and the oxidation converter has to be refused because of a bundle of disadvantages, the usage of particle filters of different systems was mostly successful. Particular attention was focussed on the very reliable filtration of nano-particles with < 500 nm. The VERT proved that after-treatment of exhaust gas with particle filters is feasible, cost effective and controllable in the field with appropriate measurement devices. So an efficient protection of workers as well as of the environment can be achieved.

Einleitung

Unter dem Druck von Meinungsbildnern werden häufig Entscheidungen getroffen, für die keine gesicherten wissenschaftlichen Grundlagen vorliegen. Für die Schadstoff-Quelle Dieselmotor müssen daher geprüfte technische Maßnahmen und objektive Beurteilungskriterien gefunden werden.

Im Tunnelbau in Österreich wurden an Arbeitsplätzen Überschreitungen des ursprünglichen deutschen TRK-

Wertes für Dieselmotoremissionen (DME) von $0,6 \text{ mg/m}^3$ bis über das Fünffache festgestellt [1]. Daher beteiligte sich die AUVA an dem europäischen Verbundprojekt VERT (Verminderung der Emissionen von Real-Dieselmotoren im Tunnelbau) zusammen mit der Suva (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt), der TBG (Tiefbau-Berufsgenossenschaft) und dem BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft). Das Projekt wurde 1994 auf internationaler Ebene gestartet und im Frühjahr 2000 abgeschlossen. Die Liste der Projektträger ist mittlerweile eine lange.

„Real-Dieselmotoren“ meint die bereits im Feld existierenden Dieselmotoren, also keine Zukunftsentwicklungen. Baumaschinen haben eine relativ lange Lebensdauer und diese Altersverteilung und die Ergebnisse von Studien über den Anteil der Emissionen von Baumaschinen unter den Nichtstraßenfahrzeugen wurden berücksichtigt.

Das Vorgängerprojekt von VERT „Dieselabgase, Staub und Sprengschwaden“ zeigte bereits die besondere Problematik der DME auf: Gesundheitsschutz und Machbarkeit bei großen Tunnelvorhaben aber auch im Bergbau verlangten nach effizienten und nachhaltigen Maßnahmen an der Schadstoff-Quelle Dieselmotor, denn diese Antriebsart ist im Tunnel- und Bergbau kaum zu ersetzen. Unter Tage dürfen Fahrzeuge nicht mit Benzin oder Flüssiggas betrieben werden. Die Verbrauchsvorteile und damit verbunden der geringere Kohlendioxid-Ausstoß (geringerer Beitrag zum Treibhauseffekt) des Dieselmotors im Vergleich zum Benziner sind unbestritten.

Dieselmotoremissionen

Auch die derzeitige motorische Verbrennung von Dieselkraftstoff führt nicht vollständig zu Kohlendioxid und Wasserdampf und es gibt auch Nebenreaktionen wie die Oxidation von Stickstoff, so dass wir seit einem Jahrhundert mit Schadstoffen im Abgas zu kämpfen haben: Glücklicherweise hatte der Karikaturist nicht Recht und die Entwicklung ist nicht in Richtung persönliche Schutzausrüstung, sondern in Richtung technische Maßnahmen gegangen (Abb. 1).



Abb. 1: „Frische Luft für Fußgänger“
Karikatur aus dem Jahr 1904

Bei DME machen die Produkte vollständiger Verbrennung und Luftüberschuss über 99 % aus, von denen auf Grund der Verdünnung unter üblichen Umgebungsbedingungen keine gesundheitlichen Gefährdungen ausgehen. Die Summe der eigentlichen Schadstoffe beträgt ca. 0,3 %, wobei ca. 0,025 % auf die Partikel entfallen, von denen nach derzeitigem Kenntnisstand die größte gesundheitliche Gefahr ausgeht [2]. An zweiter Stelle dieser Rangordnung liegen die Stickstoffoxide und hier voran das Stickstoffdioxid (NO_2) [3], dessen MAK-Wert zur Zeit auf Grund einer SCOEL (the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) -Empfehlung für eine drastische Absenkung in Diskussion steht. Auch Nitroderivate im Zusammenhang mit Rußfiltern beim Dieselmotor werden in jüngster Zeit untersucht und diskutiert [4].

DME sind in Österreich seit 1987 in die Gruppe III A 2 der MAK-Werte-Liste eingereiht. Es sind dies Stoffe, die sich im Tierversuch als krebserzeugend erwiesen haben. In Österreich ist für DME kein Grenzwert festgelegt,

aber im Rahmen des Projektes VERT existiert ein Orientierungswert für unter Tage in der Höhe von 0,6 mg/m³ Gesamtkohlenstoff im Feinstaub. Von dieser Einstufung der DME hängt alles Weitere ab. Es wurde auf eine gute Faktenbasis vertraut, so dass davon keine falschen Maßnahmen und Forderungen abgeleitet werden. Diese Einstufung wurde im Projekt nicht behandelt. Arbeitsmedizinische Fragen tauchten vor allem bei der Bewertung von Ultrafeinstaub (Nanopartikeln), Korngrößenverteilung, Oberfläche, chemischer Zusammensetzung und Sekundäremissionen auf [5]. Im Projekt galt der Grundsatz, dass bei der Abgasnachbehandlung keine gefährlicheren Schadstoffe entstehen dürfen. Beispielsweise wurde ein Kupfer-Additiv, welches eine erfolgreiche Erprobung hatte, vom Markt zurück gezogen, weil die Dioxin-Emissionen durch die katalytische Wirkung des Kupfers bei der Regeneration der Rußfilter um nahezu vier Größenordnungen anstiegen.

Die Stickstoffoxid- und Partikel-Emissionen beim Dieselmotor wurden in den vergangenen zehn Jahren um ca. 85 Prozent gesenkt, aber die Anzahl der Rußpartikel blieb unverändert hoch. Vergleichende Untersuchungen bei Otto- und Diesel-PKW zeigen bei niedrigen Geschwindigkeiten deutlich höhere Partikelzahlen für den Diesel-PKW. Bei höheren Geschwindigkeiten (120 km/h) ist bei den emittierten Partikelzahlen praktisch kein Unterschied feststellbar [6]. Beim Vergleich der Emissionskonzentrationen der gefährlichen Stoffe im Dieselabgas mit dem entsprechenden MAK- bzw. TRK-Wert sind Mindest-Verdünnungen notwendig, die bei der Partikelemission mit Abstand am höchsten sind (Abb. 2).

Stoff	MAK-/TRK-Wert [mg/m³]	repräsent. Emissions- werte [mg/m³]	Mindest-Verdünnung nach derzeitiger Grenzwertlage in Deutschland
EC	0,3	250	833
NO ₂	6	300	50
NO	30	2700	90
SO ₂	5	350	70
CO	33	1000	30

Abb. 2: Abgas-Schadstoffe und ihre Mindest-Verdünnung beim Arbeitsplatzgrenzwert

Die Tabelle zeigt in der dritten Spalte repräsentative Emissionswerte von älteren Dieselmotoren ohne Oxidationskatalysator. Die maßstäblichen Balken zeigen die durch Division mit den Grenzwerten erhaltenen Verdünnungsfaktoren, wie sie bei durchgängigem Betrieb der Motoren und vollständiger Vermischung umzusetzen sind. Das Abgas müsste also mehr als 833-fach mit unbelasteter Luft verdünnt werden, um den Grenzwert für Dieselruß am Arbeitsplatz zu unterschreiten. Eine solche Bewetterung stößt insbesondere im Tunnel- aber auch im Bergbau an technische und wirtschaftliche Grenzen.

Der aktuelle deutsche TRK-Wert für DME unter Tage von 0,3 mg/m³ (elementarer Kohlenstoff im Feinstaub, EC) ist ohne Abgasnachbehandlung (Rußfilter) mit Abstand am schwierigsten einzuhalten, geschweige denn auf Grund des Minimierungsgebotes so weit wie möglich zu unterschreiten. Dies führte zwingend zu der Hauptforderung des Projektes, dass das Problem an der Quelle gelöst werden muss, also nur eine sehr effiziente Filtration des Dieselabgases die Partikelemission um den Faktor 100 und mehr vermindern kann (Abb. 3).

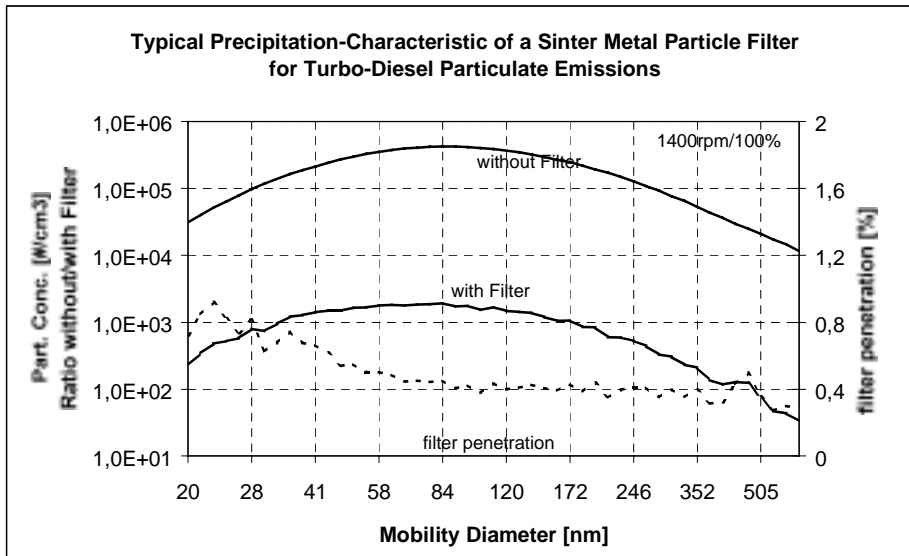


Abb. 3: Filter vermindern drastisch die Partikelkonzentration

Partikelfilter

Beim Dieselmotor geht wie gesagt die größte Gefahr von den Partikeln aus: Regenerierbare Rußfilter entsprechen dem Stand der Technik und dieses Thema stellte im Projekt einen Schwerpunkt der Untersuchungen dar. Die Zusammenstellung der VERT-geprüften Partikelfilter-Systeme für Dieselmotoren enthält weiters ein Pflichtenheft, eine Beschreibung des Eignungstests sowie Feld- und Selbstkontrollen der Filter im Betrieb. Dieses Dokument ist auch vom Internet (BUWAL-Homepage: www.buwal.ch/projekte/luft/partikelfilter/d/index.htm) abrufbar und soll in Abständen von etwa sechs Monaten auf den neuesten Stand gebracht werden. Ebenso finden sich diese Angaben sowie Literatur und Dokumentation des Projektes unter der Adresse des internationalen Arbeitskreises Partikelfilter: www.akpf.org/pub/filterliste_de_2000.pdf

Das Maximum des Mobilitätsdurchmessers in der Partikelgrößenverteilung liegt bei ca. 100 nm. Dies bedeutet, dass ein Großteil der Partikel der Zahl nach auf Grund ihrer geringen Korngröße mit den konventionellen gravimetrischen aber auch opazimetrischen Messmethoden gar nicht erfasst werden kann (Abb. 4).

Korngrößenverteilung gegen Masse (Turbodiesel, ohne Filter)

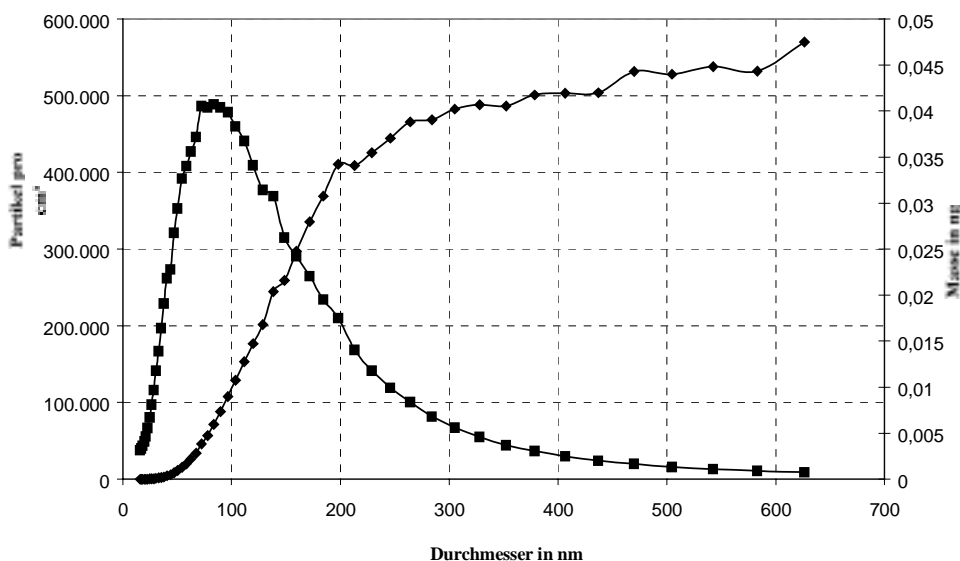


Abb. 4: Korngrößen- und Masse-Verteilung der Partikel im Dieselabgas

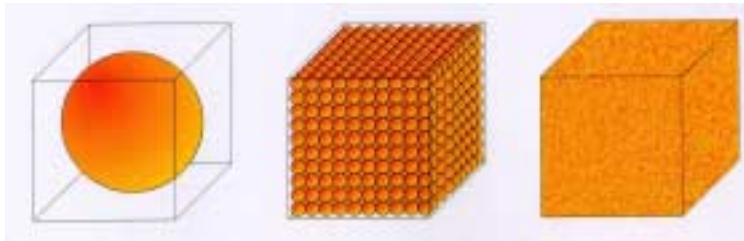
Die Kurve Masse in ng zeigt deutlich, dass die überwiegende Partikelmasse oberhalb des Maximums in der Korngrößenverteilung liegt und dieses ausgeprägte Maximum bei ca. 100 nm in der Kurve der Masse gar nicht erkennbar ist. Dies bedeutet, dass bei der gravimetrischen Rußbestimmung die hohe Anzahlkonzentration kaum ins Gewicht fällt.

In Österreich wird die jährliche Dieselrauchmessung nach § 57 a Kraftfahrzeuggesetz mit einem Trübungsmessgerät oder Opazimeter als Echtzeitmessung am freien Auspuffstrahl mit einem Gerät von AVL List GmbH durchgeführt. Da die Absorption, welche bei Ruß überwiegt, mit der dritten Potenz der Partikelgröße abnimmt (bei der Streuung noch stärker), ist dieses Verfahren für sehr kleine Partikel außerordentlich unempfindlich. Ultrafeinstaub kann daher je nach Definition nicht oder nur zum Teil erfasst werden.

Der Umweltstandard für Staub ist in Österreich seit fast drei Jahrzehnten unverändert; diesbezüglich läuft zur Zeit das 17 Millionen ATS Forschungsprojekt AUPHEP (Austrian Project on Health Effects of Particulates).

Die EU hat zwar angekündigt, dass sie ab ca. 2005 die Grenzwerte gröbenselektiv formulieren will, aber solche Vorstellungen lassen sich nur realisieren, wenn eine auch industriell geeignete Messtechnik zur Überprüfung der Partikelemission zur Verfügung steht.

Von der Wirkungsforschung wird in letzter Zeit diesem Ultrafeinstaub zunehmende Bedeutung beigemessen und epidemiologische Ergebnisse zeigen, dass von allen Teilchenfraktionen die ultrafeinen Partikel (10 bis 100 nm) sowohl mit dem Abfall des PEF (Peak expiratory flow, „Maximum der Strömungsgeschwindigkeit der Ausatemungsluft“) als auch mit der Zunahme von Atemwegssymptomen am stärksten korrelieren. Weiters ergibt sich ein stärkerer Zusammenhang mit der Zahl der Partikel als mit deren Masse und andere Untersuchungen zeigen, dass die Wirkungsstärke weniger mit der Massenkonzentration oder der Anzahl, als mit der Oberflächenkonzentration ansteigt (Abb. 5).



Partikeldurchmesser	1 μm	0,1 μm	0,01 μm
Partikelzahl	1	1 000	1 000 000
rel. Gesamtoberfläche	1	10	100
relative Masse	1	1	1
rel. Oberfl. des Partikels	1	0,01	0,0001
Volumen der Partikel	0,5 μm^3	0,5 μm^3	0,5 μm^3
Vol. des einz. Partikels	0,5 μm^3	0,0005 μm^3	0,0000005 μm^3

Abb. 5: Zusammenhang Partikelanzahl und Oberfläche

Im dargestellten Modell entspricht ein Partikel mit einem Durchmesser von 1 μm dem Volumen und der Masse nach 1000 Teilchen mit einem Durchmesser von 100 nm und 1 000 000 Teilchen mit einem Durchmesser von 10 nm. Die relative Gesamtoberfläche der Partikel steigt in diesem Fall von 1 über 10 auf 100 an. Wird der Durchmesser von Partikeln auf ein Zehntel verkleinert, steigt die Anzahl der neuen Partikel aus der gleichen Masse mit der dritten Potenz, während sich die Oberfläche nur um den Faktor 10 vergrößert. Darin liegt auch eine messtechnische Chance: Ähnlich wie bei der Ermittlung der Gesamtkeimzahl kann hier in erster Näherung die spezifische Oberfläche mit Hilfe von NanoMet relativ einfach bestimmt werden. Das im Rahmen des Projektes weiter entwickelte Messsystem NanoMet steht sowohl für Emissions- als auch für Immissionsmessungen im Feld mit ersten Prototypen für diese Messgrößen zur Verfügung.

Ein praktisches Beispiel aus dem Alltag für den Zusammenhang von Anzahl und Durchmesser: Ein Tennisball mit einem Durchmesser von ca. 6 cm hat das gleiche Volumen wie 1 000 Erbsen mit einem Durchmesser von ca. 6 mm oder wie 1 000 000 Mohnsamen mit einem Durchmesser von ca. 0,6 mm; nur bei Materialgleichheit wäre nicht nur das Volumen sondern auch die Masse identisch.

Oxidationskatalysator

Auf Grund der oben erwähnten Grenzwertdiskussion bei NO_2 war eine wichtige Zielsetzung die Verminderung der Stickstoffoxide. Bei den gasförmigen Dieselmotoremissionen ist in erster Linie die Konzentration des Reizgases NO_2 zu berücksichtigen. Von den zahlreichen Stickstoffoxiden sind für den Arbeitsplatz nur zwei von praktischer Bedeutung: NO (Stickstoffmonoxid) und NO_2 . Das farblose NO wird durch Luftsauerstoff zu braunem NO_2 oxidiert (in geringen Konzentrationsbereichen jedoch sehr langsam). NO zählt zu den Blutgiften, besitzt keinerlei Reizwirkung, wird aber bei inhalativer Aufnahme sehr fest an Hämoglobin gebunden und dieses steht dann für die Aufnahme des Sauerstoffs in der Lunge und dessen Transport zu den Geweben nicht mehr zur Verfügung; die Affinität von NO zu Hämoglobin ist ca. tausend Mal größer als die von Kohlenmonoxid.

Das Verhältnis von NO zu NO_2 im dieselmotorischen Abgas liegt bei ca. 90 zu 10. Durch einen „guten“ Oxidationskatalysator kommt es zu einer Umwandlung von NO zu NO_2 im Ausmaß bis zu 40 %. Die Summe der Stickstoffoxide bleibt bei Verwendung des Oxidationskatalysators gleich. Denox-Katalysatoren, wie sie bei stationären Motoren mit Umsatzraten von > 95 % Stand der Technik sind, stehen für nicht stationär betriebene Dieselmotoren noch nicht zur Verfügung.

An bestimmten Arbeitsplätzen (Abb. 6) kann, wie nachfolgendes Beispiel zeigt, durch die Verwendung des Oxidationskatalysators der „Summengrenzwert“ überschritten werden (Spalte 4). Ohne die Umwandlung von NO zu NO_2 wird dieser Grenzwert eingehalten (Spalte 8). Die Tabelle enthält die Messergebnisse im Atembereich

des Fahrers in einem Radlader eines Entsorgungsbetriebes:

Schadstoff	MAK-Wert [ppm]	mit Oxidationskatalysator			ohne Oxidationskatalysator		
		Durchschn.-Konzentrat. [ppm]	Konzentration durch MAK-Wert	Verhältnis von NO zu NO ₂	Verhältnis von NO zu NO ₂ (urspr.)	Durchschn.-Konzentrat. [ppm]	Konzentration durch MAK-Wert
CO	30	1	-				-
CO ₂	5000	1200	0,24				0,24
NO	25	5,5	0,22	69	90	7,2	0,29
NO ₂	3	2,5	0,83	31	10	0,8	0,27
SO ₂	2	0,11	-				-
			1,29	100	100		0,80

Abb. 6: Auswirkungen des Oxidationskatalysators beim Dieselmotor

Um dieses Stoffgemisch beurteilen zu können, werden alle Bruchzahlen größer als 0,1 zusammen gezählt und die Summe ist der Bewertungsindex I_{MAK} für das Stoffgemisch. Als Grenzwert für ein Stoffgemisch ist ein Bewertungsindex von $I = 1$ festgelegt. Bei $I > 1$ gilt der Grenzwert für das Stoffgemisch als überschritten.

Weiters wird SO₂ bei höheren Abgastemperaturen durch den Oxidationskatalysator zu SO₃ aufoxidiert, welches mit Wasser Schwefelsäure-Aerosole bildet. Diese sind mit einem kleineren Grenzwert als SO₂ belegt, und zusätzlich erhöht sich auch die Partikelkonzentration. Die Verwendung des Oxidationskatalysators führt zu einer Erhöhung der gesundheitlichen Belastung und ist kein geeignetes Instrument zur Emissionsminderung bei Dieselmotoren, denn vor allem den Dieselruß vermag er nicht zu verbrennen. Eine weitere Umsetzung von CO und Kohlenwasserstoffen ist beim Dieselmotor nicht erforderlich, da diese Konzentrationen im Abgas unter denen von Ottomotoren mit Dreiwegekatalysator liegen. Die negativen Auswirkungen der Konversion von NO zu NO₂ und die Aufoxidation von SO₂ zu SO₃ sprechen gegen seine Verwendung am Arbeitsplatz aber auch in der Umwelt.

Schätzungen haben ergeben, dass die berufliche Exposition gegenüber DME 10- bis 100-fach höher liegen kann als gegenwärtig im Umweltbereich möglich ist. Die am höchsten belasteten Arbeitsplätze befinden sich im Tunnelbau, aber auch der Minimierung der Exposition im Bergbau und weiteren nicht so stark belasteten Arbeitsplätzen kommt hohe Bedeutung zu. Im Projekt VERT hat sich als einzige wirksame Abhilfemaßnahme beim Dieselmotor der Einsatz von Partikelfiltern erwiesen. In Umsetzung dieser Erkenntnisse wird der Dieselmotor bezüglich aller gesundheitsschädlichen Substanzen, inklusive des Treibhausgases Kohlendioxid, seinen Platz verteidigen und ausbauen.

Dokumentation über die Ergebnisse des Projektes VERT

Als Ergebnis von zahlreichen Untersuchungen am Motorprüfstand und im Feld wurden eine Reihe von Berichten erstellt, die unter anderem auch in fünf Bulletins veröffentlicht wurden, die über den Verfasser beziehbar sind:

- 1 Probleme, Ziele, Programme
- 2 Dieselpartikelfilter
- 3 Bewetterungsmaßnahmen contra Abgasnachbehandlung
- 4 Felderprobung von Rußfiltersystemen
- 5 Unsichtbare Partikel in der Atemluft - Gefahren für den Organismus

Die VERT-Berichte 1-16 und die Prüfstandsdaten sind außerdem auf CD-ROM erhältlich. Weiters wurden Ergebnisse unter dem Titel „VERT - Verminderung der Dieselemission im Tunnelbau“ in Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 58 (1998) Nr. 1/2 publiziert [7].

Der VERT-Beitrag SAE 980539 [8] wurde in „Diesel Fuel News“ zur Titelinformation gemacht und ausführlich behandelt. Das DEEP-Projekt („Diesel Emission Evaluation Program“) für die kanadischen Minen (koordiniert

mit USA) hat die VERT-Methodik übernommen.

Die Abschlussberichte des flankierenden DIOXIN-Projektes wurden durch die EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt) mit dem Titel „Influence of particulate trap systems on the composition of Diesel engine exhaust gas emissions“ herausgebracht. EMPA-Research report Nr. 167985 und Nr. 172847.

Vier Tagungsbände über internationale Workshops „Nanoparticle Measurement“ an der ETH Zürich liegen vor. Die fünfte Veranstaltung über Nanopartikel-Messtechnik fand im August 2001 statt.

Der Bericht „NanoMet und Rußgenerator“ zeigt den Projektstand (vorgetragen beim Meeting im Eidgenössischen Amt für Messwesen am 27. Mai 1999) auf und stellt unter anderem die Kombination von NanoMet und dem Ruß-Kalibrierverfahren vor; damit zeichnet sich eine neue Standard-Messtechnik in diesem Bereich ab.

Alle Informationen aus dem Projekt - Berichte, Publikationen und Messdaten vom Prüfstand und Feldtest - sind auf folgenden vier CD-ROM verfügbar:

- 1: Labortest
- 2: Tagebücher Feldtest
- 3: Messungen Feldtest
- 4: Abschlussbericht

Bezugsquelle: CD-Service H. Nöthiger, Obere Halde 24, CH-5400 Baden. Tel. 0041(56)2223240, E-Mail: h.noethiger@bluewin.ch

VERT (Verminderung der Emissionen von Real-Dieselmotoren im Tunnelbau), Abschlussbericht: Berichtersteller A. Mayer, TTM, 29.2.2000, 327 Seiten. Bezugsquelle: Ing.-Büro TTM, A. Mayer, Fohrhölzlistraße 14b, CH-5443 Niederrohrdorf, Tel. 0041(56)496 6414, Fax 0041(56)496 6415, E-Mail: TTM.a.mayer@bluewin.ch

Im Zeitraum der Präsentation des Schlussberichtes wurden auf der Baumaschinen-Messe in Bern Partikelfilter-Systeme im Untertagebau von der Suva im Konsens mit dem Schweizerischen Baumeisterverband als Obligatorium in Kraft gesetzt sowie zwei einschlägige Richtlinien veröffentlicht [9] und [10]. Die Umsetzung der Erkenntnisse des Projektes VERT in der Praxis erhielt damit eine neue Dimension auch im Hinblick auf Aktivitäten wie den Arbeitskreis Partikelfilterhersteller und das NanoMet-Programm mit Messkette und Kalibrationssystem. Ziel des Projektes VERT war ursprünglich „Bessere Luft im Tunnelbau!“ Mittlerweile wirken sich die umfangreichen Forschungsergebnisse positiv aus auf andere Bereiche wie den Bergbau, Staplerbetrieb bis hin zu den PKW in der Umwelt.

Literatur

[1] STUVA: Dieselabgase und Sprengschwaden – Untersuchung zur Verbesserung der Atemluft auf Tunnelbaustellen. Schlussbericht, Dezember 1991

[2] Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften: Maßnahmen zur Minderung der Exposition durch Dieselmotoremissionen (DME), Zusammenfassung der Vorträge gehalten anlässlich des BIA-Seminars G 3 „Technische Schutzmaßnahmen“ am 23. Juni 1992 in Erfurt (Thüringen). BIA-Report 2/93

[3] Sperling, P.: Lungenzellen reagieren sensibel auf Stickstoffdioxid. In: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 56 (1996) 238

4 Remberg, G.: Zur Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen und ihren Nitroderivaten in Dieselruß mittels Gaschromatographie und hochauflösender Massenspektrometrie. Dissertation an der Universität Wien (1998). Internet: www.unet.univie.ac.at/~a8902262/

[5] Hofer, L.: Chemisch-physikalische, toxische und arbeitsmedizinische Aspekte der Dieselmotor-Abgase. In: Suva, Medizinische Mitteilungen 70 (1997) 37-55 und VERT-CD-ROM 1

[6] Umweltbundesamt: Durchführung eines Risikovergleiches zwischen Dieselmotoremissionen und Ottomotoremissionen hinsichtlich ihrer kanzerogenen und nicht-kanzerogenen Wirkungen. Berichte 2/99, Erich Schmidt Verlag Berlin

[7] Mayer A. et al.: VERT – Verminderung der Dieselemission im Tunnelbau. Ein europäisches Verbundprojekt von Suva, AUVA, TBG und BUWAL. In: Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 58 (1998) 25-32

[8] Mayer A. et al.: VERT: Diesel Nano-Particulate Emissions: Properties and Reduction Strategies
In: SAE Technical Paper Series 980539 (1998) 127-138

[9] Eidgenössisches Amt für Messwesen: Richtlinie über Abgasmessgeräte für Baumaschinen (17. März 2000)

[10] BUWAL: Richtlinie zur Luftreinhaltung auf Baustellen, Vernehmlassungsfassung 11. Jänner 2000

Schlüsselwörter:

Dieselmotoremissionen, Partikelfilter, Oxidationskatalysator, Ultrafeinstaub, Nanopartikel, Korngrößenverteilung, Tunnelbau

Keywords:

soot emission of diesel engines

particle filter

oxidation converter

ultra-fine particle

nano-particle

grain size distribution

tunnel construction