

WOLFGANG HIEN · HERBERT OBENLAND · MANFRED SCHWERES

Dieselmotoremissionen (DME): Stand der Regulierung und offene Fragen (Teil 1: Arbeitsplatz)

Dieselmotoremissionen (DME) enthalten gesundheitsschädliche und krebserzeugende Stoffe. Die krebserzeugende Wirkung wurde in großen epidemiologischen Studien vielfach belegt. Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) stufte 2012 DME als eindeutig krebserzeugend ein. Für solche Stoffe und Stoffgruppen kann in der Regel kein medizinisch begründbarer Schwellen- oder Grenzwert angegeben werden. DME enthalten neben Rußpartikel, denen die kanzerogene Wirkung zugeschrieben wird, auch gesundheitsschädigende Gase wie Kohlenmonoxid und Stickoxide. Im vorliegenden Beitrag werden die unterschiedlichen Wege, die von Deutschland und den Niederlanden hinsichtlich der arbeitsweltbezogenen DME-Problematik besprochen werden, dargestellt. Die umweltbezogene Gesundheitsproblematik der DME-Expositionen wird in Teil II dieses Beitrags thematisiert.

Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) bestreitet für DME zwar nicht die krebserzeugende Wirkung, schließt diese aber für Konzentrationen – gemessen als „Elementarer Kohlenstoff (EC)“ – unterhalb von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aus. Diesen Wert hat der AGS 2017 als Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) vorgeschlagen, der als solcher vom Bundesministerium

für Arbeit und Soziales (BMAS) bestätigt wurde. Finnische und kanadische Wissenschaftler setzen eine um den Faktor 10 niedriger liegende Grenze. Der Health Council of the Netherlands schlägt ein auf Kanzerogene bezogenes Grenzwertkonzept vor, dessen Obergrenze – die maximal tolerierbare Konzentration – den bundesdeutschen

Grenzwert um den Faktor 50 unterschreitet. Die niederländische Regierung setzt auf einen pragmatischen „Mittelweg“: Im Juli 2020 beschloss sie einen DME-Grenzwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Unabhängig von der Grenzwertfrage wird in allen Industrieländern an der technischen Minimierung der DME gearbeitet. International werden die gesundheitlichen Folgen der DME-Exposition in der Arbeitswelt als „occupational cancer“ aufgefasst – ein sehr viel weitergehender Begriff als „Berufskrebs“ im Deutschen. Es stellen sich vor dem Hintergrund der erheblichen Diskrepanz zwischen der deutschen und internationalen Sichtweise kritische Fragen, die nicht zuletzt auch die Frage der Public-Health-Relevanz berühren.

Dieselmotoren und Gefahrstoffe bei der Arbeit

Dieselmotoren wurden schon in den 1920er Jahren in Serien gefertigt und vor allem in Lastkraftwagen und Großfahrzeugen eingesetzt. Ende der 1930er Jahre liefen die ersten mit Diesel angetriebenen PKWs vom Band, ein Trend, der sich in den 1960er Jahren rasant verstärkte. Zu nennen sind nicht nur LKWs und PKWs: Für Schiffe und Großfahrzeuge wie beispielsweise Lokomotiven, Traktoren und Flurförderzeuge wurden Dieselmotoren die Antriebstechnik der Wahl. Dieselmotoren wurden sowohl im Kraftstoffverbrauch als auch im Wirkungsgrad günstiger eingeschätzt als Benzinmotoren. Da Diesel auch weniger CO_2 ausstößt, wurde er als „umweltfreundlich“ eingestuft und schließlich auch steuerlich begünstigt. Dass Dieselmotoren deutlich mehr Rußpartikel, Feinststäube und NO_2 emittieren als Benzinmotoren, war zwar den Fachleuten bekannt, wurde jedoch über einen langen Zeitraum nicht thematisiert. An industriellen und handwerklichen Arbeitsplätzen dominierte und dominiert auch heute noch „der Diesel“: LKWs, Gabelstapler, Fahrzeuge und Motoren in der Baubranche (Rühl et al. 2017) und in der Landwirtschaft. Millionen von Beschäftigten waren jahrzehntelang gegenüber hohen DME-Konzentrationen exponiert. Die globale Ausweitung der Logistikbranche tat ein Übriges. Zwar hat die Partikelfilter-Technologie zu einer weitgehenden Reduzierung gröberer Partikel geführt, doch die DME-Problematik ist aus gesundheitlicher Sicht nach wie vor als gravierend einzuschätzen. Dass Dieselabgase chronisch-obstruktive Lungenkrankheiten und auch Herz-Kreislauf-Erkrankungen verursachen oder verstärken können, ist schon seit den 1970er Jahren bekannt; zusätzlich verdichteten sich in den darauffolgenden Jahren Vermutungen hinsichtlich des kanzerogenen Potenzials (DFG 1987).

In den 1980er Jahren wurden weltweit mehrere epidemiologische Studien zu Lastwagenfahrern und anderen gegenüber DME exponierten

Berufsgruppen durchgeführt (eine Übersicht findet sich in: DFG 2008; IARC 2013). Einige Studien zeigten ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko, in einer besonders sorgfältig angelegten Untersuchung, in der für Rauchen adjustiert wurde, ließ sich ein signifikantes Risiko nachweisen (Garshick et al. 1987). Die krebserzeugende Wirkung konnte im Düsseldorfer Hygiene-Institut in Versuchen mit Ratten auch tierexperimentell nachgewiesen werden (Pott/Heinrich 1988). 1987 wurden DME von der Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe – historisch verbunden mit der Festlegung der Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) und daher auch als „MAK-Kommission“ bezeichnet – in die Liste der wahrscheinlich krebserzeugenden Stoffe (Gruppe 2) eingruppiert; ein Jahr später erfolgte die analoge Einstufung seitens der Internationalen Krebsforschungsagentur (IARC) und zwei Jahre später die des Ausschusses für Gefahrstoffe (AGS). Als Zielorgan der Schadenswirkung zeigten sich nicht nur die Atemwege, sondern in verschiedenen Studien auch die Harnblase. Die Zusammensetzung der DME schwankt je nach Motortechnologie und Betriebsweise erheblich, doch enthält sie immer CO , CO_2 , NO , NO_2 und Rußpartikel, die als elementarer Kohlenstoff (EC)

Dass Dieselmotoren deutlich mehr Rußpartikel, Feinststäube und NO_2 emittieren als Benzinmotoren, war zwar den Fachleuten bekannt, wurde jedoch über einen langen Zeitraum nicht thematisiert.

gemessen werden. Die krebserzeugende Wirkung wird den Rußpartikeln zugeschrieben, wobei nicht den darin in Spuren enthaltenen Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), sondern den granulären biobeständigen Partikeln das entscheidende Wirkmoment zuzukommen scheint (AGS 2017). Gleichwohl zeigen zumindest ältere Dieselfahrzeuge nennenswerte Anteile an kanzerogenen PAK, welche am Rußkern adsorbiert sind und dessen Schadpotenzial verstärken (Heinrich et al. 1999; Schweres 2016, 2017). Der AGS hat sich nicht näher mit Emissionen aus älteren Fahrzeugen befasst, sodass genauere Daten hierzu nicht vorliegen. Schweres (2016, 2017) bedauert, dass zum Thema PAK in DME keine weiteren Forschungen durchgeführt wurden. Seine Eingaben bei der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin wurden negativ beantwortet: Man sehe angesichts der guten Ergebnisse der Euro-Norm 6 diesbezüglich keinen Handlungsbedarf (Pipke 2016).

Der AGS befasste sich in mehreren Phasen seiner Arbeit intensiv mit der Grenzwertprob-

DIE AUTOREN



Dr. Wolfgang Hien,
Arbeits- und Gesundheits-
wissenschaftler, Dr. rer. pol.,
Lehrbeauftragter der Univer-
sität Bremen



Herbert Obenland,
Umweltwissenschaftler,
langjähriger Leiter des Um-
weltlabors ARGUK (Arbeits-
gemeinschaft Umweltkont-
rolle) Oberursel.



Prof. Manfred Schweres,
Verfahrenstechniker, Arbeits-
und Wirtschaftswissen-
schaftler, Univ.-Prof. (em)
für Arbeitswissenschaft
der Leibniz Universität
Hannover

lematik. 1992 wurde für DME eine Technische Richtkonzentration (TRK) von 0,2 mg EC/m³ festgelegt; 1997 wurde dieser Wert auf 0,1 mg EC/m³ abgesenkt. Ein TRK war nicht als medizinisch begründeter Grenzwert gedacht, sondern als Orientierungsgröße, die zugleich den Arbeitgeber zu weiteren Minimierungen zwingen sollte. Der Umstand, dass während der 1990er Jahre in vielen Bereichen der TRK-Wert überschritten wurde (Mattenklott et al. 2002), zeigte die Dringlichkeit von Schutzmaßnahmen. Die technischen Details des Minimierungsgebotes – insbesondere die Nutzung von Partikelfiltern – wurde 1993 in einer Technischen Regel Gefahrstoffe festgehalten, die mehrmals überarbeitet und zuletzt 2019 auch deutlich verschärft wurde (Neumann et al. 2019). Nach einer mehrere Jahre dauernden Bearbeitung schlug der AGS (2017) einen Arbeitsplatz-Grenzwert (AGW) von 0,05 mg EC/m³ vor, der vom BMAS als verbindlich übernommen wurde. Damit wird – wie noch zu zeigen sein wird – im internationalen Vergleich ein „deutscher Sonderweg“ beschritten.

Neuere Studien zur Kanzergenität von DME

In den 1990er Jahren bildeten sich in den USA zwei aus dem National Cancer Institute (NCI) und dem National Institut für Occupational Safety and Health (NIOSH) gespeiste Forschungsgruppen, die der Frage der krebserzeugenden Wirkung von DME nachgehen sollten. In neun Nicht-Kohle-Bergwerken wurde eine Gesamtkohorte von mehr als 12.000 Bergarbeitern zusammengestellt, deren Arbeitsplätze seit den 1980er Jahren messtechnisch sehr genau erfasst wurden. Diese Miners-Studien wurden mit überaus großem Aufwand und einer großen methodischen Strenge durchgeführt, denn es war klar, dass die Ergebnisse zu einem Politikum werden würden. Ende der 1990er Jahre lagen die Ergebnisse vor. US-amerikanische Industrieverbände blockierten mittels gerichtlichen Unterlassungsklagen mehr als ein ganzes Jahrzehnt die Publikation der Ergebnisse. Erst 2012 konnten die nationalen Forschungsbehörden eine Freigabe – eine Veröffentlichung im Journal of the National Cancer Institute – durchsetzen (aerzteblatt.de vom 5. März 2012). In der Kohortenstudie (Attfield et al. 2012) waren chronisch-obstruktive Lungenerkrankungen um das mehr als 6-fache erhöht, das relative Risiko für Lungenkrebs wies mit RR=1,26 ein signifikant erhöhtes Maß auf. Mit zunehmender Expositionsdauer stieg das relative Lungenkrebsrisiko auf ein RR=2 und höher an, je nach Berechnungsmethode, z.B. nach Ausschluss von Arbeitern mit weniger als 10 Beschäftigungsjahren. Eine eingebettete Fall-Kontroll-Studie (Silverman et al. 2012), welche verschiedenen Expositionsfak-

toren noch genauer nachgehen und für konfundierende Faktoren adjustieren konnte – Alter, Ethnie, Vorerkrankungen, Raucherstatus usw. –, konnte die in der Kohortenstudie gesehenen Ergebnisse voll bestätigen. Die Confounder änderten nichts an dem besorgniserregenden Befund. Erwartungsgemäß zeigten sich für stark rauchende Bergarbeiter exorbitante Risiken von RR >20. Die Berichte der beiden Forschungsgruppen sind sehr differenziert, und es werden auch methodische Probleme und die in sehr hohen Expositionshöhen teilweise inkonsistenten Befunde diskutiert. Eine gesundheitlich unbedenkliche DME-Konzentration konnte nicht angegeben werden. Diese US-amerikanische Großstudie ist zweifelsohne die umfassendste, die bisher je zu DME durchgeführt wurde. Das IARC stufte DME im gleichen Jahr – 2012 – als eindeutig beim Menschen krebserzeugende Stoffgruppe ein (Gruppe 1); die Begründung erschien ein Jahr später (IARC 2013).

Die Ergebnisse der Miners-Studien und weiterer Studien, die mit LKW-Fahrern durchgeführt wurden (Steenland et al. 1998; Garshik et al. 2012), fassten Vermeulen et al. (2014) in einer Meta-Analyse zusammen. Sie gingen von einigen konservativen Grundannahmen aus und betrachteten vor allen die niedrigen Expositionen. Sie kamen unter Anwendung einer log-linearen Schätzung auf eine Expositions-Wirkungs-Beziehung, welche die Aussage zulässt, dass DME eindeutig beim Menschen krebserzeugend sind und keine Konzentration angegeben werden kann, unterhalb derer eine Nicht-Kanzergenität angenommen werden könnte. Im Gegenteil: Es zeigte sich gerade im unteren Expositionsbereich eine von RR=1 an streng monoton steigende Beziehung. Nach Cherie et al. (2011) haben 80% der DME-Exponierten einen niedrigen Level von durchschnittlich 3 µg EC/m³ und 20% der DME-Exponierten einen mittleren Level von 13 µg EC/m³. Damit liegt die durchschnittliche beruflichen DME-Exposition bei 5 µg EC/m³. Bei 45 Expositionsjahren ergibt sich daraus eine kumulative Exposition von 225 µg/m³-Jahren, woraus sich nach Vermeulen et al. ein relatives Risiko (RR) von 1,35 abschätzen lässt. Auf dieser Basis lässt sich unter Verwendung US-amerikanischer Bevölkerungsdaten zu Lebenserwartung und Lebensarbeitszeit eine lebenszeitliche Lu-Ca-Exzess-Mortalität von etwa 1000 Fällen auf 100.000 Personen berechnen. Den Abschätzungen von Vermeulen et al. zufolge bemisst sich dieses Lebenszeit-Risiko bei einer durchschnittlichen Expositionshöhe von 1 µg EC/m³ auf 170/100.000 bzw. eine spezifische jährliche Mortalitätsrate von 3/100.000.

Der Health Council of the Netherlands hat auf Grundlage dieser Daten 2019 eine Empfehlung ausgesprochen, nach der für DME ein Akzeptanz-

wert von $0,01 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ und ein Toleranzwert von $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ angesetzt werden sollte. Schon seit Ende der 1990er Jahre wurde in den Niederlanden ein Schutzkonzept diskutiert, das zwischen einem Akzeptanzrisiko, das mit einem jährlichen Fall pro einer Million Personen gleichsam im „Krankheits-Grundrauschen“ der Bevölkerung liegt, und einem um den Faktor 100 höher liegenden, gesellschaftlich gerade noch hinnehmbaren Toleranzrisiko differenziert. Dieses Risikokonzept wurde 2005 in der bundesdeutschen Arbeitsschutz-Regulation übernommen, doch, wie sich zeigen sollte, nicht auf DME angewandt. Mittlerweile scheint sich in den Niederlanden ein pragmatischer Mittelweg durchgesetzt zu haben: Im Juli 2020 beschloss die niederländische Regierung, den DME-Grenzwert am Arbeitsplatz auf $10 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ festzusetzen (ETUI 2020).

Die Position des Ausschusses für Gefahrstoffe

Die Reaktion seitens der bundesdeutschen Wissenschaftsszene auf die neueren Studien zur Kanzerogenität von DME war sehr unterschiedlich: Sie reichte von Zustimmung (aerzteblatt.de vom 5. März 2012) über verhaltene Nachdenklichkeit bis zu einer eher abwehrenden Haltung (vgl. Möhner/Wendt 2017). Insbesondere wurde die Validität der Miners-Studien angezweifelt. Die Schätzungen von Vermeulen et al. (2014) werden als überhöht und mathematisch unhaltbar angesehen (Morfeld/Spallek 2015), wobei diese Sichtweise ausweislich mit Interessen verweben ist: Die kritisch-mathematische Gegenstudie zu Vermeulen et al. wurde von der Europäischen Forschungsvereinigung für Umwelt und Gesundheit im Transportsektor (EUGT), einem stark von der deutschen Autoindustrie bestimmten Institut, finanziert. Bemerkenswert ist, dass das US-amerikanische Health Effect Institut (HEI), an dem ebenfalls die Autoindustrie beteiligt ist, zu einer gegenteiligen Meinung kommt. Das HEI hat einen wissenschaftlich hochrangig besetzten „Diesel Epidemiology Panel“ zusammengerufen, um die Trucker- und Miners-Studien einschließlich der Vermeulen-Meta-Analyse zu bewerten. Das Panel kommt zur Schlussfolgerung, dass diese Studien und die Meta-Analyse aussagekräftig sind und die Kritik von Morfeld/Spallek „die grundsätzlichen Erkenntnisse und den Nutzen dieser Studien nicht unterminiert haben“ (HEI 2015, S. 85). Der AGS folgte dennoch der EUGT-Einschätzung, beließ es bei seiner Einstufung in Gruppe 2 und stellte umfangreiche Überlegungen hinsichtlich einer erst ab einer bestimmten Konzentration wirkenden Kanzerogenität an (AGS 2017). Als mechanistisches Prinzip wird eine entzündliche Reaktion des Lungengewebes angenommen, die erst ab einer bestimmten Konzentration des Schadstoffes – vermittelt über sekundäre Prozes-

se wie reaktive Sauerstoffspezies – krebserzeugend wirkt. Die Schlussfolgerung des AGS: „Die verfügbaren epidemiologischen Studien werden als nicht hinreichend belastbar für eine quantitative Bewertung erachtet. (...) (Daher) ... werden Tierversuchsdaten für die Grenzwertableitung herangezogen. Bezüglich des Endpunktes chronisch inflammatorische Wirkung wird aus der Studie von Mauderly et al. (1987) an Ratten ein AGW von $50 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vorgeschlagen“ (AGS 2017, S. 18). Dieser Wert wurde, ausgehend vom Beschluss des AGS, vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) als Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) festgesetzt. Als weiteres Argument werden die deutlich verbesserten Dieselmotor- und Abgasbehandlungstechnologien angeführt, die nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ – z. B. durch die Reduzierung des PAK-Anteils – das kanzerogene Potenzial mildern.

Der vom AGS ermittelte AGW liegt deutlich über der durchschnittlichen DME-Exposition. Gleichwohl legen AGS und BMAS großen Wert auf konsequentere Schutzmaßnahmen. So führt die neue TRGS 554 eine Substitutionsprüfung ein: Insbesondere bei der Neuanschaffungen muss geprüft werden, ob nicht emissionsfreie oder emissionsärmere Antriebstechniken möglich sind. Ansonsten ist immer den fortgeschrittensten Technologien – Motoren mit den neuen Abgasnormen und Abgasbehandlungssystemen – der Vorzug zu geben. Ferner sind insbesondere bei älteren Dieselmotoren Maßnahmen wie z. B. die Absaugung der Abgase direkt an der Entstehungsstelle sowie andere lufttechnische Maßnahmen geboten. Doch dass in Deutschland DME-Expositionen $< 50 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ nicht als kanzerogen angesehen werden, erspart den Betrieben aufwändige Zusatzmaßnahmen hinsichtlich der Expositionserfassung, Behördeninformation und arbeitsmedizinischer Vorsorge.

An der Ausarbeitung der bundesdeutschen Vorschriften zur Einschätzung und Minderung der DME waren viele wissenschaftliche Disziplinen vertreten: Arbeitsmedizin, Toxikologie, Chemie, Physik, Epidemiologie und Mathematik. Dass die Arbeitsmedizin, die als Berufsgruppe mit mehr als 12.000 Betriebsärzten und Betriebsärztinnen gleichsam „vor Ort“ mit der DME-Problematik eng vertraut ist, den AGS-Beschluss mitträgt, muss erstaunen. Fast durchgängig wird von führenden Vertretern der Arbeitsmedizin in Deutschland die These vertreten, epidemiologische Studien seien, weil viel zu ungenau, für die Abschätzung einer Expositions-Wirkungs-Beziehung nicht geeignet. Dies verkennt einen grundlegenden Sachverhalt: Epidemiologische Studien sind nur „quasi-experimentelle Studien“ (Frentzel-Beyme 1985) und können nie die Exaktheit streng kontrollierter toxikologischer Studien

erreichen. Dennoch sind epidemiologische Studien sehr viel näher am Menschen und daher von besonderer präventiver Bedeutung. Demgegenüber können tierexperimentelle Studien zwar ernst zu nehmende Hinweise auf die Wirkungsrichtung geben, doch verfehlen sie in ihrer quantitativen Risikoabschätzung das Ausmaß der humanen Wirkung oft erheblich, d.h. es kommen sowohl Über- wie Unterschätzungen vor. Darauf hat schon der Begründer der MAK-Kommission, Heinz Oettel, ausdrücklich hingewiesen (Oettel/Hofmann 1973; vgl. auch: Elsner 2004; DFG 2016). Daher müssen nach überwiegender Meinung der internationalen Forscher/innen epidemiologische Daten, auch wenn sie nie perfekt sein können, zur Risikoabschätzung und Regulation herangezogen werden. In Finnland und Kanada folgen die wissenschaftlichen Diskurse den epidemiologischen Evidenzen und den grundsätzli-

Obwohl seit über 100 Jahren bekannt ist, dass NO₂ – aufgrund seiner in wässriger Phase erfolgenden Umsetzung zu Salpetersäure – äußerst lungenschädigend ist, ließ eine ernsthafte toxikologische und arbeitsmedizinische Auseinandersetzung mit NO₂ lange auf sich warten.

chen Einschätzungen des IARC, wonach sich auch die jeweiligen regulatorischen Diskurse richten. In Finnland und Kanada wurde ein DME-Arbeitsplatz-Grenzwert von 5 µg EC/m³ festgelegt, wobei in Kanada kürzlich auch der niederländische Grenzwert zur Diskussion gestellt wurde (OCRC 2019, S. 45).

Stickstoffdioxid: Ein hochproblematischer Stoff

Ein weiterer, aus medizinischer Sicht sehr problematischer Bestandteil von DME sind Stickoxide, insbesondere Stickstoffdioxid (NO₂). Obwohl seit über 100 Jahren bekannt ist, dass NO₂ – aufgrund seiner in wässriger Phase erfolgenden Umsetzung zu Salpetersäure – äußerst lungenschädigend ist, ließ eine ernsthafte toxikologische und arbeitsmedizinische Auseinandersetzung mit NO₂ lange auf sich warten. Jahrzehntlang galt eine Maximale Arbeitsplatz-Konzentration (MAK-Wert) von 9,5 mg/m³, d.h. es galt eine Konzentration als tolerabel, bei der es schon akut zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommt (DFG 2010). Auch war seit den 1970er Jahren bekannt, dass Stickoxide in wässriger Phase mit Aminen reagieren und sich zu kanzerogenen Nitrosaminen umsetzen können. In den 1980er Jahren gab es zunehmend epidemiologische Berichte über die krebserzeugende Wirkung von DME, wobei auch explizit NO₂ als möglicher Verursacher genannt wurde. 2001 wurde der MAK-Wert ausge-

setzt, 2003 stufte die MAK-Kommission NO₂ als wahrscheinlich krebserzeugend ein, 2010 wurde ein neuer MAK-Wert von 0,95 mg/m³ eingesetzt – das ist 1/10 des bisherigen Wertes. 2016 wurde dieser Grenzwert von der EU und, da zwingend, insofern auch vom BMAS als AGW übernommen.

Mittlerweile haben sich die epidemiologischen Methoden verfeinert, und es wurde möglich, auf NO₂-Exposition ausgerichtete Studien durchzuführen und in großen weltweiten Meta-Analysen auszuwerten. Tatsächlich ist aus epidemiologischer Sicht die Frage der isolierten Wirkung von NO₂ nicht eindeutig zu beantworten. Stickoxide kommen in der Atemluft immer vergesellschaftet mit anderen Schadstoffen vor. Die neueren Großstudien sehen NO₂ als Leitsubstanz für verkehrsbedingte Luftschadstoffe, so auch für DME. Dabei zeigt sich eine streng monotone Dosis-Wirkungs-Beziehung für NO₂ und Lungenkrebs ohne Schwellenwert (Hamra et al. 2015; Bai et al. 2020). Seit den 1970er Jahren wird ein weiterer chemisch und toxikologisch bedeutsamer Zusammenhang des DME-Chemismus diskutiert: NO₂ setzt sich mit PAK zu Nitro-Aromaten um, die durch körpereigene Reduktasen zu aromatischen Aminen umgesetzt werden. Aromatische Amine erzeugen Harnblasenkrebs. Auch für PAK selbst ist inzwischen ein Blasenkrebsrisiko nachgewiesen. Schon in den 1980er Jahren berichteten epidemiologische Studien über signifikant erhöhte Risiken bei LKW-Fahrern. In einer schon vor über drei Jahrzehnten durchgeführten Fall-Kontroll-Studie des Deutschen Krebsforschungszentrums Heidelberg zeigten LKW-Fahrer ein fast zweifach und Lokomotiv-Führer sogar ein dreifach erhöhtes Risiko (Claude et al. 1988). Auch Bergleute und Tunnelarbeiter, die unter Tage bis zur Jahrtausendwende wegen dieselbetriebener Maschinen besonders hohen Konzentrationen ausgesetzt waren, hatten ein erhöhtes Blasenkrebsrisiko. Diese Befunde wiederholten sich seither in vielen weiteren Studien, wo auch weitere Berufsgruppen wie z.B. Taxifahrer/innen ein erhöhtes Blasenkrebsrisiko aufwiesen. Eine große kanadische Studie konnte die Risiken für die bisher identifizierten Berufsgruppen, insbesondere bei einer mehr als 10-jährigen DME-Exposition, gut reproduzieren (Latifovic et al. 2015).

Einige Schlussbetrachtungen


Die DME-Problematik stellt die Wissenschaft wie die regulatorischen Behörden weltweit vor große Herausforderungen. In den meisten Industrienationen wurden Grenzwerte für DME ausgesetzt oder erst gar nicht aufgestellt. In vielen Ländern wird an der technischen Minimierung der DME gearbeitet. Zweifelsohne stellt die hierzulande gültige TRGS 554 eine gute Vorlage für derartige Bemühungen dar. Doch hinsichtlich der Frage des

kanzerogenen Potenzials der DME ist die Diskrepanz zwischen der Einschätzung der deutschen und der internationalen wissenschaftlichen Expertise bemerkenswert. Diese Diskrepanz äußert sich nicht nur in völlig unterschiedlichen Grenzwert-Vorstellungen, sondern auch auf der sozial- und gesundheitspolitischen Public-Health-Ebene. Vermeulen et al. (2014) schätzen den Anteil der beruflich DME-Exponierten an der Erwerbsbevölkerung Nordamerikas und Europas, P_{DME} , auf etwa 5 %. Für die Bundesrepublik Deutschland bedeutete dies: zwei Millionen Personen sind DME-exponiert. Bei einer durchschnittlichen Exposition von $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ und 45 Arbeitslebensjahren resultiert daraus – ohne die nicht-malignen Erkrankungen einzubeziehen – ein kumulatives Exzess-Risiko von 20.000 Lu-Ca-Toten. Das sind 440 Lu-Ca-Tote pro Jahr. Eine andere Betrachtungsweise kommt zu einer etwas höheren Fallzahl. In grober Annäherung (vgl. Thomas 2009, S. 49 f.) ist das attributable Risiko $AR = (RR - 1) / RR$, d.h. in unserem Fall: $AR = 0,35 / 1,35 = 0,26$. Daraus berechnet sich die attributable Fraktion $AF = P_{DME} \times AR = 5\% \times 0,26 = 1,3\%$. Bei 46.000 an Lu-Ca Versterbenden (RKI 2020) im Jahr sind demnach etwa 600 Lu-Ca-Tote beruflich DME-bedingt. Den Expositionsabschätzungen folgend, welche die kanadischen Wissenschaftler/innen (OCRC 2019, S. 41) vorgenommen haben, ergeben sich noch deutlich höhere Zahlen: Danach sind 2,4 % der Lu-Ca-Fälle und 2,7 % der Bla-Ca-Fälle den DME zuzuschreiben. Das ergibt in Deutschland, basierend auf Absolutzahlen (RKI 2020) mehr als 1000 DME-bedingte Lu-Ca-Mort-Fälle und 150 DME-bedingte Bla-Ca-Mort-Fälle in einem Jahr. Es sei die Anmerkung erlaubt: Würden wir die DME-

bedingten Krankheits- und Todesfälle unter der Annahme einer „Ausschöpfung“ des AGW berechnen, kämen wir zu Zahlen, die noch um Dimensionen höher lägen.

Im internationalen wissenschaftlichen und sozialpolitischen Kontext werden die DME-bedingten Krebsfälle unter der Kategorie „occupational cancer“ diskutiert, d.h. das Verständnis des Berufskrebses wird international sehr viel weiter gefasst als hierzulande. Unter occupational cancer fallen alle Krebserkrankungen, an deren Entstehung Einflussfaktoren der Arbeitswelt mit einem statistisch signifikanten attributablen Anteil beteiligt sind. Diese epidemiologische Public-Health-Sichtweise ist hauptsächlich präventiv orientiert. Sie kann für die kompensative Beurteilung des Einzelfalls nur bedingt herangezogen werden. In der internationalen Sichtweise ist das Verständnis entscheidend, dass die DME-bedingten zusätzlichen Krankheits- und Todesfälle durch konsequente Prävention vermeidbar wären. In der bundesdeutschen Sichtweise sind diese Krankheits- und Sterbefälle in der Sichtweise vieler Experten „schicksalhaft“. Gleichwohl scheint sich hier ein Wandel anzudeuten: Der Ärztliche Sachverständigenbeirat „Berufskrankheiten“ beim BMAS hat das Thema „Lungenkrebs durch Dieselmotoremissionen“ auf seine Agenda gesetzt (BMAS 2020). Angesichts der im internationalen wissenschaftlichen Diskurs bestehenden Diskrepanzen und der damit verbundenen wissenschaftstheoretischen, wissenschafts- und sozialetischen sowie arbeits- und sozialpolitischen Probleme sind vielfache Fragen aufgeworfen, die dringend einer weiteren Diskussion bedürfen.

DOI: 10.37307/j.2199-7349.2020.12.06
© Copyright Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2020 - (sisdigital.de) - 18.12.2020 - 11:09 - (ds)



Für neue Krisenlagen gerüstet

Pandemie-Leitfaden für Unternehmen

Mit Operationsplan, Maßnahmenkatalog und Checklisten

Von **Regine Kraus-Baumann**

2020, 100 Seiten, € (D) 24,95. ISBN 978-3-503-19489-6
eBook: € (D) 22,90. ISBN 978-3-503-19490-2

ESV ERICH SCHMIDT VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Online informieren und bestellen:
www.ESV.info/19489

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG
Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin · Tel. (030) 25 00 85-265 ·
Fax (030) 25 00 85-275 · ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info

LITERATUR

- AGS (Ausschuss für Gefahrstoffe) (2017): Begründung zum AGW für Dieselmotoremissionen. Online (www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/900/900-dieselmotorenemissionen-dme-russpartikel-als-ec.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- Attfield, M.D. et al. (2012): The Diesel Exhaust in Miners Study: A Cohort Mortality Study with Emphasis on Lung Cancer. In: *Journal of the National Cancer Institute*, Band 104, Heft 11, S. 869-883.
- Bai, L. et al. (2020): Exposure to Ambient Air Pollution and the Incidence of Lung Cancer and Breast Cancer in the Ontario Population Health and Environment Cohort. In: *International Journal of Cancer*, Band 146, S. 2450-2459.
- BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales) (2020): Der Ärztliche Sachverständigenbeirat "Berufskrankheiten" (www.bmas.de/DE/Themen/Soziale-Sicherung/Gesetzliche-Unfallversicherung/der-aerztliche-sachverstaendigenbeirat-berufskrankheiten.html)
- Cherrie, J.W. et al. (2011): Health, Socio-economic and Environmental Aspects of Possible Amendments to the EU Directive on the Protection of Workers from the Risks Related to Exposure to Carcinogens and Mutagens at Work. Edinburg: Institute for Occupational Medicine.
- Claude, J.C./Frentzel-Beyme, R./Kunze, E. (1988): Occupation and Risk of Cancer of the Lower Urinary Tract among Men. A Case-Control Study. In: *International Journal of Cancer*, Band 41, Heft 3, S. 371-379.
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) (1987): Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen der Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen. 13. Lieferung. Dieselmotoremissionen. Weinheim: VCH.
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) (2008): Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen der Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen. 45. Lieferung. Dieselmotoremissionen. Weinheim: VCH.
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) (2010): Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen der Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen. 49. Lieferung. Stickstoffdioxid. Weinheim: VCH.
- DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) (2016): Tierversuche in der Forschung. Bonn: Eigendruck.
- Elsner, A. (2004): Tierversuche: Die Relevanz für den Menschen ist umstritten. In: *Deutsches Ärzteblatt*, Band 101 (38), S. A2511-A2512.
- ETUI (European Trade Union Institute) (2020): Mitteilung vom 16. September 2020 (www.etui.org/news/netherlands-sets-much-lower-and-more-protective-occupational-exposure-limit-value-oel-diesel)
- Frentzel-Beyme, R. (1985): Einführung in die Epidemiologie. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Garshick, E. et al. (1987): A Case-Control Study of Lung Cancer and Diesel Exhaust Exposure in Railroad Workers. In: *American Review of Respiratory Diseases*, Band 135, Heft 6, S. 1242-1248.
- Garshick, E. et al. (2012): Lung Cancer and Elemental Carbon Exposure in Trucking Industry Workers. In: *Environmental Health Perspectives*, Band 120, S. 1301-1306.
- Hamra, G.B. et al. (2015): Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis. In: *Environmental Health Perspectives*, Band 123, Heft 11, S. 1107-1112.
- Health Council of the Netherlands (2019): Diesel Engine Exhaust. Health Based Recommended Occupational Exposure Limit (www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2019/03/13/diesel-engine-exhaust)
- HEI (Health Effect Institute) (2015): Diesel Emissions and Lung Cancer: An Evaluation of Recent Epidemiological Evidence for Quantitative Risk Assessment. Boston: Massachusetts Library.
- Heinrich, U. et al. (1999): Durchführung eines Risikovergleichs zwischen Dieselmotoremissionen und Ottomotoremissionen hinsichtlich ihrer kanzerogenen und nicht-kanzerogenen Wirkungen. Bericht 2/99 des Umweltbundesamtes. Berlin: Erich Schmidt.
- IARC (International Agency for Research on Cancer) (2013): Diesel and Gasoline Engine Exhausts and Some Nitroarenes. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 105. Lyon: WHO-Press.
- Latifovic, L. et al. (2015): Bladder Cancer and Occupational Exposure to Diesel and Gasoline Engine Emissions among Canadian Men. In: *Cancer Medicine*, Band 4, Heft 12, S. 1948-1962.
- Mattenklotz, M. et al. (2002): Dieselmotoremissionen am Arbeitsplatz. In: *Gefahrstoffe – Staub, Reinhaltung der Luft*, Band 62, Heft 1-2, S. 13-23.
- Möhner, M./Wendt, A. (2017): A Critical Review of the Relationship between Occupational Exposure to Diesel Emissions and Lung Cancer Risk. In: *Critical Reviews in Toxicology*, Band 47, Heft 3, S. 185-224.
- Morfeld, P./Spallek, M. (2015): Dieselmotoremissionen und Lungenkrebsrisiken – Bewertung der Metaanalyse von Vermeulen et al. 2014. In: *Zentralblatt für Arbeitsmedizin*, Band 65, S. 133-148.
- Neumann, W. et al. (2019): Die neue TRGS 554 „Abgase von Dieselmotoren“ – Hinweise zur Anwendung. In: *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, Band 79, S. 247-254.
- OCRC (Occupational Cancer Research Center) (2019): Burden of Occupational Cancer in Canada (http://www.occupationalcancer.ca/wp-content/uploads/2019/09/OCRC_National-Burden-Report_2019.pdf)
- Oettel, H./Hofmann, T. (1973): Tierexperimentelle Ermittlung toxischer Arbeitsstoffe. In: Borneff, J. (Hg.): *Arbeitsmedizin in Vorlesungen*. Stuttgart: Schattauer, S. 61-66.
- Pipke, R. (2016): Bewertung der Gesundheitsgefahren von Dieselmotoremissionen. Persönliche Mitteilung an Prof. Manfred Schweres vom 21.03.2016.
- Pott, F./Heinrich, U. (1988): Neue Erkenntnisse über die krebs-erzeugende Wirkung von Dieselabgasen. In: *Zeitschrift für die gesamte Hygiene und ihre Grenzgebiete*, Band 34, Heft 12, S. 686-689.
- RKI (Robert-Koch-Institut) (2019): Krebsregisterdaten (www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Krebsarten/krebsarten_node.html)
- Rühl, R. et al. (2017): Abgase von Baumaschinen und Baufahrzeugen aus Sicht des Arbeitsschutzes. In: *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, Band 77, Heft 6, S. 224-230.
- Schweres, M. (2016): Krebs-erzeugende Dieselmotoremissionen, insbesondere Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe. Duisburg-Rheinhausen: unveröffentlichtes Typoskript.
- Schweres, M. (2017): Kanzerogenität von Dieselmotoremissionen (DME) im Vergleich. Duisburg-Rheinhausen: unveröffentlichtes Typoskript.
- Silverman, D.T. et al. (2012): The Diesel Exhaust in Miners Study: A Nested Case-Control Study of Lung Cancer and Diesel Exhaust. In: *Journal of the National Cancer Institute*, Band 104, Heft 11, S. 855-868.
- Steenland, K. et al. (1998): Diesel Exhaust and Lung Cancer in the Trucking Industry: Exposure-Response Analyses and Risk Assessment. In: *American Journal of Industrial Medicine*, Band 34, S. 220-228.
- Thomas, D.C. (2009): *Statistical Methods in Environmental Epidemiology*. Oxford: University Press.
- Vermeulen, R. et al. (2014): Exposure-Response-Estimates for Diesel Engine Exhaust and Lung Cancer Mortality. Based on Data from Three Occupational Cohorts. In: *Environ Health Perspect*, Volume 122, S. 172-177.
- Weichenthal, S. et al. (2017): Long-term Exposure to Ambient Ultrafine Particles and Respiratory Disease Incidence in Toronto, Canada: A Cohort Study. In: *Environmental Health*, Band 16 (<https://ehjournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12940-017-0276-7>)



Neue
Datenbank:
Jetzt gratis
testen!



Arbeitssicherheit. Mit Methode!

Die Datenbank **ESV-Digital Arbeitssicherheit** bietet Ihnen alle technischen Grundlagen. Auf einen Klick.

- ▶ **Garantierte Sicherheit:** Wenden Sie stets die richtige Methode im Arbeitsschutz an.
- ▶ **Minimiertes Risiko:** Behalten Sie in jeder Situation die regulatorischen Pflichten im Blick.
- ▶ **Optimierter Wirkungsgrad:** Gewährleisten Sie jederzeit reibungslose Betriebsabläufe.
- ▶ **Uneingeschränkte Effizienz:** Arbeiten Sie immer und überall im Direktzugriff auf alle Inhalte und Vorschriften, Ihre Notizen und Favoriten.

ESV-Digital Arbeitssicherheit

Mehr bewegen im Arbeitsschutz

Datenbank, Jahresabonnement

Einzellizenz: netto € (D) 4,95/Monat

Bürolizenz für bis zu 3 Nutzer:

netto € (D) 8,17/Monat

Weitere Lizenzangebote gerne auf Anfrage

unter (030) 25 00 85-295/-296

oder KeyAccountDigital@ESVmedien.de

ISBN 978-3-503-19160-4

www.ESV-Digital.de/Arbeitssicherheit

Gleich 4 Wochen gratis testen:

 www.ESV.info/ESV-Digital-Arbeitssicherheit

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder:

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin

Tel. (030) 25 00 85-223 · Fax (030) 25 00 85-275

ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info