

HERBERT OBENLAND · WOLFGANG HIEN · MANFRED SCHWERES

Dieselmotoremissionen (DME): Stand der Regulierung und offene Fragen (Teil 2: Umwelt)

In Teil I dieses Artikels (sis 12/2020, S. 548 ff.) wurden Dieselmotoremissionen (DME) und ihre gesundheitsschädlichen und krebserzeugenden Wirkungseigenschaften charakterisiert. Dabei stand die Arbeitsplatz-Exposition im Vordergrund. Dargestellt wurden die unterschiedlichen Wege, die von Deutschland und den Niederlanden hinsichtlich der arbeitsweltbezogenen DME-Problematik besprochen werden. Vor dem Hintergrund der dargestellten, erheblichen Diskrepanz stellen sich kritische Fragen, die weit über den in Teil I bearbeiteten Rahmen hinaus auch an die Maßgaben der Luftreinhaltung im umweltbezogenen Gesundheitsschutz zu stellen sind.

Emissionen von Dieselmotoren im Straßenverkehr haben insbesondere in Städten einen hohen Anteil an der partikulären Belastung der Atemluft, doch die kanzerogenen DME stellen gegenwärtig im umweltbezogenen Gesundheitsschutz keine Messgröße mit eigenständiger gesundheitlicher Bewertung dar. Sie fallen unter die Feinstaub-Fraktion mit Partikel-Durchmesser $< 2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) und gehen dort, obwohl groß in der Anzahl, aber klein in Durchmesser und Mas-

se, buchstäblich unter. Einzig das in allen Messnetzen regelmäßig erfasste und mit DME hoch korrelierte Stickstoffdioxid (NO_2) gibt Auskunft über den Verlauf, jedoch nicht über die Höhe der DME-Belastung der Atemluft. NO_2 kann darüber hinaus für eine Vielzahl weiterer verkehrsbedingter Luftschadstoffe als Indikator dienen. Über seine eigenständige gesundheitliche Bedeutung bei chronischer Belastung wird seit dem Diesel-Abgasbetrug heftig gestritten. Der vorliegende

Beitrag plädiert entschieden dafür, die epidemiologischen Befunde ernst zu nehmen. Es wird die dringende Notwendigkeit hergeleitet, DME bzw. Dieselruß, gemessen als Elemental Carbon, in der Umwelt zu erfassen und die Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG entsprechend zu überarbeiten.

Dieselmotoren und Umweltgefahren

Der Dieselmotor ist eine Erfindung von Rudolf Diesel (1893) mit beachtlichen Qualitäten: Seine Robustheit und Energieeffizienz machte ihn schnell zum begehrten Antriebsaggregat in Industrie, Bergbau und Landwirtschaft sowie im Schwerverkehr zu Lande und zu Wasser. Sein Einsatz in PKWs hingegen blieb wegen seines im Verhältnis zum Ottomotor rauhen und lauten Laufs über Jahrzehnte eine Randerscheinung. Auch die rußigschwarzen Abgasfahnen, die Diesel-PKW jahrzehntelang ausstießen, machten das Dieselauto wenig attraktiv. Daran vermochte auch der vergleichsweise niedrige Treibstoffverbrauch und die steuerliche Begünstigung von Dieselmotoren lange nichts zu ändern. Erst nach Einführung laufverfeinernder und effizienzsteigernder Weiterentwicklungen sowie der Titulierung des Diesel-PKW als „Klimaretter“ wendete sich das Blatt. Derzeit liegt sowohl der Anteil des Diesel-PKW an den PKW-Neuzulassungen als auch am gesamten PKW-Bestand bei 32 % (KBA 2019; KBA 2020)

Dieselmotoren verbrennen ihren Treibstoff bei großem, unter hohem Druck stehendem Luftüberschuss und bei hohen Betriebstemperaturen. Dabei kommt es im Brennraum unvermeidbar sowohl zu Zonen unvollständiger Verbrennung als auch zur Verbrennung von Luft-Stickstoff zu Stickoxiden (NO_x). In den Zonen unvollständiger Verbrennung können sich ultrafeine Rußpartikel mit Durchmessern von 0,01 bis 0,05 μm bilden, die nach Ausstoß aus dem Brennraum auf 0,15 μm Durchmesser anwachsen. Sie bestehen überwiegend aus elementarem Kohlenstoff (EC). Zu ihnen gesellen sich beim Abkühlen des Abgases durch Kondensationsprozesse weitere Partikel im Ultrafeinstaubbereich ($\text{PM}_{0,1}$). Zusammen mit den Stickoxiden, die in der Atmosphäre alsbald zu Stickstoffdioxid (NO_2) oxidiert werden, bilden die ultrafeinen Partikel (UFP) einschließlich des elementaren Kohlenstoffs die charakteristischen Hauptbestandteile des Schadstoffcocktails, den Dieselmotoren produzieren und der nur durch aufwändigste Abgasreinigungs-Systeme am Ausstoß gehindert werden kann.

Die europäische Regulation der partikulären Luftbelastung ist unzureichend

Die europäische Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EU), die in Deutschland durch die 39. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) umge-

setzt wird, kennt bezüglich der partikulären Luftbelastung lediglich folgende Grenzwerte:

- ▶ PM_{10} mit 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel und 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Tagesmittel, wobei das Tagesmittel nicht mehr als 35mal im Kalenderjahr überschritten werden darf, und
- ▶ $\text{PM}_{2,5}$ mit 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel

Zum Vergleich: Die Air Quality Guidelines (AQG) der WHO sehen für Partikel der Fraktion PM_{10} einen Grenzwert von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel und für die Fraktion $\text{PM}_{2,5}$ einen Grenzwert von 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel vor.

Für 2019 berichtet das Umweltbundesamt (UBA), dass die Jahresmittel-Grenzwerte der EU für PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ deutschlandweit an allen Messstationen eingehalten wurden. Würde man jedoch als Maßstab die Air Quality Guidelines der WHO anlegen, so wären diese für PM_{10} an 13 % der Messstationen und für $\text{PM}_{2,5}$ sogar an 57 % der Messstationen überschritten. Diese Überschreitungen betreffen insbesondere verkehrsnahen Stationen (UBA 2019). Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang, in welcher Hinsicht sich die Maßgaben von EU und WHO unterscheiden. Die WHO stützt sich bei der Ableitung ihrer AQGs für Partikel-Material auf sechs große epidemiologische Studien aus den USA über den Zusammenhang zwischen Langzeitexposition gegenüber $\text{PM}_{2,5}$ und kardiopulmonarer sowie Lungenkrebssterblichkeit und setzt ihre Grenzwert-Empfehlung dort, wo der statistisch gesicherte Bereich dieses Zusammenhangs einsetzt: „These are the lowest levels at which total cardiopulmonary and lung cancer mortality have been shown to increase with more than 95 % confidence in response to long-term exposure to $\text{PM}_{2,5}$ “ (WHO 2005). Daraus folgt: Die höher liegenden Grenzwerte der EU nehmen eine höhere Sterblichkeit in Kauf. Dieser Umstand ist in der EU nicht unumstritten. Der Europäische Rechnungshof hat von 2008 bis 2018 gutachterlich verfolgt und bewertet, ob die Maßnahmen der EU zum Schutz der menschlichen Gesundheit wirksam sind. In seinem 2018 veröffentlichten Sonderbericht 23/2018 mit dem Titel „Luftverschmutzung: Unsere Gesundheit ist nach wie vor nicht hinreichend geschützt“ kommt er bezüglich der Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EU zu dem Schluss: „Die Normen der Richtlinie werden den Erkenntnissen zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung nicht gerecht“ und unterstreicht die Notwendigkeit, nicht nur die EU-Grenzwerte, sondern auch die AQG der WHO einzuhalten (ECA 2018). Dem bleibt hinzuzufügen, dass die AQG der WHO auf dem Erkenntnisstand von 2005 beruhen und inzwischen Studien vorliegen, die Gesundheitsschäden bereits unter einem $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittel von 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ erkennen.

Partikuläres Material (PM/Feinstaub) in der Außenluft ist krebserzeugend

Zu den neueren Erkenntnissen über die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung gehört die von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) 2013 bekannt gemachte und als *IARC monograph volume 109* ausführlich begründete Kanzerogenität (Gruppe 1) von verschmutzter Außenluft ganz allgemein und PM/Feinstaub im Besonderen (IARC 2016). Die Monografie stützt sich auf ein unabhängiges Review von mehr als 1000 wissenschaftlichen Berichten aus fünf Kontinenten zu Studien, die sich vor allem mit dem Zusammenhang von Verkehrs-, industrie- und landwirtschaftsbedingten Luftschadstoffen mit Krebserkrankungen beschäftigen. Diese Studien schlossen Millionen von Menschen aus Europa, Nord- und Südamerika und Asien ein.

Mittlerweile sind weitere Studien und Meta-Analysen veröffentlicht worden, die den Befund der IARC bestätigen. Raaschou-Nielsen et al. (2013) haben in ihrer Meta-Analyse auf der Basis von 17 Kohortenstudien aus neun europäischen Ländern signifikante Zusammenhänge von Lungenkrebs mit PM_{10} (Hazard ratio/HR 1,22) pro $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und mit $PM_{2,5}$ (HR 1,18) pro $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt. Hamra et al. (2014), Yang et al. (2016) und Bai et al. (2019) sind bei Meta-Analysen von Studien mit vergleichbaren Fragestellungen zu ähnlichen Ergebnissen gekommen. Sie sehen allesamt signifikante Anstiege des Lungenkrebsrisikos bereits beim Ansteigen der PM/Feinstaubkonzentration um 5 bis $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Auch jenseits des Krebsrisikos sind mit der Exposition gegenüber PM/Feinstaub erhebliche Gesundheitsgefahren verbunden. Dieses partikuläre Material gelangt nach dem Einatmen in die Nasenhöhle und in den Rachenraum und kann, je kleiner sein Durchmesser ist, bis in die Bronchien und Lungenbläschen vordringen. Die Wirkungen reichen von Schleimhautreizungen und lokalen Entzündungen in der Luftröhre, den Bronchien und den Lungenalveolen bis zu einer erhöhten Thromboseneigung mit erhöhtem Risiko für Herzinfarkt und Schlaganfall. In einer aktuellen Studie erkennen Strak et al. (2019) vor dem Hintergrund einer mittleren Jahresbelastung mit $PM_{2,5}$ von $15,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und einem Anstieg derselben um $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen Anstieg der natürlichen Sterblichkeit um 13% sowie einen Anstieg der kardiovaskulären Sterblichkeit um 14%. Dieser Zusammenhang erweist sich auch in Zwei-Schadstoff-Modellen als stabil.

Bei EC und UFP/ $PM_{0,1}$ handelt es sich um Messgrößen für kleine und kleinste luftgetragene Partikel aus dem Spektrum von $PM_{2,5}$. Sie definieren sich messtechnisch durch die Nutzung unterschiedlicher physikalischer und chemischer

Eigenschaften, während sie sich inhaltlich weitgehend überlappen und unter dem Begriff „Verbrennungspartikel“ sowie der gängigen Bezeichnung „Ruß“ zusammenfassen lassen und vorwiegend den Dieselmotoren im Straßenverkehr entstammen. Unter UFP/ $PM_{0,1}$ wird die Anzahl aller Partikel pro cm^3 erfasst, die einen Durchmesser von 0,1 und weniger Mikrometer aufweisen (Anzahlkonzentration), und unter EC wird die Massenkonzentration an chemisch und thermisch stabilem partikulärem Kohlenstoff bestimmt. Dieser fällt weitgehend unter die Partikelfraktion UFP/ $PM_{0,1}$ und wird häufig auch als „Black Carbon/BC“ gehandelt. In diesem Falle wird die Konzentration indirekt über die Nutzung der starken Lichtabsorption bestimmt. EC und BC ergeben keine vollständig identischen Ergebnisse, lassen sich aber hilfsweise durchaus vergleichen.

Bislang unreguliert: Elemental Carbon (EC)

Für EC/BC gibt es starke Anhaltspunkte dafür, dass sein gesundheitsschädigendes Potenzial durch die gültigen PM-Messgrößen nicht ausreichend erkannt und gewürdigt wird. Janssen et al. (2011) haben unter dem Titel „Black Carbon as an Additional Indicator of Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared with PM_{10} and $PM_{2,5}$ “ alle bis dahin auffindbaren Studien und Reviews einer Meta-Analyse unterzogen. In den Ergebnissen ihrer Arbeit berichten sie, dass in Straßennähe der Anteil von EC/BC an $PM_{2,5}$ im Bereich von 40 bis 70% liegt und dass EC/BC um ungefähr eine Größenordnung höhere Gesundheitsschäden pro Massenkonzentration bewirkt als $PM_{2,5}$. Diesem Umstand wird in der europäischen Luftreinhaltepolitik bislang keinerlei Rechnung getragen, obwohl es an mahnenden Stimmen nicht fehlt. Bereits im Oktober 2014 hat der Weltärztekongress die Überwachung und Begrenzung von Rußpartikeln in der städtischen Atemluft empfohlen und öffentliche Aufmerksamkeit für die Bedeutung des Dieselrußes angemahnt (WMA 2014). Im September 2016 hat der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) einen „Statusreport: Ruß in luftgetragener Feinstaub“ veröffentlicht und festgestellt: „Aus Sicht des Gesundheitsschutzes wären zusätzliche Messungen von Rußpartikeln als EC oder BC eine wichtige Ergänzung zu den bisherigen Luftqualitäts-Indikatoren. (...) Zukünftig sollte die oben genannte Lücke im Gesundheitsschutz durch die gesetzliche Immissionsüberwachung von Verbrennungspartikeln geschlossen werden“ (VDI 2016).

Besondere Dringlichkeit erfährt dieses Thema zudem dadurch, dass Dieselmotoremissionen, gemessen als EC, seit 2012 von der IARC als Kanzerogen der Gruppe 1 eingestuft sind und die in Teil I dieses Artikels vorgestellten Miners-Studien (Attfield et al. 2012; Silverman et al. 2012), die mit

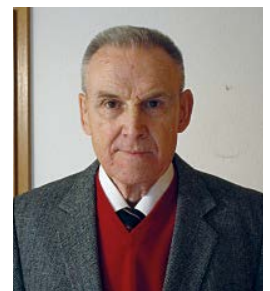
DIE AUTOREN



Herbert Obenland,
Umweltwissenschaftler,
langjähriger Leiter des
Umweltlabors ARGUK
(Arbeitsgemeinschaft Um-
weltkontrolle) Oberursel.



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



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

LKW-Fahrern durchgeführten Studien (Steenland et al. 1998; Garshik et al. 2012) sowie deren Zusammenfassung in einer Meta-Analyse durch Vermeulen et al. (2014) ein hohes krebserzeugendes Potenzial von DME anzeigen. Unter Anwendung einer log-linearen Schätzung der Beziehung zwischen Exposition und krebserzeugender Wirkung kommen Vermeulen et al. bei einer von ihnen angenommenen lebenslangen, nicht berufsbedingten medianen Belastung der Atemluft mit EC von $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf ein gegenüber Nicht-Exponierten Relatives Risiko (RR) von 1,06. Wendet man die von den Autoren geschätzte Beziehung auf die an ausgewählten Hintergrund-Messstationen des UBA 2014 festgestellte mittlere Belastung mit EC von $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an, so ergibt sich ein RR von 1,01. Für dasselbe Jahr liegen aus den Messnetzen der

„Im Zentrum der toxikologischen und epidemiologischen Forschung zu UFP stehen deshalb respiratorische und kardiovaskuläre Erkrankungen.“

Länder auch Angaben zu mittleren EC-Belastungen an verkehrsnahen Standorten ($2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), im städtischen Hintergrund ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und im ländlichen Hintergrund (ca. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vor (VDI 2016). Nach Vermeulen et al. ergibt das ein RR von 1,20 bis 1,29 (verkehrsnah) über 1,16 bis 1,25 (städtischer Hintergrund) bis 1,08 im ländlichen Hintergrund.

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) hat für das duldbare absolute Zusatzrisiko, durch lebenslange Exposition gegenüber einem Umweltschadstoff an Krebs zu erkranken, mit 1 Fall auf Hunderttausend den Maßstab gesetzt, der mittlerweile allen nationalen Regelwerken zum Schutz der menschlichen Gesundheit vor Boden- und Luftverunreinigungen zugrunde liegt (SRU 1993). Gefahrenbezug wird ab 5 Fällen auf Hunderttausend unterstellt. Die aktuellen Umwelt-Belastungen mit DME überschreiten diese Maßgaben bei weitem: Vermeulen et al. sehen bereits bei der lebenszeitlichen medianen Belastung von $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ EC das Zusatzrisiko bei 210 Fällen auf Hunderttausend.

Ebenso unreguliert: Ultrafine Particles (UFP/PM_{0,1})

Für UFP/PM_{0,1} ist zwar weithin anerkannt, dass diese Partikel-Fraktion über große Schädigungspotenziale verfügt, doch auch nach zwanzig Jahren mit vielen Dutzend toxikologischen und epidemiologischen Studien herrscht weiterhin die Ansicht vor, für eine quantitative Expositions-Wirkungsbeziehung fehle es noch immer

an Evidenz (Birmili 2018). UFP/PM_{0,1} haben eine große spezifische Oberfläche, an die sich Schadstoffe wie Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Schwermetalle anlagern und mit den ultrafeinen Partikeln bis tief in die Lunge vordringen können. Bei geschwächter Immunabwehr kann es zum Übertritt in die Lungenzellen, ins Blut und in das lymphatische System kommen, von wo aus weitere Organe erreicht werden können. Oxidativer Stress und chronische Entzündungen sind mögliche Folgen. Im Zentrum der toxikologischen und epidemiologischen Forschung zu UFP stehen deshalb respiratorische und kardiovaskuläre Erkrankungen. Die Epidemiologie sieht sich dabei besonderen Herausforderungen gegenüber, da UFP/PM_{0,1} als Verbrennungspartikel aus Diesel- und direkteinspritzenden Ottomotoren hochgradig mit Stickoxiden als weiteren verkehrsbedingten Verbrennungsprodukten korreliert sind. Ohne Studien, die mit Zwei- und Mehrstoffmodellen arbeiten, kommt man deshalb der Frage nach den unabhängigen Wirkungen von UFP/PM_{0,1} nicht näher. Doch diese sind aufwendig und teuer und benötigen, wenn sie gesundheitliche Langzeiteffekte erforschen sollen, zusätzlich Zeit.

Wie sich die Studienlage von 2011 bis 2017 darstellte, kann man der Literaturrecherche von Ohlwein et al. (2018) entnehmen. Von den letztlich 85 ihren Auswahlkriterien entsprechenden Arbeiten hatten lediglich 10 Langzeiteffekte zum Gegenstand. 79 Arbeiten erfassten zwar auch weitere Schadstoffe, doch nur eine davon adjustierte auf solche in Mehrstoff-Modellen. Der Hinweis auf mangelnde Evidenz bezüglich der Langzeiteffekte verliert freilich an Argumentationskraft, insofern mittlerweile zunehmend hochwertige Langzeitstudien vorgelegt werden. Aus einer solchen werden im Folgenden einige Ergebnisse vorgestellt.

Downward et al. (2018) haben, beginnend 1993, in einer prospektiven Kohortenstudie mit über 30.000 Teilnehmenden über einen Zeitraum von mehr als zwanzig Jahren hinweg den Zusammenhang zwischen der umweltbedingten Exposition gegenüber UFP/PM_{0,1} und dem Auftreten von kardiovaskulären und cerebrovaskulären Erkrankungen erforscht. Sie drückten dabei den Zusammenhang zwischen der mittleren Jahresexposition und dem Auftreten der fraglichen Erkrankungen in Hazard ratios (HR) aus. Darüber hinaus erfassten sie die weiteren Fraktionen des Partikel-Materials und die Stickoxide, um die UFP/PM_{0,1}-Expositionen gegenüber diesen Ko-Expositionen in Zwei-Schadstoffmodellen adjustieren zu können. Schließlich normierten sie alle HR auf Inkremente (UFP/PM_{0,1}: 10.000 Partikel pro cm^3 ; NO₂: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Auszüge aus ihren Befunden:

- ▶ UFP/PM_{0,1} (einzeln)
und Herzinfarkt: HR = 1,34
und Herzinsuffizienz: HR = 1,76
und koronare Herzkrankheit: HR = 1,12
- ▶ UFP/PM_{0,1} (NO₂-adjust)
und Herzinfarkt: HR = 1,22
und Herzinsuffizienz: HR = 1,75
und koronare Herzkrankheit: HR = 1,09

Die HRs von UFP/PM_{0,1} bleiben nach Adjustierung gegen NO₂ im Wesentlichen erhalten und deuten auf eine von der NO₂-Koexposition weithin unabhängige Wirkung von UFP/PM_{0,1} hin. Und folgendes zeigte sich für NO₂:

- ▶ NO₂ (einzeln)
und Herzinfarkt: HR = 1,12
und Herzinsuffizienz: HR = 1,22
und koronare Herzkrankheit: HR = 1,04
- ▶ NO₂ (UFP/PM_{0,1}-adjust)
und Herzinfarkt: HR = 1,05
und Herzinsuffizienz: HR = 1,00
und koronare Herzkrankheit: HR = 1,01

Nach Adjustierung gegen UFP/PM_{0,1} tendieren die Schätzer für NO₂ gegen Null und lassen vermuten, dass die für NO₂ (einzeln) angezeigten Wirkungen im kardiovaskulären Bereich dem UFP/PM_{0,1} zuzurechnen sind. Langzeit-Belastungen mit dem Atemwegsgift NO₂ im fraglichen Konzentrationsbereich führen dagegen unabhängig von Koexpositionen zu Schäden im respiratorischen System (Weichenthal et al., 2017).

Die Befunde der Downward-Studie sind biologisch sehr plausibel. In Anbetracht der Tatsache, dass ihnen Expositionshöhen zugrunde liegen, die typische Belastungen in Verkehrsnahe eher unterschreiten, erscheint eine baldige UFP/PM_{0,1}-Regulation und ihre Überwachung in einem flächendeckenden Messnetz dringend geboten.

Stickoxide auf dem Prüfstand

Nach dem Partikel-Material stellen Stickoxide (NO_x), namentlich Stickstoffdioxid (NO₂), den zweiten Hauptbestandteil des Schadstoffcocktails in Dieselabgasen dar. Obwohl bereits in den Neunzigern des letzten Jahrhunderts auf der Ebene von WHO und International Program on Chemical Safety (IPCS) erarbeitet und in der EU seit 2010 durch die Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EU in Kraft, erhielt der Langzeit-Grenzwert für NO₂ von 40 µg/m³ im Jahresmittel prominente Aufmerksamkeit erst nach 2015. Die US-amerikanische Umweltbehörde „Environmental Protection Agency (EPA)“ stellte einer ihrer Meinungen nach eklatanten Betrug fest (US-EPA 2015). Deutsche Dieselausbauer hatten mittels eines Softwareprogramms dafür gesorgt, dass die im Realbetrieb überhöhten Stickoxid-Emissionen ihrer Diesel-PKW auf dem Prüfstand im

Rahmen der gültigen NO₂-Emissionsvorschriften blieben, diese Autos also als sauber erschienen und die nötige Typgenehmigung erhielten. Auch in Deutschland wurde schon früh auf diese Problematik aufmerksam gemacht (Steven 2006; Hausberger 2006). Pöhler (2016) schließlich listet in einem Statement für den Deutschen Bundestag mit dem Titel: „Langjährige Hinweise für zu hohe Stickoxid (NO_x)-Fahrzeugemissionen im realen Verkehr“ 11 Publikationen auf, die zwischen 2010 und 2015 auf die teilweise extrem überhöhten NO_x-Emissionen der Dieselaautos verweisen. Darunter befindet sich auch ein Bericht der „Gemeinsamen Forschungsstelle“ der EU, erstellt nach Prüfung der Hinweise durch eigene Tests (Weiss 2012).

In den USA gestand der VW-Konzern, der mit seinem CLEAN DIESEL-Programm große Hoffnungen auf den amerikanischen Automarkt gesetzt hatte, am 20. September 2015 den Betrug gegenüber der Umweltbehörde EPA ein (VW-Newsroom 2015). In einem Vergleich mit der US-Justiz, vor der VW eine große Zahl straf- und zivilrechtlicher Prozesse drohten, bekannte sich der Konzern 2017 der Verschwörung zum Betrug, der Behinderung der Justiz und des Verkaufs von Waren unter falschen Angaben für schuldig (US-DOJ 2017). Er akzeptierte Straf- und Bußgelder sowie Entschädigungszahlungen und verpflichtete sich zum Rückkauf aller in den USA verkauften Dieselaautos mit manipulierter Abgasreinigung. In Deutschland hingegen bestritt der Konzern gegenüber dem Kraftfahrtbundesamt (KBA) von vornherein, dass die Optimierung der Abgasreinigung auf den Prüfzyklus hin einen Verstoß gegen das EU-Typgenehmigungsrecht gemäß Verordnung 715/2007/EG darstelle (zitiert nach: KBA 2015). Dem widersprach zwar das KBA, beließ es aber letztlich dabei, den Dieselausbauern ein kostengünstiges Software-Update aufzuerlegen, mittels dessen die Umschaltmöglichkeit vom Prüfstands- zum Straßenmodus beseitigt wird.

Am NO_x-Ausstoß der Dieselaautos im Realbetrieb hat diese mittlerweile abgeschlossene Maßnahme wenig geändert. Eine von der Deutschen Umwelthilfe (DUH) in 2018 durchgeführte Abgasprüfung an drei Betrugsdieseln im Realbetrieb sowohl vor als auch nach dem Software-Update ergab bei mittleren Temperaturen Absenkungen der NO_x-Emissionen zwischen 25% und 54%. Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt war gar ein Anstieg um 22% zu verzeichnen. Alle drei Diesel-PKW erreichten auch nach dem Software-Update nicht die für sie gültige Abgasnorm EURO 5, sondern lagen bis zum Faktor 3,7 darüber (DUH 2018). Die Belastung der Atemluft mit NO₂ ist folglich nach wie vor hoch. Sie überschritt 2019 an 20% aller verkehrsnahen Messstationen den Jahresmittel-Grenzwert (UBA 2020).

Dass die zuständigen Behörden die jahrelangen Überschreitungen des NO₂-Jahresmittel-Grenzwertes solange hinnahmen, muss verwundern. Auch ist es erstaunlich, dass es in der Wissenschaftsszene wohl einen Kontext gab, welcher die staatliche Zurückhaltung zu legitimieren schien. Die Situation spitzte sich im Vorfeld möglicher gerichtlicher Fahrverbote für Innenstadtbereiche großer Städte zu. Es wurden Argumentationen aus arbeitsmedizinischer Sicht vortragen, die epidemiologische Dosis-Wirkungs-Berechnungen grundsätzlich in Frage stellten (vgl. Opitz 2017; siehe auch die Argumentation des Ausschusses für Gefahrstoffe im Teil 1 dieser Artikelserie). Fahrverbote seien medizinisch nicht begründbar, wenn man die aktuellen Stickoxid-

„Die mit NO₂ assoziierten Gesundheitsschäden liegen überwiegend im Respirationsbereich, wobei in vielen Studien Effekte bereits unterhalb einer Belastung mit 40 µg/m³ festzustellen sind.“

Belastungen heranziehe (vgl. Drexler 2018). Das Bundesverwaltungsgericht beeindruckten diese Interventionen nicht. Es erklärte Fahrverbote für zulässige Maßnahmen zur Einhaltung geltender Grenzwerte in der Luftreinhaltung. Doch die Stimmen gegen den EU-Grenzwert verstummten nicht (vgl. Kekule 2018). Andere Stimmen hingegen verteidigten den EU-Grenzwert: *„Im Umweltbereich ist es nur in Ausnahmefällen möglich, Richt- und Grenzwerte stringent auf der Grundlage von Wirkungsuntersuchungen abzuleiten. Für viele Fälle liegen nur Hinweise für Gesundheitsrisiken vor, quantitative Abschätzungen sind die Ausnahme. Auch in diesen Fällen ist es erforderlich, Richtwerte/Grenzwerte zum Schutz der Bevölkerung festzulegen. Das Aufstellen solcher Grenzwerte ist absolut legitim und strikte Einhaltung ist zu fordern. Das gilt auch für den Langzeitgrenzwert von NO₂“* (Wichmann 2018).

Der Langzeitgrenzwert für NO₂ ist vielfach bestätigt

Nach ihrer Übernahme als verbindlichen Grenzwert in die europäische Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG hat die WHO ihre Langzeit-AQG für NO₂ von 40 µg/m³ im Lichte der jeweils aktuellen Studienlage umfangreichen Überprüfungen unterzogen. Zuletzt erfolgte dies 2013 im Auftrag der EU-Kommission im Rahmen eines *Review of evidence on health aspects of air pollution-REVIHAAP Project* (WHO 2013). Dabei wurden 160 in den Jahren 2004 bis 2012 veröffentlichte epidemiologische Studien zum Zusammenhang von Langzeit-NO₂-Expositionen im Niedrigdosenbereich mit Gesundheitsschäden betrachtet. 98

dieser Studien beschäftigen sich mit Schäden im Bereich der Atemwege und der Lunge, 19 mit Schäden im Herz-Kreislauf-System. Zusammenfassend bewertet das REVIHAAP-Team die Evidenzlage in 2013 so: Die mit NO₂ assoziierten Gesundheitsschäden liegen überwiegend im Respirationsbereich, wobei in vielen Studien Effekte bereits unterhalb einer Belastung mit 40 µg/m³ festzustellen sind. Desweiteren verdichten sich die Hinweise darauf, dass NO₂ nicht nur als Indikator für eine Vielzahl verkehrsbedingter Schadstoffe in sehr niedrigen Konzentrationen auftritt, sondern bei den üblichen innerstädtischen Belastungen auch eine unabhängige Schädigung entfaltet. In Gänze empfiehlt das REVIHAAP-Team schließlich, über eine Absenkung der Langzeit-AQG nachzudenken.

Neuere Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen NO₂ als Indikator für verkehrsbedingte Luftbelastung und Lungenkrebs unterstreichen die Empfehlung des REVIHAAP-Teams. So fanden Hamra et al. (2015) in einer großen Meta-Analyse von 20 internationalen Studien zu diesem Thema eine konsistente Evidenz bereits ab 10 µg/m³. Für einen Anstieg der NO₂-Konzentration um 10 µg/m³ ergab sich ein Anstieg an Lungenkrebs von 4%. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Bai et al. (2019) in einer 2001 bis 2015 durchgeführten großen Kohortenstudie in Ontario, Kanada. Bei einem Anstieg der NO₂-Konzentration um 29 µg/m³ verzeichnen sie einen Anstieg der Lungenkrebs-Fälle um 5%.

Partikuläres Material (PM), Stickstoffdioxid (NO₂) und Covid-19

Veranlasst durch den massiven Ausbruch von Covid-19 in den norditalienischen Regionen Anfang 2020 haben sich italienische Forscher*innen aus den Umwelt-, Gesundheits- und Geowissenschaften schon sehr früh und intensiv der Frage zugewandt, inwieweit die rasante epidemische Ausbreitung des Sars-CoV2-Virus mit dem besonderen Ausmaß der Luftverschmutzung in den betroffenen Regionen zusammenhängen könnte. Weiterhin war und ist Gegenstand des Interesses, ob die Luftverschmutzung Einfluss auf die Schwere des Krankheitsverlaufs und die Mortalität hat. Danielle Fattorini und Francesco Regoli (2020) von der Polytechnischen Universität in Ancona haben, gestützt auf die Expositionsdaten der italienischen und europäischen Umweltbehörde, in 71 italienischen Provinzen den Zusammenhang zwischen langjährigen Niveaus der Luftbelastung mit PM₁₀; PM_{2,5}; NO₂ sowie O₃ und dem Auftreten von Covid-19 geprüft und eine signifikante Korrelation festgestellt. Die höchsten Schadstoffbelastungen finden sich im Piemont, in der Lombardei, in Venetien und in der Emilia-Romagna sowie in Rom und Neapel. Sie reichen für PM_{2,5} bis

31,5 µg/m³ und für NO₂ bis 58,9 µg/m³ im Mittel der Jahre 2016 bis 2019. Dort waren – Stand April 2020 – bis zu 1% der Bevölkerung als infiziert registriert, und die Mortalität pro Anzahl der Infizierten betrug bis zu 18%. Eine erste Erhebung in den USA zur Assoziation von COVID-19-Sterblichkeit und langjähriger mittlerer Luftbelastung mit PM_{2,5} (2000 – 2016) bestätigt die Befunde aus Italien. Wu et al. (2020) haben die entsprechenden Daten aus über 3000 counties, die 98% der Bevölkerung umfassen, betrachtet und festgestellt, dass bereits eine langfristige Erhöhung der mittleren PM_{2,5}-Belastung um 1 µg/m³ mit einem Anstieg der COVID-19-Sterblichkeitsrate um den Faktor 1,08 einhergeht.

Der Zusammenhang zwischen Luftverschmutzung und Infektionsanfälligkeit erscheint biologisch sehr plausibel. Luftverschmutzung befördert den Ausstoß von Entzündungsmarkern und führt zu Zustandsverschlechterungen im respiratorischen System, wodurch virale Infektionen leichter bis in die unteren Atemwege vorzudringen vermögen (Shinya et al. 2006; van Riel et al. 2006). Von diesen umweltbedingten Gesundheitsrisiken sind ärmere Bevölkerungsschichten eindeutig stärker betroffen als wohlhabende, denn sie leben weit häufiger in der Nähe von Industrieanlagen, Kraftwerken und verkehrsreichen Straßen sowie in beengten Wohnverhältnissen. Fattorini/Regoli (2020) empfehlen, Luftreinhaltung als Bestandteil einer Konzeption zu verstehen, die nachhaltige Entwicklung, Gesundheitsschutz und Prävention von Virus-Epidemien als eine zusammenhängende Aufgabe begreift. Anzuführen bleibt, dass hierzu auch gehört, soziale und gesundheitliche Ungleichheiten als Gerechtigkeitsproblem zu erkennen und als solche politisch zu bekämpfen.

Schlussbetrachtung

Emissionen aus Dieselmotoren im Straßenverkehr tragen insbesondere in den Städten erheblich zur Schadstoffbelastung der Atemluft bei. Neben den Stickoxiden ist dabei die Belastung mit kleinen und kleinsten Partikeln von maßgeblicher Bedeutung. Sie bestehen überwiegend aus Kohlenstoff und sind auch als Dieselruß bekannt. Diese Verbrennungspartikel haben ein hohes toxisches Potenzial und können Krebs erzeugen. Ausgerechnet für diese Partikel fehlt für die Außenluft jegliche nationale oder europäische Regulierung, obwohl für sie mit *Elemental Carbon (EC)* resp. *Black Carbon (BC)* eingeführte Messgrößen zur Verfügung stehen. Messungen an verkehrsnahen städtischen Standorten zeigen Konzentrationen, mit denen völlig unakzeptable Krebsrisiken verbunden sind. Es bleibt zu diskutieren, warum anlässlich des 2017 bis 2019 durchgeführten Fitness-Checks der Luftqualitäts-

richtlinie 2008/50/EG die rechtsverbindliche Quantifizierung und Bewertung von Dieselruß nicht auf die Tagesordnung der fälligen Überarbeitung dieser Richtlinie gesetzt wurde. ■

LITERATUR

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. (2019): *Exposure to ambient air pollution and the incidence of lung cancer and breast cancer in the Ontario Population Health and Environment Cohort*. In: *Int. J. Cancer*, 2020 May 1; 146(9): 2450-2459.

Birmili, W. (2018): *Ultrafeine Partikel in der Umgebungsluft – Aktueller Wissensstand*. In: *Umwelt und Mensch – Informationsdienst (UMID)*, Nr.2/2018, S.57-65.

Downward, G.S. et al. (2018): *Long Term Exposure to Ultrafine Particles and Incidence of Cardiovascular and Cerebrovascular Disease in a Prospective Study of a Dutch Cohort*. In: *Environ Health Perspect*, Volume 126(12) 2018.

Drexler, H. (2018): *NO2: Umweltmediziner warnt vor Panikmache*. dpa-Interview in: *Heise-Medien*, 13.02.2018. (<https://heise.de/autos/artikel/NO2-Umweltmediziner-warnt-vor-Panikmache-3966555.html>)

DUH (Deutsche Umwelthilfe) (2018): *Weiterhin dreckige Luft trotz Software-Updates. Diesel-Abgasmessungen der DUH verdeutlichen Notwendigkeit von Hardware-Nachrüstungen*. Pressemitteilung 2018-08-15T10:54:17 (www.duh.de)

ECA (European Court of Auditors) (2018): *Air Pollution: Our health still insufficiently protected* (www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR_23/SR_AIR_QUALITY_EN.pdf)

EU (Europäische Union) (2008): *Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. März 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa*. In: *Amtsblatt EU vom 11.06.2008 Nr.2 152/1*.

Fattorini, D./Regoli, F. (2020): *Role of chronic air pollution levels in the Covid-19 outbreak risk in Italy*. In: *Environmental Pollution* 264 (2020) 114732.

Garshick, E. et al. (2012): *Lung cancer and Elemental Carbon Exposure in Trucking Industry Workers*. In: *Environ Health Perspect*, Band 120, S.1301-1306.

Hamra, G.B. et al. (2014): *Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis*. In: *Environ Health Perspect*, Band 122(9), S. 906-911.

Hamra, G.B. et al. (2015): *Lung cancer and exposure to Nitrogen Dioxide and traffic: A Systematic Review and meta-Analysis*. In: *Environ Health Perspect*, Band 123(11), S. 1107-1112.

Hausberger, S. (2006): *Fuel Consumption and Emissions of Modern Vehicles Part "Passenger Cars"*, Technische Universität Graz.

Hausberger, S. (2010): *Fuel Consumption and Emissions of Modern Passenger Cars*. Wissenschaftlicher Report, Technische Universität Graz.

IARC (International Agency for Research on Cancer) (2016): *Outdoor Air Pollution*. Monograph 109, Lyon, France.

Janssen, N.A.H. et al. (2011): *Black Carbon as an Additional Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared with PM₁₀ and PM_{2,5}*. *Environ Health Perspect*, Band 119(12), December 2011.

Kekule, A.S. (2018): *Hysterie ums Falsche – Der Grenzwert 40 Mikrogramm für das Auspuffgas Stickstoffdioxid ist aus der Luft gegriffen*. In: *DIE ZEIT* Nr.46/2018, 8. November 2018

KBA (Kraftfahrt-Bundesamt) (2015): *Nachträgliche Anordnung einer Nebenbestimmung zur EG-Typgenehmigung. Gesamtfahrzeugenehmigung; Systemgenehmigung*. Volkswagen AG, 15.10.2015

KBA (Kraftfahrt-Bundesamt) (2019): Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes am 01.01.2019 www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b_jahresbilanz.html

KBA (Kraftfahrt-Bundesamt) (2020): Jahresbilanz – Neuzulassungen, Zahlen des Jahres 2019 im Überblick (www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/jahresbilanz/jahresbilanz-inhalt.html?nn=2594996)

Ohlwein, S. et al. (2018): Health Effects of Ultrafine Particles. Systematic literature search and the potential transferability of the results to the German setting. In: *Umwelt und Gesundheit* 05/2018, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Opitz, O. (2017): Diesel-Panik: Politik ignoriert Zweifel am Grenzwert 40 Mikrogramm. In: FOKUS MONEY ONLINE vom 5.9.2017 (www.focus.de/finanzen/karriere/berufslieben/dieselpanik-wegen-grenzwertluege)

Pöhler, D. (2016): Langjährige Hinweise für zu hohe Stickoxid (NO_x) Fahrzeugemissionen im realen Verkehr. Deutscher Bundestag, 5. Untersuchungsausschuss der 18. Wahlperiode, Ausschussdrucksache 18(31)4.

Raaschou-Nielsen, O. et al. (2013): Air pollution and lung cancer incidence in 17 European Cohorts: prospective analysis from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). In: *Lancet Oncology*, Band 14, Heft 9, S. 813-821.

Shinya, K. et al. (2006): Influenza virus receptors in the human airway. In: *Nature* 440 (7083) 435-436.

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.

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (1993): Stellungnahme des Umweltrates zum Verordnungsentwurf nach § 40 Abs.2 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). In: *Umweltgutachten* 1994. Verlag Metzler-Preschel, Stuttgart.

Steenland, K. et al. (1998): Diesel Exhaust and Lung Cancer in the Trucking Industrie: Exposure-Response-Analysis and Risk Assessment. In: *American Journal of Industrial Medicine*, Band 34, S. 220-228.

Steven, H. (2006): Untersuchungen für eine Änderung der EU-Directive 93/116/EC. UBA-Forschungsbericht UFOPLAN-Nr. 201 45 105.

Strak, M. et al. (2019): Natural and cause-specific mortality and low-level air pollution in a pooled cohort of 392.826 participants in Europe: the ELAPSE project. In: *Environmental epidemiology*. October 2019, Volume 3, p. 383-384.

UBA (Umweltbundesamt) (2020): Luftqualität 2019, vorläufige Auswertung. Hintergrund//Januar 2020. Umweltbundesamt, Fachgebiet II 4.2.

US-EPA (Environmental Protection Agency) (2015): Notice of Violation. A letter from US-EPA to Volkswagen AG from 18.09.2015

US-DOJ (Department of Justice) (2017): Volkswagen AG Agrees to Plead Guilty and Pay \$ 4.3 Billion in Criminal and Civil Penalties; Six Volkswagen Executives and Employees are Indicated in Connection with Conspiracy to Cheat U.S. Emission Tests. *Justice News*, 01-11-2017

van Riel, D. et al. (2006): HSN1 virus attachment to lower respiratory tract. In: *Science* 312(5772) S. 399

VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (2016): VDI-Statusreport: Ruß in luftgetragenem Feinstaub. VDI-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL), Normenausschuss. September 2016.

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.

VW-Newsroom (2015): Erklärung des Vorstandsvorsitzenden der Volkswagen AG, Professor Dr.Martin Winterkorn, 20.09.2015

Weichenthal, S. et al. (2017): Long term exposure to ambient ultrafine particles and respiratory disease incidence in Toronto, Canada: A cohort study. *Environmental Health* (2017), 16(1):64

Weiss, M. et al. (2012): Will Euro 6 reduce the NO_x emissions of new diesel cars? Insights from on-road tests with Portable Emissions Measurement Systems (PEMS). In: *Atmospheric Environment*, Vol. 62, p. 657-665.

WHO (World Health Organization) (2006): Air Quality Guidelines. Global update 2005. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO (World Health Organization) (2013): Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution – REVIHAAP-project, Technical Report. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

Wichmann, H.E. (2018): Gesundheitliche Risiken von Stickstoffdioxid im Vergleich zu Feinstaub und anderen verkehrsabhängigen Luftschadstoffen. In: *Umwelt-Hygiene-Arbeitsmed* 23(2) 57-71, 2018.

WMA (World Medical Association) (2014): WMA-Statement on the Prevention of Air Pollution due to Vehicle Emissions. Adopted by the 65th World Medical Assembly, Durban, South Africa, October 2014.

Wu, X. et al. (2020): Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A cross-sectional study. Harvard T.H. Chan School of Public Health, Boston, MA, 02115, USA

Yang, W.S. et al. (2016): An evidence-based assessment for the association between long-term exposure to outdoor air pollution and the risk of lung cancer. In: *European Journal of Cancer Prevention*. Band 25, Heft 3, s. 163-172.



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

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

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Urteilssicher im Gefahrstoffrecht



Wer für Gefahrstoffe verantwortlich ist oder hierzu berät, kommt um die Berücksichtigung des gesetzlichen **Pflichtenumfangs für Arbeitsschutz und Sicherheit** nicht herum. Dabei berühren zahlreiche Rechtsbereiche den gesamten Lebenszyklus der Gefahrstoffe von der Abgabe, über Verwendung und Lagerung bis zur Entsorgung: ob in der Gefahrstoffverordnung, im Produktsicherheitsrecht, Schadensersatz-, Straf- oder Unfallversicherungsrecht.

Arbeitsschutz und Haftungsrisiken

Anhand von 40 Gerichtsurteilen machen der Jurist Thomas Wilrich und die Chemikerin Cordula Wilrich die relevanten rechtlichen Perspektiven transparent.

- ▶ Konkretisierung durch Regelsetzer
- ▶ Umsetzung in Unternehmen
- ▶ Durchsetzung durch Aufsichtsbehörden
- ▶ Schadensersatz- und Schmerzensgeldansprüche
- ▶ Rückgriffsansprüche von (Unfall-)Versicherungen
- ▶ Strafrechtliche Ermittlungsverfahren von Staatsanwaltschaften

Mithilfe systematischer Fallanalysen lassen sich dabei konkrete **Empfehlungen für die eigene Betriebspraxis** ableiten.

Gefahrstoffrecht vor Gericht

40 Urteilsanalysen zum Arbeitsschutz und zur Haftung nach Chemikalien- und Explosionsunfällen

Von RA Prof. Dr. Thomas Wilrich und Dr. Cordula Wilrich

2021, ca. 280 Seiten, fester Einband,
€ (D) 49,90. ISBN 978-3-503-19118-5
eBook: € (D) 45,40. ISBN 978-3-503-19119-2

Online informieren und bestellen:

 www.ESV.info/19118

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Auf Wissen vertrauen

Bestellungen bitte an den Buchhandel oder: 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

