

Arbeitsplatzbelastungen durch Benzol in Motorradwerkstätten und Werkstätten für Grünpfleegeräte

Projektbericht über das gemeinsame messtechnische Projekt
der Bundesländer

Baden-Württemberg

Bayern

Berlin

Hamburg

Hessen

Rheinland-Pfalz

Thüringen

Stand: Juni 2020

Herausgeber

Hessen
Regierungspräsidium Kassel
Am Alten Stadtschloss 1
34117 Kassel

Autoren

Hessen
Carolina Allin
Regierungspräsidium Kassel
Hessische Ländermessstelle für Gefahrstoffe
Ludwig-Mond-Straße 33
34121 Kassel

Baden-Württemberg
Johannes Schanz
Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Sachgebiet Technischer Arbeitsschutz
Hertzstraße 173
76187 Karlsruhe

Bayern
Dr. Lutz Nitschke
Bayrisches Landesamt für Gesundheit und
Lebensmittelsicherheit
Landesinstitut für Arbeitsschutz und Produktsicherheit
Pfarrstraße 3
80538 München

Berlin
Thomas Lahrz
Landeslabor Berlin-Brandenburg
Landesmessstelle für Gefahrstoffrecht und Innenraumhygiene
Rudower Chaussee 39
12489 Berlin

Hamburg
Sabine Lau
Behörde für Justiz und Verbraucherschutz Hamburg
Amt für Arbeitsschutz - FB Arbeitsplatzbeurteilungen
Billstraße 80a
20539 Hamburg

Rheinland-Pfalz
Michael Tschickardt
Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
Umweltlabor
Kaiser-Friedrich-Straße 7
55116 Mainz

Thüringen
Henning Müller
Thüringer Landesamt für Verbraucherschutz
Regionalinspektion Südthüringen
Karl-Liebknecht-Straße 4
98527 Suhl

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung
 - 1.1 Kampf dem Krebs am Arbeitsplatz
 - 1.2 Messtechnische Ermittlungen und Betriebsrevisionen
 - 1.3 Datenlage
 - 1.4 Ziel
- 2 Gefahrstoff Benzol
 - 2.1 Kraftstoffe
 - 2.1.1 Benzolhaltiger Ottokraftstoff
 - 2.1.2 Benzolfreier Sonderkraftstoff
 - 2.2 Abgase
 - 2.3 Einstufung und Beurteilungsmaßstab
 - 2.4 Umwelt
 - 2.5 Aufnahmewege
 - 2.6 Folgen der Benzol-Exposition
- 3 Die Gewerke
 - 3.1 Motorradwerkstätten
 - 3.1.1 Fahrzeuge und Betriebe
 - 3.1.2 Arbeitsbereiche
 - 3.1.3 Tätigkeiten und Expositionssituationen
 - 3.1.4 Techniken mit Auswirkung auf die Expositionssituation
 - 3.1.5 Betriebsmittel
 - 3.2 GFK-Werkstätten
 - 3.2.1 Geräte und Betriebe
 - 3.2.2 Arbeitsbereiche
 - 3.2.3 Tätigkeiten und Expositionssituationen
 - 3.2.4 Techniken mit Auswirkung auf die Expositionssituation
 - 3.2.5 Betriebsmittel
- 4 Ermittlungen
 - 4.1 Messtechnische Ermittlungen
 - 4.2 Erhebung der Schutzmaßnahmen in Rahmen der messtechnischen Ermittlungen
 - 4.3 Strukturierte Revisionen

5	Ergebnisse
5.1	Umsetzungsstand der Schutzmaßnahmen
5.1.1	Substitution
5.1.2	Technische Maßnahmen
5.1.3	Organisatorische Maßnahmen
5.1.4	Persönliche Maßnahmen
5.2	Statistische Auswertung der Expositionsmessungen und Interpretation
5.2.1	Inhalative Benzol-Exposition in den Motorradwerkstätten
5.2.1.1	Werkstatt
5.2.1.2	Lager
5.2.1.3	Verkauf
5.2.1.4	Büro und Pausenraum
5.2.2	Inhalative Benzol-Exposition in den Werkstätten für Grünpflegegeräte
5.3	Strukturierte Revisionen
5.3.1	Gesetzliche Grundlage bei krebserzeugenden Gefahrstoffen
5.3.2	Betriebsrevisionen in Thüringen
5.3.3	Umsetzungsstand der Schutzmaßnahmen im Vergleich zu den gesetzlichen Anforderungen nach GefStoffV und TRGS 910 in Thüringen
5.3.4	Betriebsrevisionen in anderen Bundesländern
5.4	Darstellung besonderer Fälle von Expositionssituationen
5.4.1	Aktionstag in einer Werkstatt für Grünpflegegeräte zum Saisonbeginn
5.4.2	Arbeiten am offenen Vergaser
5.4.3	Ausgebaute Tanks in der Werkstatt
5.5	Inhalative Belastung gegenüber Kohlenwasserstoffen
5.6	Dermale Exposition
6	Schutzmaßnahmen und weitere Verpflichtungen der Arbeitgeber
6.1	Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen
6.1.1	Substitution
6.1.2	Technische Maßnahmen
6.1.3	Organisatorische Maßnahmen
6.1.4	Persönliche Maßnahmen
6.2	Wirksamkeitsprüfung
6.4	Arbeitsmedizinische Vorsorge
6.5	Expositionsverzeichnis
7	Fazit / Ausblick / Schlusswort
	Quellenverzeichnis
	Abkürzungsverzeichnis
	Anhang: Angaben zu den analytischen Methoden

1 Einleitung

1.1 Kampf dem Krebs am Arbeitsplatz

Krebserkrankungen sind nach den derzeitigen Erkenntnissen der Institutionen der Europäischen Union die häufigste Ursache von arbeitsbedingten Todesfällen in Europa. [1] Auch in Deutschland sind Krebserkrankungen für einen Großteil der Berufserkrankungen mit Todesfolge verantwortlich. [2] Verursacht werden diese tödlich verlaufenden Berufskrankheiten (BK) zum weit überwiegenden Teil durch krebserzeugende Gefahrstoffe am Arbeitsplatz. Das Hessische Ministerium für Soziales und Integration initiierte daher den fachpolitischen Schwerpunkt „Kampf dem Krebs am Arbeitsplatz“. Mit Stand dieses Berichtes wurden auch in den Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Hamburg, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein und Thüringen vergleichbare Programme durchgeführt. Im Rahmen dieser Programme erheben die Aufsichtsbehörden für Arbeitsschutz mit Hilfe von strukturierten, gewerks- und gefahrstoffbezogenen Revisionen Erkenntnisse über die an den Arbeitsplätzen bestehenden Expositionen durch krebserzeugende Gefahrstoffe und den Umsetzungsstand der anzuwendenden Schutzmaßnahmen. Diese Erkenntnisse sollen genutzt werden, um die Beschäftigten konsequent vor arbeitsbedingten Krebserkrankungen zu schützen, vor allem durch die Darstellung noch auszureizender Schutzmaßnahmen. [3]

1.2 Messtechnische Ermittlungen und Betriebsrevisionen

In den Jahren 2016 bis 2018 haben die Ländermessstellen Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Hamburg, Hessen und Rheinland-Pfalz in insgesamt 47 Motorradwerkstätten und Werkstätten für Grünpfleegeräte Arbeitsplatzmessungen zur Ermittlung der Benzol-Belastungen der Beschäftigten durchgeführt. Im Mittelpunkt stand dabei die Belastung der Mechaniker^a in den Werkstätten selbst. Des Weiteren wurden in vielen Betrieben weitere Arbeitsbereiche wie Verkaufs- und Ausstellungsräume, Lager, Büros und Pausenräume beprobt. Dabei wurden zudem die für die Exposition gegenüber Benzol relevanten Daten zum Umsetzungsstand der technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen sowie zur Betriebs- und Arbeitsorganisation erhoben. Des Weiteren wurde in Stichproben der Benzol-Gehalt von Otto- und Sonderkraftstoffen bestimmt. An der gemeinsamen Auswertung dieser Daten beteiligte sich auch das Land Thüringen, das seinerseits noch die Ergebnisse aus über vierzig strukturierten Betriebsrevisionen in diesen Gewerken mit einem Schwerpunkt hinsichtlich der Benzol-Exposition beitrug.

^a Zur besseren Lesbarkeit wurde bei den Berufsbezeichnungen auf die zusätzliche Nennung der weiblichen Form des Wortes verzichtet.

1.3 Datenlage

Die Datenlage zur Benzol-Belastung in Motorradwerkstätten und Werkstätten für Grünpflegegeräte ist aktuell auf einem dürftigen Stand. Zum einen hat sich gezeigt, dass sich vorliegende Messdaten aus Pkw-Werkstätten aufgrund der unterschiedlichen Betriebs- und Arbeitsorganisation und in den Fahrzeugen beziehungsweise Geräten vorkommenden Stoffmengen nicht auf die Benzol-Exposition von Beschäftigten in Motorradwerkstätten und Werkstätten für Grünpflegegeräte übertragen lassen. Zum anderen ist die Vielzahl von Messungen in der Vergangenheit mit den damals gebräuchlichen Messverfahren, die auf die bis zur Aufhebung 2004 gültige Technische Richtkonzentration (TRK) von $3,25 \text{ mg/m}^3$ ausgelegt waren, durchgeführt worden. [4] [5] Eine geringe Anzahl an Messungen mit Bezug zu den aktuellen Beurteilungsmaßstäben der TRGS 910 [6] aus den Bereichen Pkw- und Motorradwerkstätten sowie Werkstätten für Grünpflegegeräte wurde im Rahmen der Messverfahrensentwicklung vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) durchgeführt. [7] [8] Da es sich hierbei um einzelne Messungen zur Erprobung des Messverfahrens handelt und weder die Schutzmaßnahmen noch die Betriebs- und Arbeitsorganisation dokumentiert wurden, können diese Daten nicht für die hier gedachten Zwecke herangezogen werden.

1.4 Ziel

Durch die messtechnische Ermittlung sollte eine aussagekräftige Datenlage geschaffen werden, die eine an den derzeitigen Beurteilungsmaßstäben orientierte Bewertung der Expositionssituation ermöglicht. Zusätzlich wurde der Umsetzungsstand der Schutzmaßnahmen erfasst und bewertet. Ebenfalls sollte die bisherige und zukünftige technische Entwicklung der Gewerke mit Einfluss auf die Benzol-Belastung beschrieben werden. In der Gesamtschau sollte dargestellt werden, an welchen Stellen die Betriebe nachbessern können und müssen, um für Ihre Beschäftigten jegliche vermeidbare Exposition gegenüber dem krebserzeugenden Benzol zu vermeiden.

2 Gefahrstoff Benzol

Benzol wurde in den letzten Jahren weitestgehend aus dem Berufsalltag verdrängt. Gründe hierfür sind zum einen die Sensibilisierung der Gesellschaft gegenüber krebserzeugenden Stoffen und zum anderen das Substitutionsgebot der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV). So findet man zunehmend Betriebe, die ihre handgeführten Geräte mit benzolfreiem Sonderkraftstoff betreiben. Diese Betriebe folgen damit den Forderungen des § 7 (3) GefStoffV. Dies betrifft auch andere als die hier betrachteten Gewerke, da es neben den bekannten Grünpflegegeräten auch andere motorbetriebene Geräte wie Steinsägen und Kehrmaschinen gibt. Diese Forderung nach Substitution gilt aber nicht für den Privatbereich. Noch kann keine Privatperson gezwungen werden, benzolfreien Sonderkraftstoff zu tanken. Das führt zwangsläufig dazu, dass Grünpflegegeräte wie Rasenmäher, Freischneider, Heckenscheren, Kettensägen und so weiter in die Werkstätten kommen, deren Tank und kraftstoffführenden Teile mit Ottokraftstoff gefüllt oder in Kontakt gekommen sind.

2.1 Kraftstoffe

2.1.1 Benzolhaltiger Ottokraftstoff

In den verschiedenen Quellen werden für benzolhaltigen Ottokraftstoff noch die weiteren Begriffe Benzin, Normalbenzin, Superbenzin oder nur Super, Normalkraftstoff oder Vergaserkraftstoff verwendet. Die Definitionen widersprechen sich teils, werden ungenau voneinander abgegrenzt oder nebeneinander verwendet. Nach DIN EN 228 [9] handelt es sich bei Ottokraftstoff mit der CAS-Nr. 8006-61-9 [10] um ein Gemisch aus dem UVCB-Stoff^b Benzin, dem in gewissen Mengen die Zugabe von Additiven wie Antioxidantien, Farbstoffen, reinigenden, schmierenden und rostverhindernden Mittel erlaubt ist. [11] Der Begriff Benzin steht für ein unmittelbares Erdölprodukt mit der CAS-Nr. 86290-81-5, für das auch die alternative Bezeichnung „Naphtha, niedrigsiedend, nicht spezifiziert“ verwendet wird. Benzin besteht aus etwa 150 aliphatischen, olephinischen, cyclischen und aromatischen C₅- bis C₁₂-Kohlenwasserstoffen. Die exakte Zusammensetzung schwankt geographisch und zeitlich zwischen den verschiedenen Erdölquellen der Welt sowie dem Zeitpunkt der Förderung. Benzin enthält in der Regel einen geringen Anteil Benzol.

Da Benzol sich sehr günstig auf die Klopfestigkeit auswirkt, wurden Ottokraftstoffe früher noch zusätzlich mit Benzol angereichert. Seit dem Jahr 2000 ist der maximale Benzol-Gehalt auf ein Volumenprozent in Ottokraftstoffen begrenzt. [12] [13] Diese Konzentration leitet sich aus der EU-Abgasnorm für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge ab, deren Fortschreibung die abgasbedingten Kohlenwasserstoffemissionen ab 2005 um die Hälfte auf 0,1 g/km absenken sollen. [14] [15] Innerhalb des erlaubten Rahmens wird Benzol seitens der Erdölindustrie entweder zugegeben oder destillativ entfernt und andere Additive zur Erhöhung der Klopfestigkeit eingesetzt. In 15 Stichproben wurden in Ottokraftstoffen Benzol-Gehalte zwischen 0,67 und 1,07 Volumenprozent gefunden.

^b UVCB-Stoffe sind Stoffe mit unbekannter oder variabler Zusammensetzung, komplexe Reaktionsprodukte oder biologische Materialien (unknown or variable composition, complex reaction products or biological materials).

2.1.2 Benzolfreier Sonderkraftstoff

Als Alternative zu benzolhaltigen Ottokraftstoffen ist seit über 25 Jahren benzolfreier Sonderkraftstoff verfügbar, der aufgrund seiner Produktionsweise auch als Alkylatbenzin bezeichnet wird. Wie bei Ottokraftstoff handelt es sich dabei um ein Gemisch aus einem nahezu aromatenfreien Benzin (CAS-Nr. 64741-64-6 [10]), dem zur Verwendbarkeit als Kraftstoff noch Additive zugegeben werden. Das aromatenfreie Benzin wird durch Alkylierung überschüssiger Gase der Erdöldestillation gewonnen und besteht fast ausschließlich aus gesättigten, acyclischen Kohlenwasserstoffen.

Da es sich sowohl bei benzolhaltigem Ottokraftstoff als auch bei benzolfreiem Sonderkraftstoff um Stoffgemische handelt, bei dem eine spezifische Benzin-Art nur den Hauptbestandteil innerhalb einer variablen Zusammensetzung darstellt, wird zur begrifflichen Abgrenzung in diesem Projektbericht von Ottokraftstoff und Sonderkraftstoff (und nicht von Normal- oder Alkylatbenzin) gesprochen.

Im Rahmen des Projektes wurde in einer Werkstatt für Grünpflegegeräte, die hauptsächlich private Kundengeräte bearbeitet, stichprobenartig der Tankinhalt zwanzig zufällig ausgewählter Kettensägen beprobt und der Benzol-Gehalt der Kraftstoffproben bestimmt. Die Stichprobenuntersuchung sollte zum einen Aufschluss darüber geben, in wie weit der Einsatz des benzolfreien Sonderkraftstoffes verbreitet ist, und ob die vorgefundenen Sonderkraftstoffe auch tatsächlich als benzolfrei angesehen werden können. Um als benzolfrei angeboten werden zu dürfen, muss der Gehalt unter 0,1 Massenprozent liegen. [16] Nur fünf der zwanzig beprobten Geräte waren mit Sonderkraftstoff betankt. In diesen Sonderkraftstoffen waren 0,005 bis 0,008 Massenprozent Benzol gefunden worden.

Von den betrachteten Kettensägen wurden nur ein Viertel mit Sonderkraftstoff betrieben. Inwieweit sich diese Feststellung auf die Verbreitung des benzolfreien Sonderkraftstoffes verallgemeinern lässt, müsste in einem umfangreicheren Messprogramm analysiert werden, da diese Stichproben nur die momentane Situation eines Betriebes abbildeten.

2.2 Abgase

Das in Ottokraftstoff enthaltene Benzol verbrennt nahezu vollständig im Motor, Reste werden im Abgaskatalysator oxidiert. Das bei Abgasuntersuchungen gefundene Benzol entsteht in der Regel erneut beim Kaltstart des Motors oder durch Vollastanreicherung.

Konstruktionstechnisch bedingt emittieren Zweitaktmotoren deutlich mehr Benzol als Viertaktmotoren, da immer ein geringer Anteil unverbrannten Kraftstoffes ausgestoßen wird. [17]

Messungen in Kfz-Prüfstellen in den Jahren 2010 und 2011 zur Ermittlung der Abgasbelastung der Beschäftigten, die die Abgasuntersuchung im Rahmen der Hauptuntersuchung von Kraftfahrzeugen durchführen, haben gezeigt, dass in solchen Arbeitsbereichen, in denen laufende Motoren zu einer für eine Arbeitsschicht typischen Gefahrstoffquelle zählen, die Benzol-Belastungen unterhalb der Nachweisgrenze von 0,1 mg/m³ lagen. [18] Messungen bei Grünpflegearbeiten mit Geräten, die mit benzolhaltigem Ottokraftstoff betankt waren, haben gezeigt, dass die Belastung der Beschäftigten im 90. Perzentil knapp unterhalb der aktuellen Akzeptanzkonzentration von 0,2 mg/m³ lagen. Dabei ist davon auszugehen, dass beim bestimmungsgemäßen Einsatz der Geräte die überwiegende Benzol-Belastung aus den Abgasen der Geräte stammt, nicht aus deren diffusen Emissionen, da die Geräte ausschließlich im Freien eingesetzt werden. [8]

Messtechnisch abgebildet wurde in diesem Projekt die Benzol-Belastung bei der Wartung und Reparatur von Fahrzeugen und Geräten, die mit Ottokraftstoff betankt sind, nicht deren Betrieb. Es wird angenommen, dass der Anteil der Benzol-Belastung, der aus den Abgasen der Fahrzeuge und Geräte bei kurzen Probeläufen stammt, bei normalem Werkstattbetrieb vernachlässigbar klein ist. Es sei jedoch auf Kapitel 5.4.1 verwiesen, in dem ein Aktionstag zum Saisonstart in einer Werkstatt für Grünpflegegeräte gezeigt hat, dass bei vielen Probeläufen innerhalb der Werkstatt die zehnfache Benzol-Belastung im Vergleich zum Normalbetrieb erreicht werden kann.

2.3 Einstufung und Beurteilungsmaßstab

Die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung gefährlicher Stoffe und Gemische vor dem Inverkehrbringen wird durch die CLP-Verordnung [16] EU-weit verbindlich festgelegt. Benzin als Hauptbestandteil der Ottokraftstoffe ist harmonisiert[°] als krebserzeugend, keimzellmutagen und aspirationstoxisch eingestuft. Nur wenn der Massegehalt nachweislich weniger als ein Volumenprozent Benzol beträgt, entfällt die Einstufung als krebserzeugend und keimzellmutagen. Darüber hinaus wird die weitere Einstufung von Benzin unter anderem vom Flammpunkt, Siedebeginn und der Konzentration seiner Inhaltsstoffe bestimmt. Ottokraftstoffe können zu nicht unerheblichen Anteilen Toluol, Xylolen, n-Hexan, tert-Butylmethylether, 2-Methyl-1-propanol, 2-Propanol und Ethanol enthalten, was je nach Vorhandensein und Konzentration des jeweiligen Stoffes eine Einstufung des Kraftstoffs in weitere Gefahrenklassen bewirken kann. Die Einstufungen unterschiedlicher Ottokraftstoffe können daher in Abhängigkeit vom enthaltenen Benzin und den herstellereigenen Additiven voneinander abweichen. In der nachfolgenden Tabelle 1 werden die Einstufung von Benzol und Ottokraftstoff gegenübergestellt [10]:

[°] Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien der Vereinten Nationen

Tabelle 1: Einstufung von Benzol und Ottokraftstoff.

Gefahrenklasse	Benzol CAS-Nr. 71-43-2	Ottokraftstoff CAS-Nr. 8006-61-9	Wortlaut des Gefahrenhinweises
	Einstufung	Einstufung	
Entzündbare Flüssigkeiten	Flam. Liq. 2; H225	Flam. Liq. 1; H224	Flüssigkeit und Dampf extrem entzündbar. (H224) Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. (H225)
Ätzwirkung auf die Haut/Hautreizung	Skin Irrit. 2; H315	Skin Irrit. 2; H315	Verursacht Hautreizungen.
Schwere Augenschädigung/ Augenreizung	Eye Irrit. 2; H319	--- ^d	Verursacht schwere Augenreizung.
Keimzellmutagenität	Muta. 1B; H340	Muta. 1B; H340	Kann genetische Effekte verursachen.
Karzinogenität	Carc. 1A; H350	Carc. 1B; H350	Kann Krebs erzeugen.
Reproduktionstoxizität	---	Repr. 2; H361	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen.
Spezifische Zielorgan-Toxizität (einmalige Exposition)	---	STOT SE 3; H336	Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.
Spezifische Zielorgan-Toxizität (wiederholte Exposition)	STOT RE 1; H372	--- ^e	Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition.
Aspirationsgefahr	Asp. Tox. 1; H304	Asp. Tox. 1; H304	Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.
Gewässergefährdend	Aquatic Chronic 3; H412	Aquatic Chronic 2; H411	Giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung. (H411) Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung. (H412)

^d Teilweise auch Einstufung als Eye Irrit. 2; H319

^e Teilweise auch Einstufung als STOT RE 2: H373; H373: Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition.

In der Europäischen Union gilt nach Richtlinie 2004/37/EG für Benzol ein Grenzwert von $3,25 \text{ mg/m}^3$ [19] im Schichtmittel als Mindeststandard zur Bewertung der beruflichen Exposition. Es handelt sich dabei aber nicht um einen Arbeitsplatzgrenzwert, unterhalb dessen akute oder chronische gesundheitliche Schäden ausgeschlossen werden können. Der Grenzwert ist durch die einzelnen Mitgliedsstaaten national umzusetzen. Bis zur Aufhebung im Jahr 2004 galt in Deutschland die Technische Richtkonzentration (TRK) als verbindlicher Beurteilungsmaßstab für Benzol, nach einer langen Geschichte der schrittweisen Absenkung zuletzt in gleicher Höhe des europäischen Grenzwertes. [20] Aufgrund der krebserzeugenden Wirkung von Benzol wurde in Deutschland für Tätigkeiten mit Benzol kein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW), sondern eine Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) nach der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 910 [6] abgeleitet. Dabei wurde die Toleranzkonzentration – verknüpft mit einem statistischen zusätzlichen Krebsrisiko von 4 zu 1.000 – von $1,9 \text{ mg/m}^3$ und die Akzeptanzkonzentration (Risiko 4 zu 10.000) von $0,2 \text{ mg/m}^3$ festgelegt. Die ERB für Benzol wurde 2012 veröffentlicht und ist seit der Novellierung der GefStoffV im Jahre 2014 verbindlich. Das Risikokonzept wird in Kapitel 5.3.1 erläutert.

Der Arbeitsplatzgrenzwert für Kohlenwasserstoffgemische ist nach Nr. 2.9 TRGS 900 ($\text{AGW}_{\text{Gemisch}}$ nach der RCP-Methode) nicht auf Kraftstoffe anzuwenden.

2.4 Umwelt

Abzugrenzen von der Benzol-Exposition der Beschäftigten, die berufsbedingten Umgang mit Benzol haben, ist die davon unabhängig vorhandene ubiquitäre, anthropogene Benzol-Belastung der Umwelt, welche nicht in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen ist. Diese wird durch einen Immissionsgrenzwert in der Außenluft in Höhe von $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ im Kalenderjahresmittel abgedeckt, der durch § 7 der 39. BImSchV die EU-Richtlinie 2008/50/EG in nationales Recht umsetzt wurde. In Abgrenzung zum Beurteilungsmaßstab für die berufsbedingte Exposition gegenüber Benzol soll der Immissionsgrenzwert Mensch und Umwelt vor den schädlichen Auswirkungen eines Stoffes schützen.^f Die Höhe dieses Wertes ist nicht mit den beruflichen Beurteilungsmaßstäben vergleichbar, da die wissenschaftliche Ableitung beider Wertarten aufgrund der unterschiedlichen Zielsetzung auf unterschiedlicher Grundlage geschieht. Während sich die ERB für Benzol auf eine Belastung von volljährigen, gesunden Arbeitnehmern während 40 Berufsjahren mit 40 Wochenstunden à achtstündigen Arbeitstagen bezieht, berücksichtigt der Immissionsgrenzwert eine Dauerbelastung der gesamten Bevölkerung, nämlich auch der gefährdetsten Gruppen wie Kinder und Menschen mit Vorerkrankungen, für die ein berufsbedingter Umgang mit Benzol ausgeschlossen werden kann. Der Immissionsgrenzwert liegt um den Faktor vierzig unterhalb der Akzeptanzkonzentration, weshalb dieser vom Arbeitgeber nicht beeinflussbare Beitrag auch bei mehrfacher Überschreitung keinen nennenswerten Beitrag zur Gesamtbelastung der Beschäftigten gegenüber Benzol liefert.

^f Siehe § 1 Nr. 15 39. BImSchV

2.5 Aufnahmewege

Den Hauptaufnahmeweg für Benzol und Ottokraftstoff in den Körper stellen die Atemwege dar. Die inhalative Resorptionsquote für Benzol beträgt bei längerer Exposition etwa 50 %. [21] Aufgrund der Gemischeigenschaft des Ottokraftstoffs lässt sich für diesen keine pauschale Resorptionsquote ableiten, da diese stoffspezifisch bestimmt werden muss. Bei Hautkontakt mit Kraftstoff stellt auch die dermale Aufnahme einen weiteren signifikanten Aufnahmeweg dar. Dabei ist die Resorption stark abhängig von den Einwirkbedingungen. Vor allem verlängerter und wiederholter, intensiver Hautkontakt mit Ottokraftstoff führt als Folge der Hautentfettung und Störung der normalen Membranfunktion der Haut zusätzlich zu einer Resorptionsverstärkung sonst weniger gut resorbierbarer Einzelstoffe des Stoffgemisches. [10]

2.6 Folgen der Benzol-Exposition

Akute Folgen einer Benzol-Exposition bestehen in einer Reizwirkung auf Haut und Schleimhäute und Wirkungen auf das zentrale Nervensystem, wobei diese im Vordergrund einer Benzol-Vergiftung stehen. Symptome einer leichten Vergiftung sind beispielsweise Schwindel, Benommenheit, Kopfschmerz und Brechreiz. Schwerere Fälle sind durch Erregung und Krämpfe, Herzrhythmusstörungen, Bewusstlosigkeit, Atemdepression gekennzeichnet. Erst bei Benzol-Expositionen von 65.000 mg/m^3 tritt der Tod innerhalb von wenigen Minuten ein. [10]

Da in den betrachteten Gewerken die Benzol-Expositionen weit unter diesem Wert liegen, sind die Folgen der chronischen Benzol-Exposition dominierend. Hauptzielorgan der toxischen Wirkung ist dabei das blutbildende System. Benzol schädigt dabei im Knochenmark ablaufende wichtige Blutbildungsprozesse [22], wodurch es zu Veränderungen im Blutbild und unspezifischen Symptomen wie Müdigkeit, Schwäche, Schlaflosigkeit, Schwindel, Übelkeit, Kopfschmerzen und Abmagerung kommen kann.

Benzol und seine Stoffwechselprodukte können zu Chromosomenveränderungen führen und das Erbgut schädigen. Des Weiteren konnte in epidemiologischen Studien ein Zusammenhang zwischen einer beruflichen Benzol-Exposition und dem Auftreten von Leukämien gefunden werden.

Im Zusammenhang mit der beruflichen Benzol-Exposition gibt es mehrere anerkennungsfähige Berufskrankheitsbilder, die in der Berufskrankheiten-Verordnung [23] aufgeführt sind: BK 1303 „Erkrankungen durch Benzol, seine Homologe oder durch Styrol“, BK 1317 „Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische“ und BK 1318 „Erkrankungen des Blutes, des blutbildenden und des lymphatischen Systems durch Benzol“. Zahlen der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) zu Berufskrankheiten (Verdachtsfälle, anerkannte Berufskrankheiten und Todesfälle infolge einer beruflich bedingten Erkrankung) finden sich in Tabelle 2. [24]

Tabelle 2: Zahlen zum Berufskrankheitengeschehen in Deutschland aus den Jahren 2005 bis 2018, die im Zusammenhang mit einer berufsbedingten Benzol-Exposition stehen.

BK-Fallart	BK-Nr.	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Verdachtsfälle	BK 1303	376	87	54	54	62	67
	BK 1317	331	234	164	143	148	139
	BK 1318	-	725	1.261	1.265	1.338	1654
Anerkannte BK	BK 1303	35	27	4	4	3	1
	BK 1317	18	8	6	11	7	7
	BK 1318	-	159	303	355	328	349
Todesfälle	BK 1303	26	22	9	9	5	5
	BK 1317	-	-	-	1	-	-
	BK 1318	2	47	129	117	114	95

3 Die Gewerke

Zu Beginn der Aktion gab es Bedenken, den Motorradwerkstätten und Werkstätten für Grünpfleegeräte würde mit dieser Aktion zu viel Zeit gewidmet, da es sich fast ausschließlich um Klein- oder Kleinstbetriebe mit weniger als zehn Beschäftigten handelt, und somit nur eine verhältnismäßig kleine Gruppe innerhalb der Gesamtarbeitnehmerschaft betrachtet würde. Die aktuellen Zahlen der Bundesagentur für Arbeit aber zeigen, dass die Ergebnisse dieser Schwerpunktaktion sehr vielen Beschäftigten zu Gute kommen könnten.

Tabelle 3: Betriebe und sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in Deutschland nach ausgewählten Wirtschaftszweigen [18] ⁹

WZ 2008	Betriebe	Beschäftigte
3312 Reparatur von Maschinen (darunter auch Land- und Forstmaschinen)	5.441	58.914
9529 Reparatur von sonstigen Gebrauchsgütern (darunter auch Gartenmaschinen)	2.103	6.168
454 Handel mit Krafträdern, Kraftradteilen und -zubehör; Instandhaltung und Reparatur von Krafträdern	2.730	15.727

Natürlich ist die Zahl der Pkw-Werkstätten bedeutend größer. Diese wurden aber bewusst nicht in dieses Projekt einbezogen, da es schon eine Reihe von Veröffentlichungen zu Schutzmaßnahmen in diesen Bereichen gibt. [25] [26] [27]

⁹ (WZ 2008); Deutschland, Stichtag: 31.03.2019; Erstellungsdatum: 06.12.2019, Zentraler Statistik-Service, Auftragsnummer 295407; © Statistik der Bundesagentur für Arbeit

3.1 Motorradwerkstätten

3.1.1 Fahrzeuge und Betriebe

Die Betriebe von Pkw- und Motorradhändlern unterscheiden sich. Für dieses Projekt sind folgende Punkte bedeutsam:

- Im Vergleich zu Pkw-Händlern beschäftigen Motorradhändler weniger Personal in ihren Werkstätten. Meist waren es nur zwei bis vier Mechaniker, oft aber auch nur einer.
- Die vollständige räumliche Trennung zwischen Verkaufsraum und Werkstatt ist bei Motorradhändlern oft nicht gegeben.
- Die Lagerung von betankten zu verkaufenden Gebrauch- und Kundenfahrzeugen erfolgt überwiegend innerhalb der Betriebe in einem Ausstellungsraum und gegebenenfalls eigenen Räumen für die Kundenfahrzeuge, da Motorräder ansonsten ungeschützt jeglichen Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Ein weiterer Grund für die Innenlagerung ist die Diebstahlsicherung. Motorradhändler verfügen daher kaum über Außenstellflächen für zu verkaufende Fahrzeuge.
- Darüber hinaus ist die Reparatur von Motorrädern ein Saisongeschäft; im Frühjahr und Sommer wird gefahren, im Herbst und Winter gewartet und repariert. Allein durch die Entscheidung für ein Saisonkennzeichen ist zwischen November und März ein Werkstattbesuch nur für wenige Halter möglich, da die Fahrzeuge dann nur auf einem Hänger zur Werkstatt transportiert werden können.



<http://saisonkennzeichen.info/>

3.1.2 Arbeitsbereiche

Neben der eigentlichen Werkstatt, in der die Reparatur- und Wartungsarbeiten an Motorrädern durchgeführt werden, sind in den Betrieben weitere gut abgrenzbare Arbeitsbereiche zu finden. Zu nennen sind dabei folgende Orte:

- Lagerräume, teilweise unterscheidbar zwischen einem Lagerbereich für Fahrzeuge und Lagerbereichen für Ersatz- und Zubehörteile, oft mit fließenden Übergang in den Werkstattbereich
- Verkaufsbereiche
- Büroräume
- Pausenräume

Die Hauptemissionen von Benzol sind im Bereich der Werkstatt zu erwarten und auch zu finden (siehe Kapitel 5). Trotzdem wurden bei der Projektdurchführung auch in den anderen Arbeitsbereichen Benzol-Messungen durchgeführt. Zum einen sind die Arbeitsbereiche häufig räumlich eng verbunden, sodass ein Luftaustausch zwischen den Arbeitsbereichen möglich ist, und zum anderen befinden sich in den Verkaufs- und Lagerräumen häufig Fahrzeuge, die betankt sind. Insbesondere aus den Tanks dieser betankten Fahrzeuge gelangen durch das Verdampfen geringer Mengen Ottokraftstoff - und damit auch Benzol - als diffuse Emissionen in die Luft dieser Arbeitsbereiche.

3.1.3 Tätigkeiten und Expositionssituationen

Tätigkeiten an den Motorrädern finden in Werkstätten neben den technischen Reparaturen zu unterschiedlichen Zwecken statt. Neben Routinewartungen, die den Wechsel der verschiedenen Betriebsflüssigkeiten vorsehen und der wiederkehrenden Hauptuntersuchung nach §29 StVZO fallen Karosseriearbeiten (zum Beispiel zur Beseitigung von Unfallschäden), Reifenwechsel und Reparaturen an. Die Arbeiten finden dabei nicht nur an kraftstoffführenden Teilen statt, daher ist bei den Expositionssituationen grundsätzlich zwischen offenen Emissionsquellen bei Arbeiten an kraftstoffführenden Teilen und diffusen Emissionen zu unterscheiden. Bei folgenden Tätigkeiten ist durch offene Emissionsquellen mit einem Austritt von Kraftstoff- und damit Benzol-Dämpfen in die Raumluft zu rechnen. [28]

- Arbeiten an allen kraftstoffführenden Teilen als offene Emissionsquellen:
 - Tank (Entleerung, Ausbau und Neubetankung)
 - insbesondere bei Reparaturen notwendiges Entfernen von Kraftstoffleitungen
 - Kraftstoffpumpe
 - Kraftstofffilter und -ventile, vor allem als Teil der Wartungs- und Reparaturarbeiten an älteren Fahrzeugen
 - Motor, insbesondere wenn eine Abnahme des Zylinderkopfes erforderlich ist, zum Beispiel zum Reinigen des Motors und Einstellung der Ventilspiele
 - Vergaser, insbesondere, wenn eine Öffnung zur Reinigung und Einstellung erforderlich ist,
 - Beseitigung von Undichtigkeiten im Kraftstoffsystem
- unbeabsichtigt austretender Kraftstoff, zum Beispiel durch Undichtigkeiten im Kraftstoffsystem, unsachgemäßem Ausbau des Tanks oder Lösen von Kraftstoffleitungen
- durch einen Motorschaden mit Kraftstoff vermishtes Motoröl
- Betanken (zum Beispiel bei Inbetriebnahme von Neufahrzeugen oder nach Tankausbau)

Die in einem Arbeitsbereich befindlichen, betankten Fahrzeuge stellen immer eine zusätzliche diffuse Emissionsquellen dar. Dabei gelangen Kraftstoffdämpfe über die Tankentlüftung in den Arbeitsbereich, auch wenn die Beschäftigten eigentlich keinen direkten Umgang mit Gefahrstoffen haben. Dies gilt einerseits für Ausstellungs- oder separate Lagerräume, aber auch für Werkstätten, da sich der Mechaniker, auch wenn er keine der oben beschriebenen Tätigkeiten ausführt, mit seinem Atembereich sehr nah am Fahrzeug und damit der diffusen Emissionsquelle befindet.

3.1.4 Techniken mit Auswirkung auf die Expositionssituation

Die allgemeine Expositionssituation ist abhängig vom Alter beziehungsweise des technischen Stands der bearbeiteten Motorräder. In den Werkstätten von Vertragshändlern, deren Hauptgeschäft im Verkauf von Neufahrzeugen liegt, laufen vorwiegend neuere Motorräder auf. Diese erfordern seltener Arbeiten an kraftstoffführenden Teilen, insbesondere keine Arbeiten im Motor, und besitzen keine Vergaser mehr. Eine Ausnahme bilden Vertragshändler hochpreisiger, besonders langlebiger Fahrzeugmarken, da hier die Reinigung der Vergaserbatterie und das Einstellen der Ventilspiele am Motor noch zu häufig vorkommenden Arbeiten gehören. Nicht an eine Marke vertragsgebundene Betriebe („freie Werkstätten“) dagegen bearbeiten im Schnitt ältere Fahrzeuge als sogenannte Vertragswerkstätten, da die Kunden aus wirtschaftlichen Gründen oft von einer Vertrags- zu einer freien Werkstatt wechseln, wenn das Fahrzeug seine Garantie verloren oder ein gewisses Alter überschritten und damit an Wert verloren hat. Dementsprechend werden hier häufiger Arbeiten mit direkter Kraftstoff- und damit Benzol-Exposition ausgeführt, da sich der Reparaturbedarf mit dem Alter des Fahrzeugs erhöht.

Bei Motorrädern wurde die Vergasertechnik beginnend in den 1990er Jahren und verstärkt nach der Jahrtausendwende durch Einspritzanlagen ersetzt. [29] Auf Grund der verschärften Abgasbestimmungen gibt es seit etwa 2008 kaum noch neue Motorräder mit Vergasern. Durch die Verordnung (EU) Nr. 168/2013 [30] sind zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte bei Krafträdern nur noch Einspritzsysteme auf dem Markt. Zur weiteren Verringerung von Verdunstungsemissionen wurden Aktivkohlefilter für die Tankentlüftungen eingeführt, Schnellschlussverbindungen für Kraftstoffleitungen und speziell konstruierte Tankdeckel, die während der Reparaturarbeiten zur Verminderung der Verdampfung von Kraftstoff beitragen können. Diese Maßnahmen basieren unter anderem auf der seit 2016 gültigen EU-Verordnung UNECE-R 41.04 für neue Motorräder. [31]

3.1.5 Betriebsmittel

Motorräder werden in der Regel mit Ottokraftstoff betrieben, der Marktanteil dieselbetriebener Zweiräder ist zu vernachlässigen. Neben der potentiellen Belastung durch Benzol als Bestandteil der Kraftstoffdämpfe ist auch mit Gefahrstoffen zu rechnen, die aus den anderen Betriebsflüssigkeiten emittieren können. In den Motorrädern selbst sind als Betriebsflüssigkeiten neben Kraftstoff noch Motoröl, Getriebeöl, Bremsflüssigkeit und Stoßdämpferöl vorhanden, von denen ausschließlich der Kraftstoff Benzol enthält. Diese Betriebsflüssigkeiten werden in den Werkstätten in den entsprechenden Kanistern in Mengen zum Handgebrauch vorgehalten, meist auch ein bis zwei 20L-Kraftstoffkanister. Nur bei Motorschäden kann es zu einer Vermischung von Kraftstoff und Motoröl kommen. Daneben werden diverse Reiniger in flüssiger Form für Reinigungsarbeiten an Teilewaschplätzen und Ultraschallgeräten oder als Sprays, zum Beispiel Bremsenreiniger eingesetzt. An den Teilewaschplätzen findet man meist additivfreie, aliphatische Kohlenwasserstoffgemische.

3.2 Werkstätten für Grünpflegegeräte

3.2.1 Geräte und Betriebe

Die Auswahl an Grünpflegegeräten zum Einsatz vom privaten Garten bis zum forstwirtschaftlichen Betrieb ist groß. Sie reicht von handgeführten Geräten bis zu Aufsitzmaschinen. Die bekanntesten sind Rasenmäher, Vertikutierer, Motorsägen, Freischneider, handgeführte einachsige Motorschlepper mit verschiedenen Aufsätzen zum Beispiel als Hacke, Laubgebläse, Kehrmaschinen, mobile Stromerzeuger, oder Pumpe.

Werkstätten für Grünpflegegeräte sind meist unter dem Dach größerer Betriebe integriert, die diese Geräte auch verkaufen und vermieten. Im Gegensatz dazu betreiben kommunale Bauhöfe, landwirtschaftliche Betriebe, Landschaftsgärtner und Forstverwaltungen in der Regel eigene Werkstätten, in denen auch eine Vielzahl der oben genannten Geräte gewartet und repariert werden. Diese Betriebe sind in Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach der GefStoffV verpflichtet, den Einsatz von Ottokraftstoff in Hinblick auf Substitutionsmöglichkeiten zu prüfen. Der Einsatz von benzolfreiem Kraftstoff ist daher schon verbreitet.

Im Gegensatz dazu werden bei Betrieben, die Grünpflegegeräte verkaufen und warten, überwiegend privat genutzte Geräte bearbeitet. Diese sind meist seitens der Kunden mit benzolhaltigem Ottokraftstoff betankt. Der Anteil der Betankung mit Otto- oder Sonderkraftstoff hängt dabei unmittelbar mit der Haltung des Betriebs zum benzolfreien Sonderkraftstoff zusammen und wie konsequent dieser durch den Betrieb selbst eingesetzt und bei den Kunden beworben wird.

Auch die Werkstätten für Grünpflegegeräte zeigen saisonale Unterschiede. Während die Geräte meist in der Vegetationsperiode zum Einsatz kommen, und dann auch meist nur zur Instandsetzung der Schneidwerkzeuge, ist im Winter Zeit für eine Generalüberholung und Wartung.

Allgemein ist auch hier der Trend vom Kraftstoff- zum Elektromotor deutlich erkennbar und das nicht nur aus Gefahrstoffsicht. Andere arbeitsschutzrelevante Gefährdungen werden reduziert:

- Lärm
- Muskel-Skelett-Beanspruchung durch geringeres Gewicht
- inhalative Belastung durch fehlende Abgase

3.2.2 Arbeitsbereiche

Die Einteilung der Arbeitsbereiche, in denen Reparatur- und Wartungsarbeiten an Grünpflegegeräten durchgeführt werden, unterscheidet sich nicht von der in Kapitel 3.1.2 beschriebenen Arbeitsbereichseinteilung bei Motorradhändlern. Auch bei Werkstätten für Grünpflegegeräte findet man in der Regel neben der eigentlichen Werkstatt Verkaufs-, Büro- und Pausenräume sowie Lagerräume für verschiedene Zwecke. Als wesentlicher Unterschied zu den Motorradwerkstätten ist zu nennen, dass die Gebäude, in denen sich die Betriebe mit ihren zugehörigen Verkaufs- und Werkstattträume befinden, teilweise wesentlich größer als vergleichbare Räume in den Motorradwerkstätten sind. Das hängt damit zusammen, dass diese Betriebe häufig baulich dafür ausgelegt sind, auch land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge wie Erntemaschinen zu warten und zu reparieren.

Auch in den Werkstätten für Grünpflegegeräte ist die Hauptemissionen von Benzol im Bereich der Werkstatt selbst zu erwarten. Wie in den Motorradwerkstätten wurden bei der Projektdurchführung in den anderen Arbeitsbereichen ebenfalls Benzol-Messungen aus den bereits im Kapitel 3.1.2 genannten Gründen durchgeführt.

3.2.3 Tätigkeiten und Expositionssituationen

Die Arbeiten an kraftstoffführenden Teilen bei den Wartungs- und Reparaturarbeiten an Grünpflegegeräten sind in der Regel mit den Tätigkeiten, die an Motorrädern durchgeführt werden, vergleichbar (siehe Kapitel 3.1.3). Der wahrscheinlich wesentlichste Unterschied ist, dass das kraftstoffführende System bei Grünpflegegeräten wesentlich kompakter konstruiert ist. Das führt auch dazu, dass bei den Arbeiten an Grünpflegegeräten wesentlich häufiger als bei Motorrädern kraftstoffführende Teile aus- und eingebaut werden müssen.

Auch hier kann zwischen offenen und diffusen Kraftstoffemissionsquellen unterschieden werden. Bei den offenen Emissionsquellen ist neben dem Arbeiten an kraftstoffführenden Teilen vor allem das unbeabsichtigte Austreten von Kraftstoff zu nennen.

Typisch für Wartungs- und Reparaturarbeiten an Grünpflegegeräten ist, dass bei Inspektionen in der Regel immer der Vergaser zur Reinigung ausgebaut wird und dabei nicht unerhebliche Kraftstoffmengen freigesetzt werden.

Betankte Grünpflegegeräte stellen immer eine diffuse Kraftstoffemissionsquelle dar. Das merkliche Verdampfen von Kraftstoff aus Tank und Vergaser wird vor allem im Sommer bei höheren Temperaturen deutlich, wenn es bei länger nicht benutzten Geräten zu Startschwierigkeiten kommt, weil sich zunächst im Vergaser kein zündfähiges Gemisch mehr bilden kann. Dieses Phänomen findet man fast nur bei der Verwendung von Ottokraftstoff. Der Sonderkraftstoff hat auf Grund seines günstigeren Siedebereiches dieses Problem seltener.

3.2.4 Techniken mit Auswirkung auf die Expositionssituation

Während bei den Motorrädern die Vergasertechnik weitestgehend durch die Einspritzanlage verdrängt wurde, sind Motoren von Grünpflegegeräten aufgrund der geringen Motorgröße grundsätzlich mit einem Vergaser ausgestattet. Größenbedingt wird es hier keine Umstellung von Vergasern auf Einspritzer geben. Langfristig ist zu erwarten, dass die kraftstoffbetriebenen Motoren bei diesen Geräten durch Elektromotoren verdrängt werden.

3.2.5 Betriebsmittel

In Werkstätten für Grünpflegegeräte werden in der Regel die gleichen Betriebsmittel wie in Motorradwerkstätten verwendet (siehe Kapitel 3.1.5). Die Verbrauchsmengen von einigen Betriebsmitteln sind bei beiden Werkstatttypen natürlich unterschiedlich. Bei Werkstätten für Grünpflegegeräte kommen Schmieröl für Kettensägen und Sonderkraftstoff als weitere Betriebsmittel hinzu.

4 Ermittlungen

4.1 Messtechnische Ermittlungen

Die Probenahme zur Ermittlung der inhalativen Exposition gegenüber Benzol an den Arbeitsplätzen erfolgte personenbezogen und stationär mittels entsprechender Probenahmepumpen (Personal Air Sampler) und Anreicherung auf Probenträgern. Zur Anwendbarkeit der Beurteilungsmaßstäbe wurden mit den Messungen für einen ganzen Arbeitstag repräsentative Zeiträume beprobt und aus den personengetragenen Messungen die Schichtmittelwerte, aus den stationären Messungen die zeitgewichteten Mittelwerte berechnet, die bezüglich der Mindestprobenahmezeit die Anforderungen der TRGS 402 [32] erfüllten. Neben den personengetragenen Messungen bei den Mechanikern der Werkstätten erfolgten begleitende stationäre Messungen zur Ermittlung der Grundbelastung in den Werkstattträumen. In angrenzenden Arbeitsbereichen wurde mit weiteren stationären Messungen die Belastung weiterer Beschäftigter beurteilt, die nur mittelbar exponiert waren, zum Beispiel durch Lagerung teilbetankter Motorräder im Verkaufsbereich oder bei direkter räumlicher Verbindung zwischen Werkstatt und Büro.

Die messtechnische Ermittlung erfolgte mit den Methoden, die in den jeweiligen Laboratorien etabliert waren. Besondere Vorgaben wurden nicht vereinbart. Jedoch galten wie bereits für die Probenahme die in der TRGS 402 festgelegten Vorgaben an die Analysenverfahren, was insbesondere die Anforderungen an die erweiterte Messunsicherheit, den Messbereich und die Bestimmungsgrenze betraf. Außerdem war sicherzustellen, dass der Zustand der Proben durch Transport und Lagerung nicht verändert wird. Die Details der angewandten analytischen Verfahren werden in Anhang I aufgeführt.

Ziel einer Arbeitsplatzmessung nach TRGS 402 ist die Beurteilung der Belastung der Arbeitnehmer gegenüber einem bestimmten Gefahrstoff, hier Benzol. Auch wenn für die Ableitung von Schutzmaßnahmen die Quellen des Gefahrstoffes sowie deren Beitrag zur Gesamtbelastung betrachtet werden müssen, so kann die Messung als solche nicht zwischen den einzelnen Quellen, das heißt zwischen offenen und diffusen Emissionsquellen sowie Abgasen, unterscheiden.

4.2 Erhebung der Schutzmaßnahmen in Rahmen der messtechnischen Ermittlungen

In den beprobten Betrieben wurden im Zuge der messtechnischen Ermittlungen weitere Parameter in Zahlen erfasst:

- Anzahl der im Arbeitsbereich arbeitenden Beschäftigten
- Anzahl der in den Arbeitsbereichen vorhandenen Geräten beziehungsweise Fahrzeuge, die zur diffusen Emission von Benzol beitragen können
- Raumvolumen und
- Größe der aktiven Lüftungsflächen

Des Weiteren erfolgte durch Beobachtung der Betriebsorganisation und der Arbeitsabläufe sowie durch Gespräche mit den Beschäftigten eine empirische Erfassung des Gefährdungsbewusstseins und des Umsetzungsstandes der Schutzmaßnahmen hinsichtlich des Gefahrstoffes Benzol.

4.3 Strukturierte Betriebsrevisionen

Insgesamt wurde dieses Projekt in vier Bundesländern durch die Aufsicht begleitet, aber die Vorgehensweisen waren unterschiedlich, sodass keine gemeinsame Auswertung möglich ist. Daher sind im Kapitel 5.3 exemplarisch die Erkenntnisse aus Thüringen dargestellt. Im Rahmen der landesweiten Revisionen wurden den Betrieben Fragen zur Umsetzung gefahrstoffbezogener Arbeitsschutzmaßnahmen gestellt.

5 Ergebnisse

5.1 Umsetzungsstand der Schutzmaßnahmen

5.1.1 Substitution

Die Betriebe können nur begrenzt ihrer Substitutionspflicht nach §§ 6 und 7 GefStoffV nachkommen. Motorräder werden grundsätzlich mit benzolhaltigem Ottokraftstoff betankt. Motorradwerkstätten haben an dieser Stelle überhaupt keinen Handlungsspielraum. Über den enthaltenen Kraftstoff in Grünpflegegeräten entscheidet der Kunde, der sie zumeist betankt in die Werkstatt bringt. Die Betreiber der Werkstätten für Grünpflegegeräte können nur entscheiden, mit welcher Kraftstoffart sie verkaufte Neugeräte betanken beziehungsweise in welchem Betankungszustand sie Kundengeräte an den Eigentümer zurückgeben. Eine Annahmeverweigerung von mit Ottokraftstoff betankten Grünpflegegeräten würde den Betrieben ihre Existenzgrundlage nehmen. Jedoch hat der Betrieb die Möglichkeit, durch aktive Bewerbung des Sonderkraftstoffes, auf den privaten Kunden einzuwirken. So zeigte sich, dass in den Betrieben für Grünpflegegeräte, die ihre Kunden dahingehend beraten, auch der Anteil der in der Werkstatt auflaufenden, mit Sonderkraftstoff betankten Geräte, größer war als in den Betrieben, in denen die Kraftstoffalternativen in der Kundenberatung keine Rolle spielten.

5.1.2 Technische Maßnahmen

Während der Probenahme, der damit verbundenen Abläufe und aus den Gesprächen mit den Werkstattmitarbeitern konnte festgestellt werden, dass das Bewusstsein der Beschäftigten für das Gefährdungspotential von benzolhaltigem Kraftstoff gering ausgeprägt bis nicht vorhanden ist. Auf der anderen Seite besteht ein hohes Bewusstsein gegenüber der Gefährdung durch das Einatmen von Abgasen bei Probeläufen dieser Motoren. Deshalb werden Probeläufe in der Regel im Freien durchgeführt. Größere Motorradwerkstätten verfügen in der Regel über mitführbare Endtopfabsaugungen, die beim Probelauf auf den Auspuff aufgesteckt werden. Diese eignen sich jedoch in ihrer klassischen Form nicht für den Einsatz an anderen Expositionsquellen. Nur in einer Werkstatt für Grünpflegegeräte war in einem separaten Raum ein Abzug installiert, unter dem Probeläufe durchgeführt werden konnten. In zwei Werkstätten für Grünpflegegeräte gab es eine raumluftechnische Anlage, in einer Werkstatt für Grünpflegegeräte eine an der Arbeitsoberfläche installierte mitführbare Objektabsaugung.

5.1.3 Organisatorische Maßnahmen

Tabelle 4 zeigt den Umsetzungsstand grundlegender organisatorischer und persönlicher Schutzmaßnahmen vor inhalativer und dermalen Exposition für beide Werkstattarten.

Tabelle 4: Umsetzungsstand grundlegender organisatorischer und persönlicher Schutzmaßnahmen

Werkstattart	Motorrad		Grünpflegegeräte	
	+	-	+	-
Inhalativ				
In der Werkstatt wurden keine betankten Fahrzeuge oder Geräte gelagert.	12	7	7	17
Im Verkaufsraum wurden keine betankten Fahrzeuge oder Geräte gelagert.	9	10	17	7
Kraftstoffe und Abfälle wurden außerhalb eines Arbeitsbereiches gelagert.	12	7	10	14
Den Beschäftigten wurde geeigneter Atemschutz zur Verfügung gestellt.	2	17	1	23
Dermal				
Den Beschäftigten wurden Einmal-Handschuhe aus Nitril zur Verfügung gestellt.	14	5	14	10
Die Beschäftigten verwendeten die zur Verfügung gestellten Handschuhe.	6	8	6	8

In beiden Werkstattarten werden betankte Kundengeräte beziehungsweise Fahrzeuge in den Arbeitsbereichen gelagert und damit werden auch Beschäftigte, die keinen unmittelbaren Umgang mit dem Gefahrstoff haben, exponiert. Dies trifft auch zu, wenn es sich nicht um eine dauerhafte Lagerung im Sinne einer Aufbewahrung handelt, sondern auch, wenn sich diese Fahrzeuge oder Geräte während eines Arbeitstages zur Bearbeitung dort befinden. In den Werkstätten für Grünpflegegeräte wurden wesentlich häufiger betankte Kundengeräte, benzolhaltige Kraftstoffe und Abfälle innerhalb eines Arbeitsbereiches (und wohl vermutlich auch in der Werkstatt) gelagert als in den Motorradwerkstätten.

Bei den Probenahmen ist aufgefallen, dass benutzte Putztücher im Werkstattbereich auf Arbeitsflächen liegen und in offenen Behältern gelagert werden, sodass Kraftstoffdämpfe freigesetzt werden können und wahrscheinlich eine nicht unerhebliche Emissionsquelle von Benzol darstellen. Weiterhin wurde festgestellt, dass abgelassener Kraftstoff oder benutztes Motoröl, welches möglicherweise mit Kraftstoff verunreinigt ist, häufig in Fässern oder anderen Behälter gesammelt wird, die zum großen Teil offen im Arbeitsbereich stehen. Wenn keine geeigneten Sammelplätze wie zum Beispiel abgesaugte Gefahrstoffschränke oder Gefahrstofflager existieren, können flüchtige Bestandteile dieser Betriebsmittel ebenfalls ungehindert in den Arbeitsbereich verdunsten.

5.1.4 Persönliche Maßnahmen

Bei Arbeiten an kraftstoffführenden Teilen werden in den allermeisten Fällen keine geeigneten Chemikalienschutzhandschuhe benutzt. Begründet wird das damit, dass solche Tätigkeiten immer ein Feingefühl erfordern, zum Beispiel beim Einstellen der Ventilspeile am Vergaser, und mit Schutzhandschuhen kleine Bauteile nicht richtig zu handhaben sind. Ausnahmen bezüglich der Verwendung von Schutzhandschuhen bilden lediglich die Werkstätten im Bundesland Hamburg, wo in den Betrieben des Landes durchgehend normgerechte Chemikalienschutzhandschuhe aus Nitril getragen wurden. Diese Besonderheit ist darauf zurückzuführen, dass sich das Hamburger Amt für Arbeitsschutz in den Jahren 2007 und 2008 in einem eigenen Projekt den Kfz-Werkstätten, insbesondere den Kfz-Lackierereien gewidmet hatte. Das aus diesem Projekt hervorgegangene Merkblatt M37 [33], eine Handlungshilfe für die Auswahl geeigneter Schutzhandschuhe, hat in den Folgejahren auch in verwandten Branchen, so den Motorradwerkstätten seine Wirkung entfaltet.

Nur in einem geringen Anteil der beprobten Betrieben wurden den Beschäftigten geeigneter Atemschutz (Halbmasken mit Filtern gegen organische Dämpfe, Filtertyp A oder AX) zum Einsatz bei zu erwartenden Expositionsspitzen zur Verfügung gestellt. Jedoch war die Lagerung dieser für Diffusionsbelastung empfindlichen Ausrüstung meist so mangelhaft, dass sie durch offene Lagerung innerhalb der Werkstatt letztendlich unbrauchbar gemacht wurde.

5.2 Statistische Auswertung der Expositionsmessungen und Interpretation

In sechs Bundesländern wurden 24 Motorradwerkstätten und 23 Werkstätten für Grünpflegegeräte (in Summe in 47 Betrieben) untersucht und 706 Einzelprobenahmen durchgeführt, aus denen 193 Schichtmittelwerte beziehungsweise zeitlich gewichtete Mittelwerte gebildet werden konnten.

Aus der statistischen Auswertung wurden zwei Betriebe und sieben Schichtmittelwerte beziehungsweise zeitlich gewichtete Mittelwerte ausgeschlossen. In einer Motorradwerkstatt wurden noch während der laufenden Ermittlungen die beprobten Tätigkeiten untersagt. Eine Werkstatt für Grünpflegegeräte führte zum Zeitpunkt der Ermittlung einen Aktionstag zum Saisonbeginn der Grünpflege durch, an dem die Mechaniker in der Werkstatt quasi im Schnelldurchlauf die Rasenmäher, Heckenscheren und andere typische Grünpflegegeräte einsatzbereit machten, wobei es zu überdurchschnittlich hohen Benzol-Konzentrationen kam. Diese besonderen Situationen werden, neben einer weiteren, in Kapitel 5.4. dargestellt. Daher bezieht sich die Auswertung nur auf 45 Betriebe und 186 Arbeitsplatzmessungen. Die Auswertung erfolgte grundsätzlich getrennt nach den beiden Gewerken.

Die statistische Auswertung in den Tabellen 5 und 6 zeigt das arithmetische Mittel, das 90. Perzentil^h zur Vergleichbarkeit mit berufsgenossenschaftlichen Daten zum Berufskrankheitengeschehen, sowie das 95. Perzentil, welches zur Aufstellung von verfahrens- und stoffspezifischen Kriterien (VSK) nach TRGS 420 [34] und zur Ableitung von Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV (EGU) [35] üblich ist. Die Konzentrationen werden mit zwei signifikanten Stellen angegeben.

^h Das Perzentil ist ein statistischer Parameter und kann als Schwellenwert begriffen werden, oberhalb dessen die Werte der Bezugsmenge größer als das angegebene Perzentil sind, unterhalb folglich kleiner. So bedeutet beispielsweise eine 95. Perzentil von 0,55 mg/m³, dass 95 % der Werte niedriger oder gleich 0,55 mg/m³ sind, 5 % der Werte sind höher als 0,55 mg/m³.

In beiden Werkstattarten zeichnet sich in der Gesamtschau ab, dass die Beschäftigten einer Benzol-Belastung im Bereich des mittleren Risikos ausgesetzt sind.

Neben globalen Betrachtungen aller Arbeitsplatzmessungen innerhalb eines Gewerks erfolgten Aufschlüsselungen nach personengetragenen und stationären Messungen in den verschiedenen Arbeitsbereichen. Für den Arbeitsbereich Werkstatt, der im Fokus der messtechnischen Ermittlungen und des gesamten Projektes steht, wurden zudem getrennte Auswertungen für Tätigkeiten mit und ohne direktem Kraftstoffumgang (bezogen auf benzolhaltigen Ottokraftstoff) erstellt. Zum Beispiel Fallen unter Tätigkeiten mit direktem Kraftstoffumgang das Abziehen von Kraftstoffleitungen oder die Demontage eines Zylinderkopfes.

Bei einer Auswertung nach den in 4.2 genannten Kriterien konnte weder ein Zusammenhang untereinander noch eine statistische Korrelation mit den Messdaten aufgezeigt werden. Vielmehr wurden die einzelnen Messdatengruppen hinsichtlich von Einzelfällen betrachtet, die die statistischen Parameter in die Höhe treiben. Selbst die zählbaren Größen wie die Grundfläche des Arbeitsbereiches und die darin gelagerten betankten Fahrzeuge beziehungsweise Geräte deckten ein großes Spektrum ab. So hatten die Arbeitsbereiche der untersuchten Motorradwerkstätten Raumvolumina zwischen 54 und 2500 m³, die Arbeitsbereiche der Werkstätten für Grünpfleegeräte waren zwischen 12 und 3360 m³ groß. In beiden Gewerken lagerten teils über hundert Fahrzeuge beziehungsweise Geräte in Arbeitsbereichen, in denen Beschäftigte dauerhaft tätig waren, also in Räumen, die als Werkstatt oder Ausstellungsbereich verwendet wurden.

In den folgenden Ausführungen sind mit den Messwerten und Konzentrationen immer die Schichtmittelwerte der personengetragenen (pg) Messungen beziehungsweise die zeitgewichteten Mittelwerte der stationären (st) Messungen gemeint.

Die Abweichungen zwischen den Motorrad-Betrieben sind stark in den Marken, auf die sich die jeweilige Werkstatt spezialisiert hat, und dem Alter der Fahrzeuge begründet. Die Betriebe mit der geringsten Benzol-Belastung verkaufen und bearbeiten ausschließlich Motorräder eines Herstellers, der schon frühzeitig auf Einspritzer- statt Vergasertechnik gesetzt hat. Da diese Betriebe vor allem Neufahrzeuge verkaufen, werden in der Werkstatt auch selten ältere Fahrzeuge bearbeitet, die umfangreiche Wartungsarbeiten unter Einbezug kraftstoffführender Teile erfordern. Vergaserbatterien werden dort so gut wie nie bearbeitet. Ein anderer Hersteller baut außergewöhnlich langlebige Fahrzeuge, sodass entsprechend häufiger Arbeiten an Vergaserbatterien durchgeführt werden müssen.

5.2.1 Inhalative Benzol-Exposition in den Motorradwerkstätten

Tabelle 5: Statistische Auswertung der Schichtmittelwerte und zeitgewichteter Mittelwerte.

Arbeitsbereich	Art	Anzahl	Mittelwert	90. Perzentil	95. Perzentil	Perzentil der AK-Überschreitung
Einheit / Dimension		[n]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	
Werkstatt gesamt	pg	45	0,14	0,30	0,55	85.
Werkstatt mit Kraftstoffumgang	pg	28	0,17	0,52	0,62	75.
Werkstatt ohne Kraftstoffumgang	pg	17	0,075	0,16	0,18	keine Überschreitung
Werkstatt	st	29	0,14	0,22	0,41	88.
Lager	st	6	0,18	0,37	0,48	
Verkauf	st	14	0,041	0,084	0,16	
Büro	st	5	0,10			

5.2.1.1 Werkstatt

Bei den personengetragenen Messungen lag das 95. Perzentil im Werkstattbereich mit 0,55 mg/m³ fast beim Dreifachen der Akzeptanzkonzentration, also deutlich im Bereich des mittleren Krebsrisikos, wobei aber nur 15 %ⁱ der personengetragenen Messungen die Akzeptanzkonzentration im Schichtmittel überschritten. Da eine Einhaltung oder Überschreitung der Akzeptanzkonzentration sich nicht eindeutig mit den in Kapitel 4.2 genannten Kriterien assoziieren ließ, repräsentiert die Höhe des 95. Perzentils, obwohl es durch den geringeren Anteil der Werkstätten ausgemacht wird, eine Benzol-Belastung, mit der der Arbeitgeber durchaus zu rechnen hat. Überschreitungen der Toleranzkonzentration im Schichtmittel gab es bei den Arbeitsplatzmessungen, die in die statistische Auswertung eingeflossen sind, nicht.

Die Benzol-Exposition kommt im Werkstattbereich hauptsächlich durch Arbeiten an kraftstoffführenden Teilen, bei denen Kraftstoffleitungen abgezogen werden müssen, und durch die diffusen Emissionen aus den Tanks der Fahrzeuge zustande. Arbeiten, die den Ausbau des Tanks, das Öffnen des Motors durch Entfernung des Zylinderkopfes sowie den Ausbau und die Öffnung von Vergaserbatterien erfordern, kommen seltener vor, erzeugen aber Benzol-Emissionen, bei denen für Einzelmessungen auch die Toleranzkonzentration überschritten werden kann, was dann wiederum einen entsprechend erhöhenden Einfluss auf den Schichtmittelwert hat. Arbeiten an der offenen Vergaserbatterie eines vierzylindrigen Motorrads trägt zum Beispiel in höherem Maße zur Benzol-Exposition bei als die Arbeiten am kleinen Vergaser eines einzylindrigen Grünpflegegerätemotors, da in einer großen Vergaserbatterie schlichtweg wesentlich größere Kraftstoffmengen enthalten sind. Gleiches gilt für unbeabsichtigt austretende größere Kraftstoffmengen, die bei Leckagen meist zunächst auf den Werkstattboden laufen. Die Lüftungssituation in der Werkstatt hat dabei einen maßgeblichen Einfluss darauf, wie schnell die Raumbelastung nach einer solchen Emissionsspitze wieder auf das ansonsten durch die laufenden Arbeiten herrschende Niveau absinkt.

Bei getrennter Auswertung der personengetragenen Messungen nach Tätigkeiten mit und ohne Kraftstoffumgang zeigt sich sehr deutlich, dass im Werkstattbereich nicht die diffusen

ⁱ Entsprechend Tabelle 5 wird die Akzeptanzkonzentration ab dem 85. Perzentil und höher überschritten. Dies bedeutet, dass 85 % der Schichtmittelwerte, die in die statistische Auswertung eingeflossen sind, unterhalb, und 15 % oberhalb der Akzeptanzkonzentration liegen.

Emissionen, sondern die Arbeiten, bei denen in irgendeiner Art und Weise Kraftstoff freigesetzt wird, für den absolut überwiegenden Teil der Gesamtbelastung verantwortlich sind. So lag das 95. Perzentil für Arbeiten mit direktem Kraftstoffumgang mit $0,62 \text{ mg/m}^3$ dreimal so hoch wie bei Arbeiten ohne direkten Kraftstoffumgang ($0,18 \text{ mg/m}^3$). Da mit einer Arbeitsplatzmessung nur die Gesamt-Benzol-Belastung unabhängig ihrer Quellen ermittelt werden kann, lassen sich die Beiträge von diffusen Emissionen und offenen Expositionsquellen messtechnisch nicht trennen. Bei dem Wert von $0,18 \text{ mg/m}^3$, der selbst knapp unterhalb der Akzeptanzkonzentration liegt, ist zusätzlich zu beachten, dass hier dennoch offene Emissionsquellen einwirken können, die bei zuvor ausgeführten Arbeiten zu einer Anreicherung von Benzol in der Atemluft geführt haben.

Die begleitenden, stationären Messungen in den Werkstätten runden das Bild passend ab. Im zeitgewichteten Mittel lag die Belastung der Arbeitsbereiche mit $0,41 \text{ mg/m}^3$ ebenfalls deutlich im Bereich des mittleren Risikos, die Akzeptanzkonzentration wurde um das Doppelte überschritten. Mit einer Überschreitung der Akzeptanzkonzentration ab dem 88. Perzentil sind auch hier, wie bei den Schichtmittelwerten, jedoch nur 12 % der Werkstätten oberhalb der Akzeptanzkonzentration belastet. Es konnten keine offen ersichtlichen Kriterien ermittelt werden, in denen sich diese höher belasteten Werkstätten von den anderen unterscheiden.

5.2.1.2 Lager

Einige Betriebe verfügten über separate Räume für die Unterbringung von Kundenfahrzeugen und als Teilelager. Diese wurden zusammengefasst als Lager betrachtet, da es auch in den Teilelagern durch ausgebaute, nicht gereinigte Teile zu Benzol-Emissionen kommen kann. Häufig erfüllten diese Räume auch beide Funktionen. Wurden große Werkstätten gleichzeitig auch als Lager für Kundenfahrzeuge verwendet, wurden diese aufgrund ihrer hauptsächlichen Funktion als Werkstatt als solche klassifiziert. Bis auf eine Ausnahme waren in den reinen Lagern keine Beschäftigten dauerhaft tätig. Es erfolgten sechs stationäre Messungen in diesen Arbeitsbereichen, in denen normalerweise keine Beschäftigten dauerhaft tätig sind. Es wurden Konzentrationen von $0,023$ bis $0,60 \text{ mg/m}^3$ Benzol festgestellt, womit das 95. Perzentil bei $0,48 \text{ mg/m}^3$ liegt. Der Wert wird durch einen besonders belasteten Arbeitsbereich in die Höhe getrieben, während die restlichen Messwerte bei höchstens $0,13 \text{ mg/m}^3$ lagen. Der Maximalwert von $0,60 \text{ mg/m}^3$ wurde in einem Lager für Kundenfahrzeuge gemessen, welches sich nur durch einen Gitterrostboden getrennt direkt oberhalb der Werkstatt befand, in der durch stationäre Messungen wiederum eine Benzol-Belastung von $0,49 \text{ mg/m}^3$ herrschte. Durch diese unvollständige räumliche Trennung können die in der Werkstatt freigesetzten Benzol-Dämpfe ungehindert in das Lager diffundieren. Da sich nicht abschließend klären lässt, ob die überproportional hohe Belastung im Zwischengeschoßlager nur auf die Belastung der darunter befindlichen Werkstatt zurückzuführen ist oder aus den betankten Fahrzeugen im Lager selbst resultiert, kann der Messwert nicht als Ausreißer betrachtet werden.

5.2.1.3 Verkauf

Die meisten Motoradhändler haben einen von der Werkstatt vollständig getrennten Verkaufsbereich, in dem die angebotenen Neu- und Gebrauchtfahrzeuge ausgestellt werden. Während die Neufahrzeuge bis auf wenige Ausnahmen unbetankt im Verkaufsbereich stehen, befinden sich die meisten Gebrauchtfahrzeuge noch in dem Betankungszustand, in dem sie vom Motorradhändler übernommen wurden. Einige Händler entleeren den Tank

bevor sie das Gebrauchtfahrzeug in ihren Verkaufsraum stellen. Jedoch schließt dies keine diffusen Emissionen aus, da die kraftstoffführenden Leitungen nicht geleert werden und auch im Tank Kraftstoffreste verbleiben. Im Gegensatz zu den Lagern sind in den Verkaufsbereichen dauerhaft Beschäftigte als Verkäufer tätig. Büroarbeitsplätze, die in räumlicher Einheit mit dem Verkaufsraum untergebracht waren, wurden ebenfalls als Arbeitsbereich Verkauf erfasst. Eine einzelne personengetragene Messung an einem Verkäufer in einem solchen Arbeitsbereich weist eine Konzentration von 0,033 mg/m³ auf. Die bei stationären Messungen in diesen Verkaufsbereichen ermittelten Konzentrationen erstrecken sich zwischen 0,0016 und 0,28 mg/m³.

5.2.1.4 Büro und Pausenraum

In den räumlich getrennten Büros waren überwiegend ein bis zwei Beschäftigte eingesetzt, die als reine Bürokräfte selbst keinen direkten Umgang mit Kraftstoff haben. Dennoch wurden in den fünf Büros von Motorradhändlern durch stationäre Messungen Konzentrationen zwischen 0,0050 und 0,19 mg/m³ festgestellt, in den beiden beprobten Pausenräumen 0,02 und 0,07 mg/m³.

5.2.2 Inhalative Benzol-Exposition in den Werkstätten für Grünpflegergeräte

Tabelle 6: Statistische Auswertung der Schichtmittelwerte und zeitgewichteter Mittelwerte.

Arbeitsbereich	Art	Anzahl	Mittelwert	90. Perzentil	95. Perzentil	Perzentil der AK-Überschreitung
Einheit / Dimension		[n]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	
Werkstatt	pg	33	0,18	0,48	0,65	70.
Werkstatt	st	29	0,14	0,37	0,40	84.
Lager	st	9	0,057	0,14	0,20	78.
Verkauf	st	9	0,053	0,10	0,12	
Büro	st	3	0,014			

Die für die Motorradwerkstätten getroffenen Aussagen und Zusammenhänge gelten grundsätzlich auch für die Werkstätten für Grünpflegergeräte, weshalb an dieser Stelle keine ebenso ausführliche Aufschlüsselung der einzelnen Arbeitsbereiche erfolgt.

Die Werkstattbereiche der Betriebe für Grünpflegergerät sind mit einem 95. Perzentil von 0,65 mg/m³ um mehr als Dreifache oberhalb der Akzeptanzkonzentration belastet, wobei nur ein Drittel der personengetragenen Messungen die Akzeptanzkonzentration überschreitet. Die begleitenden, stationären Messungen ergaben eine Konzentration von 0,40 mg/m³ im 95. Perzentil, der zweifachen Akzeptanzkonzentration, wobei auch hier nur die Konzentrationen von 16 % der stationären Messungen im Bereich des mittleren Risikos lagen.

Da von den personengetragenen Messungen nur sechs als Tätigkeit ohne unmittelbaren Kraftstoffkontakt angegeben wurden, wurde bei der statistischen Auswertung nicht unterschieden, ob die Beschäftigten während der Messungen Arbeiten am Kraftstoffsystem durchführten oder nicht.

Obwohl die meisten Werkstätten gleichzeitig als Gerätelager verwendet wurden, verfügten einige Betriebe über separate Räume zur Teilelagerung und für die Unterbringung von Kundengeräten. Diese wurden zusammengefasst als Lager betrachtet. In den Lagern waren meist noch weitere Beschäftigte tätig, was darauf zurückzuführen ist, dass insbesondere in Teilelagern Büroarbeitsplätze eingerichtet waren. Mit neun stationären Messungen wurde ein 95. Perzentil von 0,20 mg/m³ ermittelt. Der ausschlaggebende Maximalwert von 0,25 mg/m³

wurde in einem Lager für Kundengeräte gemessen, welches sich anhand der Parameter Raumvolumen, Anzahl der gelagerten Kundengeräte und Größe der aktiven Lüftungsflächen nicht eindeutig von den anderen Lagern unterscheidet. Daher wurde das Datenkollektiv statistisch nicht bereinigt.

Die meisten Händler von Grünpfleegeräten haben einen von der Werkstatt und dem Lager vollständig getrennten Verkaufsbereich, in dem ausschließlich unbetankte Neugeräte ausgestellt werden. Die in diesen Arbeitsbereichen ermittelten Konzentrationen liegen im 95. Perzentil bei 0,12 mg/m³ ohne statistischen Ausreißer. Auch wurden drei separate Büros, in denen jeweils ein Beschäftigter eingesetzt war, die selbst keinen Umgang mit Kraftstoff haben beprobt. In diesen Arbeitsbereichen lagen die Messwerte im Mittel bei 0,014 mg/m³. Die Benzol-Belastung in diesen vermeintlich unbelasteten Arbeitsbereichen lässt sich nur durch den Eintrag von benzolträchtiger Luft aus einem belasteten Arbeitsbereich zum Beispiel durch Öffnen der Türen erklären.

5.3 Strukturierte Betriebsrevisionen

5.3.1 Gesetzliche Grundlage bei krebserzeugenden Gefahrstoffen

Grundsätzlich gilt gerade beim Umgang mit krebserzeugenden Stoffen das STOP-Prinzip: Substitution vor technischen, vor organisatorischen, vor persönlichen Schutzmaßnahmen. Aber nicht immer lässt sich der krebserzeugende Stoff substituieren. Dann gilt automatisch die TRGS 910 „Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“.

Grundlage dieses Konzeptes ist die Bewertung von Risiken, aus der sich dann verschiedene Maßnahmen ableiten beziehungsweise ableiten lassen. Beim Umgang mit Gefahrstoffen ergeben sich solche Risiken aus der Exposition. Dabei wird bei einem krebserzeugenden Stoff davon ausgegangen, dass es einen Zusammenhang zwischen der Aufnahme des Stoffs und der statistischen Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Erkrankung gibt.

Diese Expositions-Risiko-Beziehung (ERB) widerspiegelt sich im Ampelmodell der drei Risikobereiche.

- Es gibt einen unteren Risikobereich, den „grünen“ Bereich des niedrigen Risikos; die Expositionen liegen unterhalb der Akzeptanzkonzentration.
- Im mittleren Risikobereich, der mit der Farbe Gelb assoziiert wird, liegen die Expositionen zwischen der Akzeptanz- und Toleranzkonzentration.
- Der obere Bereich, des hohen Risikos, in dem die Expositionen oberhalb der Toleranzkonzentration liegen, wird nicht mehr toleriert. Dementsprechend wird ihm die Warnfarbe Rot zugeordnet.

Zur Ableitung der Risiken wurde eine kontinuierliche, arbeitstäglich 8-stündige Exposition über 40 Arbeitsjahre angenommen.

Bei Benzol handelt es sich um einen Stoff, der sich bei dem in diesem Bericht beschriebenen Umgang nicht substituieren lässt. Während bei der gewerblichen Nutzung von Grünpfleegeräten mit Ottomotor die Verwendung benzolfreien Kraftstoffs eine gesetzliche Forderung darstellt (siehe §7 Abs. 4 GefStoffV), ist das in Werkstätten, die privat genutzte Geräte reinigen und reparieren, nicht möglich. Da auch keine stoffspezifische TRGS

(vergleichbar mit TRGS 553 „Holzstaub“ oder TRGS 554 „Abgase von Dieselmotoren“) existiert, findet die TRGS 910 vollumfänglich Anwendung.

Die Auswahl der Schutzmaßnahmen erfolgt in Abhängigkeit zur ermittelten Exposition.

- Im „grünen Bereich“ sind im Betrieb die allgemeinen Hygienemaßnahmen nach § 8 GefStoffV (zum Beispiel getrennte Aufbewahrung von Straßen- und Arbeitskleidung, Waschgelegenheit) umzusetzen. Eine gute Übersicht über diese Art der Schutzmaßnahmen gibt die TRGS 500 im Absatz 4.
- Im „gelben Bereich“ hat der Arbeitgeber zusätzlich technische Maßnahmen nach dem Stand der Technik unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit zu ergreifen. So ist zum Beispiel eine räumliche Abgrenzung verpflichtend. Die zeitlichen Vorgaben sind Teil des Maßnahmenplanes, der gemäß § 6 Abs. 8 Satz 1 Nr. 4b GefStoffV durch den Arbeitgeber erstellt werden muss.
- Im „roten Bereich“ hat der Arbeitgeber technische Maßnahmen nach dem Stand der Technik verpflichtend zu ergreifen.

5.3.2 Betriebsrevisionen in Thüringen

Insgesamt wurde dieses Projekt in vier Bundesländern durch die Aufsicht begleitet, aber die Vorgehensweisen waren unterschiedlich, sodass keine gemeinsame Auswertung möglich ist. (siehe 4.3.3). Beispielhaft seien hier die Erkenntnisse aus Thüringen dargestellt. Im Rahmen dieser Revisionen wurden in insgesamt 42 Betrieben folgende Fragen gestellt:

- Wie beurteilt der Arbeitgeber das Ergebnis der Expositionsermittlung?
- Wurde eine Gefährdungsbeurteilung (GBU) für diese Arbeiten erstellt?
- Ist eine entsprechende Betriebsanweisung vorhanden?
- Wird Benzol im Gefahrstoffverzeichnis geführt?
- Wird ein Expositionsverzeichnis geführt?
- Wird die Arbeitsmedizinische Vorsorge durchgeführt?
- Wurden die Arbeitnehmer unterwiesen?

Um die notwendigen Schutzmaßnahmen für die Beschäftigten treffen zu können, muss der Arbeitgeber die Höhe der Gefahrstoff-Exposition am Arbeitsplatz ermitteln. Um diese Forderung des § 6 GefStoffV zu erfüllen, eröffnet die TRGS 402 drei Möglichkeiten: Messen, Vergleichen, Berechnen. Der Ermittlungsstand in den besuchten Betrieben zeigte sich wie folgt: In 12 Betrieben wurde die Exposition im Vergleich zu ähnlichen Arbeitsplätzen (Pkw-Werkstätten und Kfz-Recycling-Betriebe) abgeschätzt. In den anderen 30 Betrieben war keine Expositionsermittlung dokumentiert.

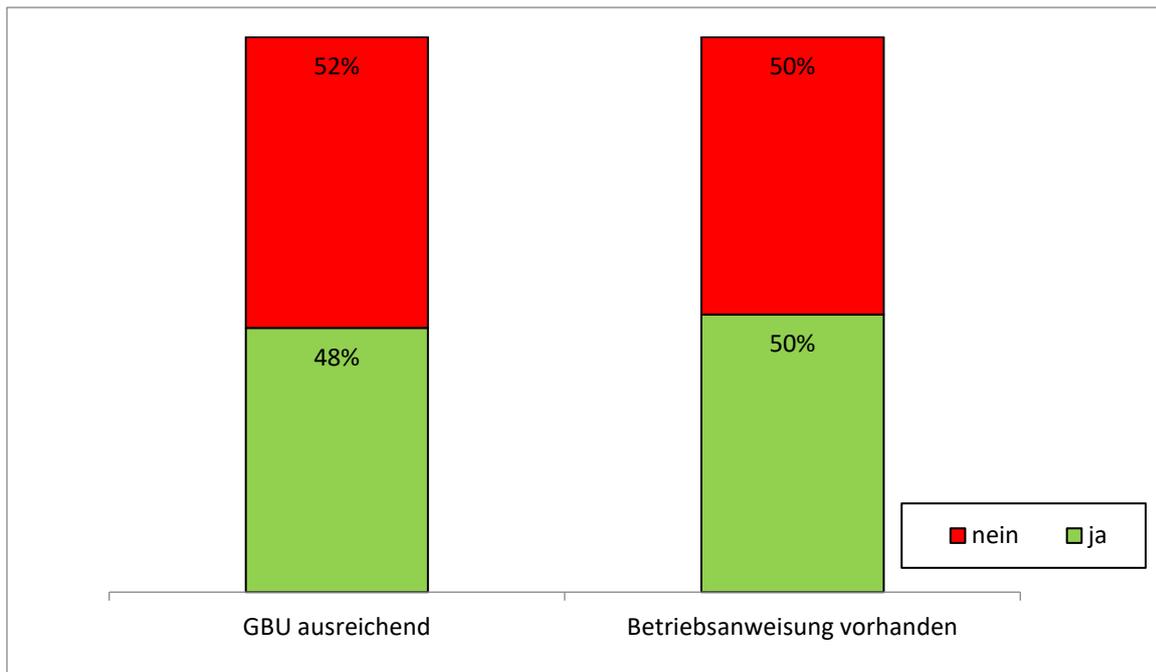


Abbildung 1: Gefährdungsbeurteilung und Betriebsanweisung aller Werkstätten

Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erwartungen aus der Kampagne „GDA-ORGA“. [36]

Werden die Werkstattarten getrennt voneinander betrachtet, ergibt sich folgendes Bild.

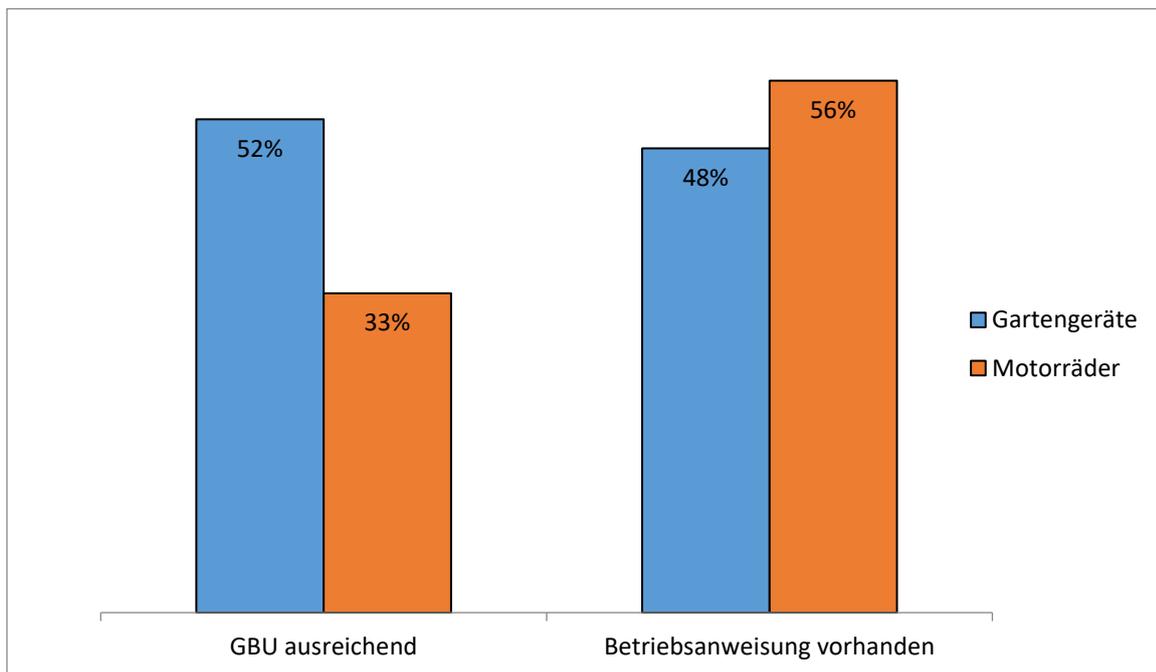


Abbildung 2: Gefährdungsbeurteilung und Betriebsanweisung nach Werkstattarten getrennt

Auf die Einhaltung der formalen Forderungen, die sich aus dem Umgang mit Benzol ergeben, zielten die anderen Fragen hin.

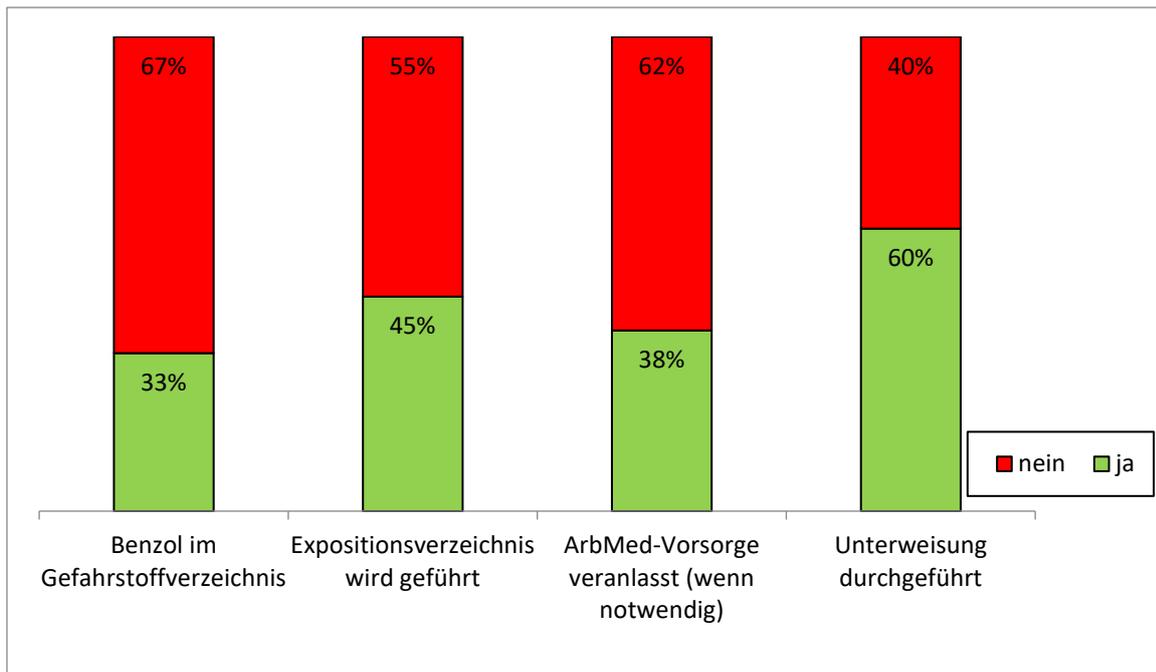


Abbildung 3: Ausgewählte formelle Forderungen aller Werkstätten

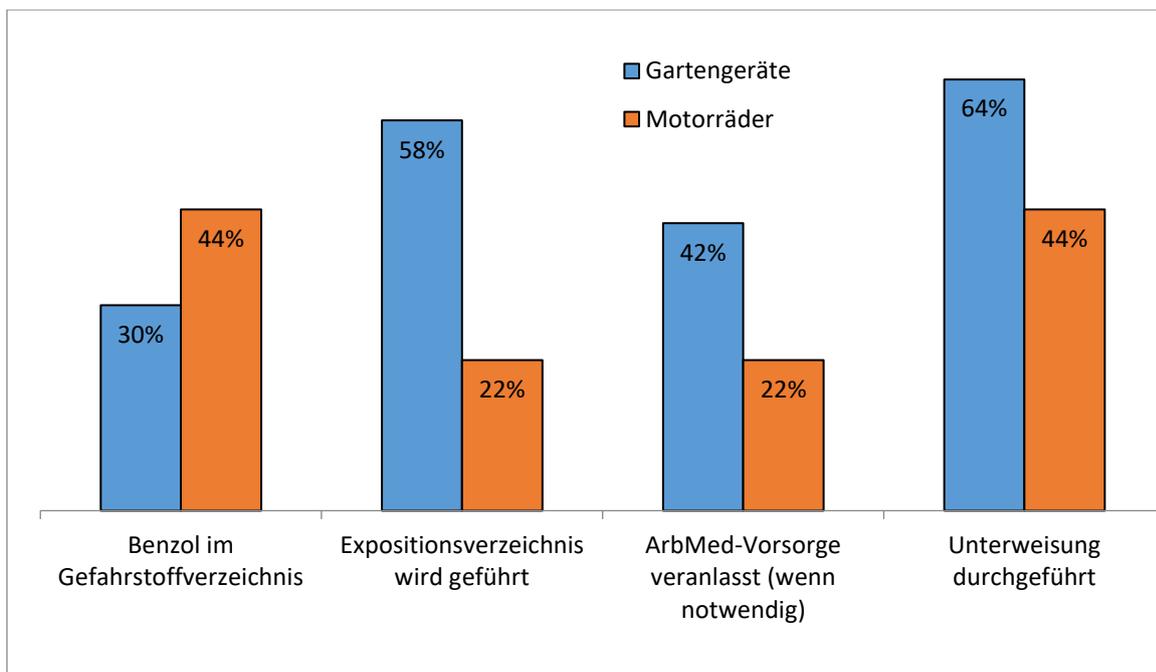


Abbildung 4: Ausgewählte formelle Forderungen nach Werkstätten getrennt

Dass gesetzliche Forderungen nur zu einem Drittel beziehungsweise der Hälfte erfüllt werden, kann nicht befriedigen. Die Ursache lag fast ausschließlich in der Nichterfüllung der Dokumentationspflicht. Dass eine Beurteilung der Gefährdung für die einzelnen Arbeitsgänge vorgenommen wurde, zeigte sich zum Beispiel im Bereitstellen von Schutzhandschuhen, Arbeitskleidung oder der Umsetzung allgemeiner Hygienevorschriften. Nur zu oft wurden die erkannten Gefährdungen aber nicht dokumentiert. Dieser Verstoß gegen den § 6 ArbSchG i. V. m. § 6 GefStoffV stellt nach § 22 Abs. 1 Nr. 1 GefStoffV eine Ordnungswidrigkeit dar und kann mit einem Bußgeld in Höhe bis zu 3000 € geahndet werden.

Mit entsprechendem Verwaltungshandeln und/oder einer Zweitbegehung wurde von Seiten der Behörde auf die Verbesserung des Arbeitsschutzsystems in den Betrieben Einfluss genommen.

5.3.3 Umsetzungsstand der Schutzmaßnahmen im Vergleich zu den gesetzlichen Anforderungen nach GefStoffV und TRGS 910 in Thüringen

Die Schutzmaßnahmen gemäß TRGS 910 leiten sich vom Ergebnis der Expositionsermittlung durch den Arbeitgeber ab. Für die 42 besuchten Betriebe lässt sich die in Abbildung 5 dargestellte Verteilung der Ermittlungsergebnisse erkennen.

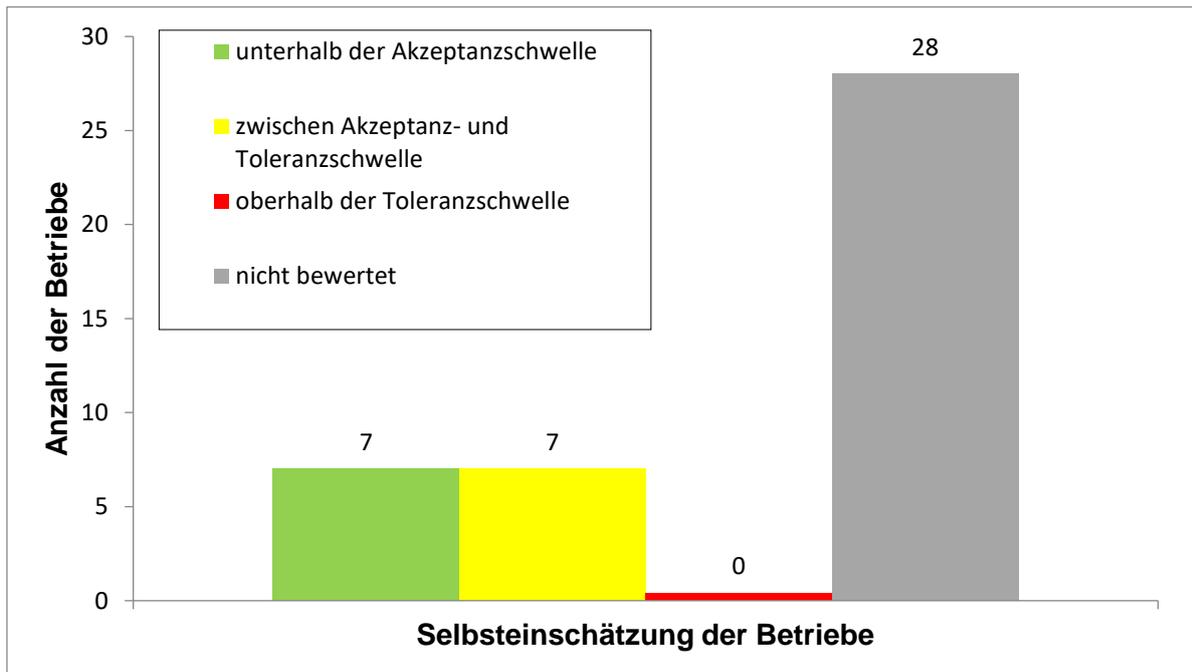


Abbildung 5: Expositionssituation

28 von 42 Betrieben, das sind immerhin zwei Drittel, haben keine Expositionsabschätzung vorgenommen beziehungsweise die Benzol-Belastung der Beschäftigten messtechnisch objektiviert. Hier setzt im Vollzug das Verwaltungshandeln an, denn ohne diese Bewertung ist die Gefährdungsbeurteilung „nicht vollständig“ und das stellt eine Ordnungswidrigkeit gemäß § 22 Abs. 1 Nr. 1 GefStoffV dar.

Tabelle 7: Ermittlungsergebnisse

Ermittlungsergebnis: Niedriges Risiko (grün)		
Schutzmaßnahme	Hinweis	Ja [%]
Sind die allgemeinen Hygienemaßnahmen / Grundmaßnahmen umgesetzt?	Arbeits- und Straßenkleidung getrennt, Waschgelegenheiten (siehe DGUV Regel 109-009, Pkt. 5.25 Arbeiten am Kraftstoffsystem von Ottomotoren)	100
Wird die Arbeitskleidung regelmäßig gereinigt?		100
Wird die Zahl der Exponierten minimiert?	Vermeidung unnötiger Exposition Dritter („Bystander“)	100
Wird eine arbeitsmedizinisch-toxikologische Beratung angeboten?	Eine Maßnahme zur Risikotransparenz gegenüber den Beschäftigten.	38
Steht für Expositionsspitzen oder Unfälle Atemschutz gegen organische Gase und Dämpfe zur Verfügung ?	Filtertyp A (braun)	24
Ermittlungsergebnis: Mittleres Risiko (gelb)		
Schutzmaßnahmen zusätzlich derer aus dem Bereich niedrigen Risikos	Hinweis	Ja [%]
Existieren technische Maßnahmen zur Expositionsminderung?	- Raumb- oder -entlüftung, - Arbeitsplatzabsaugung	18
Sind offensichtliche technische Mängel die Ursache?	- defekte Lüftungstechnik - Leistungsreduktion - Handarbeit wegen defekter Arbeitsmittel	35
Sind unverzügliche Maßnahmen zur Mängelbeseitigung möglich?	Hier wurde der finanzielle beziehungsweise auftrags-organisatorische Aufwand der Mängelbeseitigung betrachtet.	50
Besteht die Möglichkeit zur Minimierung der Expositionsdauer ?	- expositionsfreie Zeiten durch räumliche Trennung - Wechseltätigkeit	40
Existiert ein Verzeichnis der exponierten Beschäftigten nach § 14 (3) GefStoffV?		29

5.3.4 Betriebsrevisionsen in anderen Bundesländern

Zielsetzung und Ausgestaltung des fachpolitischen Schwerpunktes „Kampf dem Krebs am Arbeitsplatz“ wurden auch von anderen Ländern übernommen, sodass derzeit neben Thüringen und Hessen auch in den Ländern Baden-Württemberg, Bayern, Hamburg, Schleswig-Holstein und dem Saarland Schwerpunktprogramme oder Projekte zu krebserzeugenden Gefahrstoffen durchgeführt werden. Da aber unterschiedliche Fragestellungen in den einzelnen Bundesländern beantwortet werden sollten, ist eine gemeinsame Auswertung an dieser Stelle nicht möglich. Die Bundesländer werden in ihren jeweiligen Abschlussberichten über ihre individuellen Ergebnisse berichten.

Dieses gemeinsame Engagement zur Bekämpfung des Berufskrebses war eine entscheidende Grundlage für die Entscheidung der Nationalen Arbeitsschutzkonferenz (NAK) die Thematik „Sicherer Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“ in das Arbeitsprogramm der 3. Periode der Gemeinsamen Deutschen Arbeitsschutzstrategie (GDA) aufzunehmen.

5.4 Darstellung besonderer Fälle von Expositionssituationen

Die Benzol-Belastung in der Luft im Arbeitsbereich eines Mechanikers ist in der Regel höher, wenn Arbeiten an kraftstoffführenden Geräteteilen durchgeführt werden. Aber auch andere Szenarien führen zu einer deutlich höheren Benzol-Exposition der Beschäftigten gegenüber dem normalen Werkstattbetrieb.

5.4.1 Aktionstag in einer Werkstatt für Grünpflegegeräte zum Saisonbeginn

In einem Fall wurde die Benzol-Messung in einer Werkstatt für Grünpflegegeräte, für die bereits Messergebnisse für einen normalen Arbeitstag vorlagen, an einem sogenannten Aktionstag wiederholt. An solchen Aktionstagen werden in dieser Werkstatt Inspektionen an einer Vielzahl von Motorsägen vorgenommen. Für diese Aktionstage ist charakteristisch, dass an den Motorsägen in der Regel keine zeitaufwendigen Reparatur- sondern nur Wartungs- und Einstellungsarbeiten durchgeführt werden, bei denen es zum häufigen Probetrieb der Sägen in der Werkstatt kommt. Gegenüber dem Normalbetrieb gelangt dabei eine wesentlich höhere Motorabgasmenge in die Werkstattluft. Während in dieser Werkstatt bei Normalbetrieb die Messwerte unter der Akzeptanzkonzentration für Benzol lagen, wurden am Aktionstag zur Wartung von Motorsägen eine fast 10fach höhere Benzol-Konzentrationen in der Luft der Werkstatt erreicht. Die Messwerte der personenbezogenen Proben lagen zwischen 0,87 mg/m³ und 1,2 mg/m³. Aus den Ergebnissen der Benzol-Messungen im Arbeitsbereich Werkstatt an diesem besonderen Aktionstag kann abgeleitet werden, dass zukünftig bei solchen Ereignissen auf eine Querlüftung der Werkstatt zu achten und den Beschäftigten gegebenenfalls persönliche Schutzausrüstung in Form von geeignetem Atemschutz zur Verfügung zu stellen ist.

5.4.2 Arbeiten am offenen Vergaser

In einer Motorradwerkstatt wurden an einem ganz normalen Arbeitstag Messungen auf Benzol durchgeführt. Es wurde an zwei Arbeitnehmern personenbezogene Messungen durchgeführt:

- Der erste Arbeitnehmer baute an einer Hebebühne einen Vergaser aus, zerlegte ihn auf einer Werkbank, danach reinigte er die Düsen. Die Messergebnisse vom ersten Arbeitnehmer lagen bei $5,45 \text{ mg/m}^3$ und $1,08 \text{ mg/m}^3$ bei einer Probenahmezeit von 60 Minuten. Beim ersten Messergebnis wurden die Kurzzeitwert Anforderungen der Toleranzkonzentration überschritten ($1,9 \text{ mg/m}^3$ Überschreitungsfaktor 8 für 15 Minuten).
- Der zweite Arbeitnehmer führte eine Inspektion an einem Roller durch, bei dem die Düsen verstopft waren. Die Messergebnisse vom zweiten Arbeitnehmer lagen bei $1,35 \text{ mg/m}^3$ und $0,45 \text{ mg/m}^3$.

Bei der Messung waren alle Fenster und Türen geschlossen. Es gab weder eine Objektabsaugung an der Werkbank, noch eine raumluftechnische Anlage. Weiterhin lagen überall Putztücher zum Trocknen aus, und es wurde im Arbeitsbereich gegessen und getrunken. Aufgrund der hohen Messergebnisse wurden an einem zweiten Arbeitstag die Messungen wiederholt: Der erste Arbeitnehmer baute wiederum einen Vergaser aus und trug ihn auf die Werkbank. Diesmal musste der Vergaser wegen hartnäckiger Verschmutzungen gereinigt werden. Dafür wurde er in eine mit Kraftstoff gefüllte Wanne (35 cm x 25 cm) gelegt und ohne Chemikalienschutzhandschuhe mit einem Pinsel gereinigt. Das Messergebnis der personenbezogenen Probenahme über eine Stunde betrug hier $9,0 \text{ mg/m}^3$. Das Messergebnis überschreitet die Toleranzkonzentration.



Abbildung 1: Reinigung des Vergasers



Abbildung 2: Unsachgemäße Aufnahme ausgelaufenen Kraftstoffs



Abbildung 3: Lagerung von Lebensmitteln in unmittelbarer Nähe zur Benzol-Quelle kann zusätzlich zur oralen Aufnahme des krebserregenden Gefahrstoffs führen.

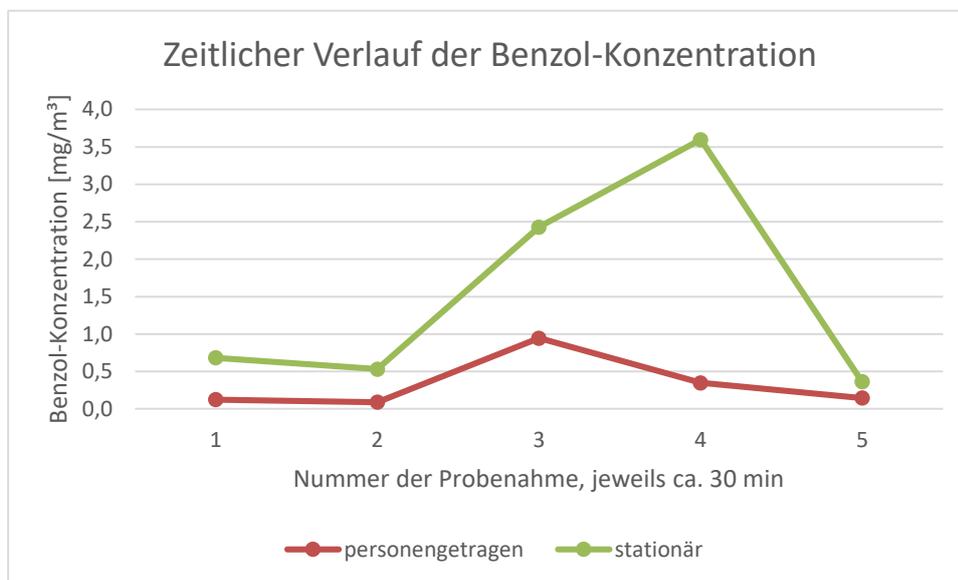
5.4.3 Ausgebaute Tanks in der Werkstatt

In einer der Motorradwerkstätten herrschte zum Zeitpunkt der Ermittlung eine offensichtlich emissionsintensive Arbeitssituation, was auch durch die ermittelten Konzentrationen bestätigt wurde. In der Werkstatt war am Tag der Messung nur ein von ansonsten zwei Beschäftigten tätig. Die Lüftungssituation in der Werkstatt war suboptimal: Zwar war aufgrund der Außentemperaturen von rund 20 °C das Tor durchgehend geöffnet, jedoch gab es keine Querlüftung aufgrund fehlender, weiterer Lüftungsquellen.

Vor Beginn der Messungen hatte der Beschäftigte bereits aus zwei Fahrzeugen die Tanks ausgebaut, die innerhalb der Werkstatt auf einer Arbeitsoberfläche gelagert wurden. Die dazugehörigen Fahrzeuge befanden sich ebenfalls in der Werkstatt. Dadurch herrschte bereits eine relative hohe Grundbelastung in Höhe der dreifachen Akzeptanzkonzentration in der Werkstatt in einem Zeitraum, indem der Beschäftigte keine weiteren Arbeiten am Kraftstoffsystem des von ihm bearbeiteten, dritten Motorrades ausführte (Proben 1 und 2, siehe Diagramm).

Die zeitgleich zu den stationären Messungen erfolgten personengetragenen Messungen beim Beschäftigten ergaben eine geringere Benzol-Konzentration, da sich der Beschäftigte mit seiner Hebebühne unmittelbar vor dem offenen Hallentor befand und auch mehrmals kurzfristig die Werkstatt für andere Arbeiten verlies. Ein drastischer Anstieg der Belastung

des Beschäftigten und des Arbeitsbereiches wurde beobachtet, als der Beschäftigte auch am dritten Motorrad den Tank ausbaute, diesen zu den anderen beiden Tanks auf der Arbeitsoberfläche ablegte und den Zylinderkopf demontierte, um am offenen Motor die Ventilspiele einzustellen (ab Probe 3). Da der Tank undicht war, kam es dabei zu einem Austritt von ca. 1 L Ottokraftstoff, der auf die Hebebühne und den Werkstattboden floss und vom Beschäftigten mit Papiertüchern aufgewischt wurde. Dabei erreichte die Belastung des Arbeitsbereiches in unmittelbarer Nähe zur Arbeitsoberfläche Werte von bis zu 3,6 mg/m³ Benzol. Die Benzol-Belastung des Beschäftigten erreichte zur selben Zeit ein Maximum von 0,95 mg/m³. Zwar wurde auch mit diesen hohen Werten keine Überschreitung des Kurzzeitwertes von 7,6 mg/m² für Benzol (vierfache Toleranzkonzentration bezogen auf 30 min) erreicht, jedoch trieben diese Spitzenbelastungen den Schichtmittelwert für die personengetragene Messung mit 0,33 mg/m³ beziehungsweise den zeitgewichteten Mittelwert für die stationäre Messung mit 1,5 mg/m³ unnötig in die Höhe.



Festzuhalten ist, dass es sich bei dem hier betrachteten Fall sowohl bei der durch die Tanklagerung im Arbeitsbereich verursachten hohen Grundbelastung als auch bei den Expositionsspitzen um durchgehend vermeidbare Belastungen durch Ottokraftstoff und Benzol handelt. Der Ausbau der Tanks sowie deren Lagerung hätte im Freien erfolgen können, wodurch auch der Kraftstoffaustritt innerhalb der Werkstatt vermieden worden wäre. Zwar ist unbeabsichtigter Kraftstoffaustritt innerhalb der Werkstatt nicht in jedem Fall zu vermeiden, aber auch hier wäre die zusätzlich auftretende Belastung deutlich kleiner ausgefallen, wenn der Kraftstoff mit einem geeigneten Bindemittel aufgenommen worden wäre, anstatt durch die Papiertücher noch eine Vergrößerung der Verdunstungsoberfläche zu erzeugen. Grundsätzlich hätte der Kraftstoff durch einen untergestellten Ölauffangkanister schneller aus dem Arbeitsbereich entfernt werden können.

5.5 Inhalative Belastung gegenüber Kohlenwasserstoffen

In vier Werkstätten für Grünpfleegeräte wurden die Luftproben zusätzlich bezüglich der Kohlenwasserstoff-Belastung ausgewertet. Neben den Kraftstoffen sind in den Werkstätten auch die Reiniger an Waschtischen und zahlreichen Hilfssprays wie Bremsenreiniger Expositionsquelle verschiedener Kohlenwasserstoffe. Selbst bei Anwendung des niedrigsten Beurteilungsmaßstabes für Kohlenwasserstoffgemische, dem RCP nach TRGS 900 für C₉-C₁₄-Aromaten von 50 mg/m³, würden die Bewertungsindices nur zwischen 0,02 und 0,06, gemessen an einem Grenzwert von 1, liegen. Es kann daher davon ausgegangen werden,

dass die Exposition der Beschäftigten in dieser Werkstattart gegenüber sonstigen Kohlenwasserstoffen vernachlässigbar gering ist. Aufgrund der geringen Konzentrationen wurde davon abgesehen, hinsichtlich der Kohlenwasserstoffe weitere Ermittlungen in den später beprobten Motorradwerkstätten vorzunehmen.

5.6 Dermale Exposition

Die dermale Expositionssituation in den beiden Werkstattarten begründet sich immer in Arbeiten an kraftstoffführenden Teilen. Aufgrund der komplexeren Bauweise von Motorrädern gegenüber Grünpflegegeräten ist der Anteil an Arbeiten am Kraftstoffsystem bei den Grünpflegegeräten größer als bei den Motorrädern, da mehr Arbeiten an der Peripherie von Motorrädern als der von Grünpflegegeräten anfallen, was im Rahmen dieses Projektes zwar nicht in genauen Zahlen erhoben, aber durch die Probennehmer empirisch beobachtet wurde. Dies schlägt sich einerseits in den höheren Benzol-Konzentrationen in den Werkstätten für Grünpflegegeräte nieder, andererseits in den etwa doppelt so hohen Durchsatzzahlen in den Werkstätten, wenn man beobachtet wie viele Fahrzeuge beziehungsweise Geräte pro Tag von einem Beschäftigten bearbeitet werden. Allerdings wurden den Beschäftigten in den Motorradwerkstätten häufiger (14 von 19 = 75 %) Einmal-Handschuhe aus Nitril zur Verfügung gestellt als in den Werkstätten für Grünpflegegeräte (14 von 24 = 60 %). Das Trageverhalten war ähnlich. In jeweils weniger als der Hälfte der Betriebe beider Gewerke wurden die Handschuhe von den Beschäftigten auch genutzt.

6 Schutzmaßnahmen und weitere Verpflichtungen der Betriebe

6.1 Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen

Aus den messtechnisch und empirisch erhobenen Daten wurden die im Folgenden genannten Schutzmaßnahmen abgeleitet. Schutzmaßnahmen sind entsprechend der STOP-Rangfolge zu ergreifen: Substitution, technische, organisatorische, persönliche Maßnahmen. Die Möglichkeiten einer Stufe sind auszureizen, bevor auf die nächsten zurückgegriffen wird. In der Praxis werden diese oft in umgekehrter Reihenfolge angegangen, da insbesondere die persönlichen Schutzmaßnahmen, die immer das letzte Mittel der Wahl darstellen, am einfachsten erscheinen.

6.1.1 Substitution

- Für Motorräder ist aufgrund der damit verbundenen, dem Nutzer der Fahrzeuge nicht zumutbaren Kosten keine Substitution des Ottokraftstoffes durch benzolfreien Sonderkraftstoff möglich. Für die Zwei- und Viertaktmotoren von Grünpflegegeräten sollte seitens des Betriebes jedoch ausschließlich **benzolfreier Sonderkraftstoff** eingesetzt werden, auch beim Wiederbetanken von bisher mit Ottokraftstoff betankten Kundengeräten. Weiterhin sollte der Betrieb aktiv bei den Kunden für die Verwendung des Sonderkraftstoffs werben, um die Zahl der mit Ottokraftstoff betankten Kundengeräte in der Werkstatt möglichst gering zu halten.
- Für die Reinigung von Teilen, Werkzeugen und Arbeitsoberflächen darf kein Kraftstoff eingesetzt werden. Falls eine trockene Reinigung mit Putztüchern nicht ausreicht, sind benzolfreie Ersatzstoffe in Form **additivfreier aliphatischer Kohlenwasserstoffgemische** zu verwenden. Auch bei einem großen Durchlaufvolumen wie an Teilwaschtischen kann mit der Einhaltung der Beurteilungsmaßstäbe für Kohlenwasserstoffgemische bei der Verwendung von solchen Ersatzstoffen gerechnet werden. [37]
- Die Grünpflegegeräte unterliegen derzeit einem technologischen Umschwung, bei dem die Hersteller immer stärker auf die leistungsfähiger werdenden Elektromotoren setzen, auch wenn diese nach aktuellem Stand noch nicht für alle Einsatzzwecke geeignet sind. Die Händler solcher Geräte, die auch die Werkstätten betreiben, sollten in Erwägung ziehen, den Schwerpunkt ihres Angebotes auf mit **Elektromotoren** betriebene Geräte zu verlegen. Je größer der Anteil ihres Kundenstamms ist, der solche Geräte besitzt und zur Wartung in die Werkstatt bringt, desto geringer ist die Benzol-Belastung der Beschäftigten in der Werkstatt. Bei einer betriebswirtschaftlichen Betrachtung einer solchen Geschäftskonzeptänderung sind die entfallenen Kosten für Schutzmaßnahmen und arbeitsmedizinische Vorsorge wohlwollend zu berücksichtigen.

6.1.2 Technische Maßnahmen

- Pausenräume, Waschgelegenheiten und Büroarbeitsplätzen sind grundsätzlich von potentiell durch Kraftstoffdämpfe belasteten Arbeitsbereichen wie der Werkstatt, Fahrzeug- und Gerätelagern oder dem Ausstellungsbereich räumlich getrennt unterzubringen.
- Alle betankten Geräte oder Fahrzeuge, die mit benzolhaltigem Kraftstoff betankt sind oder bei denen der Betankungszustand unklar ist, sind im Freien oder **inem räumlich getrennten Lagerraum** zu lagern. Kraftstoffvorräte und Behälter mit potentiell kraftstoffhaltigen Abfällen wie ausgebaute Kraftstofffilter oder zu entsorgende

Betriebsflüssigkeiten sind außerhalb der Werkstatt möglichst im Freien, zum Beispiel in einem **Gefahrstoffcontainer**, zu lagern.

- Testläufe innerhalb einer Motorradwerkstatt dürfen nur unter Einsatz der **Endtopfabsaugung** erfolgen, wenn vorhanden. Steht eine solche Objektabsaugung nicht zur Verfügung, sind die Testläufe ausschließlich im Freien durchzuführen (organisatorische Maßnahme, siehe unten).
- Für besonders emissionsstarke Tätigkeiten wie das Öffnen von Motoren zur Einstellung der Ventilspiele oder das Öffnen und Reinigen von Vergaserbatterien ist die Installation einer **nachführbaren Objektabsaugung** zu empfehlen, bei der die Abluft ins Freie geführt wird. Die nachführbare Objektabsaugung kann auf der Arbeitsoberfläche umgestellt werden, sodass der Beschäftigte das Erfassungselement unmittelbar neben der Emissionsquelle positionieren kann. Der Nebel zeigt den wirksamen Abluftstrom ins Erfassungselement. Die Anforderungen lüftungstechnischer Einrichtungen werden für den Arbeitgeber verständlich in der DGUV-Regel 109-002 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ [38] beschrieben.
- Die **Wirksamkeit** einer technischen Absaugung ist regelmäßig zu prüfen. Mindestens alle drei Jahre steht eine professionelle Prüfung durch einen Lüftungstechniker an. Arbeitstäglige Funktionsprüfungen können mit Strömungsprüfröhrchen durchgeführt werden. Eine pragmatische Behelfslösung stellt auch ein geruchsintensives Sprühdeodorant dar: Wird es am Ort der Emissionsquelle freigesetzt, aber der Geruch vom Beschäftigten oder gar an einem benachbarten Arbeitsplatz noch wahrgenommen, zeigt dies eine unzureichende Absaugleistung an.
- Tanks von Motorrädern und Grünpfleegeräten sollten immer mit einem kraftstoffgeeigneten **Vakuumabsauggerät** entleert, aber nicht ausgegossen oder offen abgepumpt werden, auch nicht durch die Kraftstoffpumpe des Fahrzeugs. Der verwendete Sauger muss hinsichtlich des Explosionsschutzes bei Kraftstoffen bautechnisch für diesen Zweck zugelassen sein. Der Auffangbehälter eines solchen Absaugers stellt sicher, dass keine Kraftstoffdämpfe freigesetzt werden und der abgesaugte Kraftstoff bis zur fachgerechten Entsorgung bei einer Schadstoffsammelstelle keine Emissionsquelle mehr für die Beschäftigten darstellt.
- Nicht zu vermeidender Kraftstoffaustritt bei Leckagen an Unfallfahrzeugen oder beim Abziehen von Kraftstoffleitungen ist vorrangig mit **Ölauffangkanistern** aufzunehmen.

6.1.3 Organisatorische Maßnahmen

- Die Werkstatt sollte durch Ausnutzung der natürlichen Lüftungsmöglichkeiten einem **ständigen Luftwechsel** unterliegen. Dieser wird durch gegenüberliegende Lüftungsflächen gewährleistet. Auch bei offenen Hallentoren sollte zumindest eine kleine Lüftungsöffnung auf der gegenüberliegenden Raumseite existieren, um eine Querlüftung zu gewährleisten. Bei zu geringen Außentemperaturen sind ersatzweise regelmäßige Stoßlüftungen in Form von Querlüftungen von einigen Minuten durchzuführen. Details regelt die Technische Regel für Arbeitsstätten A3.6 „Lüftung“ [39], welche die Arbeitsstättenverordnung konkretisiert.
- Eine besondere Relevanz hat die **morgendliche Lüftung** vor Beginn des Werkstattbetriebs, um potentiell benzolhaltige Kraftstoffdämpfe auszuleiten, die sich bei geschlossenen Lüftungsöffnungen über die Nacht hinweg angereichert haben können.
- Tätigkeiten mit zu erwartenden Expositionsspitzen wie dem Ausbau und der Öffnung eines Vergasers, Ausbau des Tanks, Ablassen von altem Kraftstoff oder Betankung

sollten, wenn sie nicht im Freien durchgeführt werden können, was zu bevorzugen wäre, innerhalb der Werkstatt nur bei sehr guter Durchlüftung erfolgen.

- Testläufe haben (bei Motorrädern ohne Endtopfabsaugung) nur im Freien zu erfolgen.
- Steht kein räumlich getrennter Lagerraum zur Verfügung, sind Fahrzeuge und Geräte nur mit vollständig entleertem Tank in Arbeitsbereichen zu lagern, in denen sich Beschäftigte dauerhaft aufhalten.
- Mit Kraftstoff getränkte Putztücher sind bis zur Reinigung in **geschlossenen Behältern** aufzubewahren und dürfen nicht innerhalb der Werkstatt getrocknet werden. Auch ist auf eine Trennung von sauberen und benutzten Putztücher zu achten. Es kann ein Dienstleister beauftragt werden, um Putztücher im Wechselsystem zu leasen.
- Austretender Kraftstoff, zum Beispiel beim Abziehen von Kraftstoffleitungen oder dem Ausbau eines Tanks, ist in einem geeigneten Behälter aufzufangen. Für das Ablassen von Öl gibt es Auffangwannen, die gleichzeitig einen Kanister darstellen, welcher direkt zur Entsorgung gegeben werden kann. Für nicht aufgefangenen Kraftstoff auf der Hebebühne oder dem Werkstattboden sollte **geeignetes Sorptionsmaterial** bereitgehalten werden. Dieses ist in die Schadstoffabfalltonne zu entsorgen. Keinesfalls ist ausgetretener Kraftstoff mit Putztücher aufzunehmen. Durch die Oberflächenvergrößerung gelangen noch mehr Dämpfe in die Atemluft der Arbeitnehmer als aus einer Pfütze. Zudem können Putztücher im Sinne des Brandschutzes als Docht wirken.
- Geruchstests und Entnahmen (in Gläser) von Kraftstoff aus den Tanks der Kundengeräte oder -fahrzeuge zur Altersbestimmung und Wiederverwendbarkeit des Kraftstoffes sind zu unterlassen. Bestehen Zweifel an der Weiterverwendbarkeit des im Tank vorhandenen Kraftstoffes, ist dieser vorzugsweise direkt zu entsorgen.
- In Werkstätten für Grünpflegegeräte können, wenn es die Räumlichkeiten und die personelle Ausstattung des Betriebes zulassen, Arbeiten an mit Normalkraftstoff betankten Geräten in einer separaten Werkstatt erfolgen, um die Anzahl der exponierten Beschäftigten beziehungsweise deren Expositionsdauer zu minimieren. Anderenfalls kann die Bearbeitung dieser Geräte auch zu einem Zeitpunkt konzentriert erfolgen, zu dem möglichst wenig andere Beschäftigte im Arbeitsbereich anwesend sind oder zu dem man die natürliche Lüftung verstärkt. Bei räumlicher oder zeitlicher Trennung benzolexpositionintensiver Arbeiten sollten sich die Beschäftigten abwechseln.
- Schulung der Beschäftigten hinsichtlich der Gefahren einer Kraftstoff- und damit Benzol-Exposition.
- Türen zwischen belasteten Arbeitsbereichen wie der Werkstatt und dem Lager und unbelasteten Arbeitsbereichen wie dem Verkaufsraum oder dem Büro sind durchgehend geschlossen gehalten werden. Zusätzlich sollte gerade aus der Werkstatt, wenn betrieblich möglich, nicht der direkte Weg durch eine Verbindungstür in den Verkaufsraum gewählt werden, sondern der Gang um das Gebäude, um nicht unnötig benzolbelastete Luft mitzureißen.
- Nahrungsmittel dürfen ausschließlich in den dafür vorgesehenen Pausenräumen zu sich genommen werden, aber auf keinen Fall in Arbeitsbereichen, in denen eine Gefahrstoffexposition bestehen kann. Ebenfalls ist das Rauchen in diesen Arbeitsbereichen zu unterlassen.

6.1.4 Persönliche Schutzmaßnahmen

- Den Beschäftigten sind geeignete **Chemikalienschutzhandschuhe** zur Verfügung zu stellen. Aufgrund der damit auszuführenden Arbeiten kommen nur dünne Einmalhandschuhe zum Einsatz. Als geeignet ist nach aktuellem Kenntnisstand nur ein doppellagiges Material aus Nitrilkautschuk und Chloropren (Neopren) mit einer Wandstärke von mindestens 0,19 mm. Marktrecherchen haben ergeben, dass derzeit nur der Chemikalienhandschuh MicroFlex 93-260 der Fa. Ansell diese Anforderung erfüllt. Dieser bietet laut Herstellerangaben [40] für den Vollkontakt gegenüber benzolhaltigem Ottokraftstoff, getestet an Shell FuelSave 95, für 120 min Schutz. Bedingt geeignet sind ansonsten nur Einmalhandschuhe aus Nitril oder PVC, die nach Kraftstoffkontakt jedoch rasch gewechselt werden sollten. Für die Einmalhandschuhe Dermatril P 743 der Fa. KCL mit einer Wandstärke von 0,2 mm gibt der Hersteller eine Durchdringungszeit von 6 min für Ottokraftstoff an. [41] Generell müssen die verwendeten Handschuhe nachweislich der aktuellen Ausgabe der Norm EN ISO 347 entsprechen und nachweislich zumindest einen zeitlich für die ausgeführten Arbeiten ausreichenden Schutz gegenüber Ottokraftstoff bieten.
- Aufgrund der dermalen Exposition der Beschäftigten sind entsprechenden Hautreinigungs-, -schutz- und -pflegemittel zur Verfügung zu stellen und die Beschäftigten sind bezüglich des richtigen Umgangs zu schulen, zum Beispiel durch den Betriebsarzt. Die Erstellung eines in der TRGS 401 beschriebenen **Hautschutzplans** wird empfohlen.
- Falls noch keine Objektabsaugung vorhanden ist, sollte den Beschäftigten bis zur Umsetzung dieser vorrangigen technischen Schutzmaßnahme für Tätigkeiten mit zu erwartenden Expositionsspitzen (Öffnen von und Arbeiten an Motoren und Vergaserbatterien) **Atemschutz** zur Verfügung gestellt werden. Da Ottokraftstoff einen Siedebereich von 30 bis 215 °C hat und Benzol selbst einen Siedepunkt von 80 °C, ist der Filtertyp A für organische Dämpfe mit einem Siedepunkt oberhalb von 65 °C in Form einer Halbmaske die beste Wahl. Der Filtertyp AX für organische Dämpfe mit einem Siedepunkt unterhalb von 65 °C wird nicht empfohlen, da dieser Filter aufgrund der schnellen Diffusionsbeladung nur einmalig fabrikfrisch eingesetzt werden darf. Filtermasken sind zur Vermeidung von Verschmutzung und der unvermeidlichen Diffusionsbeladung immer in einem geschlossenen Behälter aufzubewahren. Es ist das Verfallsdatum und die maximale Einsatzdauer laut den Herstellerangaben zu beachten.
- Persönliche Schutzausrüstung ist sachgerecht und geschützt außerhalb des Arbeitsbereiches zu lagern. Sie darf nicht durch allgemeine Verschmutzung, mechanische Beschädigung, direkten oder diffusen Kraftstoffkontakt, hohe Temperaturen oder Sonnenbestrahlung beschädigt werden, vorzeitig altern oder unbrauchbar gemacht werden. Von den üblicherweise in Kartons zu 50 oder 100 Stück gepackten Einmalhandschuhen sollte nur der gerade in Benutzung befindliche Karton in der Werkstatt vorgehalten werden. Die sachgerechte Lagerung des Atemschutzes (geschützt und außerhalb des Arbeitsbereiches) hat eine besondere Relevanz, da sich die Filter auch durch diffuse Emissionen mit Kohlenwasserstoffen, darunter Benzol, beladen, auch wenn sie gerade nicht aktiv durch einen Beschäftigten eingesetzt werden. Die bei wiederverwendbarem Atemschutz wie Halbmasken in der Regel mitgelieferten Schutzkappen schließen nicht gasdicht ab und dienen damit nur dem mechanischen Schutz der Filtereinsätze vor Beschädigung und Verschmutzung, schützen aber nicht vor diffuser Beladung.

6.2 Wirksamkeitsprüfung

Aktuell liegen keine ausreichenden Messdaten vor, die belegen, dass bei Umsetzung der vorgeschlagenen technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen die Akzeptanzkonzentration von Benzol in allen Fällen eingehalten werden kann. Die Maßnahmen stellen den Stand der Technik dar und führen insbesondere in Kombination vieler Maßnahmen zur deutlichen Reduzierung der Benzol-Belastung. Die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen ist aber letztendlich durch Ermittlungen, idealerweise durch Arbeitsplatzmessungen, zu belegen. Unbeschadet davon können die in Kapitel 5 beschriebenen Belastungssituationen für die Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden. Darüber hinaus gibt es Indikatoren, die eine Überschreitung der Akzeptanzkonzentration für Benzol sehr wahrscheinlich werden lassen:

Technische Ursachen

- Ist keine raumluftechnische Anlage installiert, verbleibt verdunsteter Kraftstoff lange im Arbeitsbereich.
- Das Lager für Reparaturaufträge ist räumlich nicht von Arbeitsplätzen getrennt. Kraftstoffdämpfe dringen auch in andere Bereiche.
- Arbeiten am Vergaser sind mit einer erhöhten Exposition verbunden, insbesondere bei fehlender Objektabsaugung am Arbeitsplatz.
- Waschprozesse erfolgen in offenen, nicht abgesaugten Wannenbädern.
- Kraftstoffe und entnommene Betriebsflüssigkeiten werden nicht in abgesaugten Gefahrstoffschränken oder im Außenbereich liegenden Gefahrstofflagern gesammelt, sondern innerhalb eines Arbeitsbereiches, meistens der Werkstatt.

Organisatorische Ursachen

- Benutzte, mit Kraftstoff getränkte Putztücher werden offen gelagert, weil keine geeigneten Behälter vorgehalten werden.
- Es wird ungeeignetes Werkzeug verwendet.

Die hier beschriebenen Sachverhalte sind nicht Stand der Technik und es wird dringend empfohlen, diese nach dem STOP-Prinzip (siehe Kapitel 5.3.1) zu verändern.

6.4 Arbeitsmedizinische Vorsorge

Benzol ist als krebserzeugender Gefahrstoff der Kategorie 1A im Anhang, Teil 1 der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV) aufgeführt. Somit hat der Arbeitgeber Pflichtvorsorge sowie nachgehende Vorsorge zu veranlassen, weil bei den in den Motorradwerkstätten und Werkstätten für Grünpflegegeräte herrschenden Arbeitsplatzsituationen eine wiederholte Exposition gegenüber Benzol nicht ausgeschlossen werden kann. Die Pflichtvorsorge muss vor Aufnahme der Tätigkeit und anschließend in regelmäßigen Abständen veranlasst werden. Der Arbeitgeber darf eine Tätigkeit nur ausüben lassen, wenn der Beschäftigte an der Pflichtvorsorge teilgenommen hat. Dazu ist ein Facharzt für Arbeitsmedizin (Gebietsbezeichnung) oder ein anderer Facharzt, der die Zusatzbezeichnung Betriebsmedizin führen darf, zu bestellen. Neben niedergelassenen Fachärzten für Arbeitsmedizin oder solchen mit der entsprechenden Zusatzbezeichnung gibt es auch Dienstleister, die als betriebsärztlicher Dienst Betriebe betreuen, die entweder keinen eigenen Betriebsarzt bestellen können oder aus organisatorischen Gründen diese Aufgabe auslagern wollen.

Die in der Arbeitsmedizinischen Regel (AMR) 11.1 „Abweichungen nach Anhang Teil 1 Absatz 4 ArbMedVV bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B“ (Stand 10.05.2016) genannten Ausnahmen von der Pflichtvorsorge finden bei den in diesem Bericht beschriebenen Tätigkeiten keine Anwendung, da nach Punkt 3.1.2 dieser AMR eine dermale Exposition durch Benzol als hautresorptiver Gefahrstoff nicht ausgeschlossen werden kann. Nach TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt - Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“ (ausgegeben am 19.18.2008, zuletzt berichtigt am 30.03.2011) ist bei Tätigkeiten mit hautresorptiven Stoffen eine Gesundheitsgefährdung in der Regel nur bei geschlossenen Anlagen auszuschließen. Die Verwendung von geeigneten Chemikalienschutzhandschuhen minimiert zwar den Hautkontakt, kann ihn aber nicht vollständig ausschließen.

Zwar haben die Beschäftigten in den Werkstätten keinen Umgang mit Benzol als Reinstoff, jedoch mit benzolhaltigem Ottokraftstoff, welcher aufgrund des Benzol-Gehalts von bis zu einem Volumenprozent ebenfalls als krebserzeugend der Kategorie 1B und keimzellmutagen der Kategorie 1B eingestuft ist. Damit ist ebenfalls Pflichtvorsorge und nachgehende Vorsorge zu veranlassen.

Die Begründung zu Benzol in der TRGS 910 (Stand: Mai 2012) beschreibt ein Biomonitoringverfahren im Blut und Urin, das jedoch erst bei inhalativen Belastungen ab 1 mg/m^3 , also knapp unterhalb der Toleranzkonzentration, eine Korrelation zur tatsächlichen Atemluftkonzentration zulässt.

Über die vom Hessischen Fachzentrum für medizinischen Arbeitsschutz am Regierungspräsidium Darmstadt im Rahmen des fachpolitischen Schwerpunktes „Kampf dem Krebs am Arbeitsplatz“ durchgeführte Biomonitoring-Aktion, die auch eine Ermittlung der Qualität des medizinischen Arbeitsschutzes in den hessischen Betrieben beinhaltete, haben die Landesgewerbeärzte bereits im Jahresbericht der Hessischen Arbeitsschutzverwaltung 2016 berichtet. [42] Unter den damaligen Gesichtspunkten wurde aus Sicht der Landesgewerbeärzte ein ähnlich dürftiger Umsetzungsstand der arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen zum Schutz der Beschäftigten vor einer Benzol-Exposition festgestellt.

6.5 Expositionsverzeichnis

Beschäftigte, die durch Ihren tätigkeitsbedingten Umgang mit krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B einer Gesundheitsgefährdung ausgesetzt sind (was sowohl für Benzol als Einzelstoff als auch für den benzolhaltigen Ottokraftstoff gilt), sind durch ihren Arbeitgeber in einem sogenannten Expositionsverzeichnis zu erfassen, welches ständig aktuell zu halten ist. Dies wird durch § 14 (3) Nr. 3 der GefStoffV vorgegeben und in der TRGS 410 „Expositionsverzeichnis bei Gefährdung gegenüber krebserzeugenden oder keimzellmutagenen Gefahrstoffen der Kategorien 1A oder 1B“ konkretisiert. Dieses Verzeichnis ist noch vierzig Jahre ab dem Ende dieser Exposition aufzubewahren. Bei den in diesem Bericht beschriebenen Gewerken endet die Exposition der Mechaniker in den Werkstätten in der Regel erst mit ihrem Ausscheiden aus dem Betrieb.

Nr. 4 der TRGS 410 beschreibt die Kriterien an die tätigkeitsbedingte Exposition, die eine Aufnahme des Beschäftigten in ein solches Expositionsverzeichnis erforderlich machen. Bezüglich der in diesem Bericht betrachteten Tätigkeiten greift vor allem das Kriterium der nicht vollständig auszuschließenden dermalen Exposition selbst wenn geeignete Chemikalienschutzhandschuhe getragen werden. Da in keinem der beprobten Betriebe

bereits Ermittlungsergebnisse bezüglich der tatsächlichen Höhe der Benzol-Belastung vorlagen und daher davon auszugehen ist, dass dies auch in dem überwiegenden Teil der deutschen Werkstätten der Fall ist, erfüllt die fehlende Kenntnis über die Expositionshöhe ebenfalls ein zwingendes Kriterium zur Aufnahme in das Expositionsverzeichnis.

Für das Verzeichnis der exponierten Beschäftigten existiert ein Vorschlag der BG ETEM, der den Betrieben empfohlen wurde (hier beispielhaft ausgefüllt) [43]:

Name des Beschäftigten	Tätigkeit	Eingesetzter / freierwerbender Stoff	Höhe der Exposition	Dauer der Exposition		
				Stunden pro Tag	Tage pro Woche	Wochen pro Jahr im Zeitraum
Mustermann, Hans	Demontieren, Reinigen und Montieren von Rasenmähern	Ottokraftstoff (CAS-Nr. 86920-81-5)	0,1 - 0,2 mg/m ³ ; Daten der DGUV „Benzol-Messungen in verschiedenen Arbeitsbereichen“ in „Aus der Arbeit des IFA“, Nr. 0370	1,5	2	40 (seit 2011)

Die DGUV bietet seit 2013 den unter ihrem Dach vertretenen Berufsgenossenschaften beziehungsweise deren Mitgliedern die Möglichkeit das Expositionsverzeichnis in der von der DGUV geführten digitalen Zentralen Expositionsdatenbank (ZED) zu führen, die unter <https://zed.dguv.de> zu erreichen ist.

7 Schlusswort

In beiden Werkstattarten haben die umfangreichen Arbeitsplatzmessungen gezeigt, dass die Belastung der in den Werkstätten tätigen Beschäftigten sowie die Belastung der Werkstätten selbst und angrenzender Arbeitsbereiche deutlich oberhalb der aktuell gültigen Akzeptanzkonzentration für Benzol von 0,2 mg/m³ liegt.

Anhand der chronischen lymphatischen Leukämie (CLL), die bei nachweisbarer beruflicher Exposition gegenüber Benzol als BK 1318 anerkannt werden kann, und die die häufigste Krebserkrankung des blutbildenden Systems in Mitteleuropa ist, wird deutlich, wie wichtig die Einhaltung der Akzeptanzkonzentration für die lebenslange Gesundheit der Mechaniker in den hier beschriebenen Werkstattarten ist. Ab einer Schwellendosis von akkumulierten 2,4 bis 3,1 mg/m³ Benzol-Jahren liegt die Wahrscheinlichkeit, an CLL zu erkranken, bereits bei mehr als 50 % gegenüber der Normalbevölkerung. Aber auch bereits bei 1,2 mg/m³ Benzol-Jahren sind die Beschäftigten einem erheblichen zusätzlichen Krebsrisiko ausgesetzt. [44] In den Motorradwerkstätten erfahren die Mechaniker im Schichtmittel eine Benzol-Belastung von 0,30 mg/m³ im 90. Perzentil. Damit erreichen sie bereits nach acht Jahren Berufstätigkeit den unteren Wert der oben genannten Schwellendosis, die mit 0,39 mg/m³ etwas stärker belasteten Mechaniker der Werkstätten für Grünpflegegeräte sogar bereits nach sechs Jahren. Da es bei Benzol wie fast allen Kanzerogenen keine untere Konzentration gibt, ab der das Krebsrisiko gegenüber der Normalbevölkerung nicht erhöht ist, bedürfen Beschäftigte, bei deren beruflichen Tätigkeiten eine Exposition nicht gänzlich zu vermeiden ist, besonderen Schutz, damit diese Schwellendosis möglichst spät im Berufsleben erreicht wird. Bei einer Exposition in Höhe der Akzeptanzkonzentration werden erst nach 40 Jahren 7,6 mg/m³ Benzol-Jahre erreicht.

Es besteht also Handlungsbedarf. Von den beschriebenen Schutzmaßnahmen sind so viele wie dem Betrieb nur möglich umzusetzen. Es gibt nicht **die** eine entscheidende Maßnahme, bei deren Umsetzung der Betrieb von einer Unterschreitung der Akzeptanzkonzentration für Benzol ausgehen kann. Vielmehr sind es viele kleine Maßnahmen, von denen jede einzelne in bestimmten Situationen die Benzol-Belastung der Beschäftigten und Arbeitsbereiche ein wenig senken kann. Je mehr dieser Maßnahmen konsequent umgesetzt werden, desto geringer wird die Belastung ausfallen. Leider kann jedoch auch bei Umsetzung aller Maßnahmen den Betrieben keine Unterschreitung der Akzeptanzkonzentration garantiert werden, weshalb die Betriebe nicht umhinkommen werden, ihren Beschäftigten für besonders emissionsstarke Arbeiten, wenn keine wirksame Objektabsaugung vorhanden ist, geeigneten Atemschutz zur Verfügung zu stellen und ein Expositionsverzeichnis nach TRGS 410 zu führen, es sei denn, sie stellen durch eigene Messungen sicher, dass die Belastung der Beschäftigten auch bei stark emittierenden Tätigkeiten eine Belastung im Bereich des niedrigen Risikos liegt.

Die Werkstätten für Grünpflegegeräte haben mit der Verfügbarkeit eines benzolfreien Sonderkraftstoffes einen deutlichen Vorteil gegenüber den Motorradwerkstätten, den sie durch gezielte Kundensensibilisierung und eigene Anwendung ausspielen sollten. Auch setzen sich Elektromotoren immer stärker durch, sodass in diesem Gewerk allein durch die technische Entwicklung die Benzol-Belastung der Beschäftigten in den kommenden Jahren immer weiter abflachen wird. Jedoch ist das Warten auf diese vom Kundenverhalten abhängige Entwicklung kein Grund, die hier vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen nicht zeitnah umzusetzen. Vielmehr ist sie ein Aufruf an die Politik, auch den Kunden als Privatperson, und nicht nur den Arbeitgeber, zur Verwendung des benzolfreien Sonderkraftstoffes zu verpflichten.

Quellen

- [1] EU-OSHA, „Fahrplan zu Karzinogenen – Aktionsprogramm zur Bekämpfung arbeitsbedingter Krebserkrankungen,“ 18.04.2017. [Online]. Available: <https://osha.europa.eu/de/themes/dangerous-substances/roadmap-to-carcinogens>.
- [2] DGUV, „Beruflich verursachte Krebserkrankungen – Dokumentation des Berufskrankheiten-Geschehens in Deutschland (Zeitraum 1978 bis 2010),“ BMAS / BAuA, 2016.
- [3] M. Dr. Au, *Jahresbericht 2015 der Hessischen Arbeitsschutzverwaltung*, 2015.
- [4] DGUV, DGUV-Report zur BK 1317 Polyneuropathie, 2018.
- [5] „Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 901: Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz,“ *BARbBl. 04/1997 S.42 zuletzt geändert BARbBl. 01/2006 S.38*.
- [6] „Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 910: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen,“ *GMBI 2014 S. 258-270 [Nr. 12] (v. 2.4.2014) i.d.F. GMBI 2019 S. 120 [Nr. 7] (v. 29.03.2019)*.
- [7] Breuer et.al., „Benzol – Erarbeitung und Praxiserprobung eines Messverfahrens mit Bezug zu dem neuen Risikowert und der Exposition-Risiko-Beziehung für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen“. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 73 (2013) Nr. 10*.
- [8] Breuer et. al., „Benzol - Messungen in verschiedenen Arbeitsbereichen mit Bezug zur Toleranz- und Akzeptanzkonzentration nach TRGS 910“. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, 75 (2015) Nr. 7/8*.
- [9] DIN EN 228, Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge – Unverbleite Ottokraftstoffe – Anforderungen und Prüfverfahren, Beuth Verlag, 2017.
- [10] „GESTIS-Stoffdatenbank,“ [Online]. Available: http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates&fn=default.htm&vid=gestisdeu:sdbdeu. [Zugriff am 24.03.2020].
- [11] „Chemie.de,“ [Online]. Available: <https://www.chemie.de/lexikon/Benzin.html>. [Zugriff am 06.07.2020].
- [12] „Richtlinie 98/70/EG vom 13. Oktober 1998 über die Qualität von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen,“ *ABl. Nr. L 350/58, ABl. 2000 Nr. L 124/66 einschließlich Ergänzungen durch 2003/17/EG und 2009/30/EG*.
- [13] „Zehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualität von Kraft- und Brennstoffen - 10. BImSchV),“ *BGBI. I, Nr. 62, S. 1849, 2020*.
- [14] „Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6),“ *715/2007/EG*.
- [15] Sachstand zum Benzolgehalt von Kraftstoffen, Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages. Az WD 8 - 3000 - 059/18; 26.06.2018.

- [16] „CLP-Verordnung,“ *Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Gemischen.*
- [17] „RP-Energie-Lexikon,“ [Online]. Available: <https://www.energie-lexikon.info/benzol.html>. [Zugriff am 06 07 2020].
- [18] DGUV, DGUV-Information 213-727, 2014.
- [19] DGUV, „Verbindliche Arbeitsplatzgrenzwerte der EU-Kommission,“ [Online]. Available: <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/arbeitsplatzgrenzwerte/verbindliche-arbeitsplatzgrenzwerte-der-eu-kommission/index.jsp>. [Zugriff am 06 07 2020].
- [20] IFA, BK-Report 1317 „Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische“, 2018.
- [21] BAuA, „Begründung zur Exposition-Risiko-Beziehung für Benzol,“ [Online]. Available: https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/pdf/910/910-benzol.pdf?__blob=publicationFile&v=2. [Zugriff am 06 07 2020].
- [22] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Benzol,“ [Online]. Available: https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_10_benzol.pdf.
- [23] Berufskrankheiten-Verordnung vom 31. Oktober 1997 (BGBl. I S. 2623) Fassung vom 10. Juli 2017 (BGBl. I S. 2299).
- [24] DGUV, „DGUV–Statistiken für die Praxis 2018 - Aktuelle Zahlen und Zeitreihen der gewerblichen Berufsgenossenschaften und Unfallversicherungsträger der öffentlichen Hand,“ [Online]. Available: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3673>. [Zugriff am 06 07 2020].
- [25] BGIA, BGIA-Empfehlung 1035 "Instandhaltungsarbeiten an Personenkraftwagen in Werkstätten", 1999.
- [26] DGUV, DGUV Regel 109-009 "Fahrzeuginstandhaltung", 2006.
- [27] BAuA, Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Nr. 86 "Kfz-Werkstätten", 1993.
- [28] Jahresbericht der Hessischen Arbeitsschutzverwaltung 2018.
- [29] „Kraftstoffeinspritzung,“ Motorrad-Wiki, [Online]. Available: <https://motorrad.fandom.com/wiki/Kraftstoffeinspritzung>. [Zugriff am 07 07 2020].
- [30] „Verordnung (EU) Nr. 168/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Januar 2013 über die Genehmigung und Marktüberwachung von zwei- oder dreirädrigen und vierrädrigen Fahrzeugen,“ *Amtsblatt der Europäischen Union vom 02.03.2013.*
- [31] „heiseAutos,“ Heise, [Online]. Available: <https://m.heise.de/autos/artikel/Ab-2016-gilt-die-UNECE-R-41-04-fuer-neue-Motorraeder-2850835.html?seite=all>. [Zugriff am 07 07 2020].
- [32] „Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition,“ *GMBI 2010, S. 231 253 [Nr. 12] vom 25.02.2010, zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 201.*

- [33] Amt für Arbeitsschutz Hamburg, „Chemikalien-Schutzhandschuhe für Autolackierer - Handlungshilfe für die Auswahl geeigneter Schutzhandschuhe,“ *Merkblatt M37*, 2009.
- [34] „Technische Regeln für Gefahrstoffe 420: Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition,“ *GMBI 2014*, S. 997 [Nr. 48] v. 11.09.2014, zuletzt geändert und ergänzt: *GMBI 2020*, S. 199 [Nr. 9-10] v. 13.03.2020.
- [35] DGUV, „BG/BGI-A-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung Allgemeiner Teil (bisher: BGI 790-001),“ *DGUV Information 213-701*, 2005.
- [36] „Abschlussbericht zum GDA-Programm ORGA,“ [Online]. Available: www.gda-portal.de/DE/Downloads/pdf/Organisation-Abschlussbericht-zum-AP-ORGA.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- [37] BAuA, „Exposition von Beschäftigten gegenüber Lösemitteln bei der Metallreinigung,“ *Handlungsanleitung zur guten Arbeitspraxis*, 2014.
- [38] DGUV, DGUV-Regel 109-002, 2020.
- [39] BAuA, „ASR A3.6 Lüftung,“ [Online]. Available: <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR-A3-6.html>. [Zugriff am 07 07 2020].
- [40] Fa. Ansell, „Durchdringungstests an Einmalhandschuhen für das RP Kassel,“ 2019.
- [41] Fa. KCL, „Durchdringungstests an Einmalhandschuhen für das RP Kassel,“ 2019.
- [42] „Jahresbericht 2016 der Hessischen Arbeitsschutzverwaltung“.
- [43] BG ETEM, „Zentrale Expositionsdatenbank,“ [Online]. Available: <https://www.bgetem.de/arbeitsicherheit-gesundheitsschutz/themen-von-a-z-1/gefaehrdungen-durch-arbeitsstoffe/gefahrstoffe/zentrale-expositionsdatenbank>. [Zugriff am 07 07 2020].
- [44] J Büniger, Ch Eisenhawer, G Westphal, T Brüning, „BK-Nr. 1318: Bewertung von chronischen lymphatischen Leukämien bei niedriger Benzol-Exposition. Beispiel aus der Begutachtungspraxis des IPA,“ *IPA-Journal 01/2020*.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Begriff
Abl.	Amtsblatt der Europäischen Union
AGS	Ausschuss für Gefahrstoffe
AGW	Arbeitsplatzgrenzwert
AK	Akzeptanzkonzentration
A-Kohle	Aktivkohle
AMR	Arbeitsmedizinische Regel
ArbMedVV	Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ASR	Technische Regel für Arbeitsstätten
Az	Aktenzeichen
BArbBl.	Bundesarbeitsblatt
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BG ETEM	Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse
BGIA	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz
BIA	Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit
BK	Berufskrankheit
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMAS	Bundesministeriums für Arbeit und Soziales
CAS-Nr.	Chemical Abstracts Service Registry Number
CLL	Chronische lymphatische Leukämie
CLP	Classification, Labelling and Packaging of Chemicals
CS ₂	Kohlenstoffdisulfid
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft e. V.
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsche Industrienorm
DIN EN	Deutsche Übernahme einer Europäischen Norm (EN)
DIN ISO	Deutsche Übernahme einer durch die International Organization for Standardization (ISO) anerkannten Norm
EG	Europäische Gemeinschaft
ERB	Expositions-Risiko-Beziehung
EU	Europäische Union
EU-OSHA	European Agency for Occupational Safety and Health at Work
FID	Flammenionisationsdetektor
GBU	Gefährdungsbeurteilung
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GDA	Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie
GDA-ORGA	GDA-Arbeitsprogramm Organisation (2011 bis 2016)
GESTIS	Gefahrstoffinformationssystem der DGUV
GHS	Globally Harmonized System of Classification, Labelling and Packaging of Chemicals
GMBL	Gemeinsame Ministerialblatt der Bundesregierung
i. d. F.	in der Fassung
IFA	Institut für Arbeitsschutz der DGUV
IPA	Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der DGUV
Kfz	Kraftfahrzeug

MS	Massenspektrometer
NAK	Nationale Arbeitsschutzkonferenz
pg	personengetragen
Pkw	Personenkraftwagen
RCP	Reciprocal calculation-based procedure
st	stationär
STOP	Substitution, technische, organisatorische und persönliche Maßnahmen
Tenax TA®	Polymeres Adsorberharz aus Poly(2,6-diphenyl-p-phenylenoxid)
TK	Toleranzkonzentration
REACH	Registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals
SIM	Single-ion monitoring chromatogram
TIC	Total ion current chromatogram
TRGS	Technische Regel für Gefahrstoffe
TRK	Technische Richtkonzentration
UNECE-R	United Nations Economic Commission for Europe - Regulation
UVCB	U nknown or v ariable c omposition, complex reaction products or b iological materials
VSK	Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien
WZ	Wirtschaftszweig
ZED	Zentrale Expositionsdatenbank

Anhang: Angaben zu den analytischen Methoden

Von den Projektteilnehmern wurden folgende Probenahme- und Messparameter gewählt:

	Hessen	Bayern	Hamburg	Baden- Württemb erg	Berlin	Rheinland -Pfalz
Analyse- methode	eigene Methode angelehnt an die DFG- Lösemittel Nr. 5	DFG Lösemittel Nr. 1	DFG Lösemittel Nr. 1	an BIA 6265 angelehnt	DIN ISO 16000-6	DFG Lösemittel Nr. 6
Probenah- megeräte	Gillian LFS 113, Fa. Sensidyne	SG 4000 (GSA) und GilAirplus (Gilian)	SG 2500, 4000	GilAirplus und LFS 113 (Gilian)	LFS 113 DC (Gilian)	PP-1 (DEHA) LFS 113 (Sensi- dyne)
Probenah- memedium	Tenax TA	A-Kohle Dräger Typ B/G	A-Kohle Dräger Typ B/G	A-Kohle Typ NIOSH	Tenax TA	300 mg Chromo- sorb 106
Probenah- mevolu- menstrom	30 mL/min	1 L/min	1 L/min	0,2 L/min	10 mL/min	5 - 10 mL/min
Probenah- medauer	30 bis 45 min	30 / 60 min	60 / 120 / 180 min	60 / 120 / 150 min	30 min	30 bis 60 min
Probenah- mevolumen	0,9 bis 1,4 L	30 / 60 L	60 / 120 / 180 L	12 / 24 / 30 L	0,3 L	0,3 L
Desorption	Thermo- desorption	CS ₂	CS ₂	CS ₂	Thermo- desorption	Thermo- desorption
GC-Säule	Agilent HP DB 624 122-1334, 30 m, 0,25 mm ID, 1,4 µm Filmdicke	Zebron- ZB5ms, 30 m, 0,25 mm ID, 0,25 µm Filmdicke	DB 5 Macherey & Nagel	BP1 von SGE, 50 m, 0,32 mm ID, 1,0 µm Filmdicke	RTX-1, 60 m, 0,25 mm ID, 1 µm Filmdicke	Agilent HP DB 624 122-1334, 30 m, 0,25 mm ID, 1,4 µm Filmdicke
Detektion	FID	MS (SIM)	MS (SIM)	FID	MS (SIM)	FID/MS (TIC)