

Die neue TRGS 402 – Änderungen und Anwendungshinweise

P. Heckmann, R. Beisser, A. Csomor, C. Emmel, R. Hebisch, G. von Kries, R. Sonnenburg

ZUSAMMENFASSUNG Die überarbeitete und vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) verabschiedete Technische Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ wurde im September 2023 veröffentlicht. Sie weist eine Reihe von Änderungen gegenüber der bisherigen Fassung auf. Besonders hervorzuheben ist die Vereinheitlichung der Befunderhebung, die nun auch krebserzeugende Stoffe mit einem der Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) entsprechenden Beurteilungsmaßstab (BM) und andere Stoffe mit einem BM aus stoffspezifischen TRGS berücksichtigt. Die Einteilung der zu bestimmenden Stoffgruppen sowie die Auswahl und Anwendung messtechnischer und nichtmesstechnischer Verfahren wurden aktualisiert. Des Weiteren wurde die vom AGS veröffentlichte Liste empfohlener Messverfahren implementiert. In dieser Veröffentlichung werden einige erläuternde Hinweise zur praktischen Anwendung der TRGS 402 gegeben.

The new TRGS 402 – updates and recommendations for its application

ABSTRACT The German Committee on Hazardous Substances (AGS) has adopted the revised version of the Technical Rule for Hazardous Substances (TRGS) 402 "Identification and assessment of the risks from activities involving hazardous substances: inhalation exposure". This TRGS was published in September 2023. It contains a number of changes in comparison to the previous version. Particularly noteworthy is the standardisation of the establishment of a finding, which now considers both substances with health-based occupational exposure limit values and risk-based assessment criteria according to exposure-risk relationships (ERR). The classification of substances, which may be determined in workplace air, and selection and application of suitable measuring or non-measuring identification methods have been updated. Furthermore, the list of recommended measuring procedures of the AGS was implemented. This publication gives explanatory notes for the application of this TRGS in exposure identification and assessment.

1 Einleitung

Die Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition fand bereits sehr früh Eingang in das Technische Regelwerk. So hat der damalige Ausschuss für gefährliche Arbeitsstoffe 1979 die Technische Regel für gefährliche Arbeitsstoffe (TRgA) 401 „Messung und Beurteilung von Konzentrationen giftiger oder gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe in der Luft; Anwendung von Technischen Richtkonzentrationen – TRK“ [1] und 1982 die TRgA 402 „Messung und Beurteilung von Konzentrationen gefährlicher Arbeitsstoffe in der Luft; Anwendung von Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) als Schichtmittelwert“ [2] verabschiedet. Im Jahre 1986 wurden diese beiden Technischen Regeln in der TRGS 402 [3] mit der Einführung einer neuen Messstrategie zusammengeführt. Um der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition bei Tätigkeiten mit mehreren Gefahrstoffen (gleichzeitig oder nacheinander) Rechnung zu tragen, folgte 1989 die TRGS 403 [4], die zur Bewertung von Stoffgemischen am Arbeitsplatz diente.

Im Jahr 2008 wurde die TRGS 402 als Folge der 2004 an EU-Richtlinien angepassten Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) in stark überarbeiteter Fassung veröffentlicht. Wesentliche Änderungen betrafen dabei die Implementierung der bisherigen TRGS 403, den Wegfall des Kontrollmessplans und die neue Befundung. Der Wechsel vom bisherigen Befund „Grenzwert eingehalten“ zu „Schutzmaßnahmen ausreichend“ stellte einen Paradigmenwechsel dar und auch höhere Anforderungen an den Arbeitgeber oder die von ihm beauftragte Messstelle.

Nach darauffolgenden geringeren Änderungen bezüglich der Berücksichtigung von Akzeptanz- (AK) und Toleranzkonzentrationen (TK) für Stoffe mit Exposition-Risiko-Beziehung (ERB) nach TRGS 910 [5] sowie der Bestimmungsgrenze und der Kategorisierung geeigneter und bedingt geeigneter Messverfahren für Stoffe mit ERB beschloss der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) 2019 die Überarbeitung der TRGS 402.

Hintergrund der aktuellen Überarbeitung der TRGS 402 waren die Harmonisierung mit anderen überarbeiteten TRGS, insbesondere TRGS 400 [6] und 910 [5], und die Neufassung der DIN EN 689 [7]. Ebenso sollte eine Vereinheitlichung der Befunderhebung für krebserzeugende Stoffe mit AK und TK sowie Stoffe mit einem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) erfolgen. Die Einteilung der zu bestimmenden Stoffgruppen, die als Grundlage der Akkreditierung von Messstellen dient, war ebenso zu aktualisieren wie die Auswahl und Anwendung messtechnischer und nichtmesstechnischer Verfahren. Hinzu kam die Implementierung der vom AGS veröffentlichten Liste empfohlener Messverfahren für Arbeitsplatzmessungen [8] sowie der Vorgehensweise bei Stoffen mit fehlenden oder nicht spezifischen Messverfahren. Nicht zuletzt war auch die Anwendung von Kurzzeitwerten (KZW) in der Praxis zu präzisieren.

Nachfolgend werden Hilfestellungen und erläuternde Erklärungen dargestellt, die Anwendende der TRGS 402 bei der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition am Arbeitsplatz unterstützen.

2 Wesentliche Änderungen und Anpassungen

Die grundsätzliche Struktur der TRGS 402 hat sich in der Vergangenheit bewährt, sodass hier nur geringe Änderungen vorgenommen wurden. Der bisherige Abschnitt 3 „Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung“ wurde inhaltlich im Wesentlichen in den Abschnitt 4 mit der Beschreibung der Vorgehensweise und die entsprechenden Anhänge zu den messtechnischen und nichtmesstechnischen Ermittlungen eingearbeitet. Der neu formulierte Abschnitt 3 „Fachkunde“ fasst für Anwendende in komprimierter Form die zu erfüllenden Bedingungen zusammen, um die inhalative Exposition selbst ermitteln und beurteilen zu können oder dies durch Dritte durchführen zu lassen.

Im Anhang (bisher: Anlagen) wurden die Anhänge 2 und 3 in der Reihenfolge aus logischen Gründen getauscht, sodass sich jetzt unmittelbar an die Anforderungen an Messstellen die messtechnische Ermittlung anschließt. Der Anhang 5 fasst die bisherigen Arbeitsplatzbeispiele und weiteren Anwendungshinweise nur noch summarisch zusammen und verweist mit einem Link (www.baua.de/TRGS-402-Arbeitsplatzbeispiele) [19] auf weiterführende Informationen, die auf der Website der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) verfügbar sind. Dies ermöglicht es, zukünftig aktueller und schneller relevante Anwendungshinweise umzusetzen und ggf. auf normative Änderungen der DIN EN 689 [7] reagieren zu können. Nachfolgend wird auf die wesentlichen Änderungen in den einzelnen Abschnitten eingegangen.

2.1 Begriffsbestimmungen

Bei den Begriffsbestimmungen erfolgten einige Präzisierungen zur Klarstellung. Daneben gab es jedoch auch signifikante Ergänzungen und Neuaufnahmen, die im Wesentlichen die folgenden Begriffe betreffen.

Die Definition des Arbeitsbereiches wurde begrifflich um die bereits in die TRGS 554 [9] aufgenommene Formulierung zu den Arbeitsbereichen im Freien ergänzt. Anhand einer einfachen Identifizierung, ob eine Decke oder ein Dach und wie viele Seitenwände (mit und ohne Fenster, Türen usw.) vorhanden sind, ist nun anwenderunabhängig stets die gleiche Festlegung zu erwarten.

Neben der Leitkomponente wurden mit Surrogaten und Tracern zwei weitere Möglichkeiten zur Verwendung bestimmter Stoffe bei der messtechnischen Ermittlung aufgenommen. Dies geschah einerseits wegen der großen Lücken bei den zur Verfügung stehenden geeigneten Messverfahren für Arbeitsplatzmessungen [8] und andererseits aufgrund vermehrt auftretender Wünsche und Hinweise aus der Praxis. Gemein ist Leitkomponenten, Tracern und Surrogaten, dass vor ihrer Anwendung im Rahmen der messtechnischen Arbeitsplatzüberwachung ihre Anwendbarkeit durch in der Regel umfangreiche Untersuchungen nachzuweisen ist. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass Leitkomponenten Stoffe sind, die bei den ausgeführten Tätigkeiten auftreten. Surrogate und Tracer werden dagegen anstelle auftretender Stoffe oder zusätzlich zu diesen eingesetzt. Leitkomponenten sollen letztlich die Exposition gegenüber mehreren Stoffen gleichzeitig charakterisieren. Dafür muss insbesondere bekannt sein, in welchem Umfang sie zur Gesamtexposition bei den durchgeführten Tätigkeiten beitragen. Für die Leitkomponente

bedeutet dies in der Praxis, dass ihr eigener Beurteilungsmaßstab (BM) nur bis zu einem vorher ermittelten Grad „ausgelastet“ werden kann. Dass dies nur in wenigen Fällen zuverlässig möglich ist, zeigt sich unter anderem darin, dass es gegenwärtig lediglich eine DGUV Information aus der Reihe „Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger“ (EGU) gibt, die für Kfz-Werkstätten Kohlenmonoxid als Leitkomponente auführt [10]. Surrogate und Tracer können eingesetzt werden, wenn sie vergleichbare physikalische Eigenschaften und eine geringere Toxizität als der eigentlich zu bestimmende Stoff aufweisen. Die Verwendung eines Surrogates ist nur zulässig, wenn es für den eigentlich bei der Tätigkeit relevanten Stoff kein (bedingt) geeignetes Messverfahren gibt. Ebenso können Surrogate nicht für die Beurteilung von Stoffgemischen eingesetzt werden. Ein typisches Einsatzgebiet der Surrogate ist in der pharmazeutischen Industrie die Expositionsbeurteilung einer Palette von Wirkstoffen. Tracer werden dagegen dem realen Stoff oder Stoffgemisch zugesetzt und fungieren dann quasi im Sinne einer Leitkomponente.

Eine Präzisierung erfolgte bei den Begriffsbestimmungen bezüglich der bisherigen Verwendung des „worst case“, der nun korrekterweise als „reasonable worst case“ bezeichnet wird. Inhaltlich stellt dieser eine Tätigkeit oder ein Verfahren unter ungünstigen, aber nicht auszuschließenden Bedingungen dar. Eine Situation, die eigentlich schon immer in dieser Form verwendet wurde, nun aber begrifflich korrekt erfasst ist.

Aufgrund der in Messberichten immer wieder anzutreffenden Vermengung der Begriffe Messwert, Messergebnis und Ermittlungsergebnis wurden diese nun klar voneinander abgegrenzt und in einer entsprechenden Hierarchie eingeordnet. Der Messwert ist die unterste Ebene und stellt das Analysenergebnis eines zu bestimmenden Stoffes (z. B. die mittels Gaschromatographie ermittelte Toluolkonzentration) für eine am Arbeitsplatz bei der Tätigkeit angewendete (z. B. dreistündige) Probenahmedauer dar. Aus einem oder mehreren derartigen Messwerten wird dann das – ggf. zeitlich gemittelte – Messergebnis berechnet, wobei der entsprechende Beurteilungszeitraum berücksichtigt wird (z. B. der Schichtmittelwert für einen achtstündigen Arbeitstag). Da sowohl messtechnische als auch nichtmesstechnische Methoden zur Expositionsermittlung und -beurteilung eingesetzt werden können, musste für den Vergleich mit dem BM (z. B. dem AGW) ein für beide Vorgehensweisen einheitlicher Begriff definiert werden. Das Ermittlungsergebnis ist somit entweder das Messergebnis der messtechnischen Ermittlung oder aber das unmittelbare Ergebnis einer nichtmesstechnischen Methode. In der Dokumentation ist somit in letzter Instanz immer das Ermittlungsergebnis aufzuführen.

2.2 Fachkunde

Der neu formulierte dritte Abschnitt fasst die allgemeinen Anforderungen an die Fachkunde bzw. notwendigen Kenntnisse bei der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition zusammen. So kann üblicherweise davon ausgegangen werden, dass Arbeitgebende nicht selbst über die erforderlichen Kenntnisse zur Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition verfügen. Klar sein muss, dass die notwendigen Kenntnisse über die allgemeinen Anforderungen der TRGS 400 [6] zur Gefährdungsbeurteilung hinausgehen. Neben den gefahrstoffbezogenen Kenntnissen müssen ermittlungsmethodische Kenntnisse und

insbesondere Erfahrungen zu den eingesetzten messtechnischen und/oder nichtmesstechnischen Ermittlungsmethoden vorhanden sein, die in den entsprechenden Anhängen 1 bzw. 3 detailliert dargestellt sind. Für die messtechnische Ermittlung und Beurteilung ist es empfehlenswert, eine akkreditierte Messstelle zu beauftragen, da dann von der Erfüllung dieser Anforderungen ausgegangen werden kann. Eine nicht vorhandene Akkreditierung ist jedoch kein Ausschlusskriterium. Es muss dann nur anderweitig belegt werden, dass die Anforderungen an die Fachkunde gemäß dieser TRGS erfüllt werden. Dazu gehören z. B. entsprechende Fortbildungszertifikate und das Qualitätsmanagementsystem der Messstelle, verbunden mit erfolgreichen Teilnahmen an Vergleichsmessungen (Ringversuche). Somit muss eine möglicherweise im Betrieb vorhandene innerbetriebliche Messstelle nicht unbedingt eine Akkreditierung aufweisen. Sie muss allerdings mit den zu beurteilenden Tätigkeiten und Verfahren sowie den eingesetzten Ermittlungsmethoden vertraut sein und über die entsprechende technische Ausstattung verfügen. Bei nichtmesstechnischen Ermittlungen wird empfohlen, zusätzlich zu den in dieser TRGS aufgeführten Anforderungen die von *Beisser et al.* [11] beschriebenen Hinweise zu deren Auswahl und Anwendung zu beachten.

2.3 Vorgehensweise zur Ermittlung der inhalativen Exposition

Im vierten Abschnitt sind die wohl wichtigsten Änderungen vorzufinden. So wurde das bisher in der Abbildung 1 dargestellte Ablaufschema neben begrifflichen Anpassungen an die TRGS 400 [6] nun so dargestellt, dass die Zweistufigkeit des Bewertungsprozesses klar zum Ausdruck kommt. Zuerst ist immer zu prüfen, ob alle Beurteilungsmaßstäbe eingehalten und die Kurzzeitwertanforderungen erfüllt sind. Nur wenn dies in jeder Hinsicht zutrifft, kann in einem nächsten Schritt die Beurteilung der Schutzmaßnahmen erfolgen. Andernfalls sind die Schutzmaßnahmen zu überprüfen und entsprechend anzupassen.

Eine grundsätzliche Änderung erfolgte dahingehend, dass nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden nicht mehr bevorzugt einzusetzen sind. Dies wurde seinerzeit bei der letzten Überarbeitung der TRGS 402 eingeführt, weil einerseits nur in wenigen Betrieben Arbeitsplatzmessungen erfolgen und andererseits die Hoffnung bestand, dass zukünftig mehr und vor allem validierte nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden zur Verfügung stehen werden. Da insbesondere die Validierung der nichtmesstechnischen Ermittlungsmethoden nur geringfügige Fortschritte machte, wird nun für diese zumindest eine Qualitätssicherung gefordert. In Ermangelung einer allgemeinen Vorgabe zur Validierung wird insbesondere die Verabschiedung nichtmesstechnischer Ermittlungsmethoden durch den AGS oder durch Gremien der Länder und der Unfallversicherungsträger sowie anderer anerkannter Stellen in Europa als Qualitätskriterium gewertet. Es wird darauf hingewiesen, dass messtechnische und nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden einander ergänzen können. Die messtechnischen Ermittlungsmethoden hat der AGS mit einer Liste empfohlener Messverfahren für Arbeitsplatzmessungen [8] publiziert.

Eine wesentliche Gemeinsamkeit haben jetzt sowohl die messtechnischen als auch die nichtmesstechnischen Ermittlungsmethoden: Die Erhebung der relevanten Randbedingungen muss grundsätzlich vor Ort erfolgen. Damit wird sichergestellt, dass die für die Expositionsbeurteilung verantwortliche Person die entspre-

chenden Arbeitsplätze und Tätigkeiten tatsächlich gesehen hat und fachkundig beurteilen kann.

2.4 Beurteilung der Exposition und der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen

Der fünfte Abschnitt wurde grundlegend neu gefasst. In den neu formulierten Abschnitten „Beurteilungsmaßstäbe der inhalativen Exposition“ und „Beurteilungszeiträume“ werden für die Beurteilung wichtige Begrifflichkeiten und Vorgehensweisen präzisiert. Dabei werden im Abschnitt „Beurteilungsmaßstäbe“ die Definitionen aus dem AGS-Begriffsglossar [12] übernommen und die BM in verbindliche sowie sonstige unterteilt. Die verbindlichen AGW der Europäischen Union (Binding Occupational Exposure Limit Value, BOELV) gelten mit Veröffentlichung im Amtsblatt der EU und werden in der TRGS nicht gesondert aufgeführt. Sie werden zeitnah in das deutsche Regelwerk übernommen.

Aufgrund immer wieder aufkommender Fragen in Bezug auf die Beurteilungszeiträume wurden Regelungen für die Fälle getroffen, in denen die Schichtlänge von der für die Grenzwertsetzung herangezogenen Schichtlänge von acht Stunden abweicht, sowie für resorptiv wirksame Stoffe der Kurzzeitwertkategorie II, wenn die Zulässigkeit längerer Überschreitungsdauern bewertet werden muss. Dabei wurden die aktuell geltenden Regelungen zu Kurzzeitwerten (KZW) aus den TRGS 900 [13] und 910 [5] gespiegelt und zusammengeführt.

Bei der Berechnung der Bewertungsindizes wurden in Abhängigkeit von der Höhe der Messergebnisse sowie der Eignung der eingesetzten Messverfahren pragmatische Abschneidekriterien festgelegt. So können beispielsweise Messergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze bei der Berechnung des Bewertungsindex vernachlässigt werden, wenn ein geeignetes Messverfahren eingesetzt wird. Die Eignung bzw. bedingte Eignung eines Messverfahrens, wie sie im Anhang 2 der TRGS 402 spezifiziert wird, wirkt sich nunmehr direkt auf die Höhe des Bewertungsindex aus.

Für die Beurteilung der Messergebnisse und der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen wurde ein zweistufiger Bewertungsprozess eingeführt, der sowohl für Stoffe mit verbindlichen BM als auch für Stoffe mit sonstigen und solche ohne BM anwendbar ist. Im ersten Schritt erfolgt die Bewertung gemäß den in **Tabelle 1** zusammengestellten Bewertungskriterien.

Im zweiten Schritt werden die Bewertungskriterien zusammengeführt und der Befund abgeleitet. Die Verantwortung für die Befunderhebung liegt beim Arbeitgebenden, der bei Bedarf eine fachkundige Stelle hinzuziehen kann. Mit dem Befund wird die Wirksamkeit der technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen beurteilt. Die Verwendung persönlicher Schutzausrüstung (PSA) darf dabei auch bei kurzzeitigen Einsätzen der PSA nicht berücksichtigt werden. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass die in der Rangfolge der Schutzmaßnahmen zuerst zu berücksichtigenden technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen direkten Einfluss auf die im Rahmen der Messung ermittelte Exposition haben und somit direkt in den Befund einfließen. Erst wenn diese Maßnahmen nicht ausreichend sind, kann PSA als mögliche Maßnahme abgeleitet werden. Darüber hinaus ist es auch technisch in den meisten Fällen nicht möglich, „hinter“ dem Atemschutz eine personengetragene Arbeitsplatzmessung mit verlässlichem Ergebnis durchzuführen.

Tabelle 1. Bewertungskriterien gemäß Abschnitt 5.3.3 der TRGS 402.

Bewertungskriterien	Bedingung	Ergebnis der Bewertung
Bewertung von Stoffen mit AGW	Stoffindex I ≤ 1	Einhaltung AGW
	Stoffindex I > 1	Überschreitung AGW
Bewertung von Stoffen mit BM	Stoffindex I ≤ 1	Einhaltung BM
	Stoffindex I > 1	Überschreitung BM
Bewertung von Stoffen mit AK und TK	C ≤ AK	Einhaltung AK
	AK < C ≤ TK	Überschreitung AK und Einhaltung TK
	C > TK	Überschreitung TK
Bewertung der KZW	a) in keinem 15-min-Intervall ist der KZW überschritten* b) maximal vier 15-min-Intervalle oberhalb des BM c) zwischen 15-min-Intervallen möglichst ein zeitlicher Abstand von 60 min. *spezielle Regelungen für Stoffe der Kurzzeitwertkategorie II sowie für krebserzeugende Stoffe mit TK	Wenn a) bis c) zutreffend: Anforderungen für die KZW erfüllt
Bewertung der Momentanwerte	zu keinem Zeitpunkt Momentanwert überschritten	Anforderungen an Momentanwerte erfüllt
Bewertung von Stoffgemischen (Bewertungsindizes)	Bewertungsindex BI ≤ 1	Einhaltung BI
	Bewertungsindex BI > 1	Überschreitung BI
Bewertung anhand des erweiterten Sicherheitsdatenblatts nach REACH	Umsetzung der beschriebenen Risikomanagementmaßnahmen	Einhaltung der Bewertungskriterien bei entsprechender fachlicher Begründung
Bewertung von Stoffen ohne BM	– Analogieschlüsse (Tätigkeiten, Stoffe) – Schutzmaßnahmen aus branchen- oder tätigkeitsspezifischen Hilfestellungen – Stand der Technik	Einhaltung der Bewertungskriterien bei entsprechender fachlicher Begründung

Der Befund zur Beurteilung der Schutzmaßnahmen hinsichtlich der inhalativen Exposition kann „Schutzmaßnahmen ausreichend“ oder „Schutzmaßnahmen nicht ausreichend“ lauten. In manchen Fällen kann aufgrund der vorliegenden Ermittlungsergebnisse noch kein Befund abgeleitet werden. Wenn der Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ noch nicht ausgesprochen werden kann, müssen die Ursachen möglichst differenziert dargestellt und bewertet werden. Diese differenzierte Darstellung soll Arbeitgebende unterstützen, gezielte Schutzmaßnahmen festzulegen, sodass zukünftig der Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ erteilt werden kann. Wird beispielsweise für einzelne Tätigkeiten mit hoher Exposition die Belastung durch Etablierung von Schutzmaßnahmen gesenkt (z. B. durch Installation einer Absaugung bei Einfülltätigkeiten), kann die Gesamtexposition im Arbeitsbereich möglicherweise deutlich gesenkt werden.

Durch die Zusammenführung aller Bewertungen für einen Arbeitsbereich wird sichergestellt, dass nur noch ein Befund ausgesprochen werden muss und nicht wie bislang mehrere Befunde getrennt für Stoffe mit AGW und mit risikobezogenen Beurteilungsmaßstäben. Bisher war es in Einzelfällen beispielsweise möglich, dass für einen Arbeitsbereich die Bewertung für Stoffe mit AGW zu dem Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ geführt hätte, die Bewertung der Stoffe mit risikobezogenen Beurteilungsmaßstäben hingegen zu dem Befund „Toleranzkonzentration überschritten“.

Die Vorgehensweise der Befunderhebung hat sich jedoch nicht grundlegend geändert. Für die Befunderhebung sind weiterhin nicht nur die Ergebnisse der Bewertung (z. B. Grenzwerteinhalten) ausschlaggebend. Vielmehr kommt es auch darauf an, dass eine zukünftige Einhaltung aufgrund ausreichender technischer und organisatorischer Schutzmaßnahmen zu erwarten ist. Dies muss fachkundig begründet werden.

2.5 Befundsicherung

Der Abschnitt Befundsicherung ist inhaltlich weitestgehend unverändert geblieben. Dazu sollte den Arbeitsplatzmessungen (Kontrollmessungen) Vorrang gegenüber nichtmesstechnischen Ermittlungsmethoden sowie der Überprüfung mittels technischer Parameter gegeben werden. Die empfohlenen zeitlichen Abstände bei Kontrollmessungen (Kontrollmessplan) und die Voraussetzungen für den Ausstieg aus dem Kontrollmessplan sind in Anhang 2 Abschnitt A2.2.2 enthalten. Der Verweis auf die DIN EN 689 [7] entfällt damit. Soll die Befundsicherung durch Anwendung nichtmesstechnischer Ermittlungsmethoden erfolgen, so ist dies im Jahresabstand durchzuführen.

Ungeachtet der Art der Befundsicherung mittels messtechnischer oder nichtmesstechnischer Methoden hat die Überprüfung der weiteren Gültigkeit der relevanten Randbedingungen im Rahmen der Befundsicherung vor Ort zu erfolgen, was auch entsprechend zu dokumentieren ist.

3 Weitere Informationen in den Anhängen der TRGS 402

3.1 Anforderungen an Messstellen

Im Anhang 1 der TRGS 402 wurden die Anforderungen bezüglich der Qualitätssicherung durch Verweis auf die für Messstellen zutreffende Norm DIN EN ISO/IEC 17025 [14] aktualisiert. Messstellen müssen die Anforderungen dieser Norm ihrem Tätigkeitsbereich entsprechend erfüllen.

Die Anforderungen an eine Messstelle sind nun klarer umrissen und gliedern sich in die Anforderungen an das Personal und an die technische Ausstattung. Das Personal muss die erforderliche Fachkunde besitzen und hinsichtlich der Personenzahl den Aufgaben der Messstelle angemessen ausgestattet sein. Dabei wurden auch kleine Messstellen mit einem eher eng umrissenen Aufgabengebiet berücksichtigt. Von einer angemessenen Fachkunde kann ausgegangen werden, wenn die Leitung und die Mitarbeitenden eine naturwissenschaftliche oder technische Ausbildung besitzen, die um spezifisches Wissen im Bereich Gefahrstoffe an Arbeitsplätzen ergänzt wurde. Die Leitung der Messstelle muss darüber hinaus über eine mindestens zweijährige Berufserfahrung verfügen, die auf der Ermittlung, Messung und Beurteilung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz beruht.

Die notwendige technische Ausstattung einer Messstelle muss entsprechend dem Stand der Technik vorhanden und deren erforderliche Wartung und Kalibrierung sichergestellt sein.

Bei den Anforderungen an die Organisation wurde ein eigener Unterabschnitt eingeführt, der die Zusammenarbeit mit einem analytischen Labor nun präziser beschreibt, wenn dieses von der Messstelle beauftragt wird. Art und Form der Zusammenarbeit sind schriftlich zu dokumentieren.

Zusätzliche Anforderungen bei Messungen unter Tage bestehen nach wie vor. Dieser Abschnitt wurde auf die tatsächlich zusätzlichen Anforderungen reduziert und auf die aktuell in Deutschland noch existierenden untertägigen Arbeitsplätze und Tätigkeiten ausgerichtet.

Die aussagekräftige Dokumentation aller Schritte einer messtechnischen Ermittlung ist besonders wichtig, um die Ergebnisse auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehen zu können. Da umfangreiche Informationen festgehalten werden müssen, wurden die Anforderungen an die Berichterstattung präzisiert. Zunächst wird im Abschnitt A.1.6.2 der Inhalt des Berichts in der reinen Abfolge aufgelistet. Folgt man den zahlreichen Verweisen in diesem Abschnitt, wird klar, welche detaillierten Inhalte im Bericht aufgeführt werden müssen. In den Abschnitten A.1.6.3 und A.1.6.4 werden deshalb weitere Informationen bezüglich der Dokumentation zu den messtechnisch ermittelten Gefahrstoffen und zur messtechnischen Ermittlung behandelt.

Für eine einheitliche Erscheinungsform von Messberichten ist es wünschenswert, wenn sich Messstellen nicht nur inhaltlich, sondern auch bei der Gliederung ihrer Berichte an diese Abfolge halten. Die Bedeutung der Dokumentation wird zum Zeitpunkt der Ermittlung vielleicht nicht immer ausreichend erkannt, muss aber gründlich und durchgängig erfolgen. So erleichtert die Einhaltung dieser einheitlichen Erscheinungsform Arbeitgebenden die Nach- und Rückverfolgbarkeit durchgeführter Ermittlungen – insbesondere dann, wenn eine andere Messstelle mit den Ermittlungen betraut wird.

Mit dem Befund und den Hinweisen zur Befundsicherung wird die Ermittlung abgeschlossen. Beide Punkte werden im

Hauptteil der TRGS 402 ausführlich behandelt und im Anhang 1 unter A.1.6.5 wird an wichtige Aspekte bei der Dokumentation erinnert.

Im Anhang 1 unter A.1.7 sind in übersichtlicher Form die Probenahme-, Mess- und Analysenverfahren zusammengestellt, über die eine Messstelle verfügen muss, um Gefahrstoffe qualitativ und quantitativ bestimmen zu können. Zu diesen Probenahmeverfahren, direktanzeigenden Messverfahren und Analysenverfahren für Arbeitsplatzmessungen werden unterstützend zahlreiche Beispiele für verschiedene Stoffe und Stoffgruppen aufgeführt.

Dieser Abschnitt ersetzt die bisherige Einteilung in fünf Stoffgruppen, auf deren Basis (unter anderem) bislang die Qualifikation einer Messstelle beruhte – sie war nicht mehr zeitgemäß: Wer z. B. die Probenahme für alveolengängigen Staub beherrscht (ehemals Stoffgruppe 1), sollte auch die Probenahme von Dieselmotoremissionen (ehemals Stoffgruppe 5) beherrschen. Überhaupt waren unverhältnismäßig viele Gefahrstoffe in der Stoffgruppe 5, die ehemals einen hohen analytischen Aufwand erforderten, nun aber oftmals zur Routine gehören.

Die neue Einteilung fokussiert sich auf die verschiedenen messtechnischen Verfahren, unterteilt in diskontinuierliche (Anreicherung auf Sammelmedien und anschließende analytische Bestimmung im Labor) und kontinuierliche Messtechnik (Messwerte liegen vor Ort vor). Diese Tabellen sind als Hilfestellung für Messstellen zur ihrer Leistungsbeschreibung zu verstehen und unterstützen auch Arbeitgebende und Aufsichtsbehörden, z. B. bei Plausibilitätsprüfungen von Messberichten.

Messstellen bekommen vor Ort einen Eindruck vom Arbeitsgeschehen und sind in der Lage, anhand der ermittelten Messergebnisse einen Befund zu erstellen. Ein von der Messstelle beauftragtes Labor dagegen, das die Analyse einer Arbeitsplatzprobe durchführt, kann keinen Befund erstellen, da es normalerweise den Arbeitsbereich, aus dem die Probe kommt, nie gesehen hat.

Eine Übersicht akkreditierter Messstellen findet sich unter www.bua-verband.de [15], derzeit noch mit den fünf Stoffgruppen. Sobald die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) unter Berücksichtigung der neuen TRGS 402 eine neu strukturierte Akkreditierung vornehmen wird, wird diese Übersicht angepasst.

3.2 Messtechnische Ermittlung

Die grundsätzliche Vorgehensweise bei der messtechnischen Ermittlung hat sich in der Vergangenheit bewährt und wurde deshalb nicht verändert. Neben der Nutzung von Leitkomponenten wurden zusätzlich Tracer und Surrogate (siehe Abschnitt 2.1) für die Durchführung entsprechender Messungen aufgenommen. Der Abschnitt A2.2 des Anhangs 2 führt als Übersicht alle Messaufgaben auf, bei denen die Konzentration eines Gefahrstoffes in der Luft ermittelt wird. Messungen technischer Parameter zur Ableitung des Befundes, die in der Vorgängerversion hier noch aufgeführt wurden, sind entfallen, da deren Einsatz vorab eine Klärung des Zusammenhangs zwischen der Konzentration eines Gefahrstoffes und dem technischen Parameter verlangt. Zur Befundsicherung können diese aber weiterhin eingesetzt werden.

Um eine Arbeitsplatzmessung durchzuführen, muss ein Messverfahren eingesetzt werden, das die Anforderungen gemäß A2.3.1 erfüllt. Dieses gilt auch für direktanzeigende Messverfahren, wenn sie zur Ermittlung der Exposition eingesetzt werden. Der Einsatz direktanzeigender Messverfahren als Warn- oder

Tabelle 2. In der Praxis bewährte Zeitabstände für Kontrollmessungen.

halbjährlich	jährlich
$\frac{1}{4} < \text{Stoffindex/Bewertungsindex} \leq 1$	$\text{Stoffindex/Bewertungsindex} \leq \frac{1}{4}$
$\text{AK} < \text{Messergebnis} \leq \text{TK}$	$\text{Messergebnis} \leq \text{AK}$

Alarmeinrichtung wird im Anhang 4 der TRGS und in diesem Artikel im Kapitel 3.5 behandelt. Für Übersichtsmessungen gelten diese Anforderungen an Messverfahren nicht, denn hier werden nur orientierende Messungen über die zeitliche oder räumliche Konzentrationsverteilung vorgenommen, um weitere Schritte zur Expositionsermittlung zu planen.

Im Unterschied zur Vorgängerversion der TRGS 402 werden Kontrollmessungen nun wieder ausführlicher ohne Verweis auf die DIN EN 689 [7] behandelt. Diese Norm wurde zwischenzeitlich überarbeitet und verfolgt eine Messstrategie, die auf die Beurteilung der Einhaltung von Grenzwerten ausgerichtet ist. Bei der in Deutschland angewendeten Vorgehensweise ist dies jedoch nur der erste Schritt der Beurteilung. Letztlich ist die Beurteilung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen das entscheidende Kriterium.

Die empfohlenen zeitlichen Abstände bei Kontrollmessungen (Kontrollmessplan) sind in **Tabelle 2** zusammengefasst. Man erkennt, dass Messergebnisse, die näher am BM liegen, in kürzeren Zeitabständen kontrolliert werden sollten. Für Stoffe mit einer ERB wird empfohlen, die Exposition im „gelben“ Bereich – also zwischen AK und TK – halbjährlich zu kontrollieren und damit die Wirksamkeit der umgesetzten Schutzmaßnahmen zu beobachten.

Liegen Messergebnisse deutlich unter dem AGW bzw. ist die AK unterschritten, ist der Ausstieg aus dem Kontrollmessplan gemäß den in **Tabelle 3** genannten Voraussetzungen möglich. Bei Stoffen mit einem AGW kann gemäß Tabelle 3 als Ausnahme bereits nach einer Messung auf weitere Kontrollmessungen verzichtet werden, wenn zusätzlich begründet werden kann, dass sich die relevanten Randbedingungen langfristig nicht verändern und somit die ermittelte Exposition konstant bleibt. In allen anderen Fällen sind mindestens drei Messungen im Rahmen des Kontrollmessplans erforderlich, um mit den in Tabelle 3 beschriebenen Ergebnissen einen Ausstieg begründen zu können. Ist ein Ausstieg möglich, muss festgelegt werden, wie die weitere Befundsicherung erfolgen soll.

Die Anforderungen an Messverfahren, die zur Ermittlung der Exposition angewendet werden, sind in A2.3.1 beschrieben. Bisher wurden hier nur Messverfahren zur Überwachung von AK und TK kategorisiert, für die die von DIN EN 482 [16] abweichenden Anforderungen erfüllt sein müssen, damit sie „geeignet“

oder zumindest „bedingt geeignet“ sind. Nun findet man diese Eignungskriterien auch für Messverfahren zur Ermittlung von Stoffen mit anderen BM. Ergänzt wurde der Verweis auf die vom AGS veröffentlichte Liste geeigneter Messverfahren [8]. In dieser Liste findet man für alle in Deutschland geltenden BM für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen einen Hinweis auf geeignete oder bedingt geeignete Messverfahren zur Arbeitsplatzüberwachung. Allerdings weist diese Liste gravierende Lücken auf, weil für viele Gefahrstoffe keine Messverfahren verfügbar sind.

In der TRGS 402 wird explizit darauf hingewiesen, dass für messtechnische Expositionsermittlungen möglichst geeignete Messverfahren eingesetzt werden sollen. Mit diesen kann der gesamte Konzentrationsbereich, der gemäß DIN EN 482 [16] gefordert ist, überwacht werden. Bei Anwendung geeigneter Messverfahren kann z. B. ein umgehender Ausstieg aus dem Kontrollmessplan möglich sein (siehe Tabelle 3). Weiterhin können nur mit geeigneten Messverfahren durchgeführte Ermittlungen dazu führen, dass Messergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze im Bewertungsindex (BI) nicht berücksichtigt werden müssen. Bei Anwendung bedingt geeigneter Messverfahren muss der mit der Bestimmungsgrenze berechnete Index in den BI eingerechnet werden, was diesen ggf. ungerechtfertigterweise in die Höhe treibt. Daher empfiehlt es sich, durch z. B. eine verlängerte Probenahmedauer oder einen höheren Volumenstrom zu einem „geeigneten“ Messverfahren zu kommen [17].

Im Abschnitt A2.4 wird klargestellt, was bei der Durchführung einer Messung zu beachten ist. Dazu gehören unbedingt eine angemessene Planung und die Dokumentation aller Entscheidungen, die im Verlauf der Planung getroffen worden sind und zur Festlegung der bei der Messung zu berücksichtigenden Gefahrstoffe geführt haben. Die Dokumentationspflicht gehört ebenso zur Durchführung einer Messung, bei der ein aussagekräftiges Protokoll zu führen ist. Für die Interpretation der Messergebnisse sind die so festgehaltenen Informationen unerlässlich.

Bisher enthielt die TRGS eine Tabelle, aus der hervorging, wie viele Proben mindestens zur Ableitung eines Schichtbezugs erforderlich sind. Diese Tabelle ist entfallen, weil nicht in allen Fällen eine aufsummierte Probenahmedauer von mindestens zwei Stunden erreicht und außerdem die Probenanzahl bei kurzen Mitteilungsdauern als praxisfern beurteilt wurde. Eine mindestens zweistündige Probenahmedauer wird nun durchweg gefordert. Diese kann auch durch die sequenzielle Beaufschlagung von mehreren Probenträgern innerhalb einer Schicht erreicht werden. Generell gilt, dass der Schichtmittelwert idealerweise mit einer Messung über die gesamte Schicht ermittelt wird. Wenn über eine kürzere Dauer, aber mindestens zwei Stunden gemessen wird, muss sichergestellt sein, dass dieser Zeitraum für die Tätigkeit oder die Schicht repräsentativ ist.

Tabelle 3. Voraussetzungen für den Ausstieg aus dem Kontrollmessplan.

Art des BM	Anzahl Messungen	Bedingung	Ausstieg Kontrollmessplan
Stoff mit AGW	n = 1	$\text{Stoffindex/Bewertungsindex} < 0,1$	nur in begründeten Fällen (ansonsten Abstand bis zu drei Jahre möglich)
	n = 3	$\text{Stoffindex/Bewertungsindex} < 0,25$	möglich
Stoffe mit ERB	n = 3	$c < 0,25 \text{ AK}$	möglich
Alle		$c \approx c_{\text{Hintergrund}}$	möglich

3.3 Hinweise zum Einsatz direktanzeigender Messverfahren

Im Hinblick auf die Anforderungen an die Eignung von Messverfahren für Arbeitsplatzmessungen besteht wie bisher kein Unterschied zwischen Verfahren, die aus einer Probenahme und der anschließenden Analytik im Labor bestehen, und direktanzeigenden Messverfahren. Dies bedeutet, dass direktanzeigende Messverfahren die Anforderungen hinsichtlich der Bestimmungsgrenze und der relativen erweiterten Messunsicherheit gemäß den Tabellen 5 und 6 in A2.3.1 bei Messungen von mindestens zwei Stunden für die ermittelten Mittelwerte erfüllen müssen, ansonsten sind sie nicht geeignet. In gleicher Weise gilt das für Messungen von Kurzzeitwerten, für deren Ermittlung die Anforderungen gemäß A2.3.2. gelten.

Derzeit erfüllen nur sehr wenige direktanzeigende Messverfahren die Kriterien zur Anerkennung als geeignetes oder bedingt geeignetes Messverfahren. Die Entwicklung und Prüfung geeigneter direktanzeigender Messverfahren stellt daher eine Herausforderung für die kommenden Jahre dar.

Direktanzeigende Messverfahren können zur Unterstützung des Befundes auf der Grundlage eines validierten Messverfahrens [8] zusätzliche hilfreiche Informationen liefern, z. B. zu Emissionsquellen oder zeitlichen Konzentrationsverläufen. Darüber hinaus sind direktanzeigende Messverfahren gegenwärtig die einzige Möglichkeit, um Informationen zu Momentanwerten zu erhalten.

Für die Wirksamkeitsüberprüfung der Schutzmaßnahmen nach erfolgtem Befund – sofern nicht Arbeitsplatzmessungen zur Befundssicherung festgelegt wurden – stellen direktanzeigende Messgeräte bereits seit langem ein probates Mittel dar. Dieses wird im Abschnitt 3.5 weiter ausgeführt.

3.4 Nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden

Im Anhang 3 der neuen TRGS geht es um nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden (NME) und deren Anwendung. Der Anhang wurde grundlegend überarbeitet. So wird in der Einleitung nun ausführlicher beschrieben, was unter NME verstanden wird. Diese sind

- Handlungsempfehlungen oder Hilfestellungen Dritter oder gleichwertige Dokumente und Berichte einschließlich Ermittlungsergebnisse vergleichbarer Arbeitsplätze oder Tätigkeiten,
- Control-Banding-Ansätze und Expositionsmodelle,
- Rechenmodelle.

Bevorzugt sind „qualitätsgesicherte“ Methoden einzusetzen [18]. Es wurden Kriterien und Anforderungen für qualitätsgesicherte NME neu eingeführt, weil es für NME im Gegensatz zu mess-

technischen Ermittlungsverfahren keine mit der DIN EN 482 [16] vergleichbare Vorgehensweise gibt, anhand derer die Leistungsfähigkeit der Methoden ermittelt werden kann. Anwenden- de erhalten mit dieser TRGS nun die erforderliche Hilfe zur Auswahl und Bewertung einer NME. Weitere diesbezügliche Hinweise finden sich bei *Beisser et al.* [18].

In Abschnitt A.3.2 werden die Anforderungen weiter konkretisiert. Hervorzuheben ist hier insbesondere, dass die NME auf der Grundlage von Arbeitsplatzmessungen oder vergleichbaren Messungen basieren müssen.

Analog zu den messtechnischen Methoden wurden in der Neufassung dieser TRGS auch die erforderlichen Kenntnisse der Anwendenden definiert, die der eingesetzten NME angemessen sein müssen. Ebenso wird gefordert, dass man sich beispielsweise durch interne oder externe Fortbildungen auf dem aktuellen Stand der jeweiligen NME hält.

Für den seltenen, aber möglichen Fall, dass sowohl mittels NME als auch messtechnisch ermittelt wurde, findet man nun Festlegungen bezüglich der Befunderhebung. Wenn gleichzeitig Messungen und eine nichtmesstechnische Ermittlung durchgeführt werden und diese zu unterschiedlichen Befunden führen, ist die Entscheidung für die Wahl des Befunds im Bericht zu begründen, insbesondere in Bezug auf die im Haupttext geforderte Bevorzugung validierter Methoden (4.4.(3)). Lediglich für Handlungsempfehlungen oder Hilfestellungen Dritter wird eine Begründung nicht gefordert.

Abschließend werden sinngemäß zu den messtechnischen Methoden die Ableitung des Befundes und die Berichterstattung sowie die Befundssicherung bei Anwendung von NME konkretisiert.

3.5 Befundssicherung mittels kontinuierlich messender Messeinrichtungen

Im Anhang 4 der neuen TRGS 402 wurden die Anforderungen bezüglich kontinuierlich messender Messeinrichtungen zur Befundssicherung formuliert. Für eine Befundssicherung müssen die durch den Alarm der Geräte auszulösenden Maßnahmen im Befund vorab festgelegt werden. Der Zeitbedarf, bis die Maßnahmen die Exposition am Arbeitsplatz signifikant reduzieren, muss bei der Festlegung der Alarmschwellen berücksichtigt werden. Je länger es dauert, bis die Exposition durch die Maßnahmen reduziert wird, umso niedriger müssen die Alarmschwellen für Vor- und Hauptalarm sein. Dies gilt in gleicher Weise für Verzögerungen der Alarmauslösung durch die Messgeräte und deren Equipment (z. B. lange Schläuche). Dies bedeutet, dass es keine allgemeingültigen Alarmschwellen gibt, sondern dass diese für jeden Anwendungsfall neu festzulegen sind. Hiermit soll gewährleistet werden, dass bei Alarmauslösung und umgehender Anwendung

der expositionsmindernden Maßnahme keine gesundheitliche Gefährdung der exponierten Personen eintritt.

Bei wiederholten Alarmauslösungen ist das bisher angewendete Maßnahmenkonzept im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu überprüfen und ggf. zu korrigieren. Für diese Überprüfung müssen die Messergebnisse und die Umstände, unter denen ein Alarm ausgelöst wurde, dokumentiert werden. Daneben werden in diesem Anhang Anforderungen an die Geräte, deren Einsatz und Wartung präzisiert.

Die an der Person getragenen Warngeräte sind in der Regel nicht für die beschriebenen Anforderungen vorgesehen. Sie sollen dafür sorgen, dass die Person im Alarmfall den Arbeitsbereich umgehend verlässt oder persönliche Schutzausrüstung verwendet.

3.6 Arbeitsplatzbeispiele und ihre Anwendung

Im Anhang 5 der neuen TRGS 402 geht es auch weiterhin um eine Hilfestellung, wie eine Expositionsermittlung für eine geeignete Arbeitsplatzsituation erfolgen kann. Es wird allerdings nur eine Übersicht über die Ermittlungsmethoden und Arbeitsplatzsituationen gegeben. Detaillierte Informationen findet man nun auf der Webseite der BAuA [19]. Dort sind in einer tabellarischen Übersicht Arbeitsplatzsituationen und die jeweils anwendbaren Ermittlungsmethoden dargestellt. Anschließend werden die verschiedenen Arbeitsplatzsituationen in je einem eigenen Abschnitt genauer beschrieben. Es werden Beispiele genannt und erläutert, welche Ermittlungsmethoden geeignet sind. Die Abschnitte sind einheitlich untergliedert, sodass die Informationen einfach auffindbar sind.

Literatur

- [1] Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe: Messung und Beurteilung von Konzentrationen giftiger oder gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe in der Luft „Anwendung von Technischen Richtkonzentrationen – TRK“ (TRG A 401 Blatt 1). BArbBl. (1979) Nr. 11, S. 72-78.
- [2] Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe: Messung und Beurteilung von Konzentrationen gefährlicher Arbeitsstoffe in der Luft; Anwendung von Maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) als Schichtmittelwert (TRG A 402). BArbBl. (1982) Nr. 10, S. 58-62.
- [3] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (TRGS 402). BArbBl. (1986) Nr. 11, S. 92-96.
- [4] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 403). BArbBl. (1989) Nr. 10, S. 71-72.
- [5] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 910). GMBI. (2014) Nr. 12, S. 258-270; zul. geänd. GMBI. (2023) Nr. 30, S. 627; ber. GMBI. (2023) Nr. 32, S. 679.
- [6] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (TRGS 400). GMBI. (2017) Nr. 36, S. 638.
- [7] DIN EN 689: Exposition am Arbeitsplatz – Messung der Exposition durch Einatmung chemischer Arbeitsstoffe – Strategie zur Überprüfung der Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten (1/2020). Berlin: Beuth 2020.

- [8] AGS-Liste geeigneter Messverfahren – Bewertung von Verfahren zur messtechnischen Ermittlung von Gefahrstoffen in der Luft am Arbeitsplatz. Hrsg.: Ausschuss für Gefahrstoffe, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2022. www.baua.de/dok/8592142
- [9] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Abgase von Dieselmotoren (TRGS 554). GMBI. (2019) Nr. 6, S. 88-104.
- [10] DGUV Information 213-707: Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU) nach der Gefahrstoffverordnung – Instandhaltungsarbeiten an Personenkraftwagen in Werkstätten. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin 2020.
- [11] *Beisser, R.; Anhäuser, L.; Arnone, M.; Hebisch, R.; Koppisch, D.; Schlüter, U.; Weber, G.*: Auswahl und Anwendung nichtmesstechnischer Methoden zur Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft, 82 (2022), Nr. 7-8, S. 179-188.
- [12] Begriffsglossar zu den Regelwerken der BetrSichV, der BioStoffV und der GefStoffV. Hrsg. Ausschuss für Betriebssicherheit, Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe und Ausschuss für Gefahrstoffe, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2021. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/Glossar/pdf/Begriffsglossar.pdf>
- [13] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). BArbBl. (2006) Nr. 1, S. 41-55; zul. geänd. GMBI. (2023) Nr. 35, S. 755-756.
- [14] DIN EN ISO/IEC 17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017). Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2017. Berlin: Beuth 2017.
- [15] Akkreditierte Gefahrstoff-Messstellen. Hrsg.: Bundesverband der Messstellen für Umwelt- und Arbeitsschutz e.V. (BUA), Hamburg. <https://www.bua-verband.de/gefahrstoffmessungen>
- [16] DIN EN 482: Exposition am Arbeitsplatz – Verfahren zur Bestimmung der Konzentration von chemischen Arbeitsstoffen – Grundlegende Anforderungen an die Leistungsfähigkeit (05/2021). Berlin: Beuth 2021.
- [17] Breuer, D., Hebisch, R.: Möglichkeiten zur Verbesserung der Bestimmungsgrenze und des Arbeitsbereiches eines Messverfahrens – Mitteilungen aus dem Arbeitskreis „Messtechnik/Messstrategie“ des Unterausschusses I beim Ausschuss für Gefahrstoffe. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 77 (2017), Nr. 1-2, S. 11-13.
- [18] *Beisser, R.; Anhäuser, L.; Arnone, M.; Hebisch, R.; Koppisch, D.; Schlüter, U.; Weber, G.*: Auswahl und Anwendung nichtmesstechnischer Methoden zur Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft, 82 (2022), Heft 7-8, 179-188.
- [19] Arbeitsplatzbeispiele und weitere Hinweise zur Anwendung der TRGS 402. Hrsg.: Ausschuss für Gefahrstoffe, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund 2023. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-402.html>

Dipl.-Ing. Petra Heckmann,

Dr. rer. nat. Renate Beisser

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.

Dr. rer. nat. Anita Csomor

Regierungspräsidium Kassel, Kassel.

Dr. rer. nat. Christoph Emmel

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), München.

Dr. rer. nat. Ralph Hebisch

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund.

Dipl.-Ing. Gebhard von Kries

ANECO Institut für Arbeitsschutz GmbH & Co., Mönchengladbach.

Dr. rer. nat. Ralf Sonnenburg

Volkswagen Aktiengesellschaft, Wolfsburg.