

Ausgabe: Januar 2010

GMBI 2010 S. 231 253 v. 25.2.2010 [Nr. 12]

geändert und ergänzt: GMBI 2016 S. 843-846 v. 21.10.2016 [Nr. 43]

Technische Regeln für Gefahrstoffe	Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition	TRGS 402
---	---	-----------------

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder. Sie werden vom

Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)

aufgestellt und von ihm der Entwicklung entsprechend angepasst. Die TRGS werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung
- 4 Vorgehensweise zur Ermittlung der inhalativen Exposition
- 5 Beurteilung der Exposition und der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen
- 6 Befundsicherung
- 7 Dokumentation
- 8 Literatur

Anlage 1: Anforderungen an Messstellen, die Ermittlungen und Beurteilungen der Exposition durchführen, einschließlich Anforderungen an die Berichterstattung

Anlage 2: Nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden der Exposition

Anlage 3: Messtechnische Ermittlungsmethoden

Anlage 4: Verfahren zur Wirksamkeitsüberprüfung mit Hilfe kontinuierlich messender Messeinrichtungen (Dauerüberwachung und Alarmvorrichtungen)

Anlage 5: Arbeitsplatzbeispiele und weitere Hinweise zur Anwendung der TRGS 402

1 Anwendungsbereich

(1) Gemäß § 7 der Gefahrstoffverordnung hat der Arbeitgeber die Pflicht, Ausmaß, Art und Dauer der inhalativen Exposition zu ermitteln und zu beurteilen. Entsprechend der TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ ist diese TRGS bei der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition anzuwenden, wenn

1. bei der Anwendung standardisierter Arbeitsverfahren (siehe Nummer 1 Abs. 3) Arbeitsplatzmessungen zur Wirksamkeitsüberprüfung vorgesehen sind oder
2. bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen keine standardisierten Arbeitsverfahren angewendet werden.

(2) Diese TRGS ist nicht anzuwenden, wenn Tätigkeiten mit geringer Gefährdung nach Nummer 6.2 der TRGS 400 durchgeführt werden.

(3) Standardisierte Arbeitsverfahren und die Bedingungen ihrer Anwendung sind in Nummer 5.1 der TRGS 400 aufgeführt. Hierzu gehören

1. eine mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung,
2. eine stoff- oder tätigkeitsspezifische TRGS, insbesondere VSK nach der TRGS 420 „Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Gefährdungsbeurteilung“,
3. konkrete Maßnahmen oder Verfahren einer branchen- oder tätigkeitsspezifischen Hilfestellung,

soweit diese unmittelbar auf die zu beurteilenden Tätigkeiten übertragbar sind.

(4) Die beschriebenen Methoden und Verfahren dienen der Feststellung, ob die getroffenen Schutzmaßnahmen hinsichtlich der inhalativen Exposition ausreichen oder ob weitere Maßnahmen nach GefStoffV und Teil 1 des Anhangs der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge zu ergreifen sind.

2 Begriffsbestimmungen

(1) In dieser TRGS sind die Begriffe so verwendet, wie sie im „Begriffsglossar zu den Regelwerken der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), Biostoffverordnung (BioStoffV) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)“ [1] des ABAS, ABS und AGS bestimmt sind. Dies gilt insbesondere für die Begriffe: Arbeitsbedingungen, Arbeitsstoff, Branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen, chemische Arbeitsstoffe, Exposition, Arbeitsplatzgrenzwert, Fachkundige für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung, Gefährdung, Gefährdungsbeurteilung, Gefahrstoffverzeichnis, Hautkontakt, mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung, physikalisch-chemische Einwirkung, Schutzmaßnahmen, Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen.

(2) Aus Gründen der Ermittlungsstrategie kann es erforderlich sein, Tätigkeiten durch Festlegung eines Arbeitsbereiches zusammenzufassen. Der Arbeitsbereich ist der räumlich oder organisatorisch begrenzte Teil eines Betriebes, in dem Tätigkeiten mit Gefahrstoffen von einem oder mehreren Beschäftigten ausgeführt und in einer Gefährdungsbeurteilung zusammengefasst werden können. Er kann einen oder mehrere Arbeitsplätze bzw. Arbeitsverfahren umfassen.

(3) Eine inhalative Exposition liegt vor, wenn gefährliche Stoffe in der Luft im

Atembereich der Beschäftigten vorhanden sind. Ihr Ausmaß wird beschrieben durch ihre Konzentration und die Dauer ihres Auftretens (zeitlicher Bezug). Zum Vergleich der inhalativen Exposition mit Arbeitsplatzgrenzwerten nach TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“ ist sie auf einen Zeitraum von acht Stunden zu beziehen. Bei Expositionsspitzen gilt als zeitlicher Bezug die Dauer von Kurzzeitwertphasen gemäß TRGS 900.

(4) Eine Arbeitsplatzmessung ist die messtechnische Ermittlung der inhalativen Exposition der Beschäftigten.

(5) Eine Leitkomponente eines Stoffgemisches in der Luft ist ein Stoff, der stellvertretend für alle Stoffe oder eine Gruppe von Stoffen erfasst und beurteilt wird. Die Expositionsbeurteilung an Hand einer Leitkomponente ist möglich, wenn die Konzentrationsverhältnisse der Komponenten in der Luft untereinander langfristig gleich bleibend sind. Die Festlegung der Leitkomponenten erfolgt im Rahmen der Ermittlung der inhalativen Exposition.

(6) Die Mittelungsdauer ist die Zeitspanne, für die das verwendete Messverfahren einen Messwert liefert. Sie ist durch das Zeitverhalten des Messverfahrens bestimmt und entspricht in der Regel der Probenahmedauer.

(7) Relevante Randbedingungen sind alle Einflussparameter, die das Ausmaß der zu beurteilenden inhalativen Exposition beeinflussen. Hierzu gehören u.a. Dauer der Exposition, Tätigkeiten, Arbeitsschwere, Temperatur etc. Sie ergeben sich aus den Informationen zu den Tätigkeiten mit Gefahrstoffen entsprechend Nummer 4.2¹.

(8) Der ungünstige Fall („Worst Case“) bezeichnet in dieser TRGS eine Situation, in der die Randbedingungen in dem zu beurteilenden Arbeitsbereich bzw. bei den zu beurteilenden Tätigkeiten unter ungünstigen aber realistischen Betriebsbedingungen eine Obergrenze für die Exposition ergeben. Randbedingungen, die Einfluss auf die Exposition haben, sind z. B. hohe Auslastung, großer Materialverbrauch, kurze Taktzeiten, schlechte Lüftungsbedingungen oder eine ungünstige ergonomische Situation.

(9) Der Befund ist das Ergebnis der Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen.

(10) Durch Befundsicherung wird die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen in regelmäßigen oder speziell festgelegten Abständen überprüft. Dies erfolgt entweder durch Messung technischer Parameter oder durch Kontrollmessungen.

(11) Durch Messungen technischer Parameter wird im Rahmen der Befundsicherung nach Abschluss der Gefährdungsbeurteilung unter den im Befund festgelegten Bedingungen und Zeitabständen geprüft, ob der Befund unverändert gültig ist. Hierzu gehören vorzugsweise technische Leistungskriterien, die durch Messungen mit einfachen Mitteln überprüft werden können (siehe auch TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“).

(12) Kontrollmessungen sind Arbeitsplatzmessungen in festgelegten Abständen, die erforderlich werden können, wenn Messungen nach Absatz 11 nicht möglich oder nicht zielführend sind.

(13) Das Ermittlungsergebnis (als Schichtmittelwert) ist das Ergebnis

¹ Relevante Randbedingungen entsprechen den „Exposure Determinants“ (Expositions determinanten) in der englischsprachigen Fachliteratur.

1. der nichtmesstechnischen oder
2. der messtechnischen (Messergebnis)

Ermittlungen zur inhalativen Exposition. Um alle ermittelten Konzentrationswerte in gleicher Weise bewerten zu können, werden diese so aufbereitet, dass daraus ein Ermittlungsergebnis entsteht, welches als zeitlichen Bezug eine Dauer von acht Stunden hat (Beispiele für die Umrechnung finden sich in der DIN EN 689) [2]. In gleicher Weise werden Kurzzeitwerte nach TRGS 900 mit einem zeitlichen Bezug von 15 Minuten ermittelt.

(14) Geeignete Beurteilungsmethoden zur Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen umfassen messtechnische und nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden sowie die Beurteilung.

(15) Nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden erlauben alternativ zu Arbeitsplatzmessungen eine Wirksamkeitsüberprüfung mit Hilfe von

1. Berechnungen der Gefahrstoffkonzentration (qualifizierte Expositionsabschätzung) oder Messungen, die einen indirekten Schluss auf die Gefahrstoffbelastung ermöglichen, z.B. mit Hilfe von Leitkomponenten,
2. technischen und organisatorischen Prüfvorgaben, die sich auf die festgelegten Maßnahmen beziehen (s. TRGS 500) oder
3. Übertragung von Ergebnissen vergleichbarer Arbeitsplätze.

(16) Beurteilungsmaßstäbe sind:

1. verbindliche Grenzwerte,
2. in einer TRGS genannte Konzentrationswerte zur Auslösung von Maßnahmen oder Begrenzungen der Exposition (z.B. Stand der Technik) sowie
3. andere Maßstäbe zur Beurteilung der Exposition nach Nummern 5.3, 5.4.2 und 5.4.3.

(17) Verbindliche Grenzwerte sind Arbeitsplatzgrenzwerte AGW nach der TRGS 900 sowie vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales gemäß GefStoffV bekanntgemachte verbindliche Grenzwerte der EU.

(18) Außerbetriebliche Messstellen sind nicht betriebseigene Messstellen, die im Auftrag von Arbeitgebern eine Ermittlung, Messung und Beurteilung der Konzentrationen an gefährlichen Stoffen in der Luft in Arbeitsbereichen vornehmen.

(19) Innerbetriebliche Messstellen sind Messstellen, die von ihrem Arbeitgeber zur Ermittlung, Messung und Beurteilung der Konzentrationen an gefährlichen Stoffen in der Luft in Arbeitsbereichen im eigenen Unternehmen beauftragt sind.

3 Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung

(1) Tätigkeiten mit Gefahrstoffen können zur Aufnahme von Gefahrstoffen über die Atmung (inhalative Exposition durch Gase, Dämpfe, Aerosole), durch Verschlucken (orale Aufnahme) und bei Hautkontakt (dermale Exposition) führen. Die erforderlichen Ermittlungen und Dokumentationen zur Beurteilung hieraus ggf. resultierender Gefährdungen behandelt die TRGS 400. Bei dermalen Exposition und inhalativer Exposition können zusätzliche Ermittlungen und Beurteilungen erforderlich sein, die durch die TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt: Ermittlung - Beurteilung -

Maßnahmen, die TRGS 406 „Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege“ bzw. diese TRGS behandelt werden.

(2) Ermittlungen und Beurteilungen zur inhalativen Exposition müssen für alle in der Arbeitsplatzluft auftretenden Gefahrstoffe vorgenommen werden. Dabei dienen für eine Reihe von Gefahrstoffen die in der TRGS 900 festgelegten Arbeitsplatzgrenzwerte als Beurteilungsmaßstab. Für Stoffe ohne einen Arbeitsplatzgrenzwert sind andere geeignete Beurteilungsmaßstäbe oder ein anderes Beurteilungsverfahren heranzuziehen.

(3) Für die Ermittlung der inhalativen Exposition stehen vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung. In manchen Fällen lassen sich Expositionen auf einfache Weise abschätzen, z.B. aus der Menge eingesetzter Stoffe und dem Luftvolumen am Arbeitsplatz. Insbesondere bei geringen Stoffmengen und großem Luftdurchsatz sind dann häufig keine weitergehenden Ermittlungen erforderlich. Auch anspruchsvollere Berechnungsansätze oder die Übertragung der Ermittlungsergebnisse vergleichbarer Arbeitsplätze können helfen, den Ermittlungsaufwand zu verringern. Bei verbleibender Unsicherheit über das Ermittlungsergebnis und seine Bewertung sind Arbeitsplatzmessungen erforderlich. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass unter bestimmten Randbedingungen Arbeitsplatzmessungen nicht möglich oder nicht sinnvoll sind, weil sie z.B. keine verwertbaren oder keine repräsentativen Ergebnisse liefern (s. Nummer 4.4 Abs. 5 und 6).

(4) Zu empfehlen sind Ermittlungen unter Worst Case-Bedingungen, da diese eine größere Sicherheit bieten, dass unter den üblichen Bedingungen der Arbeitsplatzgrenzwert oder ein anderer Beurteilungsmaßstab eingehalten sind.

(5) Die Ermittlungen und Beurteilungen zur inhalativen Exposition können je nach Lage des Falles spezielle Fachkenntnisse und Erfahrungen erfordern. Hierzu zählen insbesondere Arbeitsplatzmessungen. Diese TRGS gibt dem Arbeitgeber Hinweise, wann er die Grenzen seiner eigenen fachlichen Qualifikation erreicht und wo er weitergehende Unterstützung erhalten kann. Durch Anregungen für pragmatische Lösungen wird jedoch versucht, dem Arbeitgeber Möglichkeiten für eine angemessene Einschränkung des Ermittlungsaufwandes aufzuzeigen.

4 Vorgehensweise zur Ermittlung der inhalativen Exposition

4.1 Allgemeines

(1) Zur Ermittlung der inhalativen Exposition und der daraus resultierenden Gefährdung werden die relevanten Randbedingungen der Tätigkeiten mit Gefahrstoffen sowie die Konzentrationen der Gefahrstoffe in der Luft am Arbeitsplatz bestimmt. Dazu wird ein Befund erhoben, der Aussagen zur Wirksamkeit der vorhandenen Schutzmaßnahmen sowie Festlegungen über ggf. weitere zu treffende Maßnahmen einschließlich der Überprüfung ihrer Wirksamkeit enthält (Bild 1).

(2) Die Ermittlung der inhalativen Exposition gliedert sich in folgende Schritte:

1. Erfassung und Beschreibung der Tätigkeiten und Festlegung des Arbeitsbereichs, für den die Beurteilung der inhalativen Exposition gelten soll,
2. Erfassung der Gefahrstoffe und
3. Ermittlung der Exposition.

(3) Anhand der Ergebnisse der Ermittlung der inhalativen Exposition wird im Rahmen eines Befundes eine Beurteilung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen vorgenommen. Zur Sicherung des Befundes sind regelmäßige Wirksamkeitsüberprüfungen der Schutzmaßnahmen erforderlich. Die Art der vorzunehmenden Wirksamkeitsüberprüfungen wird im Befund festgelegt.

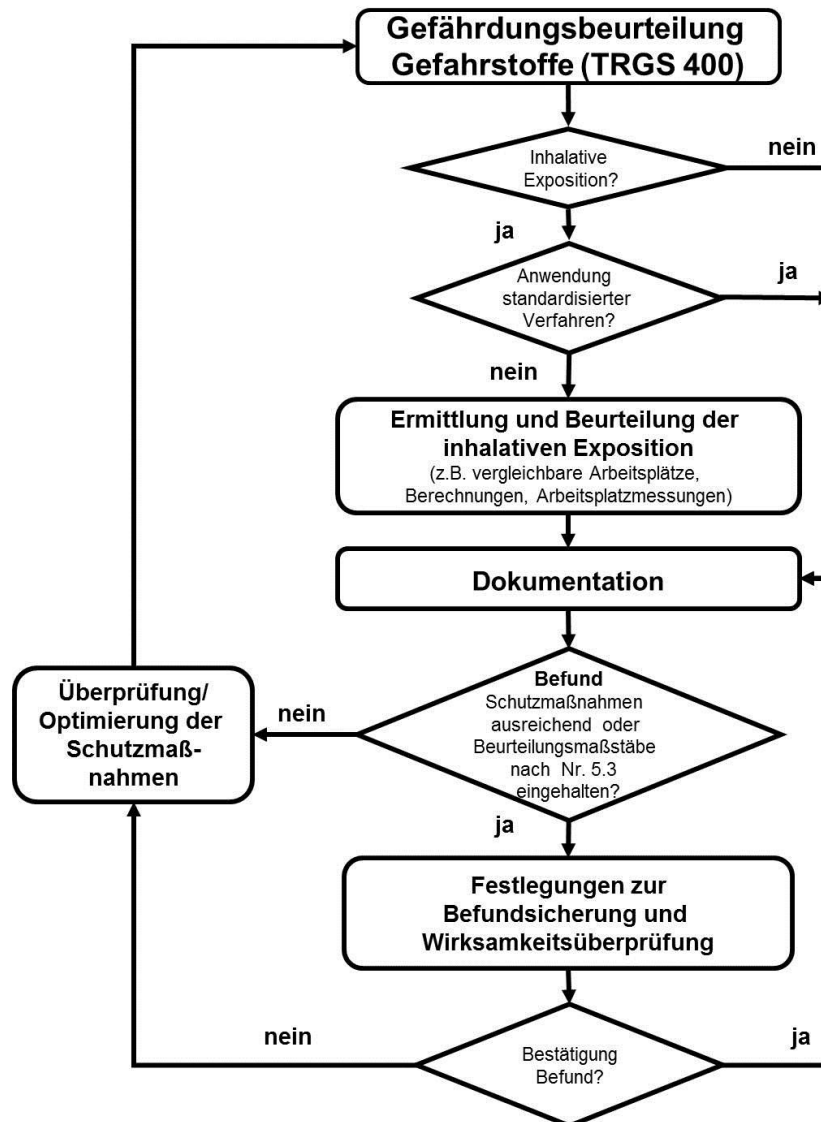


Bild 1: Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition (schematisch)

4.2 Erfassung und Beschreibung der Tätigkeiten und Festlegung des Arbeitsbereichs

(1) Die Erfassung der Tätigkeiten und der möglichen Gefährdungen ist Voraussetzung zur Festlegung des Arbeitsbereiches. Hierzu kann der Arbeitsbereich örtlich oder organisatorisch festgelegt werden durch Angabe z.B.

1. der räumlichen Abgrenzung,
2. der Tätigkeiten oder der Verfahrensweise(n),
3. der Anlagenart oder der Arbeitsmittel.

(2) Auf der Grundlage der betriebsspezifischen Informationen sind die Tätigkeiten

einschließlich aller technischen und organisatorischen Einzelheiten, die für die Exposition relevant sein können (relevante Randbedingungen), zu beschreiben. In der Regel ist es zweckmäßig, die Ermittlungsergebnisse gemäß Nummer 4 der TRGS 400 zu übernehmen und diese um die Bedingungen, die die inhalative Exposition beeinflussen, zu erweitern.

(3) Zu den relevanten Randbedingungen können zählen:

1. Aufgabe und Ziel der Tätigkeiten (z.B. Erzeugnisse, Produkte, Dienstleistung),
2. die Arbeitsmittel (z.B. Schweißbrenner, Pinsel, Gabelstapler),
3. die Verfahrensweise (z.B. offen, geschlossen, unter Staubentwicklung),
4. die Arbeitsleistung (z.B. Durchsatz, Flächenleistung),
5. die Arbeitsorganisation (z.B. Aufenthaltsdauer/Expositionsdauer, parallele Belastungen, Position der Beschäftigten zur Stoffquelle),
6. Art und Menge der eingesetzten Stoffe und Produkte (z.B. Bezeichnung, Aggregatzustand, staubend, aerosolbildend, Konzentrationen der Substanzen),
7. Emissionsorte,
8. Technische Schutzeinrichtungen (z.B. Art und Leistung der Absaugung, Einhausung),
9. Betriebliche Maßnahmen des Brand- und Explosionsschutzes,
- 10 räumliche Bedingungen (z.B. Grundfläche, Raumhöhe, räumliche Gliederung, Raumausfüllung),
11. die Lüftungsbedingungen (z.B. Art der Lüftung, Lüftungseinrichtungen, Luftführung, Lüftungsintensität) und
12. Persönliche Schutzmaßnahmen.

4.3 Erfassung der Gefahrstoffe

Auf der Grundlage des Gefahrstoffverzeichnisses (siehe Nummer 4.7 der TRGS 400) sind die für die inhalative Exposition relevanten Stoffe auszuwählen. Die für die Beurteilung der inhalativen Exposition maßgeblichen Informationen über gefährliche Stoffe in den Einsatzstoffen, Zwischenprodukten, Endprodukten, Reaktionsprodukten und Hilfsstoffen sowie deren Verunreinigungen sind zu ermitteln. Sofern noch nicht im Gefahrstoffverzeichnis enthalten, sind auch freiwerdende gefährliche Stoffe zu erfassen (z.B. Dieselmotoremissionen, Schweißrauche, Stäube). Es ist zu berücksichtigen, dass bei der analytischen Probenauswertung weitere Stoffe identifiziert werden können, die für die inhalative Exposition relevant sind. Für die gefährlichen Stoffe sind die verbindlichen Grenzwerte (siehe Nummer 5.2) mit zugehörigen Kurzzeitwerten und die Einstufung anzugeben. Weiterhin sind Angaben zum Freisetzungsvermögen der Stoffe (z.B. Staubungsverhalten, Flüchtigkeit) sinnvoll. Sind Grenzwerte nicht vorhanden, sind andere Kriterien zur Gefährdungsbeurteilung aufzuführen (siehe Nummern 5.3, 5.4.2 und 5.4.3).

4.4 Ermittlung der inhalativen Exposition

(1) Der Arbeitgeber hat Art, Ausmaß und Dauer der inhalativen Exposition zu ermitteln.

(2) Soweit aufgrund der Ermittlungsergebnisse nach der TRGS 400 verfahrens- und/oder stoffbedingt nur geringe oder vernachlässigbare Expositionen zu erwarten sind, sind keine weiteren Ermittlungen nach dieser TRGS erforderlich. Dies kann unter Beachtung der toxikologischen Stoffeigenschaften der Fall sein, wenn

1. ein niedriges Freisetzungsvermögen auf Grund der Arbeitsbedingungen und der Stoffeigenschaften (z.B. niedriger Dampfdruck, hoher Siedepunkt bei geringer Verarbeitungstemperatur, geringes Staubungsverhalten) vorliegt,
2. durch das Verfahren keine Aerosolbildung erfolgen kann,
3. nur geringe Mengen verwendet werden oder
4. nur geringe Emissionen, z.B. aufgrund kleiner Quellflächen oder kurzer Tätigkeitsdauer (< 15 min), möglich sind oder
5. eine Freisetzung von Stoffen in die Luft am Arbeitsplatz nicht möglich ist (z.B. Chloridbestimmung nach Mohr in chemischen Laboratorien).

(3) Zur Ermittlung der inhalativen Exposition bestehen vielfältige Möglichkeiten, die entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen und Bedingungen der Praxis anzuwenden sind. Vorzugsweise sind nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden wie die Übertragung von Ergebnissen vergleichbarer Arbeitsplätze oder Berechnungen (Anlage 2) anzuwenden. Bei verbleibender Unsicherheit über die Höhe der Exposition und bei Tätigkeiten mit CMR-Stoffen sind messtechnische Ermittlungsmethoden (Anlage 3) unter Berücksichtigung der Absätze 5 und 6 einzusetzen. Hinweise zur Ermittlung finden sich z.B. in DIN EN 689 [2].

(4) Messtechnische und nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden können sich wechselseitig ergänzend eingesetzt werden. So können z.B. die Ergebnisse von Berechnungen dazu dienen, Arbeitsplatzmessungen gezielt einzusetzen („Berechnungen als Grundlage der Messplanung“). Auch nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden können auf Messungen beruhen, z.B. die Übertragung von Ergebnissen vergleichbarer Arbeitsplätze. Anlage 5 nennt anhand von Beispielen Einsatzmöglichkeiten jeweils geeigneter Ermittlungsmethoden.

(5) Unter bestimmten Randbedingungen ist die Durchführung von Arbeitsplatzmessungen nicht möglich oder liefert keine verwertbaren oder keine repräsentativen Ergebnisse. Dazu gehören

1. zu kurze Expositionsdauern,
2. es existiert kein geeignetes Messverfahren (Querempfindlichkeit),
3. ungünstige klimatische Bedingungen (z. B. hohe Windgeschwindigkeiten oder Temperaturen, Feuchtarbeitsplätze (Einsatz von Hochdruckreinigern)),
4. bestimmte Arbeiten im Freien.

(6) Messverfahren für die Durchführung von Arbeitsplatzmessungen sind geeignet, wenn sie die Leistungsanforderungen der DIN EN 482 [3] erfüllen.

4.5 Anforderungen an Personen bzw. Stellen, die Ermittlungen und Beurteilungen der inhalativen Exposition nach GefStoffV durchführen

(1) Mit der Ermittlung und der Beurteilung der inhalativen Exposition darf der Arbeitgeber gemäß GefStoffV nur fachkundige Personen und Stellen beauftragen. Die Fachkunde geht über die allgemeinen Anforderungen nach TRGS 400 hinaus und umfasst je nach Umfang und Komplexität der Aufgabenstellung gefahrstoffbezogene und ermittlungsmethodische Kenntnisse.

(2) Arbeitgeber, die innerbetrieblich nicht über die notwendige Fachkunde und die notwendigen Voraussetzungen verfügen, müssen fachkundige, externe Stellen mit der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition beauftragen. Fachkundig sind insbesondere akkreditierte Messstellen. Es wird dem Arbeitgeber empfohlen, Stellen zu beauftragen, die darüber hinaus eine sicherheitstechnische Beratung durchführen.

(3) Wenn für eine Tätigkeit die Ermittlung der inhalativen Exposition mittels messtechnischer Ermittlungsmethoden erfolgt, muss die Messstelle die in Anlage 1 gestellten Anforderungen erfüllen. Beauftragt der Arbeitgeber eine für Arbeitsplatzmessungen akkreditierte Messstelle kann er davon ausgehen, dass die Messstelle die Anforderungen nach Anlage 1 erfüllt und dass die von dieser Stelle ermittelten Erkenntnisse zutreffend sind² Sollen Messungen von einer für Arbeitsplatzmessungen nicht akkreditierten Messstelle durchgeführt werden, so muss der Arbeitgeber prüfen, ob die Messstelle die Anforderungen gemäß Anlage 1 erfüllt.

(4) Wenn für eine Tätigkeit die Ermittlung der inhalativen Exposition mittels nicht-messtechnischer Ermittlungsmethoden nach Anlage 2 erfolgen soll, können die Anforderungen hinsichtlich der Fachkunde und Berichterstattung nach Anlage 1 sinngemäß herangezogen werden.

(5) Die Anforderungen nach Absatz 2 können für innerbetriebliche Messstellen eingeschränkt und an die tatsächlich im betrieblichen Rahmen durchzuführenden Ermittlungen und Beurteilungen angepasst werden. Diese Regelung kann z. B. angewendet werden, wenn für eine Tätigkeit in Abhängigkeit von den betriebsspezifischen Verhältnissen die Ermittlung der inhalativen Exposition mittels einfacher Messmethoden möglich ist. In diesen Fällen ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen, welche Anforderungen zu erfüllen sind. Die Qualität der Ermittlungen und Beurteilungen muss aber auf alle Fälle gewährleistet sein.

4.6 Ermittlungen der Exposition krebserzeugender, keimzellmutagener und reproduktionstoxischer Gefahrstoffe gemäß GefStoffV

(1) Bei krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Stoffen sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung Expositionen gemäß den Anforderungen dieser TRGS zu ermitteln, wobei unter Beachtung von TRGS 400 Nummer 3.2 Abs. 3 auch die Möglichkeit zur Übertragung von Ergebnissen bei gleichartigen Arbeitsbedingungen besteht.

(2) Wegen der besonderen Bedeutung der Exposition gegenüber diesen Stoffen

² Liste akkreditierter Messstellen: <http://www.bua-verband.de/gefahrstoffmessstellen.html>

sind nach GefStoffV darüber hinaus die Expositionen infolge eines unvorhersehbaren Ereignisses (siehe Anlage 5 Nr. 9) oder eines Unfalles zu ermitteln. Es kann sich hierbei z.B. um Messungen technischer Parameter oder Messungen im Rahmen einer Dauerüberwachung handeln.

5 Beurteilung der Exposition und der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen

5.1 Allgemeines

(1) Die nach Nummer 4.4 ermittelte Exposition ist im Hinblick auf eine Gefährdung der Beschäftigten und die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen zu beurteilen. Das Ergebnis der Beurteilung ist der Befund. Der Befund ist zu begründen und zu dokumentieren. Zum Befund gehören auch Festlegungen zur Befundsicherung nach Nummer 6.

(2) Der Befund kann lauten:

1. Schutzmaßnahmen ausreichend,
2. Schutzmaßnahmen nicht ausreichend.

Bei krebserzeugenden Gefahrstoffen nach Nummer 5.3 können die Befunde lauten:

- a) Toleranz- bzw. Akzeptanzkonzentration eingehalten oder
- b) Toleranzkonzentration überschritten.

Die Maßnahmen gemäß Maßnahmenkonzept nach TRGS 910 sind entsprechend dem Befund zu ergreifen.

(3) Bei Stoffen mit einem verbindlichen Grenzwert oder einem Beurteilungsmaßstab nach Nummer 5.3 kann der Befund nach Nummer 5.2.2 Absatz 3 fachkundig begründet oder, falls das nicht möglich ist, mit Hilfe des in Nummer 5.2.2 Absatz 4 beschriebenen formalen Verfahrens getroffen werden. Bei Stoffen ohne verbindlichen Grenzwert können die in Nummer 5.4 genannten Beurteilungskriterien herangezogen werden.

(4) Tragen mehrere Stoffe gleichzeitig oder nacheinander während einer Schicht zur Exposition im Arbeitsbereich bei, so ist eine Beurteilung der Gemischexposition vorzunehmen. Dabei ist bei Stoffen mit einem Arbeitsplatzgrenzwert das Verfahren nach Nummer 5.2.1 anzuwenden. Sofern für definierte Stoffgemische verbindliche Grenzwerte oder Beurteilungsmaßstäbe nach Nummer 5.4 vorliegen, ist die Nummer 5.2 sinngemäß anzuwenden.

(5) Bei Stoffgemischen mit Stoffen ohne einen Arbeitsplatzgrenzwert sind die Kriterien nach Nummer 5.3 oder 5.4 anzuwenden.

(6) Die messtechnische Überwachung von Stoffgemischen kann ggf. mit Hilfe von Leitkomponenten durchgeführt werden. Die Leitkomponenten und ein Beurteilungsmaßstab sind im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition festzulegen. Kriterien für die Auswahl von Leitkomponenten und die Anwendbarkeit des Verfahrens sind:

1. die Toxizität der Einzelstoffe, ihre Konzentrationsanteile in der Luft sowie ihre analytische Erfassbarkeit,

2. gleich bleibende Konzentrationsverhältnisse der Komponenten in der Luft untereinander und
3. der Beurteilungsmaßstab gewährleistet, dass mindestens der Bewertungsindex nach Nummer 5.2.1 eingehalten ist.

(7) Bei Stoffen, die unter den Geltungsbereich des allgemeinen Staubgrenzwerts fallen, sind die Regelungen der TRGS 900 zur Beurteilung von Stäuben heranzuziehen.

(8) Ist das Messverfahren nicht spezifisch, so ist der Summenmesswert für die Beurteilung heranzuziehen. Kommen in diesem Fall für die Beurteilung mehrere Arbeitsplatzgrenzwerte in Frage, ist der jeweils niedrigste Grenzwert zu Grunde zu legen (z.B. bei Arbeitsplatzgrenzwerten für unterschiedliche Spezies wie Zinn(II) und Zinn(IV)).

(9) Die unter Nummer 5.2, 5.3 und Nummer 5.4.2 Absatz 1 genannten Beurteilungsmaßstäbe sind als Schichtmittelwerte festgelegt. Wird stoffspezifisch ein abweichender Beurteilungszeitraum festgelegt, z. B. Woche, Monat oder Jahr, wird besonders darauf hingewiesen. Darüber hinaus müssen zur Begrenzung von Expositionsspitzen die Kurzzeitwerte zusätzlich eingehalten werden.

5.2 Stoffe mit einem verbindlichen Grenzwert

- (1) Arbeitsplatzgrenzwerte nach GefStoffV sind in der TRGS 900 aufgeführt.
- (2) Neben Arbeitsplatzgrenzwerten sind verbindliche Grenzwerte der EU zu beachten, die durch Bekanntmachungen des BMAS gemäß GefStoffV in nationales Recht umgesetzt wurden, sofern das BMAS keine anderen Beurteilungsmaßstäbe bekannt gegeben hat (z.B. in einer TRGS).

5.2.1 Stoff- und Bewertungsindex

(1) Zur Vergleichbarkeit von Ermittlungsergebnissen wird aus dem Ergebnis (Schichtmittelwert) der Einzelstoffe durch Division mit dem jeweiligen verbindlichen Grenzwert nach Nummer 5.2 der Stoffindex I erhalten:

$$I = \frac{C}{GW}$$

Darin sind C der Schichtmittelwert und GW der Grenzwert des Stoffes nach Nummer 5.2. Als Grenzwert für den Einzelstoff gilt der Stoffindex I = 1.

(2) Sofern mehrere Stoffe gleichzeitig oder nacheinander während einer Schicht zur Exposition im Arbeitsbereich beitragen, wird für die Stoffe mit einem AGW aus den Stoffindizes der Einzelstoffe durch Addition der Bewertungsindex BI berechnet:

$$BI_{AGW} = \sum I_i = \frac{C_1}{AGW_1} + \frac{C_2}{AGW_2} + \dots + \frac{C_n}{AGW_n}$$

Als Grenzwert gilt der Bewertungsindex BI = 1. Von diesem Bewertungsverfahren kann im Einzelfall abgewichen werden, wenn dies arbeitsmedizinisch oder toxikologisch begründet werden kann. Für Kurzzeitwerte wird kein Bewertungsindex ermittelt.

(3) Liegen neben Stoffen mit einem AGW weitere Stoffe vor, für die der Arbeitgeber andere Beurteilungsmaßstäbe herangezogen oder eigene Beurteilungsmaßstäbe festgelegt hat, dann sind der Bewertungsindex (für Stoffe mit AGW) und zusätzlich die anderen Beurteilungsmaßstäbe nach Nummer 5.3 oder 5.4 zur Beurteilung heranzuziehen.

5.2.2 Erhebung des Befundes

(1) Bei Stoffen mit einem verbindlichen Grenzwert werden die Stoff- und Bewertungsindizes zur Erhebung des Befundes herangezogen.

(2) Der Befund „Schutzmaßnahmen nicht ausreichend“ liegt vor, wenn der Grenzwert nicht eingehalten wird, der Bewertungsindex BI größer 1 ist oder die Kurzzeitwertanforderungen nicht erfüllt sind (Grenzwert überschritten). In diesem Fall sind unverzüglich expositionsmindernde Maßnahmen und dann eine erneute Ermittlung der inhalativen Exposition vorzunehmen.

(3) Sind die Stoff- bzw. Bewertungsindizes kleiner oder gleich 1 und die Kurzzeitwertanforderungen erfüllt (Grenzwert eingehalten), kann jedoch wegen der zeitlichen und räumlichen Schwankungen der inhalativen Exposition bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen allein damit der Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ nicht begründet werden. Es muss vielmehr begründet werden, warum auch künftig die Erfüllung der Voraussetzungen für den Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ erwartet wird. Begründungen sind z.B.

1. Ermittlungen für den ungünstigen Fall („Worst Case“)

Die Ermittlungen wurden für ungünstige Bedingungen durchgeführt, so dass im Normalfall niedrigere Belastungen zu erwarten sind.

2. Relevante Randbedingungen sind langfristig stabil

Es ist sichergestellt, dass sich die relevanten Randbedingungen langfristig nur unwesentlich ändern, so dass vergleichsweise geringe Schwankungen der Exposition zu erwarten sind. Dies kann z.B. durch Ergebnisse von Kontrollmessungen aus früheren Jahren belegt werden.

3. Dauerüberwachung

Durch Dauerüberwachung werden bei Überschreiten einer vorgegebenen Konzentration geeignete Schutzmaßnahmen ausgelöst (siehe Anlage 4).

4. Fortlaufende Wirksamkeitskontrolle

Durch ständige oder regelmäßige Kontrolle der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen wird gewährleistet, dass abhängig von vorgegebenen Kriterien geeignete Schutzmaßnahmen ausgelöst werden.

5. Erfahrung von vergleichbaren Arbeitsplätzen

Erfahrungen von vergleichbaren Arbeitsplätzen haben gezeigt, dass langfristig die Erfüllung der Voraussetzungen für den Befund „Schutzmaßnahmen ausreichend“ zu erwarten ist.

(4) Ist eine Begründung nach Absatz 3 nicht möglich, kann alternativ auch ein statistisch begründetes formales Verfahren angewendet werden: Bei Einhaltung der Kurzzeitwertanforderungen kann nach DIN EN 689 (Anhang D) [2] der Befund

„Schutzmaßnahmen ausreichend“ getroffen werden, wenn

1. der Bewertungsindex BI bzw. die Stoffindizes bei einer Schicht kleiner oder gleich 0,1 sind oder
2. Ermittlungsergebnisse für mindestens drei verschiedene Schichten vorliegen und alle Bewertungsindizes bzw. die Stoffindizes kleiner oder gleich 0,25 sind.

Bei Anwendung des formalen Verfahrens muss gewährleistet sein, dass die vorliegenden Ergebnisse die Verhältnisse am Arbeitsplatz repräsentativ widerspiegeln.

5.3 Krebserzeugende Gefahrstoffe mit risikobezogenen Beurteilungsmaßstäben nach TRGS 910

(1) Bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen der Kategorien 1 oder 2 bzw. 1A oder 1B, für die in der Regel kein AGW in der TRGS 900 bekannt gegeben wird, hat der Arbeitgeber ein geeignetes, risikobezogenes Maßnahmenkonzept anzuwenden. Hierbei ist die vom AGS erarbeitete TRGS 910 zu berücksichtigen. Diese beschreibt ein Konzept zur Beurteilung von Tätigkeiten mit krebserzeugenden Stoffen mittels Exposition-Risiko-Beziehungen (ERB). Für bestimmte krebserzeugende Stoffe werden Risikobereiche über stoffspezifische Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen beschrieben. Ein Vergleich der Expositionshöhe, der die Beschäftigten ausgesetzt sind, mit der jeweiligen Akzeptanz- bzw. Toleranzkonzentration entscheidet über die Notwendigkeit und Dringlichkeit von Schutzmaßnahmen nach dem gestuften Maßnahmenkonzept der TRGS 910.

(2) Der Befund „Akzeptanzkonzentration eingehalten“ gilt, wenn ein nach Anlage 3 Nummer 3.1 Absatz 9 oder 10 geeignetes bzw. nach Absatz 11 bedingt geeignetes Messverfahren zur Überwachung der Akzeptanzkonzentration eingesetzt wurde und das Messergebnis kleiner oder gleich der Akzeptanzkonzentration ist.

(3) Der Befund „Toleranzkonzentration eingehalten“ gilt, wenn ein nach Anlage 3 Nummer 3.1 Absatz 9 geeignetes Messverfahren zur Überwachung der Toleranzkonzentration eingesetzt wurde und das Messergebnis kleiner oder gleich der Toleranzkonzentration ist und die Kurzzeitwertanforderungen nach TRGS 910 erfüllt sind.

(4) In der Dokumentation des Befundes ist zu begründen, dass auch künftig die Toleranz- bzw. Akzeptanzkonzentration eingehalten wird, siehe Nummer 5.2.2 Absatz 3 und 4.

(5) Sofern eine Exposition gegenüber mehreren Kanzerogenen vorliegt, werden diese als Einzelstoffe bewertet. Ein Bewertungsindex nach Nummer 5.2.1 Absatz 2 ist nicht zu berechnen.

(6) Die Hintergrundkonzentration kann nach TRGS 910 vom Arbeitgeber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden. Die arbeitsplatzbedingte inhalative Exposition ergibt sich aus der Differenz zwischen der am Arbeitsplatz ermittelten Stoffkonzentration und der Hintergrundkonzentration (siehe auch Nummer 6 Absatz 5).

(7) Steht für die messtechnische Ermittlung der Expositionshöhe nach Absatz 1 kein geeignetes oder bedingt geeignetes Messverfahren nach Anlage 3 Nummer 3.1 Absatz 9 bis 11 zur Verfügung, ist dies in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren.

5.4 Stoffe ohne einen verbindlichen Grenzwert

5.4.1 Allgemeines

(1) Bei Stoffen ohne einen verbindlichen Grenzwert müssen zur Bewertung der Exposition und zur Überprüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen andere Beurteilungsmaßstäbe herangezogen werden. Diese können mögliche akute und chronische Schäden der Gesundheit berücksichtigen oder Informationen zum Stand der Technik liefern. Derartige Beurteilungsmaßstäbe sind keine Arbeitsplatzgrenzwerte im Sinne von § 2 Absatz 8 der Gefahrstoffverordnung. Der Arbeitgeber hat diese anderen Beurteilungsmaßstäbe in eigener Verantwortung festzulegen.

(2) Sofern für Stoffe andere Beurteilungsmaßstäbe der inhalativen Exposition am Arbeitsplatz vorliegen, die vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) in aktuellen TRGS beschrieben sind (z.B. mit dem Stand der Technik verknüpfte Expositionshöhen und -dauern), sind diese zu berücksichtigen.

(3) Bei Stoffen ohne einen verbindlichen Grenzwert kann kein allgemeingültiges Beurteilungsschema im Sinne von Nummer 5.2.1 angegeben werden.

5.4.2 Weitere Beurteilungsmaßstäbe der inhalativen Exposition

(1) Ist kein verbindlicher Grenzwert oder sind keine Beurteilungsmaßstäbe nach Nummer 5.3 bzw. 5.4.1 Absatz 2 vorhanden, kann der Arbeitgeber nach entsprechend fachkundiger Bewertung u.a. folgende Beurteilungsmaßstäbe zur Bewertung der Exposition heranziehen:

1. Grenzwertvorschläge der DFG-Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe („MAK-Kommission“),
2. Arbeitsplatz-Richtgrenzwerte nach Richtlinie 98/24/EG (Indicative Occupational Exposure Limit Values), soweit sie noch nicht in der TRGS 900 umgesetzt sind,
3. Grenzwertvorschläge für chemische Belastungen am Arbeitsplatz anderer wissenschaftlicher Expertenkommissionen (z.B. ausländische Grenzwerte). Eine Zusammenstellung internationaler Grenzwerte enthält die Datenbank „GESTIS-Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen“ des IFA [4],
4. „Derived no-effect-levels“ (DNEL) nach der REACH-VO oder
5. Vorläufige Zielwerte, die der Unternehmer im Rahmen seiner Gefährdungsbeurteilung selbst festlegt (z.B. nach dem Konzept zur Ableitung von Arbeitsplatzrichtwerten (ARW) gemäß TRGS 901 „Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz“).

(2) Bei Verwendung der Beurteilungsmaßstäbe nach Absatz 1 wird empfohlen, Nummer 5.2.1 und 5.2.2 sinngemäß anzuwenden.

5.4.3 Weitere Hilfen für die Erhebung eines Befundes

(1) Beispiele und Hilfen für die Gefährdungsbeurteilung bei unterschiedlichen Tätigkeiten und Verfahren enthält Anlage 5.

(2) Auch für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, für die kein verbindlicher Grenzwert nach Nummer 5.2 sowie kein Beurteilungsmaßstab nach Nummer 5.3 oder Nummer 5.4.1 Absatz 2 oder 5.4.2 vorliegt, muss der Arbeitgeber Schutzmaßnahmen durch-

führen, deren Wirksamkeit überprüft werden muss. Dazu kann der Arbeitgeber durch Messungen geeigneter technischer Parameter die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen nachweisen (siehe Nummer 6). Beispiele sind die Messung der Strömungsgeschwindigkeit an einer Absaugung, die Kontrolle der Druckverhältnisse durch automatische Druckanzeigeeinstrumente in frischluftbelüfteten Kabinen oder der Nachweis der Wirksamkeit einer Lüftungsanlage durch Strömungssensoren. Auch Arbeitsplatzmessungen können in diesen Fällen zur Wirksamkeitskontrolle eingesetzt werden (Absenkung des Expositionsniveaus durch die getroffene Schutzmaßnahme: „Vorher-Nachher-Messung“).

(3) Als Hilfestellung für die Beurteilung, ob die getroffenen Schutzmaßnahmen ausreichend sind, können für Gefahrstoffe ohne verbindliche Grenzwerte oder Beurteilungsmaßstäbe nach Nummer 5.3, 5.4.1 Absatz 2 und 5.4.2 folgende Angaben aus dem erweiterten Sicherheitsdatenblatt nach der REACH-VO dienen:

1. Umsetzung der Risikomanagementmaßnahmen, die im Expositionsszenario des erweiterten Sicherheitsdatenblattes für dort genannte Verwendungen beschrieben sind, sofern sie die Anforderungen an eine mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung erfüllen (TRGS 400 Nummer 5.3).
2. Falls der Arbeitgeber von den im Expositionsszenario beschriebenen Risikomanagementmaßnahmen abweicht oder die Anforderungen an eine mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung nach TRGS 400 nicht erfüllt sind, kann die Exposition anhand der im erweiterten Sicherheitsdatenblatt genannten DNEL beurteilt werden, sofern geeignete messtechnische oder nicht messtechnische Ermittlungsmethoden zur Verfügung stehen. Die weiteren Pflichten der REACH-VO bleiben hiervon unberührt.

(4) Insbesondere bei Stoffen ohne Grenzwert oder stoffspezifischer TRGS sind z.B. die folgenden Arbeitshilfen nützlich:

1. Stand der Technik, z.B. beschrieben in Merkblättern der Unfallversicherungsträger, Positivlisten von Geräten (DGUV Test: <http://www.dguv.de/dguv-test/de/index.jsp>),
2. Maßstäbe zur Beurteilung von chemischen Belastungen am Arbeitsplatz aus branchen- oder tätigkeitsspezifischen Hilfestellungen (z.B. Expositionsbeschreibungen, Empfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU), Branchenregelungen, Handlungsanleitungen zur guten Arbeitspraxis, Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) der BAuA).

6 Befundssicherung

(1) In regelmäßigen Abständen oder aus gegebenem Anlass ist zu überprüfen, ob der abgeleitete Befund unverändert gültig ist (Wirksamkeitsüberprüfung). Die Abstände für die Überprüfung sind abhängig von den betrieblichen Bedingungen im Befund festzulegen; empfohlen wird ein Jahresabstand, wobei nach Möglichkeit jahreszeitliche Einflüsse auf die Höhe der Exposition mit berücksichtigt werden sollten. Gegebene Anlässe für die Überprüfung können z.B. sein

1. die Änderung relevanter Randbedingungen,
2. eine Änderung des einschlägigen Standes der Ermittlungsverfahren (Messverfahren, Berechnungsmodell, ...),

3. eine Änderung der Beurteilungsmaßstäbe nach Nummer 5, z.B. Grenzwertänderungen oder
4. andere Faktoren, die für die Befunderhebung von Bedeutung waren.

Sind die Änderungen von Bedeutung für die inhalative Exposition, ist der Befund zu aktualisieren.

(2) Die Methoden, der Zeitpunkt und die Häufigkeit der Wirksamkeitsüberprüfung werden im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition festgelegt. Dabei ist es dem fachkundigen Anwender überlassen, die Einzelheiten der jeweils erforderlichen Wirksamkeitsüberprüfung festzulegen. Vorzugsweise sind einfache technische Methoden der Wirksamkeitsüberprüfung wie z.B.

1. die Funktionsprüfung der Lüftungsanlage oder
2. die Prüfung des Ansprechverhaltens von Warn- oder Steuereinrichtungen (Sensoren)

vorzusehen.

(3) Sind einfache Methoden der Wirksamkeitsüberprüfung nicht verfügbar oder nicht ausreichend, müssen die Überprüfungen durch regelmäßige Kontrollmessungen nach einem im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition festgelegten Messverfahren erfolgen. In der Regel ist es zweckmäßig, den zeitlichen Abstand zwischen den Kontrollmessungen von der Höhe des jeweils zuletzt erhaltenen Messergebnisses abhängig zu machen. Hinweise zur Durchführung und zum Verzicht auf Kontrollmessungen enthält DIN EN 689 [2].

(4) Wirksamkeitsüberprüfungen können auch mit fest installierten Messeinrichtungen (Dauerüberwachung, siehe Anlage 4) durchgeführt werden, wenn die Messeinrichtungen so ausgelegt sind, dass sie eine Expositionsbeurteilung ermöglichen und die Messergebnisse aufgezeichnet werden. Die Eignung der Messeinrichtungen ist im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition zu prüfen. Hierbei ist auch die Einhaltung der Kurzzeitwertanforderungen zu beachten. Die Dauerüberwachung ist besonders sinnvoll einzusetzen, wenn akute Gefährdungen oder besonders hohe Schwankungen der Exposition nicht auszuschließen sind und durch Alarmierung Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten ausgelöst werden müssen.

(5) Von weiteren Kontrollmessungen kann ferner abgesehen werden, wenn durch eine ausreichende Zahl von Messergebnissen belegt wird, dass auf Grund der Höhe und der Streuung der Stoff- und Bewertungsindizes sowie der Höhe und Dauer der Expositionsspitzen die Schutzmaßnahmen ausreichend sind. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn

1. alle vorangehenden Messergebnisse nach dieser TRGS kleiner waren als die Bestimmungsgrenze des Messverfahrens. Kann die Bestimmungsgrenze des Verfahrens aufgrund einer längeren Probenahmedauer während der zu beurteilenden Tätigkeit abgesenkt werden, so ist vor einem Verzicht auf weitere Messungen von dieser Möglichkeit Gebrauch zu machen.
2. die Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen in vergleichbarer Höhe liegen wie Ermittlungsergebnisse (z.B. eigene Messungen, Informationen aus Umwelt-

messnetzen) zur Hintergrundkonzentration³.

Es ist sicherzustellen, dass die Bedingungen auch in Zukunft konstant sind bzw. Änderungen erkannt werden.

7 Dokumentation

(1) Die Ergebnisse der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition sind zu dokumentieren. Die Dokumentation ist so anzulegen, dass sämtliche Entscheidungswege bis zum Befund nachvollziehbar sind. Die Dokumentation ist für die Bewertung der Ergebnisse von Expositionsermittlungen von entscheidender Bedeutung. Ohne eine vollständige Dokumentation ist die Expositionsermittlung nicht abgeschlossen.

(2) Die Dokumentation muss mindestens Informationen zu folgenden Punkten enthalten:

1. Anlass und Umfang der Aufgabe,
2. Festlegung des Arbeitsbereichs einschließlich seiner räumlichen und organisatorischen Beschreibung,
3. Beschreibung der Tätigkeiten mit Gefahrstoffen,
4. Art und Menge der Gefahrstoffe,
5. Relevante Randbedingungen (Nummer 4.2. Abs. 3),
6. Ermittlungsmethode der Exposition,
7. Ermittlungsergebnisse,
8. Befund und
9. Vorgaben für die Befundsicherung

Darüber hinaus kann die Dokumentation auch Hinweise und Vorschläge für durchzuführende Maßnahmen enthalten. Anforderungen an die Berichterstattung enthält Anlage 1. Diese Anforderungen sind bei messtechnischen Ermittlungen und Beurteilungen und sinngemäß bei nichtmesstechnischen Ermittlungen und Beurteilungen heranzuziehen.

(3) Der Arbeitgeber hat Regelungen zur Aufbewahrung der Dokumentation zu treffen. Es wird empfohlen, die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung langfristig aufzubewahren, insbesondere bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen oder reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A oder 1B.

³ Die Hintergrundkonzentration ist ein vorgefundener Standortfaktor und ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung als Konzentration in der Umgebungsluft zu verstehen. Sie kann vom Unternehmen nicht beeinflusst werden und sowohl örtlich auch als zeitlich variieren. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung kann die Hintergrundkonzentration vom Arbeitgeber ermittelt und berücksichtigt werden. Messungen haben nach den Kriterien der TRGS 402 oder vergleichbarer Verfahren zu erfolgen. Bei der Wahl des Probenahmeortes muss sichergestellt sein, dass das Messergebnis nicht durch Emissionen des Unternehmens oder der Unternehmen, wenn verschiedene Arbeitgeber zusammenarbeiten (z. B. Baustellen), beeinflusst wird.

8 Literatur

- [1] Begriffsglossar: www.baua.de/nn_57220/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Glossar/Begriffsglossar.pdf
- [2] DIN EN 689: Arbeitsplatzatmosphäre – Anleitung zur Ermittlung der inhalativen Exposition gegenüber chemischen Stoffen zum Vergleich mit Grenzwerten und Messstrategie, April 1995
- [3] DIN EN 482: Arbeitsplatzatmosphäre – Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe, Oktober 2006
- [4] Institut für Arbeitsschutz der DGUV - IFA: GESTIS - Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen:
http://www.dguv.de/ifa/de/gestis/limit_values/index.jsp

Anlage 1 zu TRGS 402

Anforderungen an Messstellen, die Ermittlungen und Beurteilungen der Exposition durchführen, einschließlich Anforderungen an die Berichterstattung

1 Allgemeines

(1) Bei der Ermittlung und Beurteilung der Exposition muss sich der Arbeitgeber vergewissern, dass die in seinem Auftrag tätig werdenden Messstellen die erforderliche Fachkunde und die erforderlichen Einrichtungen besitzen, um im Rahmen ihres Auftrages die jeweiligen Anforderungen nach dieser TRGS erfüllen zu können. Der Arbeitgeber muss den für ihn tätig werdenden Messstellen alle erforderlichen Unterlagen und Informationen gemäß TRGS 400 zur Verfügung stellen, insbesondere das Gefahrstoffverzeichnis.

(2) Der Arbeitgeber hat das Ergebnis der Ermittlung und Beurteilung der Exposition daraufhin zu prüfen, ob die erforderlichen Ermittlungen durchgeführt worden sind und ob sie die betrieblichen Bedingungen widerspiegeln.

(3) Werden im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der Exposition Messungen durchgeführt, so muss die Messstelle über die notwendige Fachkunde und die erforderlichen Einrichtungen nach GefStoffV verfügen sowie angemessene qualitätssichernde Maßnahmen durchführen. Die Anforderungen an Messstellen werden in dieser Anlage konkretisiert.

(4) Sollen Messungen von einer für Arbeitsplatzmessungen nicht akkreditierten Messstelle durchgeführt werden, so muss der Arbeitgeber prüfen, ob die Messstelle die Anforderungen dieser TRGS erfüllt.

(5) Nach Nummer 4.5 Abs. 5 dieser TRGS können bei innerbetrieblichen Messstellen die personellen und technischen Anforderungen dieser Anlage in Abhängigkeit der tatsächlich im betrieblichen Rahmen durchzuführenden Ermittlungen angepasst werden. Hinsichtlich der Fachkunde und der personellen Anforderungen ist mindestens die Nummer 2.1 dieser Anlage zu erfüllen.

(6) Die im Auftrag des Arbeitgebers tätig werdenden Messstellen müssen fachlich und organisatorisch unabhängig vom Weisungsrecht des Arbeitgebers sein. Bei innerbetrieblichen Messstellen kann die Unabhängigkeit vom Weisungsrecht beschränkt sein auf die Aufgaben nach dieser TRGS.

2 Personelle Anforderungen

2.1 Fachkunde und personelle Ausstattung

(1) Art und Umfang der bei der Ermittlung und Beurteilung der Exposition mittels Messungen notwendigen Fachkunde richten sich insbesondere nach

1. den betriebsspezifischen Verhältnissen wie z. B. der Art des Betriebes,
2. den auftretenden Stoffen, sowie
3. den vorzunehmenden Ermittlungen.

(2) Die Fachkunde umfasst je nach Umfang und Komplexität der Aufgabenstellung gefahrstoffbezogene und ermittlungsmethodische Kenntnisse, in der Regel in Verbindung mit dem Abschluss eines einschlägigen Studiums oder einer abgeschlossenen einschlägigen Berufsausbildung, und ausreichender Berufserfahrung in der jeweiligen Branche des Betriebes.

(3) Die speziellen gefahrstoffbezogenen und ermittlungsmethodischen Kenntnisse zur Anwendung dieser TRGS können durch Teilnahme an einschlägigen Lehrgängen erworben werden.

(4) Eine Messstelle muss über die erforderliche Personalausstattung verfügen. Diese setzt grundsätzlich mindestens voraus:

1. eine Person als Leiter der Messstelle, die über die unter 2.2 genannten Anforderungen und die Zuverlässigkeit für eine ordnungsgemäße Erfüllung ihrer Aufgaben verfügt und für die Beurteilung von Arbeitsplatzmessungen die fachliche Hauptverantwortung trägt, und
2. eine Person, die die unter 2.3 genannten Anforderungen an Probenehmer erfüllt. Die Funktion des Probenehmers und des Messstellenleiters kann in einer Person vereinigt sein.

(5) Einer Messstelle muss zusätzlich zu Absatz 4 eine geeignete Person zur Wahrnehmung der Qualitätssicherung der Messstelle zur Verfügung stehen. Diese Person muss mit der Tätigkeit der Messstelle vertraut sein; sie sollte jedoch nicht an der Durchführung der Aufgaben beteiligt sein, deren Qualitätssicherung sie überprüft.

2.2 Leiter einer Messstelle

(1) Der Leiter einer Messstelle muss:

1. ein naturwissenschaftliches oder technisches Hochschulstudium erfolgreich abgeschlossen haben,
2. danach eine mindestens zweijährige Tätigkeit ausgeübt haben, die Kenntnisse und praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der Ermittlung, Messung und Beurteilung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz vermittelt hat und
3. während dieser Zeit wiederholt selbst Gefahrstoffmessungen am Arbeitsplatz und deren Bewertung nach den Technischen Regeln für Gefahrstoffe vorgenommen haben.

(2) Darüber hinaus sind Kenntnisse über die physikalisch-chemischen Eigenschaften und die Gesundheitsgefahren bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, sowie über die im Gefahrstoffrecht geltenden Gesetze, Verordnungen, Unfallverhütungsvorschriften, Technischen Regeln, Normen und über die Verfahrens- und Sicherheitstechnik erforderlich.

(3) Die Eignung kann auch durch eine gleichwertige Qualifikation, die durch entsprechende Ausbildung und Erfahrung erworben wurde, nachgewiesen werden.

2.3 Mitarbeiter einer Messstelle

(1) Die in einer Messstelle tätigen Mitarbeiter müssen eine naturwissenschaftliche

oder technische Ausbildung erworben haben und Kenntnisse und Erfahrungen in der Probenahme (Probenehmer) und Analytik (Prüfpersonal) von Gefahrstoffen in der Luft an Arbeitsplätzen aufweisen können.

(2) Die in einer Messstelle tätigen Mitarbeiter müssen für die jeweiligen Stoffgruppen nach Nummer 7, für die sie am Arbeitsplatz messtechnische Ermittlungen durchführen, jeweils eine ausreichende Fachkunde und Erfahrung besitzen.

(3) Durch interne oder externe Fortbildungsmaßnahmen muss sichergestellt sein, dass das gesamte Personal einer Messstelle regelmäßig über aktuelle Entwicklungen im Gefahrstoffrecht und über den aktuellen Stand der Probenahmetechnik und der Analytik geschult wird.

3 Anforderungen an die Ausstattung

3.1 Allgemeines

(1) Wer die messtechnische Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Gefahrstoffexposition am Arbeitsplatz durchführt, muss über die notwendigen technischen und organisatorischen Voraussetzungen verfügen. Hierzu gehören

1. die Ausrüstung zur Durchführung von Arbeitsplatzmessungen (siehe Nummer 3.2 dieser Anlage) sowie
2. einschlägige Literatur (z. B. TRGS, Branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen, IFA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“, Veröffentlichungen der BAuA).

(2) Eine Messstelle muss in der Lage sein, die folgenden zur Ermittlung und Beurteilung der Exposition gehörenden Aufgaben sachgerecht zu bearbeiten und zu dokumentieren:

1. Ermittlung der relevanten Randbedingungen
2. Erfassung der Gefahrstoffe
3. Probenahme
4. Transport und Lagerung der Proben,
5. Analytik (kann auch im Unterauftrag durchgeführt werden)
6. Ermittlung der Messwerte
7. Ableitung der Messergebnisse und des Befundes (Beurteilung)
8. Archivierung der Rohdaten und Berichte.

(3) Für die in Absatz 2 genannten Aufgaben müssen Regelungen getroffen und die Verantwortlichkeiten eindeutig festgelegt sein.

(4) Weitergehende Anforderungen an die Organisation und Infrastruktur einer Messstelle sind in Nummer 3.3 dieser Anlage beschrieben.

(5) Die Messstelle muss für die messtechnischen Teilschritte der Ermittlung von Gefahrstoffkonzentrationen in der Luft in Arbeitsbereichen qualitätssichernde Maßnahmen durchführen und dokumentieren. Die Anforderungen sind in Nummer 4 dieser Anlage wiedergegeben.

(6) Für Messungen unter Tage sind die besonderen Anforderungen nach Nummer 5 dieser Anlage zu erfüllen.

(7) Über die Ermittlungen und Beurteilungen von Gefahrstoffen in der Luft in Arbeitsbereichen ist ein Bericht zu erstellen. Die Vorgaben an die Berichterstattung sind in der Nummer 6 dieser Anlage aufgeführt.

3.2 Gerätetechnische Ausstattung

(1) Die gerätetechnische Ausstattung muss dem Stand der Technik entsprechen und für den jeweiligen Anwendungsfall geeignet sein. Grundlage der Anforderungen an die Gerätetechnik sind die Vorgaben, die in einschlägigen Normen, z. B. der DIN EN 482 beschrieben sind. Besonderheiten der Probenahme – z. B. Messungen in explosionsgefährdeten Bereichen oder komplexe Messaufgaben – erfordern ggf. spezielle Gerätetechnik.

(2) Die gerätetechnische Ausstattung muss regelmäßig gewartet werden. Die Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 in der jeweils gültigen Fassung sind zu beachten.

(3) Absatz 4 dieser TRGS nennt Mindestanforderungen für außerbetriebliche Messstellen. Insbesondere bei innerbetrieblichen und behördlichen Messstellen können diese Anforderungen – in Abhängigkeit des tatsächlich im betrieblichen Rahmen durchzuführenden Messprogramms – eingeschränkt werden.

(4) Eine Messstelle muss Besitzer der folgenden Mindestausstattung sein:

1. Zwei an der Person tragbare Probenahmepumpen (Personal Air Sampler), ggf. ex-geschützt,
2. Einrichtungen zur Probenaufbewahrung und -transport,
3. Stative, Halterungen, Tragegurte,
4. Kalibriereinrichtungen zur VolumenstromEinstellung der Probenahmepumpen,
5. Zeitmessgeräte,
6. Geräte für Klimamessungen (in der Regel Thermometer, Barometer und Hygrometer),
7. Geräte zur Bestimmung von Luftströmungen (Rauchröhrchen und Anemometer),
8. EDV-System zur Datenverarbeitung und -speicherung,
9. die für die Stoffgruppe bzw. Teilbereiche gemäß Nummer 7.1 dieser Anlage notwendigen Sammelvorrichtungen einschließlich Probenträger mit Halterungen sowie
10. für Stoffgruppe 1 eine Analysenwaage, Ablesegenauigkeit mindestens 0,01 mg.

3.3 Organisation und Infrastruktur

3.3.1 Organisation

- (1) Die Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 in der jeweils gültigen Fassung sind zu beachten.
- (2) Eine Messstelle muss so organisiert sein, dass jeder Mitarbeiter sowohl den Umfang als auch die Grenzen seines Verantwortungsbereichs kennt.
- (3) Die Bereiche Probenahme und Analytik haben sich über das Messverfahren abzustimmen (u. a. bzgl. Probevolumen, Luftdurchsatz, Lagerfähigkeit der Proben).
- (4) Probenahme und Berichterstellung mit Befunderhebung dürfen grundsätzlich personell nicht getrennt sein.

3.3.2 Zusätzliche organisatorische Anforderungen bei Beteiligung von Laboratorien, die nicht Teil der Messstelle sind

- (1) Als Laboratorien, die nicht Teil einer Messstelle sind, werden im Sinne dieser TRGS Labore verstanden, die einer anderen Organisationseinheit des Unternehmens als die Messstelle angehören oder dem Unternehmen nicht angehören.
- (2) Eine Messstelle kann durch Unterauftragsvergabe ein unternehmensinternes oder externes Laboratorium mit der analytischen Bestimmung beauftragen, wenn dieses Laboratorium die Anforderungen dieser TRGS für die Analytik von Gefahrstoffen in der Luft an Arbeitsplätzen erfüllt. Eine weitere Unterauftragsvergabe durch dieses Laboratorium ist nicht zulässig.
- (3) Die Zusammenarbeit von Messstelle und Laboratorium ist in schriftlicher Form verbindlich und umfassend zu regeln. Die im Unterauftrag vergebenen Parameter, die angewendeten anerkannten bzw. validierten Analyseverfahren und die Bezeichnung der Arbeitsanweisungen sind zu benennen. Messstelle und Laboratorium sind zu gegenseitiger Information und zum Erfahrungsaustausch verpflichtet. Messstelle und Laboratorium müssen für die Qualitätssicherung der Analyseergebnisse Sorge tragen und dies dokumentieren.
- (4) Darüber hinaus müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:
 1. der Messstelle und dem Laboratorium muss jeweils eine Beschreibung des aktuellen, vollständigen Mess- und Analyseverfahrens vorliegen,
 2. die Messstelle hat sich über die Eignung des Analyseverfahrens zu vergewissern,
 3. Informationen über den Verlauf sowie Besonderheiten bei der Probenahme, die Einfluss auf das Analyseergebnis haben können, müssen dem Laboratorium von der Messstelle schriftlich zur Verfügung gestellt werden (z.B. auf Probenahmeprotokoll oder Probenübergabeformular),
 4. das Laboratorium hat der Messstelle neben dem Messwert Besonderheiten bei der analytischen Bestimmung, insbesondere unerwartete Messwerte und Abweichungen vom Analyseverfahren oder festgestellte Querempfindlichkeiten mitzuteilen und
 5. die Messstelle oder das Laboratorium hat Arbeitsanweisungen zur Behandlung der Proben bei Transport und Lagerung zu erstellen und zu aktualisieren.

3.3.3 Infrastruktur

Die örtliche Lage, die baulichen und räumlichen Voraussetzungen sowie die haustechnische und Laborausstattung müssen eine gesicherte und störungsfreie Messvorbereitung und Analytik gewährleisten und den sicherheitstechnischen und arbeitschutzrechtlichen Voraussetzungen entsprechen.

4 Qualitätssichernde Maßnahmen bei messtechnischen Ermittlungen

4.1 Allgemeine Anforderungen

(1) Eine Messstelle hat ein Qualitätsmanagementsystem gemäß DIN EN ISO/IEC 17025 zu betreiben, das ihrem Tätigkeitsbereich angemessen ist. Art, Bedeutung und Umfang der durchzuführenden Arbeiten sind dabei zu berücksichtigen.

4.2 Mindestumfang der Qualitätssicherungsmaßnahmen

4.2.1 Messplanung

(1) Die Grundsätze der Messplanung und der Messstrategie sind in einer Arbeitsanweisung niederzulegen. Aussagen zur Messstrategie und Repräsentativität der Messungen sind im Messbericht begründet darzustellen. Das Messverfahren muss repräsentative Messergebnisse für eine Beurteilung der Exposition der Arbeitnehmer liefern.

(2) Eindeutige, schriftliche Arbeitsanweisungen sind auf Grundlage geltender Vorschriften auch für alle verwendeten Probenahme-, Analyse- und Messverfahren zu erstellen und zu aktualisieren. Dabei sollten bevorzugt anerkannte Prüfverfahren verwendet werden. Stehen diese nicht zur Verfügung, sind andere validierte Messverfahren (Probenahme und Analytik) zu verwenden. Zur Planung von Ermittlungen und Messungen sind insbesondere die in dieser TRGS festgelegten Regeln heranzuziehen. Alle Abweichungen von den Arbeitsanweisungen sind zu begründen und entsprechend zu dokumentieren.

(3) Eine Messstelle hat für die jeweilige Aufgabe das geeignete Messverfahren festzulegen.

4.2.2 Probenahme-/Messvorbereitung

Die Messvorbereitung ist für das Gesamtverfahren vorzunehmen und zu dokumentieren und schließt die Überprüfung der Funktionstüchtigkeit (z. B. Wartung und Kalibrierung der Messsysteme) und der Anwendbarkeit des gesamten Messsystems ein.

4.2.3 Probenahme

Bei jeder Probenahme ist ein Probenahmeprotokoll zu führen, das alle für das Ergebnis der Messung relevanten Parameter während der Probenahme dokumentiert. Die Funktionstüchtigkeit der Probenahme- oder Messeinrichtung ist gemäß der Festlegung in der Arbeitsanweisung vor und nach der Probenahme zu überprüfen und zu dokumentieren. Bei Abweichung von den Sollvorgaben der Arbeitsanweisung sind die darin festgelegten Maßnahmen zu ergreifen.

4.2.4 Mitführen von Blindproben

Für die Bestimmung von Blindwerten ist entsprechend der Festlegung in den Arbeitsanweisungen eine ausreichende Anzahl an Blindproben („field blanks“) mitzuführen. Blindproben sind mit Ausnahme einer Beprobung wie „echte“ Proben zu behandeln. Bei Fasermessungen ist es ausreichend, nur in den Fällen, in denen bei echten Proben Fasern gezählt werden, die Blindprobe/n ebenfalls auszuzählen.

4.2.5 Probenkennzeichnung

Alle Proben einschließlich der Blindproben müssen zu jedem Zeitpunkt eindeutig und unverwechselbar gekennzeichnet sein. Hierzu sind entsprechende Regelungen zu treffen.

4.2.6 Probentransport/-aufbewahrung

Für den Probentransport und die Aufbewahrung von Proben sind geeignete Behältnisse und Einrichtungen bereitzustellen und unter Berücksichtigung der Lagerfähigkeit der Proben zu benutzen. Diese Behältnisse und Einrichtungen sind in sauberem Zustand, wenn Probenträger damit in Berührung kommen, in kontaminationsfreiem Zustand zu halten.

4.2.7 Analytische Bestimmung

(1) Als Verfahrenskenngrößen sind bei erstmaliger Anwendung und in festgelegten Abständen die Bestimmungsgrenze gemäß DIN 32645 [1] sowie die Messunsicherheit gemäß DIN EN 482 [2] jeweils in der gültigen Fassung zu bestimmen und zu dokumentieren.

(2) Für die Analytik sind qualitätssichernde Maßnahmen durchzuführen, z.B. durch Führen von geeigneten Kontrollkarten (Blindwert-, Mittelwert- und Wiederfindungskontrollkarten).

4.2.8 Ergebnisauswertung

- (1) Das Verfahren zur Auswertung und zur Angabe der Ergebnisse ist in den entsprechenden Arbeitsanweisungen der Messstelle darzulegen.
- (2) Die Ergebnisse der Blindproben („field blanks“) sind entsprechend der in der jeweiligen Arbeitsanweisung getroffenen Festlegung zu bewerten. Die Ursachen einer Kontamination und deren Auswirkungen auf das Ergebnis der Probenahme/Messung sind festzustellen und zu dokumentieren und es sind ggf. geeignete Maßnahmen durchzuführen. Es ist sicherzustellen, dass Ergebnisse den zugehörigen Proben eindeutig zugeordnet werden können.
- (3) Auftretende Störungen und Auffälligkeiten sind bei allen Verfahrensschritten zu dokumentieren und bei der Auswertung zu berücksichtigen.

4.3 Ringversuche

Für eine Reihe von Stoffen werden Ringversuche angeboten; eine Teilnahme wird als qualitätssichernde Maßnahme empfohlen.

5 Anforderungen bei Messungen unter Tage

5.1 Allgemeines

In Ergänzung der in dieser Anlage beschriebenen generellen Mindestanforderungen an Messstellen und allgemeinen Anforderungen an die Sachkunde von Messstellen, an die personelle und gerätetechnische Ausstattung sowie die Berichterstattung sind von Messstellen, die Messungen unter Tage durchführen, zusätzlich folgende Anforderungen zu erfüllen.

5.2 Personelle Anforderungen

- (1) Zu Nummer 2.2 dieser Anlage:
 - 1 Den beschriebenen Studiengängen gleichgestellt ist ein Ingenieurstudium des Bergbaus oder eines vergleichbaren Studiengangs.
 - 2 Aus der mindestens zweijährigen Tätigkeit der/des Hauptverantwortlichen müssen auch Kenntnisse und praktische Erfahrungen auf dem Gebiet der Ermittlung, Messung und Beurteilung von untertägigen Gefahrstoffen am Arbeitsplatz sowie spezifische Bergbauerfahrungen (unter Tage, ggf. in speziellen Bergbauzweigen) vorliegen.
 - 3 Die Leitung der Messstelle muss mit den besonderen Gesundheitsgefahren im Bergbau, den Risiken des Untertagebergbaus sowie mit dem einschlägigen technischen Regelwerk des Untertagebergbaus vertraut sein.
- (2) Zu Nummer 2.3 dieser Anlage:
 1. Die Mitarbeiter der Messstelle müssen auch Kenntnisse und Erfahrungen in der

Probenahme und Analytik von Gefahrstoffen in der Luft an Arbeitsplätzen unter Tage aufweisen können.

2. Bei einer Untertagemessung muss die dort eingesetzte verantwortliche Person der Messstelle ausreichende Bergbauerfahrungen und die Kenntnis grubenspezifischer Einflüsse auf Gefahrstoffmessungen besitzen. Die für die untertägigen Einsatzorte geltenden arbeitsmedizinischen Voraussetzungen der GesBergV und der KlimaBergV müssen beim eingesetzten Personal erfüllt sein.
3. Die Fortbildungsmaßnahmen müssen insbesondere auch bergbauliche Belange berücksichtigen.
4. Die Kenntnis und Beachtung der allgemeinen Aspekte der Grubensicherheit (z. B. Schlagwetterschutz, Gebrauch der persönlichen Schutzausrüstung) ist sicherzustellen.

5.3 Gerätetechnische Ausstattung

Zu Nummer 3.2 dieser Anlage:

1. Unter den geeigneten, an der Person tragbaren Probenahmepumpen der Messstelle muss mindestens eine Pumpe den Anforderungen der Elektrozulassungsbergverordnung entsprechen (schlagwettergeschützte Ausführung).
2. Bei elektrischen Einrichtungen sind, soweit erforderlich, eigensichere bzw. schlagwettergeschützte Ausführungen zu verwenden.
3. Im schlagwettergefährdetem Bereich ist sicherzustellen, dass die verwendeten Einrichtungen keine ungeschützten Leichtmetalloberflächen aufweisen und sich nicht elektrostatisch aufladen können.
4. Es muss mindestens eine Einrichtung für die Ejektorprobenahme zur Verfügung stehen.
5. Zur Probenaufbewahrung und zum Probentransport müssen geeignete Einrichtungen, ggf. mit Kühl- oder Trockenvorrichtung zur Verfügung stehen.
6. Für eine stationäre Probenahme sind neben Stativen ggf. Halterungen zum Aufhängen von Probenahmegeräten erforderlich.
7. Systeme zur Ermittlung von Konzentrationsverläufen müssen für Messungen unter Tage geeignet sein.

6 Anforderungen an die Berichterstattung bei messtechnischen und nicht messtechnischen Ermittlungen

6.1 Allgemeine Anforderungen an die Berichterstattung

- (1) Zu jedem Auftrag zur Ermittlung und Beurteilung von Gefahrstoffen in der Luft in Arbeitsbereichen ist ein Bericht zu erstellen, der neben der Aufgabendefinition die Ermittlung protokolliert sowie das Ergebnis und die Beurteilung des Ergebnisses nach dem relevanten Technischen Regelwerk enthält.
- (2) Alle Arten von Ermittlungsaufgaben erfordern eine vollständige Dokumentation

(siehe Nummer 7 Abs. 1 dieser TRGS).

(3) Die Ergebnisse von Wirksamkeitsüberprüfungen können in vereinfachter Weise berichtet werden, wenn sie sich auf ausführliche Berichte im Rahmen von Gefährdungsbeurteilungen beziehen.

6.2 Inhalt des Berichtes

Der Bericht muss von dem Verantwortlichen der Messstelle unterschrieben sein und neben den in Nummer 6.2.1 bis Nummer 6.2.5 dieser Anlage aufgeführten Anforderungen eine Übersicht folgender Informationen enthalten:

1. Messstelle (Name, Anschrift),
2. Auftraggeber (Name, Anschrift),
3. Ermittlungsaufgabe gemäß Anlage 3 Nr. 2 dieser TRGS,
4. Ort der Expositonsermittlung (Firma, Anschrift, Betriebsort),
5. Vorbesprechung (Teilnehmer, Datum),
6. Bearbeiter der Ermittlungsaufgabe,
7. Beschreibung des Ermittlungsverfahrens,
8. Ermittlungsergebnisse,
9. Beurteilung der Exposition und der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen (Befund) und
10. Maßnahmen zur Befundsicherung;
bei messtechnischen Ermittlungen auch :
11. Probenahme (Bearbeiter, Datum),
12. Analyse (Labor, ggf. Bearbeiter, Datum) sowie
13. Bericht (Nummer, Seitenzahl, Datum).

6.2.1 Anlass und Umfang der gestellten Aufgabe

(1) Die Ermittlungsaufgabe und der Anlass der Ermittlung sind zu beschreiben. Dabei sind ggf. auf alte Ermittlungsergebnisse (vorhandene Berichte, Gefährdungsbeurteilung), geänderte Rahmenbedingungen (neue Schutzmaßnahmen) etc. zu verweisen.

(2) Bezieht sich die Ermittlungsaufgabe nur auf einen Teil der nach Nummer 4.3 dieser TRGS ermittelten Gefahrstoffe, ist hierauf ausdrücklich hinzuweisen.

6.2.2 Dokumentation der relevanten Randbedingungen

Der zu untersuchende Arbeitsbereich/Arbeitsplatz ist möglichst detailliert zu beschreiben, um auch Dritten einen Einblick in die Tätigkeit und die Arbeitsabläufe der Beschäftigten, deren inhalative Exposition zu bestimmen ist, zu ermöglichen. Es

empfiehlt sich, auch Skizzen und Fotos aufzunehmen.

6.2.3 Erfassung und Beschreibung der Tätigkeiten und Festlegung des Arbeitsbereiches

Der Arbeitsbereich gemäß Nummer 4.2 dieser TRGS mit den relevanten Randbedingungen zum Zeitpunkt der Ermittlung ist zu beschreiben. Werden betriebliche Angaben verwendet, ist dies zu dokumentieren.

6.2.4 Erfassung der Gefahrstoffe

(1) Die Gefahrstoffe sind je Arbeitsbereich/Arbeitsplatz und, soweit möglich, tätigkeitsbezogen gemäß Nummer 4.3 dieser TRGS zu erfassen und darzustellen. Auch (andere) Gefahrstoffe aus angrenzenden Arbeitsbereichen können im untersuchten Arbeitsbereich expositionsrelevant sein.

(2) Folgende Angaben sind zu dokumentieren:

1. Name/Bezeichnung der Zubereitungen/Materialien/Einsatzstoffe, einschließlich Einsatzzweck/Verwendung/Vorkommen, Zustand und Menge,
2. die darin enthaltenen Gefahrstoffe (ggf. mit CAS-Nr.),
3. wenn vorhanden, die zugehörigen Grenzwerte, die Art bzw. Herkunft der Grenzwerte, die Kurzzeitwertkriterien sowie andere Beurteilungsmaßstäbe gemäß Nummer 5.3 oder 5.4 dieser TRGS,
4. die gefährlichen Eigenschaften und
5. sonstige relevante Vorschriften.

(3) Es ist zu dokumentieren, wer, wann und auf welcher Grundlage die Erfassung der Gefahrstoffe vorgenommen hat (Gefahrstoffverzeichnis, SDB etc.).

6.2.5 Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition

(1) Das Ermittlungsverfahren nach Anlage 2 und Anlage 3 Nr. 2 und das Ermittlungsergebnis sind nachvollziehbar zu dokumentieren.

(2) Bei der Ermittlung und Beurteilung der Exposition sind zusätzlich folgende Informationen zu berücksichtigen, sofern vorhanden:

1. Ergebnisse früherer Expositionsmessungen,
2. Ergebnisse sonstiger Messungen,
3. Informationen zu vergleichbaren Anlagen oder Tätigkeiten,
4. Informationen zu einschlägigen standardisierten Arbeitsverfahren gemäß TRGS 400 (z.B. verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK)) sowie
5. Ergebnisse zuverlässiger Berechnungen.

(3) Die Auswahl von messtechnisch erfassten Stoffen ist zu begründen. Messorte, Zeitpunkte und Messdauern der Stoffe sind so zu wählen, dass gemeinsam mit der

bereits vorliegenden Information auf den Schichtmittelwert geschlossen werden kann. Expositionsspitzen sind nach Höhe, Dauer und Häufigkeit im Hinblick auf die Kurzzeitwertanforderungen zu berücksichtigen.

(4) Die verwendeten Ermittlungsverfahren sind zu dokumentieren. Dazu gehören bei messtechnischen Ermittlungsverfahren:

1. die Verwendung eines empfohlenen Messverfahrens nach Anlage 3 Nr. 3.1 Abs. 7,
2. bei anderen Messverfahren
 - a) Kurzbeschreibung,
 - b) Verweis auf vorliegende Arbeitsanweisung sowie
 - c) Angaben zur Bestimmungsgrenze und zu Querempfindlichkeiten (soweit bekannt).

(5) Es sind die bei der Ermittlung vorgefundenen Bedingungen zu dokumentieren. Dazu gehören für die Probenahme gemäß Anlage 3 Nr. 4 Abs. 2 insbesondere Angaben zu

1. Probenahmegeräten einschließlich Probenträger und Sammelmedien (z.B. Sorptionsmittel, Filter),
2. Luftvolumenstrom,
3. direkt anzeigende Messgeräte,
4. Probenahmedauer,
5. klimatische Daten sowie
6. Probentransfer und -lagerung (falls erforderlich)

(6) Besonderheiten der analytischen Bestimmung sind zu dokumentieren. Dazu gehören insbesondere

1. die Identifikation weiterer expositionsrelevanter Stoffe bei der analytischen Bestimmung und
2. die Unterauftragsvergabe an ein externes Labor.

(7) Die erhaltenen Ermittlungsergebnisse sind übersichtlich und für den Auftraggeber verständlich darzustellen. Hierzu gehören bei messtechnischen Ermittlungsverfahren insbesondere Angaben zu

1. Datum und Uhrzeit der Messung,
2. Probenahmeort,
3. Messstelleninterne Probenbezeichnung und -nummer,
4. Stoffbezeichnung,
5. Messwerten,
6. Messergebnissen (Schicht- und Kurzzeitwerte),
7. Stoffindizes, ggf. Bewertungsindizes sowie
8. besondere Vorkommnisse

(8) Beurteilung der Exposition und der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen, Be-

fund, Maßnahmen zur Befundsicherung mit

1. Bezugnahme auf die gestellte Aufgabe,
2. Befund auf Grundlage aller zur Verfügung stehenden Daten,
3. qualifizierter Begründung des Befunds/der Beurteilung,
4. Empfehlungen zu/Festlegung von Schutzmaßnahmen, falls erforderlich,
5. Maßnahmen zur Befundsicherung festlegen, beschreiben und begründen,
6. ggf. Aussage zu Leitkomponenten,
7. ggf. Aussage zu vereinfachten messtechnischen Ermittlungsverfahren sowie
8. Kurzzeitwertbedingungen (Häufigkeit und Dauer der Expositionsspitze, zeitlicher Abstand von Expositionsspitzen, Dauer der gesamten erhöhten Exposition einer Schicht).

7 Einteilung nach Stoffgruppen

7.1 Gruppeneinteilung

Die Anforderungen an eine Messstelle richten sich nach ihren Aufgaben. Bewährt hat sich eine Differenzierung der Anforderungen nach folgenden Stoffgruppen:

1. Gruppe 1: Aerosole (ohne Faserstäube),
2. Gruppe 2: Faserstäube,
3. Gruppe 3: anorganische Gase und Dämpfe,
4. Gruppe 4: organische Gase und Dämpfe und
5. Gruppe 5: Ausgewählte Parameter/Gebiete.

7.2 Erläuterungen zu den Stoffgruppen bei messtechnischen Ermittlungsverfahren

7.2.1 Gruppe 1: Aerosole (ohne Faserstäube)

(1) Gruppe 1 umfasst Aerosole (Stäube, Rauche, Nebel), die entsprechend DIN EN 481 als einatembarer Anteil (E) oder als alveolengängiger Anteil (A) erfasst und in der Regel auf Filtern abgeschieden werden. Hinsichtlich der Bestimmung von Staubinhaltsstoffen ist die Gruppe 1 in Teilbereiche untergliedert:

1. Staubmassenbestimmung (Gravimetrie) für die Staubfraktionen gemäß DIN EN 481,
2. Metalle und Metallverbindungen,
3. kristalline Mineralstäube (z.B. Quarz, Cristobalit, Tridymit oder Silikate),
4. amorphe Kieselsäuren (z.B. Kieselglas, Kieselgur, Kieselrauch oder Kieselgut),
5. einfache organische Inhaltsstoffe (z.B. Oxalsäure, Phthalsäureanhydrid) sowie

6. weitere Aerosole.

Organische Inhaltsstoffe, die besondere messtechnische Anforderungen stellen (z.B. PAH, Nitrosamine), sind Gruppe 5 zugeordnet.

(2) Treten Stoffe gleichzeitig in der Partikel- und in der Dampfphase auf, so ist eine zweiphasige Probenahme erforderlich; diese Stoffe werden der Gruppe 5 zugeordnet.

7.2.2 Gruppe 2: Faserstäube

(1) Gruppe 2 umfasst Faserstäube, die über Zählverfahren bestimmt werden:

1. Asbestfasern und
2. sonstige Faserstäube.

(2) Für Asbestfasermessungen wird das rasterelektronenmikroskopische Verfahren mit Röntgenmikroanalysensystem (REM/ EDX) und Plasmaverascher benötigt (BGI 505-46). Für Expositionsmessungen im Zusammenhang mit mineralischen Rohstoffen wird auf die TRGS 517, Anhang 3 verwiesen.

7.2.3 Gruppe 3: Anorganische Gase und Dämpfe

(1) Gruppe 3 umfasst z.B.:

1. Halogene,
2. Halogenwasserstoffe und sonstige anorganische Säuren (z.B. Fluorwasserstoff, Chlorwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Salpetersäure, Cyanwasserstoff),
3. Sonstige flüchtige Wasserstoffverbindungen wie z.B. Ammoniak, Antimonwasserstoff, Arsenwasserstoff, Diboran, Hydrazin oder Phosphorwasserstoff und
4. Nichtmetalloxide (z.B. Stickstoffoxide, Schwefeldioxid, Kohlenstoffoxide, Wasserstoffperoxid).

(2) Zu dieser Gruppe gehören weitere Einzelkomponenten wie z.B. Nickeltetracarbonyl, Ozon, Phosgen und Quecksilberdampf, die nicht in einen der genannten Teilbereiche eingegliedert sind.

7.2.4 Gruppe 4: Organische Gase und Dämpfe

Gruppe 4 umfasst z.B.:

1. aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe,
2. leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW),
3. Ketone und Ester,
4. Alkohole,
5. Aldehyde,
6. Phenole,

7. Glykole und deren Derivate,
8. Amine,
9. Epoxide und
10. organische Säuren.

7.2.5 Gruppe 5: Ausgewählte Parameter/Gebiete

(1) Die Zuordnung ausgewählter Parameter/Gebiete zur Gruppe 5 erfolgt, wenn die Bestimmung hinsichtlich der Probenahme, Probenaufbereitung oder Analyse besonderer Erfahrung, besonderer analytischer Ausstattung und/oder eines hohen Aufwands (z.B. Speziation) bedarf. Dazu gehören z.B.:

1. Einfache Systeme mit zweiphasiger Probenahme mit Summenbestimmung (z.B. Dampf- und Aerosolphasen von Kühlschmierstoffen, Bitumen, Phthalsäure/-ester, Bisphenol A, Diethanolamin, Diphenylamin),
2. metallorganische Verbindungen (z.B. zinnorganische Verbindungen),
3. Mehrstoffsysteme (wie z.B. Lackaerosole, PAH, PCB, PCDD/F, Nitrosamine oder Isocyanate),
4. Dieselmotoremissionen (DME) sowie
5. ultrafeine Partikeln.

(2) Zur Gruppe 5 gehören auch Messungen in besonderen Arbeitsbereichen (z.B. Messungen im Bergbau unter Tage), die an die Fachkunde, personelle und geräte-technische Ausstattung zusätzliche Anforderungen stellen.

Anlage 2 zu TRGS 402

Nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden der Exposition

1 Allgemeines

(1) Unter nichtmesstechnischen Ermittlungsmethoden werden insbesondere verstanden:

1. die Übertragung von Ergebnissen vergleichbarer Arbeitsplätze und
2. der Einsatz geeigneter Rechenmodelle

(2) Bei der Anwendung nichtmesstechnischer Ermittlungsmethoden muss der Einfluss der relevanten Randbedingungen auf das Ermittlungsergebnis beurteilt und dokumentiert werden. Fallweise ist dazu die Quantifizierung des Einflusses einzelner oder aller Randbedingungen erforderlich.

2 Messergebnisse von Arbeitsplätzen mit gleichartigen Arbeitsbedingungen

(1) Messergebnisse von Arbeitsplätzen können auf andere Arbeitsplätze übertragen werden, sofern die Expositionsbedingungen vergleichbar sind. Die Entscheidung über die Vergleichbarkeit wird vom Arbeitgeber gemäß TRGS 400 Nummer 3.2 getroffen und dokumentiert.

(2) Vergleichbare Expositionsbedingungen an Arbeitsplätzen liegen vor, wenn bei vergleichbaren Tätigkeiten mit Gefahrstoffen die detaillierte Beurteilung des Einflusses der relevanten Randbedingungen entsprechend Nummer 4.2 Abs. 3 dieser TRGS ergibt, dass keine Abweichung gegenüber dem zu übertragenden Ermittlungsergebnis zu erwarten ist.

(3) Messergebnisse von vergleichbaren Arbeitsplätzen können aus

1. demselben Betrieb,
2. anderen Betrieben (Messberichte),
3. Messdatenbanken oder
4. Expositionsbeschreibungen in der Fachliteratur

stammen.

(4) Für die Übertragungen von Messergebnissen besonders geeignet sind die Ergebnisse so genannter Worst-Case-Messungen. Nummer 1 und 4 der Anlage 5 dieser TRGS enthalten Beispiele für die Beurteilung von Expositionen bei Vorliegen vergleichbarer Arbeitsplätze.

3 Berechnung der Exposition

(1) Konzentrationen lassen sich rechnerisch abschätzen, wenn die relevanten Randbedingungen durch ein geeignetes Modell miteinander verknüpft werden können und diese für den konkreten Anwendungsfall bekannt sind. Dies betrifft sowohl die kurzzeitigen (Kurzzeitwerte) als auch länger andauernde Expositionen (Schichtmittelwerte).

(2) Expositionsmodelle bauen in der Regel auf drei wesentlichen Elementen auf:

1. der Beschreibung der Gefahrstoffemission,
2. der räumlichen und zeitlichen Ausbreitung und Verteilung der Gefahrstoffe und
3. der Berücksichtigung der arbeitsorganisatorischen Rahmenbedingungen.

(3) Die Ergebnisse von Modellrechnungen müssen plausibel sein. Daher ist bei jeder Anwendung zu begründen, warum die Modellrechnung im konkreten Fall geeignet ist,

1. die Gefahrstoffemission,
2. die Ausbreitung und Verteilung der Gefahrstoffe im Raum und
3. die arbeitsorganisatorischen Rahmenbedingungen

zu beschreiben.

(4) Durch die Variation der relevanten Randbedingungen können ihr Einfluss auf die Höhe der Exposition abgeschätzt und somit kritische Randbedingungen erkannt werden. Dazu ist es notwendig, ihre Spannweite am zu beurteilenden Arbeitsplatz zu beschreiben und ggf. durch weitere Ermittlungen genauer zu bestimmen.

(5) Das Berechnungsverfahren ist so darzustellen, dass die Berechnungen nachvollzogen werden können. Ergebnisse und Erkenntnisse, die durch eine Variation von Randbedingungen abgeleitet wurden, sind darzustellen.

(6) In bestimmten Fällen ist eine Überprüfung von Berechnungen durch Expositionsmessungen zu empfehlen. Wenn beim Vergleich gemessener und berechneter Expositionen

1. die gemessene Luftkonzentration oberhalb der Ergebnisse einer Worst Case-Berechnung liegt oder
2. die Ergebnisse der Expositionsmessungen oberhalb der berechneten Expositions-Bandbreite liegen,

ist die Überprüfung des Rechenmodells und der Messung erforderlich.

4 Befund

Die Berechnung endet mit einem Befund. Die Anforderungen an die Beurteilung der Exposition und der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen (Nummer 5 dieser TRGS) sowie an die Befundsicherung (Nummer 6 dieser TRGS) gelten, soweit anwendbar, auch für nichtmesstechnische Ermittlungsmethoden.

5 Berechnungsbeispiele

5.1 Offset-Druck

Aufgrund vergleichbarer Betriebsbedingungen und sich wiederholender Betriebszustände ist der Offset-Druck für eine Berechnung der Gefahrstoffkonzentration gut geeignet. Für die Anwendung in der Praxis wurde durch die BG Druck und Papierverarbeitung ein einfaches und anschauliches Verfahren entwickelt, um die Luftkonzentrationen der wichtigsten Druckhilfsstoffe, insbesondere 2-Propanol annähernd zu berechnen. Die Zuverlässigkeit des Rechenmodells konnte durch die systematische Durchführung vergleichender Messungen und Berechnungen nachgewiesen werden. Die erhaltenen Ergebnisse zeigen für 2-Propanol eine gute Übereinstimmung zwischen dem praxisnahen Modell und den gemäß dieser TRGS durchgeführten Arbeitsplatzmessungen. Die durchschnittliche Abweichung der berechneten von den gemessenen Ergebnissen beträgt 21 Prozent [1].

5.2 Weitere Beispiele für Expositionsberechnungen

Hinweise auf geeignete Berechnungsverfahren zur Expositionsermittlung finden sich in der Literatur. Tabelle 1 führt Beispiele aus der Literatur auf, bei denen verschiedene Berechnungsmethoden an diversen Arbeitsplätzen eingesetzt wurden. Bezüglich der Details wird auf die Literaturstellen verwiesen:

Tabelle 1: Beispiele für Berechnungsmethoden und Berechnungsanwendungen zur Ermittlung von Expositionen an Arbeitsplätzen

Nr.	Thema	Quelle
1	Methodenbeschreibung	1, 2, 3
2	Entfettung von Metallen	1, 5
3	Anästhesiearbeitsplätze	1
4	Anwendung von Sprays	6, 7, 8
5	Konsumenten-Belastungen	7
6	Xylol-Exposition im Labor	2
7	Anwendung von motorbetriebenen Geräten in Innenräumen	2
8	Flächendesinfektion	1
9	Expositionen in einem Chemielabor (Uni)	4
10	Vergleich inhalativer und dermalen Belastung (z.B. Xylol)	2
11	Abschätzung der inhalativen Belastung in einem Labor (Xylol)	2
12	CO ₂ -Belastung in Innenräumen	2
13	Gefahrstoffe in Staub	1
14	Dieselmotoremissionen	1

6 Literatur

- [1] BIA-Report 3/2001: Berechnungsverfahren und Modellbildung in der Arbeitsbereichsanalyse, <http://www.dguv.de/ifa/de/pub/rep/rep01/biar0301/index.jsp>
- [2] Eickmann, U.; Methoden der Ermittlung und Bewertung chemischer Expositionen an Arbeitsplätzen. ecomed-Verlag, 2008
- [3] Keil, C.B.; A tiered approach to deterministic models for indoor air exposures. Applied Occupational and Environmental Hygiene, 15 (2000) 1, 145–151.
- [4] Keil, C.B.; Murphy, R.; An application of exposure modeling in exposure assessments for an university teaching laboratory. Journal of Occupational and Environmental Hygiene. Jg. 2006, H.3, S. 99–106.
- [5] Keil, C.B.; The development and evaluation of an emission factor for a toluene parts-washing process. AIHA Journal 59(1998) January, 14–19.
- [6] Eickmann, U.; Eickmann, J.; Tischer, M.; Exposure to Sprays – Comparison of the available exposure models. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 67 (2007) 7/8, S. 305–318.
- [7] Delmaar, J.E.; Park, M.V.D.Z.; van Engelen, J.G.M.: ConsExpo 4.0 – Consumer Exposure and Uptake Models. Program Manual. RIVM Report 320104004/2005 Bilthoven, NL, 2005
- [8] Koch, W.; Arbeitsplatzbelastungen bei der Verwendung von Biozid-Produkten – Transformation und Erweiterung eines DV-gestützten Modells zur Abschätzung der inhalativen und dermalen Exposition bei Sprayprozessen. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Forschungsbericht F2022, Dortmund, 2004

Anlage 3 zu TRGS 402

Messtechnische Ermittlungsmethoden

1 Allgemeine Anforderungen

(1) Wer im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach GefStoffV Messungen durchführen will, muss diese mit Hilfe der Messstrategie gemäß dieser TRGS planen und über die erforderliche Ausrüstung und die Fachkunde für die betriebsspezifisch anfallenden Messungen verfügen (siehe Anlage 1).

(2) Die Messstrategie für Arbeitsplatzmessungen umfasst

1. die Festlegung der Messaufgabe,
2. die Auswahl des Messverfahrens und
3. die Festlegung der Probenahmeorte sowie der Probenahmezeiten und -dauer.

(3) Die Messstrategie muss den Bedingungen am Arbeitsplatz, insbesondere der zu erwartenden Expositionshöhe, angepasst werden, um den unterschiedlichen Expositionssituationen Rechnung zu tragen.

(4) Grundsätzlich werden bei der Planung von Messungen der inhalativen Exposition alle relevanten Stoffe berücksichtigt (siehe Nummer 4.3 dieser TRGS). Es ist nicht immer notwendig, alle relevanten Stoffe messtechnisch zu erfassen, sondern man kann sich auf eine repräsentative Auswahl oder auf Leitkomponenten beschränken. Kriterien für die Auswahl der messtechnisch zu bestimmenden Stoffe sind insbesondere das Freisetzungsverhalten, die Stoffmengen und die Toxizität.

2 Messaufgaben

Auf Grund des vorgegebenen Ziels der Messung oder aus strategischen Gründen wird zwischen folgenden Messaufgaben unterschieden:

1. Arbeitsplatzmessungen,
2. Messungen technischer Parameter zur Befundsicherung,
3. Kontrollmessungen zur Befundsicherung,
4. Übersichtsmessungen,
5. Messungen für den ungünstigen Fall (Worst Case),
6. Messungen in der Nähe der Emissionsquelle,
7. Dauerüberwachung und
8. Sondermessungen.

2.1 Arbeitsplatzmessungen

(1) Arbeitsplatzmessungen liefern als Messergebnis die zeitlich gewichtete mittlere Konzentration eines Gefahrstoffes in der Luft am Arbeitsplatz als Schichtmittelwert oder als Kurzzeitwert gemäß Kurzzeitwertkonzept.

(2) Das Ziel von Arbeitsplatzmessungen ist die quantitative Ermittlung der Exposition von Beschäftigten bei den betrachteten Tätigkeiten im Arbeitsbereich. Gelegentlich können zuvor auch qualitative Ermittlungen der Exposition erforderlich sein, wenn z.B. Informationen über auftretende Stoffe fehlen. Die Ergebnisse von Arbeitsplatzmessungen müssen die Exposition während einer Schicht zutreffend und repräsentativ beschreiben, und zwar als Schichtmittelwerte (Messergebnis) sowie als Kurzzeitwerte.

2.2 Messungen technischer Parameter zur Befundsicherung

Messungen technischer Parameter zur Befundsicherung sind erforderlich, um zu überprüfen, ob der abgeleitete Befund unverändert gültig ist. Dazu werden einfache Parameter wie technische Leistungskriterien (z.B. Abluft- oder Absaugvolumenstrom) durch Messungen unter den im Befund festgelegten Bedingungen überprüft.

2.3 Kontrollmessungen zur Befundsicherung

Wenn Messungen zur Befundsicherung nach Nummer 2.2 nicht möglich oder nicht zielführend sind, sind Kontrollmessungen erforderlich. Kontrollmessungen sind Arbeitsplatzmessungen gemäß Nummer 2.1 unter den im Befund festgelegten Bedingungen (siehe Nummer 6 Abs. 3 dieser TRGS). Hinweise zur Durchführung der Kontrollmessungen finden sich in DIN EN 689.

2.4 Übersichtsmessungen (orientierende Messungen)

Übersichtsmessungen liefern relativ grobe Informationen über die Höhe der Exposition und dienen als Entscheidungsgrundlage für weitere Schritte. Übersichtsmessungen der zeitlichen oder räumlichen Konzentrationsverteilung liefern u.a. Informationen zu:

1. Orten und Zeiten erhöhter Exposition,
2. Dauer und der Häufigkeit der Probenahme bei Arbeitsplatzmessungen,
3. Emissionsquellen oder
4. der Wirksamkeit von Lüftungs- oder anderer technischer Schutzmaßnahmen.

2.5 Messungen für den ungünstigen Fall (Worst Case)

Worst-Case-Messungen (siehe Nummer 2.8) werden durchgeführt, wenn in Folge besonderer Expositionsbedingungen (z.B. stark staubende Stoffe, Auslastung an der Kapazitätsgrenze, besondere klimatische Bedingungen) deutlich höhere Belastungen zu erwarten sind. Wird unter diesen Bedingungen eine Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes nachgewiesen, so kann auch davon ausgegangen werden, dass unter üblichen Bedingungen der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten wird. In der Praxis können solche Betriebsbedingungen auch gezielt eingestellt werden.

2.6 Messungen in der Nähe einer Emissionsquelle

Messungen in der Nähe einer Emissionsquelle können Informationen über Emissionsraten (Quellstärken) von Quellen liefern, die z.B. bei Berechnungsverfahren für die Exposition benötigt werden. Im Einzelfall können sie auch als Worst Case-Messungen dienen oder Hinweise geben, ob bestimmte Stoffe prozessbedingt entstehen oder freigesetzt werden.

2.7 Dauerüberwachung

(1) Eine Dauerüberwachung (siehe Anlage 4) kann eingesetzt werden, wenn die Messeinrichtungen und das Messkonzept gemäß der speziellen Messaufgabe so ausgelegt sind, dass sie eine Expositionsbeurteilung ermöglichen und die Messergebnisse aufgezeichnet werden. Die Eignung ist im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition zu prüfen. Hierbei ist auch die Einhaltung der Kurzzeitwertanforderungen zu beachten.

(2) Die Dauerüberwachung ist besonders sinnvoll einzusetzen, wenn z.B. akute Gefährdungen oder besonders hohe Schwankungen der Exposition nicht auszuschließen sind und durch Alarmierung Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten ausgelöst werden müssen.

2.8 Sondermessungen

Bei Messungen aus besonderem Anlass, z.B. im Rahmen von Ermittlungen zu Berufskrankheitenverfahren oder epidemiologischen Untersuchungen, wird empfohlen, entsprechend dieser TRGS zu verfahren.

3 Messverfahren

(1) Messverfahren für Arbeitsplatzmessungen umfassen

1. die Messplanung (siehe Nummer 1),
2. das Probenahmeverfahren,
3. den Probentransport (falls erforderlich),
4. die Lagerung der Proben (falls erforderlich),
5. das Analysenverfahren sowie
6. die rechnerische Ermittlung des Messwertes aus dem Analysenwert und den Probenahmeparametern.

(2) Dabei gehören zum Probenahmeverfahren der technische Vorgang der Probenahme beziehungsweise die Anwendung direktanzeigender Messverfahren vor Ort. Zum Analysenverfahren gehören die Probenaufbereitung, die analytische Bestimmung und die rechnerische Ermittlung des Analysenwertes.

3.1 Anforderungen an Messverfahren

(1) Das Messverfahren muss dem zu messenden Stoff, seinem Grenzwert, der zu erwartenden Konzentration und den Randbedingungen angepasst sein. Das Verfahren muss den Messwert in der durch den Grenzwert vorgegebenen Dimension direkt oder indirekt (z.B. durch Umrechnung) liefern.

(2) Die allgemeinen Leistungsanforderungen an Messverfahren für Arbeitsplatzmessungen, sind in der DIN EN 482 [2] festgelegt. Dort werden in Tabelle 1 die Anforderungen an die erweiterte Messunsicherheit, den Mindestmessbereich (Bestimmungsgrenze) und die Mittelungsdauer in Abhängigkeit von der Messaufgabe genannt.

(3) Die Eignung eines Messverfahrens ist zu prüfen. Bei der Prüfung von Messverfahren sind die Anforderungen der einschlägigen Normen, insbesondere der EN 482, für Gase und Dämpfe der DIN EN 1076 oder DIN EN 838 sowie für Metalle der DIN EN 13890, zu erfüllen. Sollte ein Stoff gleichzeitig als Partikel und als Dampf vorliegen können (z.B. PAK, aromatische Amine), sind darüber hinaus die Anforderungen nach EN 13936 zu berücksichtigen. Die Richtigkeit des Messverfahrens soll durch qualitätssichernde Maßnahmen, wie z.B. Vergleichsversuche mit Referenzverfahren, Referenzmaterialien, Ringversuche oder durch Mischversuche (z.B. Prüfgase) sichergestellt werden.

(4) Die eingesetzte gerätetechnische Ausstattung muss für den jeweiligen Anwendungsfall geeignet sein. Besonderheiten der Probenahme – wie z.B. Messungen in explosionsgefährdeten Bereichen oder komplexe Messaufgaben – sind bei der Auswahl zu berücksichtigen. Vorzugsweise sind Geräte einzusetzen, deren Übereinstimmung mit den einschlägigen Normen, z.B. der DIN EN 481, 482, DIN EN ISO 17621, DIN EN ISO 13137, DIN ISO 15767, DIN EN 45544 nachgewiesen ist.

(5) Da häufig die analytische Bestimmung zeitlich getrennt von der Probenahme erfolgt, ist sicherzustellen, dass der Transport und die Lagerung der Probe (Art und Dauer) so ausgeführt wird, dass ihr physikalischer und chemischer Zustand nicht verändert wird.

(6) Es ist zu prüfen, ob das Ergebnis eines Messverfahrens durch andere Komponenten oder Umgebungsbedingungen beeinflusst wird. Im Falle nicht korrigierbarer, messwerterhöhender Störeinflüsse ist der volle Messwert heranzuziehen. Das Ergebnis ist entsprechend kenntlich zu machen. Im Falle nicht korrigierbarer, messwerterniedrigender Störeinflüsse darf das Messverfahren nicht eingesetzt werden.

(7) Für Arbeitsplatzmessungen empfohlene Messverfahren werden durch die Arbeitsgruppe „Luftanalysen“ der ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) [3], durch die Arbeitsgruppe „Analytik“ des Fachbereiches Rohstoffe und chemische Industrie der DGUV [4], durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) [5] und das IFA – Institut für Arbeitsschutz [6] veröffentlicht. Weitere Messverfahren enthält z. B. die Datenbank GESTIS - Analysenverfahren für chemische Substanzen [7].

(8) Bei krebserzeugenden Stoffen der Kategorien 1A oder 1B, für die Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen bekannt gegeben worden sind, muss das angewandte Messverfahren zur Ermittlung der Akzeptanz- und Toleranzkonzentration geeignet sein. Vorzugsweise sind Messverfahren nach Absatz 7 einzusetzen.

(9) Im Sinne dieser TRGS ist das Messverfahren für die Überwachung der Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen geeignet, wenn die in Tabelle 1 in Zeile 1 aufge-

fürten Anforderungen bezüglich Mindestmessbereich und erweiterter Messunsicherheit erfüllt sind.

Tabelle 1: Von der DIN EN 482 abweichende Mindestanforderungen für Messverfahren zur Überwachung von Akzeptanz- und Toleranzkonzentration

	Eignung	Bedingung für BG	Mindestmess-bereich	Relative erweiterte Messunsicherheit*
1	geeignet für die Überwachung der AK und der TK	$BG \leq 0,2 \text{ AK}$	0,2 AK bis 2 TK	0,2 AK bis $\leq \text{AK}$ $\leq 50 \%$ AK bis 2 TK $\leq 30 \%$
2a	geeignet für die Überwachung der AK	$BG \leq 0,2 \text{ AK}$	0,2 AK bis 2 AK	0,2 AK bis $\leq \text{AK}$ $\leq 50 \%$ AK bis 2 AK $\leq 30 \%$
2b	geeignet für die Überwachung der TK	$BG \leq \text{AK}$	AK bis 2 TK	AK bis $\leq 0,5 \text{ TK}$ $\leq 50 \%$ 0,5 TK bis 2 TK $\leq 30 \%$
3a	bedingt geeignet für die Überwachung der AK	$0,2 \text{ AK} < BG \leq \text{AK}$	BG bis 2 AK	$\leq 50 \%$
3b	bedingt geeignet für die Überwachung der TK	$\text{AK} < BG \leq \text{TK}$	BG bis 2 TK	$\leq 50 \%$

*Für Gefahrstoffe, die als Mischung von Partikeln und Dampf vorliegen, gilt im *gesamten* Mindestmessbereich eine relative erweiterte Messunsicherheit von 50 %.

AK: Akzeptanzkonzentration

BG: Bestimmungsgrenze

TK: Toleranzkonzentration

(10) Steht kein geeignetes Messverfahren nach (9) zur gleichzeitigen Überwachung von Akzeptanz- und Toleranzkonzentration zur Verfügung, sind die in der Tabelle 1 genannten geeigneten Verfahren für die Überwachung der Akzeptanzkonzentration (2a) und der Toleranzkonzentration (2b) in Kombination einzusetzen.

(11) Steht keine geeignetes Messverfahren nach Absatz 10 zur Überwachung der Akzeptanzkonzentration zur Verfügung, muss ein bedingt geeignetes Verfahren nach Tabelle 1 Zeile 3a eingesetzt werden.

(12) Steht kein geeignetes Messverfahren nach Absatz 10 zur Überwachung der Toleranzkonzentration zur Verfügung, muss ein bedingt geeignetes Verfahren nach Tabelle 1 Zeile 3b eingesetzt werden.

(13) Ein Messverfahren mit einer Bestimmungsgrenze oberhalb der Akzeptanzkonzentration ist nicht geeignet für die Überwachung der Akzeptanzkonzentration.

(14) Ein Messverfahren mit einer Bestimmungsgrenze oberhalb der Toleranzkonzentration ist nicht geeignet für die Überwachung der Toleranzkonzentration.

(15) Kommen Messverfahren zur Kontrolle von Akzeptanz- und Toleranzkonzentrationen zur Anwendung, muss die Eignung des Messverfahrens gemäß Tabelle 1 zusammen mit dem Messergebnis angegeben werden.

3.2 Anforderungen an die Messung von Kurzzeitwerten

(1) Die kurzzeitigen Expositionen sind nach Höhe, Dauer und Häufigkeit über den Verlauf einer Schicht zu ermitteln, wenn relevante Konzentrationsschwankungen nicht auszuschließen sind.

(2) Grundsätzlich soll zur Gewährleistung einer einheitlichen Vorgehensweise die Überwachung von Kurzzeitwerten durch die Bestimmung des 15-Minuten-Mittelwertes erfolgen. Das gilt auch für Stoffe ohne einen Arbeitsplatzgrenzwert.

(3) Bei Stoffen, für die ein Momentanwert festgelegt wurde, der zu keinem Zeitpunkt überschritten werden darf ($=x=$), soll nach den Vorgaben der TRGS 900 eine möglichst kurze Mittelungsdauer entsprechend den messtechnischen Möglichkeiten gewählt werden. Die Mittelungsdauer soll jedoch nicht unter einer Minute betragen. Grundsätzlich ist dabei sicher zu stellen, dass auch für die kürzest mögliche Mittelungsdauer alle Qualitätsanforderungen dieser TRGS erfüllt sind.

(4) Für Stoffe ohne Kurzzeitwert dürfen Expositionen, die kürzer als eine Stunde sind, den Zahlenwert des jeweiligen Grenzwertes höchstens um den Faktor 8 übersteigen.

(5) Für die messtechnische Ermittlung der Kurzzeitwerte haben sich in vielen Fällen direkt anzeigende Geräte bewährt. Sie erlauben insbesondere die Aufnahme von zeitlichen Expositionsprofilen, aus denen dann mit geeigneten rechnerischen Verfahren die einschlägigen Kurzzeitexpositionen ermittelt werden können [7].

(6) Im Übrigen ist TRGS 900 Nummer 2.3 zu beachten.

4 Probenahmeorte, -zeiten und Probenahmedauer

(1) Grundlage der Festlegung der Probenahmeorte und -zeiten ist das Ergebnis der

Festlegung des Arbeitsbereiches und der Tätigkeiten der Beschäftigten mit Gefahrstoffen. Dabei sind insbesondere die Informationen über das Arbeitsverfahren, die Arbeitsabläufe, sowie die Arbeits- und Umgebungsbedingungen (relevante Randbedingungen nach Nummer 4.2) zu beachten. Die gewählten Probenahmeorte und -zeiten sollen geeignet sein, die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Exposition repräsentativ abzubilden.

(2) Für die Probenahme sind insbesondere die folgenden Parameter festzulegen:

1. der oder die Probenahmeorte,
2. der Zeitpunkt und die Dauer der Probenahme bzw. der Messung,
3. die zeitliche Abfolge der Probenahmen bzw. Messungen sowie die Zeitspanne dazwischen,
4. weitere Anweisungen zur Durchführung der Probenahmen/Messungen (z.B. Erfassung besonderer Parameter wie die Leistung technischer Absaugungen) sowie
5. die für die rechnerische Ermittlung der Messwerte erforderlichen Probenahmeparameter.

Die Entscheidung für die gewählten Probenahmeparameter ist zu dokumentieren.

(3) Grundsätzlich sollen Arbeitsplatzmessungen personenbezogen mit an der Person getragenen oder mobil im Atembereich der Beschäftigten mitgeführten Systemen erfolgen. Ausnahmsweise können auch stationäre Messsysteme eingesetzt werden, wenn die Messergebnisse eine Beurteilung der Exposition erlauben. Die Probenahme soll bei stationären Messungen in Atemhöhe und in unmittelbarer Nähe des Arbeitnehmers erfolgen. In Zweifelsfällen ist dann als Messort der Ort höheren Risikos zu wählen. Die Entscheidung für stationäre Messungen ist im Einzelfall zu begründen.

(4) Zur Feststellung des Schichtmittelwertes besonders geeignet ist die messtechnische Mittelung über die gesamte Expositionsdauer während einer Schicht. Ist die Mitteldauer des Messverfahrens kürzer, so ist die Mindestanzahl der über die Schichtlänge verteilt erforderlichen Messungen an Tabelle 2 zu orientieren. In das Messergebnis geht der arithmetische Mittelwert der Messwerte ein. Bei unterschiedlichen Mitteldauern ist der zeitgewichtete arithmetische Mittelwert zu bilden.

Tabelle 2: Mindestprobenanzahl zur Ermittlung des Schichtmittelwertes

<i>Mitteldauer (Probenahmedauer)</i>	<i>Probenanzahl</i>
10 Sek	≥ 30
1 Min	≥ 20
5 Min	≥ 12
15 Min	≥ 4
30 Min	≥ 3
1 Std	≥ 2
≥ 2 Std	≥ 1

5 Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen

- (1) Bei Arbeitsplatzmessungen über die gesamte Schichtlänge entspricht der Messwert dem Messergebnis.
- (2) Bei von der Schichtlänge abweichenden Probenahmedauern sind gesonderte Betrachtungen erforderlich. Im einfachsten Fall, bei gleichförmiger Exposition über die gesamte Schicht, wird der während eines bestimmten Teils der Schicht gemäß Nummer 2 Abs. 6 „Mittelungsdauer“ festgestellte Messwert dem Messergebnis gleichgesetzt.
- (3) Kommen während einer Schicht mehrere voneinander unterscheidbare Expositionszeiträume vor, sind für diese jeweils einzeln die mittleren Konzentrationshöhen der untersuchten Gefahrstoffe zu ermitteln. Aus diesen Einzelwerten wird bezogen auf die Summe der Einzelzeiträume ein zeitgewichteter arithmetischer Mittelwert errechnet, der das schichtbezogene Messergebnis darstellt. Wenn einer oder mehrere dieser Expositionszeiträume ohne Gefahrstoffexposition vorliegen, darf hierfür auch die Konzentration „Null“ in die Berechnung eingehen (verkürzte Exposition).
- (4) Wenn in Arbeitsbereichen die Expositionsdauer von Beschäftigten variieren kann (z.B. bei Gleitzeitregelungen oder durch Überstunden), so ist im Sinne einer Worst Case-Betrachtung die maximal mögliche Expositionsdauer zur Beurteilung heranzuziehen.
- (5) Sind Beurteilungsmaßstäbe nach Nummer 5.2, Nummer 5.3 und Nummer 5.4.2 Absatz 1 für eine Expositionsdauer von acht Stunden festgelegt, ist bei davon abweichenden Expositionsdauern eine entsprechende Umrechnung vorzunehmen.

6 Befund

Arbeitsplatzmessungen dienen zur Erhebung des Befundes. Die Anforderungen an die Beurteilung der Exposition und der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen (Nummer 5 dieser TRGS) sowie an die Befundsicherung (Nummer 6 dieser TRGS) gelten, soweit anwendbar.

7 Literatur

- [1] DIN 32645: Chemische Analytik - Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze unter Wiederholbedingungen - Begriffe, Verfahren, Auswertung, November 2008.
- [2] DIN EN 482: Arbeitsplatzatmosphäre – Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe, Juni 2012+A1:2015.
- [3] Deutsche Forschungsgemeinschaft – Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Luftanalysen; Hrsg: H. Greim, Wiley-VCH-Verlag, Weinheim, aktuelle Fassung
darin: Hebisch, R., Fricke, H.-H., Hahn, J.-U., Lahaniatis, M., Maschmeier, C.-P., Mattenklott, M.: Probenahme und Bestimmung von Aerosolen und deren Inhaltsstoffen (14. Lieferung (2005) S. 1–40).

darin: Hebisch, R., Breuer, D., Krämer, W. Maschmeier, C.-P., Tschickardt, M.: Probenahme und analytische Bestimmung von Gasen und Dämpfen (15. Lieferung (2007) S. 1–37).

- [4] Von den Unfallversicherungsträgern anerkannte Analysenverfahren zur Feststellung der Konzentrationen krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen, DGUV Information 213-5xx (früher BGI/GUV-I 505), AG Analytik der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV, Federführung BG RCI) (aktuelle Fassung unter <http://www.bgrci.de/fachwissen-portal/themenspektrum/gefährstoffe/gefährstoffanalytik/inhalte/dguv-informationen-213-5xx/>).
- [5] Hebisch, R. Poppek, U.: Empfohlene Analysenverfahren für Arbeitsplatzmessungen, Dokumentation, 19. Auflage. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH 2008. (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin).
- [6] IFA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“, Erich Schmidt Verlag Bielefeld, aktuelle Fassung.
- [7] Datenbank GESTIS - Analysenverfahren für chemische Substanzen, aktuelle Fassung unter <http://amcaw.ifa.dguv.de/WForm09.aspx>.
- [8] Dahmann, D., C. Monz „Arbeitsplatzexpositionsprofile (AEP)“ „Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft“ 60 (2000), 397-401.

Anlage 4 zu TRGS 402

Verfahren zur Wirksamkeitsüberprüfung mit Hilfe kontinuierlich messender Messeinrichtungen (Dauerüberwachung und Alarmvorrichtungen)

(1) Die TRGS 402 sieht als eine Möglichkeit für die Wirksamkeitsüberprüfung von Schutzmaßnahmen die Dauerüberwachung vor, bei der durch Alarmierung und dadurch ausgelöste Maßnahmen sichergestellt ist, dass kein Schichtmittelwert den Grenzwert übersteigt oder die Kurzzeitwerte eingehalten werden.

(2) Die Dauerüberwachung wird mit in der Regel ortsfesten Messeinrichtungen erreicht, die kontinuierlich oder quasikontinuierlich die Konzentration des Gefahrstoffes in der Luft im Arbeitsbereich erfassen. Häufig wird dazu die Luft an mehreren Orten im Arbeitsbereich angesaugt und entweder vermischt oder nacheinander dem Analysengerät zugeführt. Aus den so gemessenen Konzentrationswerten ist die Exposition im Arbeitsbereich zu ermitteln. Dies kann durch Vergleichsmessungen an der Person oder geeignete Auswahl der Probenahmeorte geschehen. Insbesondere bei kontinuierlichen Messungen zum Zwecke des Umweltschutzes ist auf die Positionierung der Messensoren bzw. die Probenahme im Atemluftbereich zu achten, wenn diese Messungen zugleich für eine Dauerüberwachung im Sinne dieser TRGS verwendet werden soll.

(3) Alarmvorrichtungen sind nach Möglichkeit an der Person zu tragen oder unmittelbar im Aufenthaltsbereich der Beschäftigten so zu positionieren, dass eine zuverlässige Alarmierung vor akuter Gefährdung gewährleistet ist.

(4) Die für den Vergleich des Messwertes mit dem verbindlichen Grenzwert, dem Kurzzeitwert oder einem anderen geeigneten Beurteilungsmaßstab erforderlichen Rechenoperationen werden in der Gefährdungsbeurteilung festgelegt und für die automatische Auswertung in der Messeinrichtung hinterlegt.

(5) Die Wirksamkeitsüberprüfung von Schutzmaßnahmen durch eine Dauerüberwachung wird dadurch erreicht, dass die Messeinrichtung durch einen Voralarm so früh Maßnahmen zur Herabsetzung der Konzentration auslöst, dass die Überschreitung des verbindlichen Grenzwertes oder eines anderen Beurteilungsmaßstabes sicher verhindert werden kann. Sind diese Maßnahmen nicht wirksam, entweder indem die Konzentration weiter steigt oder der Voralarm zu lange ansteht, wird ein Hauptalarm ausgelöst, bei dem der Arbeitsbereich verlassen werden muss. Wenn der Hauptalarm durch Überschreiten der maximal zulässigen Überschreitungsdauer ausgelöst wurde darf der Arbeitsbereich von den betroffenen Arbeitnehmern während dieser Schicht nicht mehr betreten werden, es sei denn unter Atemschutz zur Behebung der Störung.

(6) Die Schaltpunkte für Vor- und Hauptalarm werden in der Gefährdungsbeurteilung festgelegt. Die Zeiten mit anstehendem Vor- und Hauptalarm müssen dokumentiert werden. Diese Dokumentation soll im Rahmen der regelmäßigen Überprüfung der Gefährdungsbeurteilung mit herangezogen werden.

Anlage 5 zu TRGS 402

Arbeitsplatzbeispiele und weitere Hinweise zur Anwendung der TRGS 402

In dieser Anlage werden einige typische Arbeitsplatzsituationen beschrieben und Hinweise darauf gegeben, wie diese Technische Regel angewendet werden kann. Dies soll eine Hilfe sein für die Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition an den eigenen Arbeitsplätzen.

1 Arbeitsplätze mit gleich bleibenden Bedingungen

(1) Typisch für Arbeitsplätze mit ständig gleich bleibenden Bedingungen ist, dass Tag für Tag, Monat für Monat die gleichen Tätigkeiten unter wiederkehrenden Bedingungen verrichtet werden. Alles, was Einfluss auf die Gefahrstoffbelastung der Beschäftigten hat, ändert sich über lange Zeit nur wenig. Arbeitsabläufe, eingesetzte Technologien, Prozessparameter (z.B. Druck, Temperatur), Art und Menge der eingesetzten Stoffe, Auslastung der Anlage und Umgebungsbedingungen (Lüftung, Klima) wiederholen sich in jeder Schicht und sind auch auf längere Zeit hin gleich.

(2) Beispiele für Arbeitsplätze mit gleich bleibenden Arbeitsbedingungen sind die industrielle Serienfertigung, Druckereien, Chemische Reinigung, gewerbliche Sterilisation, Qualitätskontrollen in Routinelabors oder chemische Großanlagen.

(3) Kennzeichnend für diese Arbeitsplätze ist, dass

1. die Exposition durch die Schichtmittelwerte typisch erfasst wird,
2. die Betriebszustände sich regelmäßig wiederholen und
3. die Expositionsbedingungen sich langfristig wenig ändern.

(4) An diesen Arbeitsplätzen lassen sich nach Lage des Einzelfalls grundsätzlich alle Ermittlungsmethoden einsetzen. Da es sich um Arbeitsplätze mit großer Verbreitung handelt, ist die Methode „Übertragung der Ergebnisse vergleichbarer Arbeitsplätze“ besonders geeignet. Wie das Beispiel „Offsetdruckereien“ in Anlage 2 zeigt, können auch Berechnungen zu beurteilungsfähigen Ergebnissen führen. Für Arbeitsplatzmessungen gibt es allenfalls messtechnische Einschränkungen, wenn z.B. kein Analyseverfahren verfügbar ist. Messstrategisch können sowohl die ganze Schicht als auch Teile der Schicht abgedeckt werden (siehe Anlage 3, Tabelle 2).

(5) Lässt sich bei Vorliegen einzelner Messergebnisse keine fachkompetente Begründung dafür geben, dass der Befund nachhaltig Bestand haben wird, kann die in Nummer 5.2.2 Abs. 4 angegebene formale Vorgehensweise zur statistischen Absicherung des Befundes herangezogen werden.

2 Verkürzte Exposition an Arbeitsplätzen mit gleich bleibenden Arbeitsbedingungen

(1) Es gibt häufig Arbeitsplätze, an denen täglich nur für kürzere Zeit bestimmte Tätigkeiten mit Gefahrstoffbelastung ausgeübt werden. In der restlichen Zeit werden andere Tätigkeiten (ohne Gefahrstoffbelastung) durchgeführt. Diese Art der Beschäftigung

wiederholt sich täglich und ist auch über Monate hinweg unverändert.

(2) Beispiele für solche Arbeitsplätze sind Kalt-Sterilisation im Krankenhaus, zeitlich begrenzte stationäre Schweißarbeiten oder Probenahmen.

(3) Alles, was in dem gegenüber der Schichtlänge verkürzten Zeitraum Einfluss auf die Gefahrstoffbelastung des Beschäftigten hat, ändert sich insgesamt nur wenig. Arbeitsablauf, eingesetzte Technologie, Prozessparameter (z.B. Druck, Temperatur), Art und Menge der eingesetzten Stoffe, Auslastung und Umgebungsbedingungen (Lüftung, Klima) sind bei jeder Wiederholung des Arbeitsablaufs vergleichbar. Man kann in jeder Schicht deutlich unterscheiden zwischen den Zeiten während eines Arbeitsablaufs mit Gefahrstoffbelastung, und Zeiten, in denen keine Exposition gegenüber Gefahrstoffen stattfindet. Hierunter fallen zum Beispiel Tätigkeiten in anderen, unbelasteten Räumen wie Büroarbeit oder Vorbereitungsarbeiten ohne Verwendung von Gefahrstoffen. Unbedingt zu berücksichtigen ist, ob Gefahrstoffe in unbelastete Räume verschleppt werden (Haut, Kleidung) können, und dass sich Konzentrationen bestimmter Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz manchmal nur sehr langsam abbauen.

(4) Die Arbeitsabläufe mit Gefahrstoffbelastung werden wie bei Nummer 1 beurteilt, wenn die Voraussetzungen hierfür gegeben sind. Bei sehr kurzen Expositionsdauern können messtechnische Probleme eintreten, weil die Bestimmungsgrenze des Analysenverfahrens unterschritten ist. Hier kann es hilfreich sein, mehrere Vorgänge in einer Probe zusammenzufassen. In vielen Fällen reicht es aus, zu prüfen, ob die Kurzzeitwertbedingungen eingehalten sind. Anhand der Dauer der Phasen mit und ohne Gefahrstoffexposition wird der zeitgewichtete Schichtmittelwert errechnet.

(5) Auch bei Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes oder anderer Beurteilungsmaßstäbe kann es sinnvoll sein, gerade während der kurzen Zeiten mit hoher Exposition zusätzliche Schutzmaßnahmen vorzusehen. Oftmals können die Beschäftigten ihre Gefahrstoffbelastung durch gezielte kurzzeitige Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung (PSA) erheblich verringern. PSA ist manchmal das einzig praktikable Mittel, um die Belastung durch bestimmte Gefahrstoffe „unter Kontrolle zu halten“, wenn diese vorhersehbar nur für eine kurze Zeitspanne auftritt (z.B. beim Probenehmen).

3 Arbeitsplätze mit gelegentlicher Exposition

(1) Fallen an ortsfesten Arbeitsplätzen die Tätigkeiten mit inhalativer Gefahrstoffexposition unregelmäßig oder nur gelegentlich an, sind regelmäßige Arbeitsplatzmessungen nur schwer zu planen. An solchen Arbeitsplätzen wiederholen sich bestimmte Arbeitsverfahren oder Tätigkeiten mit vergleichbarer Gefahrstoffbelastung unregelmäßig, z.B. wöchentlich, monatlich oder noch seltener (gelegentliche Chargen). In der Zwischenzeit können andere oder vergleichbare Tätigkeiten aber mit nicht vergleichbarer Gefahrstoffbelastung liegen (Wechselchargen). Die Technologie, der Arbeitsablauf und die Umgebungsbedingungen (Lüftung, Klima) ändern sich jedoch wenig. Einzelne Prozessparameter des Arbeitsverfahrens wie z.B. Druck, Temperatur oder Art und Menge der verwendeten Materialien können unterschiedlich sein.

(2) Typisch für solche Arbeitsplätze sind z.B. Wechselchargen in der chemischen Industrie oder Wartungsarbeiten an fest installierten Anlagen.

(3) Die inhalative Exposition wird für die verschiedenen Tätigkeiten und Arbeitsverfahren im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition jeweils getrennt beurteilt. Bei Wechselchargen, wie sie z.B. in der chemischen oder in der phar-

mazeutischen Industrie üblich sind, empfiehlt es sich, im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition diejenigen Chargen festzulegen, bei denen die ungünstigsten Expositionsbedingungen vorliegen.

(4) Können ggf. erforderliche Arbeitsplatzmessungen zu Wirksamkeitskontrolle nicht unter den gleichen Bedingungen wie bei der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition durchgeführt werden, müssen die erhaltenen Ergebnisse unter Berücksichtigung der Abweichungen beurteilt werden.

4 Stationäre Arbeitsplätze mit unregelmäßiger Exposition

(1) Besonders schwierig ist die Beurteilung der Gefahrstoffbelastung in Arbeitsbereichen, in denen sich die Tätigkeiten und der Stoffeinsatz laufend ändern.

(2) Dies kann z.B. der Fall sein in Handwerksbetrieben, bei nicht spezialisierten Wartungs-, Reparatur-, Fertigungs- und Montagearbeiten, in Kfz- oder Staplerwerkstätten, bei Serviceleistungen an Tankstellen (Ölwechsel u.a.) oder in Forschungslaboratorien.

(3) An solchen Arbeitsplätzen wiederholen sich bestimmte Arbeitsverfahren oder Tätigkeiten mit vergleichbarer Gefahrstoffbelastung unregelmäßig, z.B. täglich, wöchentlich, monatlich oder noch seltener. In der Zwischenzeit können jedoch andere oder vergleichbare Tätigkeiten mit unterschiedlicher Gefahrstoffbelastung liegen.

(4) Technologien, Arbeitsabläufe und Umgebungsbedingungen (Lüftung, Klima) ändern sich bei den jeweiligen Tätigkeiten selbst wenig. Einzelne Parameter des Arbeitsverfahrens, insbesondere Art und Menge der verwendeten Materialien, können jedoch unterschiedlich sein.

(5) Die Ermittlung der inhalativen Exposition für die verschiedenen Tätigkeiten ist aufwändig, insbesondere bei Messungen. Da sich aber die Tätigkeiten und die eingesetzten Materialien innerhalb einer Branche meist von Betrieb zu Betrieb nicht wesentlich unterscheiden, sind betriebsübergreifende Erhebungen und Beurteilungen wie z.B. in Form von „mitgelieferten Gefährdungsbeurteilungen“, Branchenregelungen, IFAEmpfehlungen Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger (EGU), Handlungsanleitungen zur guten Arbeitspraxis oder VSK die Methode der Wahl. Der Arbeitgeber muss dann keine eigenen Ermittlungen vornehmen, sondern nur sicherstellen, dass die entsprechenden Vorgaben eingehalten werden. Arbeitgeber sollten deshalb bei ihren Lieferanten, den Industrieverbänden oder anderen Interessenorganisationen darauf drängen, dass entsprechende Hilfen für die jeweilige Branche erarbeitet werden.

5 Mobile Arbeitsplätze mit unregelmäßiger Exposition

(1) Die in dieser TRGS beschriebene Vorgehensweise zur Erhebung der Arbeitsplatzverhältnisse, zur Ermittlung und Beurteilung der Exposition und zur Wirksamkeitskontrolle stößt dort an Grenzen, wo Arbeiten an z.T. täglich mehrmals wechselnden Orten durchgeführt werden. Die Frage, ob Grenzwerte eingehalten werden, kann mit Hilfe von Arbeitsplatzmessungen eigentlich immer nur im Nachhinein beantwortet werden. Hier stehen deshalb neben der Durchführung von Schutzmaßnahmen Funktionskontrollen nach der TRGS 500 vorrangig vor Ermittlungen zur inhalativen Exposition.

(2) Dies gilt in der Regel für Tätigkeiten auf Baustellen (z.B. Maler, Fußbodenleger, Schwarzdeckenleger) oder nichtstationäre Montage- und Wartungsarbeiten (z.B. an

Fotokopiergeräten).

(3) Die einzelnen Arbeitsschritte erfolgen bei solchen Tätigkeiten in der Regel immer im gleichen Ablauf, während die Anzahl der Arbeitsvorgänge, die angewendeten Verfahren und Materialien sowie der Arbeitsumfang unterschiedlich sein können. Zusätzlich variieren die Umgebungsbedingungen (Lüftung, Raumgröße, Arbeiten im Freien) erheblich.

(4) Hier müssen Arbeitsverfahren und die Verwendung von Materialien von vornherein so gestaltet werden, dass Gefährdungen durch inhalative Expositionen gar nicht erst auftreten können. Dies kann geschehen durch entsprechende Arbeitsvorschriften, durch die Auswahl der eingesetzten Materialien (z.B. nach arbeitsschutzbezogenen Produkt-Codes) oder die Vorgabe konkreter Schutzmaßnahmen wie in VSK nach der TRGS 420.

(5) Alle diese Maßnahmen setzen voraus, dass die Belastungssituation bei der jeweiligen Tätigkeit vorher branchenbezogen ermittelt und beurteilt wurde. Bei der Anwendung der beschriebenen „sicheren Arbeitsverfahren“ ist darauf zu achten, dass durch die fremde Umgebung (Vorbelastung usw.) keine zusätzlichen Gefährdungen verursacht werden. Wie unter Nummer 4 Abs. 5 angegeben, sollten Arbeitgeber bei ihren Lieferanten, den Industrieverbänden oder anderen Interessenorganisationen darauf drängen, dass entsprechende Hilfen für die jeweilige Branche erarbeitet werden.

(6) Beim Einsatz von betriebsfremdem Personal, z.B. für Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten, hat der Auftraggeber (der Inhaber der Betriebsstätte) die Fremdfirma einzuweisen und die relevanten Informationen zu übermitteln (die konkrete Ermittlung der Exposition ist Aufgabe der Fremdfirma).

6 Arbeitsplätze mit unvorhersehbarer ständig wechselnder Exposition

(1) Es gibt Arbeitsplätze, an denen sich alles ändern kann, was Einfluss auf die Gefahrstoffbelastung hat. So ist z.B. bei manchen Arbeiten in kontaminierten Bereichen, (z.B. bei der Altlastenerkundung und -sanierung, bei Bauarbeiten auf Deponien oder auf durch industrielle bzw. gewerbliche Nutzung entsprechend belastetem Gelände, beim Rückbau von Industrieanlagen) oder auch in Sonderabfallsammelstellen meist nicht sicher bekannt, welche Gefahrstoffe wann in welcher Form auftreten werden.

(2) In der Regel erweist sich die auf der Grundlage dieser TRGS durchzuführende Beurteilung im Einzelfall als nicht angemessen und zu aufwändig, insbesondere auch deshalb, weil daraus für die solche Arbeiten keinerlei hinreichend sichere Aussage für zukünftige Zustände abgeleitet werden können. Arbeitsplatzmessungen sind unter solchen Voraussetzungen kaum repräsentativ und nur eingeschränkt aussagekräftig.

(3) Vorangehende Erkundungen können lediglich Hinweise auf vorhandene Stoffe und deren Verteilung geben. Die Verlässlichkeit dieser Hinweise ist u.a. abhängig von der standort-spezifisch richtigen Auswahl der Untersuchungsparameter, der Beprobungsart und -dichte und anderem mehr, d.h. von der für das untersuchte Objekt (Baugrund, Grundwasser, Mauerwerk, etc.) anzunehmenden Repräsentativität der Untersuchungen. Auf Standorte wie z.B. Deponien für Siedlungsabfälle ist der tatsächlich vorhandene Stoffbestand auch mittels umfangreicher Probenahmen und entsprechender Analysen kaum sicher beschreibbar. Des Weiteren ist eine feste Arbeitsstätte nicht vorhanden (siehe auch Nummer 7). Auch wenn die Art der Tätigkeit gleich bleibt, kann es durch (unvorhergesehenes) Auftreten verschiedener, manchmal auch in den Erkundun-

gen nicht erfasster Gefahrstoffe zu stark wechselnden Belastungen kommen.

(4) Aus diesem Grund ist die real auf den Beschäftigten einwirkende Gefahrstoffbelastung in der Regel nur im Nachhinein feststellbar (der Einsatz des Biomonitoring kann hier hilfreiche Informationen liefern, siehe auch TRGS 710 „Biomonitoring“). Deswegen müssen die für solche Arbeiten erforderlichen Schutzmaßnahmen auf der Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung festgelegt werden, die den denkbar schlechtesten Fall (Worst Case) berücksichtigt. Dies kann bedeuten, dass der Einsatz persönlicher Schutzausrüstung bis hin zum Chemikalien-Vollschutzanzug mit isolierendem Atemschutz erforderlich wird, dass Baumaschinen und Fahrzeuge eingesetzt werden müssen, die mit Anlagen zur Atemluftversorgung nach BGI 581 ausgestattet sind, oder dass, wenn angemessene Messtechnik zur Verfügung steht, die Schutzmaßnahmen durch Alarmierung ausgelöst werden.

(5) Besonders hilfreich sind bei diesen Tätigkeiten Handlungsanleitungen zu geeigneten Arbeitsverfahren und Verhaltensweisen, wie sie z.B. für die Asbestsanierung, bestimmte Arbeiten in kontaminierten Bereichen (Gebäudeschadstoff- und Brandschadensanierung) und die Sonderabfallsammelstellen entwickelt worden sind. Die Entwicklung solcher Handlungsanleitungen (insbesondere TRGS, BG-Informationen) setzt branchenweite Aktivitäten voraus (siehe Nummer 4 Abs. 5).

7 Arbeitsplätze im Freien

(1) Bei Außenarbeiten ist die messtechnische Ermittlung und Beurteilung der Exposition nach den Vorgaben dieser TRGS nur eingeschränkt möglich. Hierunter fallen z.B. Tätigkeiten in Steinbrüchen, in der Land- und Forstwirtschaft, im Gartenbau, beim Straßenbau, auf Kokereien und in Freianlagen der chemischen Industrie, beim Laden und Löschen von Tankschiffen, bei Dachdeckerarbeiten oder bei der Fassadenbeschichtung. Auch wenn an diesen Arbeitsplätzen gleich bleibende Tätigkeiten durchgeführt werden und sich die Arbeitsschritte, Verfahren und Materialien kaum ändern, treten durch den Einfluss von „Wind und Wetter“ große Schwankungen der inhalativen Exposition auf. Arbeitsplatzmessungen sind unter solchen Voraussetzungen kaum repräsentativ und nur eingeschränkt aussagekräftig.

(2) Da im Freien Windrichtung und -stärke ständig wechseln, sind Arbeitsplatzmessungen nach dieser TRGS und Kontrollmessungen zur Beurteilung der Belastungssituation nur in wenigen Fällen sinnvoll. Einen Hinweis über die Belastung im ungünstigsten Fall können Messungen in der Nähe der Emissionsquelle ergeben. Bei Tätigkeiten im Freien gelingt es den Beschäftigten in aller Regel nicht, stets „mit dem Rücken zum Wind“ zu arbeiten. Schutzmaßnahmen müssen sich deshalb aus den ungünstigsten Verhältnissen ableiten.

(3) Auch für Arbeitsplätze im Freien gilt, dass Arbeitgeber bei ihren Lieferanten, den Industrieverbänden oder anderen Interessenorganisationen darauf drängen sollten, Hilfen für die jeweilige Branche zu erarbeiten.

8 Arbeitsplätze unter Tage

(1) An Arbeitsplätzen unter Tage, beispielsweise Ladearbeiten in der Kali- oder Steinsalzgewinnung, Arbeiten im Streb- und Streckenbereich der Steinkohle, Bohrarbeiten,

Streckenvortriebsarbeiten, Wartungs- und Reparaturarbeiten, Arbeiten zur Grubensicherung werden gleiche oder ähnliche Tätigkeiten unter wechselnden, jedoch immer genau bekannten Umgebungsbedingungen (Wettertechnik) durchgeführt. Gefährliche Stoffe und weitere Gefahrstoffe unterliegen einem allgemeinen bergbehördlichen Zulassungsverfahren gemäß Gesundheitsschutz-Bergverordnung. Freigesetzte Gefahrstoffe belasten unter Umständen auch wettertechnisch nachgeschaltete Grubenbereiche.

(2) Messungen im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition sowie Kontrollmessungen sind hier in der Regel nicht sinnvoll. Häufig ist es möglich, aufgrund stoffspezifischer und verfahrensspezifischer Daten (z.B. Emissionsraten, Wetterdaten) sowie der Randparameter des Zulassungsverfahrens zuverlässige Berechnungen über die Konzentrationen durchzuführen.

(3) Die nachhaltige Gewährleistung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen ist durch technische (z.B. Wettertechnik) oder organisatorische (z.B. Mengenbegrenzung) Maßnahmen sicherzustellen.

9 Unvorhersehbare Ereignisse

Zur frühzeitigen Erkennung erhöhter Expositionen auf Grund unvorhersehbarer Ereignisse können vorzugsweise Verfahren der Dauerüberwachung (siehe Anlage 4) eingesetzt werden. Wo diese nicht zur Verfügung stehen, können auch andere Messverfahren eingesetzt werden, für die neben den allgemeinen Qualitätsanforderungen die folgenden Anforderungen gelten:

1. Das Messpersonal darf durch die Messung nicht gefährdet werden. Der Messeinsatz muss entsprechend in Notfallplänen berücksichtigt werden, insbesondere unter Berücksichtigung des potenziellen Einsatzes der Messtechnik unter den genannten Sonderbedingungen.
2. Die Ergebnisse müssen zeitnah zur Verfügung stehen, so dass eine entsprechende Reaktion auf das Ereignis möglich ist.
3. Das Ergebnis der Messungen muss zweifelsfrei relevante Aussagen liefern. Das heißt, es muss sichergestellt sein, dass die genannten Ereignisse eindeutig identifiziert werden können, wenn sie eingetreten sind. An die Spezifität und die Empfindlichkeit der Verfahren sind somit besondere, an den potenziellen Einsatzfall abgestimmte Anforderungen zu stellen.