IFA
Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung

Anforderungen an Messverfahren und messtechnische Ermittlung

BUA 14. September 2022, Münster

A.1.6.3 Informationen zu den messtechnisch ermittelten Gefahrstoffen

- (1) Es ist zu dokumentieren, von wem und auf welcher Grundlage die Auswahl der messtechnisch ermittelten Gefahrstoffe vorgenommen wurde (Gefahrstoffverzeichnis, SDB etc.).
- (2) Die messtechnisch ermittelten Gefahrstoffe sind je Arbeitsbereich und, soweit möglich, tätigkeitsbezogen zu dokumentieren:
- 1. Name/Bezeichnung der Gemische/Materialien/Einsatzstoffe, einschließlich Einsatz-zweck/Verwendung/Vorkommen, Zustand und Menge,
- 2. die darin enthaltenen bzw. daraus entstehenden oder freigesetzten Gefahrstoffe mit CAS-Nummer (soweit vorhanden),
- 3. die zugrunde gelegten Beurteilungsmaßstäbe mit Art und Herkunft gemäß Abschnitt 5.1 dieser TRGS.

A.1.6.4 Messtechnische Ermittlung

- (1) Die Messaufgabe nach Anlage 2 Abschnitt 2 und das Ermittlungsergebnis sind nachvollziehbar zu dokumentieren. Dazu gehören Angaben der eingesetzten Messverfahren nach Anlage 2 mit Ausgabestand und Kurzbeschreibungen, die mindestens Angaben zu Bestimmungsgrenzen und ggf. Querempfindlichkeiten enthalten.
- (2) Angaben zu den Probenahmen:
- 1. Probenahmesystem (Pumpe, Probenträger und Sammelmedien),
- 2. messstelleninterne Probenbezeichnung und -nummer,
- 3. Luftvolumenstrom,
- 4. direktanzeigende Messgeräte,
- 5. Probenahmedauer,
- 6. klimatische Daten,
- 7. Probentransfer und -lagerung (falls erforderlich).
- (3) Besonderheiten der analytischen Bestimmung sind zu dokumentieren. Dazu gehört auch die Identifikation weiterer expositionsrelevanter Stoffe.

A.1.6.4 Messtechnische Ermittlung

- (4) Die erhaltenen Ermittlungsergebnisse sind übersichtlich und für den Auftraggeber verständlich darzustellen. Hierzu gehören insbesondere Angaben zu
- 1. Person, die die Probenahme/Messung durchgeführt hat
- 2. Datum, und Zeitangaben zur Probenahme,
- 3. Probenahmeort,
- 4. Stoffbezeichnungen,
- 5. Messwerten,
- 6. Messergebnissen (Schicht- und Kurzzeitwerte, gemäß TRGS 900, Abschnitt 1 als Massenkonzentration, ggf. unter Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen [10]),
- 7. ggf. Stoffindizes, Bewertungsindizes.
- (5) Es ist anzugeben, ob ein geeignetes oder bedingt geeignetes Messverfahren gemäß den Vorgaben dieser TRGS eingesetzt wurde (siehe Anlage 2 Abschnitt 3.1). Handelt es sich um ein bedingt geeignetes Messverfahren, ist zu begründen, warum nicht durch Verlängerung der Probenahmedauer, Erhöhung des Volumenstroms der Probenahme usw. eine Verbesserung des Leistungsvermögens (Bestimmungsgrenze) erreicht werden konnte.

A.1.7 Probenahme-, Mess- und Analysenverfahren

- Die aktuelle Version ist gegenüber der Version, die der DAKKS vorliegt noch einmal aktualisiert und noch einmal dem Stand der Technik angepasst worden!
  - Tabelle 1: Probenahmeverfahren für Arbeitsplatzmessungen
  - Tabelle 2: Direktanzeigende Messverfahren
  - Tabelle 3: Analysenverfahren

Tabelle 1: Probenahmeverfahren für Arbeitsplatzmessungen

		Verfahren	Beispiele
1	Partikel (E- und A-Fraktion)	Probenahme auf Filtern mit Sammelkopf für die einatembare und alveolengängige Fraktion	Metallstäube, Holzstaub, Dieselmotoremissionen, Chrom(VI), Quarz, Arsentrioxid, Antimontrioxid, organische Feststoffe wie z.B. Oxalsäure oder Schleifstäube von Polymerwerkstoffen, Pharmawirkstoffe
2	Fasern	Probenahme auf Filtern mit Sammelkopf für die Zählung von Fasern	Asbest, anorganische Fasermaterialien (künstliche Mineralfasern, Keramikfasern), organische Fasermaterialien
3	Gase und Dämpfe	aktive oder passive Probenahme von Gasen und Dämpfen durch Adsorption oder Reaktion	Lösemitteldämpfe, Ammoniak, Schwefeldioxid, Chlor, Phosphorylchlorid, Aldehyde, anorganische Säuren, Isocyanate, Nitrosamine
		aktive Probenahme durch Absorption	Chlor, Schwefeldioxid, Ozon
4	mehrphasig auftretende Gefahrstoffe	gleichzeitige Probenahme von Partikel- und Gas-/Dampfphase	Aminoethanol, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Naphthalin, Dioxine, Kühlschmierstoffe, Quecksilber, Lackaerosole
5	Gefahrstoffe unter besonderen Bedingungen	Messverfahren für 1-4, die für besonders heiße, kalte oder feuchte Arbeitsplätze sowie unter Tage geeignet sind.	Kohlenstoffdioxid in Kühlhäusern, Ammoniak in Kühlhäusern, Trichloramin in Hallenschwimmbädern, Stickoxide unter Tage

Tabelle 2: Direktanzeigende Messverfahren

		Verfahren	Beispiele
1	Partikel	Kondensationskernzähler, Partikelzähler auf Laser-Basis	ultrafeine Partikel, Nanopartikel
		Streulichtphotometer	A-Staub
2	Organische und anorganische Stoffe	Flammenionisationsdetektor (FID), Photoionisationsdetektor (PID)	Lösemittel
		Wärmetönungssensor	entzündbare Lösemittel
		Elektrochemische Sensoren	Schwefeldioxid, Stickoxide, Chlor, Kohlenstoffdioxid, Kohlenstoffmonoxid
		Infrarot-Sensoren	Kohlenstoffdioxid
		Infrarot-Spektrometer (IR, FTIR)	Lösemittel, Ketone, Aromaten, Aliphaten, Ester, Salzsäure (gasförmig)
		Chemolumineszenz	Stickoxide, Ozon
		UV/VIS – Photometrie	Ozon, Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxid
3	Gefahrstoffe unter besonderen Bedingungen	Messverfahren für 1 und 2, die für besonders heiße, kalte oder feuchte Arbeitsplätze sowie unter Tage geeignet sind.	Ammoniak in Kühlhäusern

Tabelle 3: Analysenverfahren

		Verfahren	Beispiele
1	Partikel (E- und A-Fraktion)	Gravimetrie - Messung der Konzentrationen einatembarer und alveolengängiger Stäube	granuläre biobeständige Stäube (GBS), Holzstaub
2	Fasern	Rasterelektronenmikroskopische Zählung und energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDXA) zur Identifizierung von Fasern	Asbest, anorganische Fasermaterialien (künstliche Mineralfasern, Keramikfasern), organische Fasermaterialien
3	Metalle und Metallverbindungen	Bestimmung der Metallkonzentrationen mit z. B. AAS, ICP-OES oder ICP-MS	Nickel, Cobalt, Kupfer, Mangan, Arsentrioxid, Antimontrioxid, Quecksilber und anorganische Quecksilberverbindungen
4	Anorganische Stoffe	Ionenchromatographie	Säuren, Laugen, Phosphorpentoxid, Calciumhydroxid, Ammoniak, Schwefeldioxid, Phosphoroxychlorid, Chlor, Chrom(VI)
		Photometrie	Chrom(VI), Ozon, Hydrazin, Wasserstoffperoxid

Tabelle 3: Analysenverfahren

		Verfahren	Beispiele
5	Organische Stoffe	HPLC (DAD, MS, FLD), Ionenchromatographie	langkettige Alkohole ab C_8, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Phthalate, Aldehyde, Polychlorierte Biphenyle, kurzkettige organische Säuren, Alkanolamine, Trikresylphosphate
		Gaschromatographie (z. B. FID, MSD)	Lösemittel, Amine, Ketone, Phenole, Aromaten, Aliphaten, Ester, Nitrosamine, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
		Spektrometrische Verfahren (z. B. IR)	Kühlschmierstoffe, Bitumen
6	Spezielle Gefahrstoffe	Stoff- bzw. Stoffgruppenspezifische Analysenverfahren	Organische Quecksilberverbindungen, Isocyanate und Oligomere, Dieselmotoremissionen, Siliciumdioxid

Anforderungen an Messverfahren

- (1) Wer Gefahrstoffmessungen durchführen will, muss eine Messstrategie gemäß dieser TRGS festlegen und über die erforderliche Ausrüstung und Fachkunde verfügen (siehe Anlage 1).
- (2) Die Messstrategie für Arbeitsplatzmessungen umfasst
  1. die Festlegung der Messaufgabe,
  2. die Auswahl der Messverfahren und
  3. die Festlegung der Messorte sowie der Messzeiten 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) Es ist nicht immer notwendig, alle relevanten Stoffe (siehe Abschnitt 4 Absatz 3 dieser TRGS) messtechnisch zu erfassen, sondern man kann sich auf eine repräsentative Auswahl oder auf Leitkomponenten beschränken. Ebenso hat sich für messtechnische Analogiebetrachtungen die Verwendung von Surrogaten und Tracern bewährt. Kriterien für die Auswahl der messtechnisch zu bestimmenden Stoffe sind z. B. das Freisetzungsverhalten, die Stoffmengen, die gefährlichen Eigenschaften oder die Gefährdungszahl [11].

Messaufgaben

- **Arbeitsplatzmessungen**
- **Kontrollmessungen zur Befundsicherung**
- **Messungen für den ungünstigen Fall (reasonable worst case)**
- **Messungen in der Nähe einer Emissionsquelle**
- **Sondermessungen**

Die eingesetzten Messverfahren müssen die Anforderungen gemäß Anlage 2 Abschnitt 3.1 erfüllen.

- **Dauerüberwachung**
- **Übersichtsmessungen (orientierende Messungen)**

Tabelle 5: Anforderungen für Messverfahren zur Überwachung von Beurteilungsmaßstäben (BM)

	Eignung	Bedingung für die Bestimmungsgrenze (BG)	Mindestmess-bereich	Relative erweiterte Messunsicherheit*
1	geeignet für die Überwachung des BM	BG ≤ 0,1 BM	0,1 bis 2 BM	0,1 bis 0,5 BM: ≤ 50 % >0,5 BM bis 2 BM: ≤ 30 %*
2	bedingt geeignet für die Überwachung des BM	0,1 BM < BG < BM	BG bis 2 BM	BG bis 0,5 BM: ≤ 50 % >0,5 BM bis 2 BM: ≤ 30 %

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

Tabelle 6: Anforderungen für Messverfahren zur Überwachung von Akzeptanzkonzentration (AK) und Toleranzkonzentrationen (TK)

	Eignung	Bedingung für die Bestimmungsgrenze (BG)	Mindestmessbereich	Relative erweiterte Messunsicherheit*
1	geeignet für die Überwachung der AK und der TK	BG ≤ 0,2 AK	0,2 AK bis 2 TK	0,2 AK bis AK: ≤ 50 % >AK bis 2 TK: ≤ 30 %
2a	geeignet für die Überwachung der AK	BG ≤ 0,2 AK	0,2 AK bis 2 AK	0,2 AK bis AK: ≤ 50 % >AK bis 2 AK: ≤ 30 %
2b	geeignet für die Überwachung der TK	BG ≤ AK	AK bis 2 TK	AK bis 0,5 TK: ≤ 50 % >0,5 TK bis 2 TK: ≤ 30 %
3a	bedingt geeignet für die Überwachung der AK	0,2 AK < BG ≤ AK	BG bis 2 AK	≤ 50 %
3b	bedingt geeignet für die Überwachung der TK	AK < BG ≤ TK	BG bis 2 TK	≤ 50 %

Einsatz von Messverfahren

- (1) Das Messverfahren muss für den zu messenden Stoff, seinen Beurteilungsmaßstab, die zu er-wartende Konzentration und für die Randbedingungen geeignet sein. Steht kein geeignetes Messverfahren zur Verfügung, muss zumindest ein bedingt geeignetes Messverfahren verwendet werden. Das Verfahren muss den Messwert in der durch den Beurteilungsmaßstab vorgegebenen Dimension direkt oder indirekt (z. B. durch Umrechnung) liefern.
- (2) Ein Messverfahren gilt als geeignet, wenn es die allgemeinen Leistungsanforderungen gemäß DIN EN 482 [12] erfüllt (siehe Tabelle 5, Zeile 1).
- (5) Die Eignung eines Messverfahrens ist zu prüfen. Bei der Prüfung von Messverfahren sind die Anforderungen der einschlägigen Normen, insbesondere der DIN EN 482 [12], für Gase und Dämpfe der DIN EN ISO 22065 [13] oder DIN EN ISO 23320 [14] sowie für Metalle der DIN EN ISO 21832 [15] zu erfüllen. Sollte ein Stoff gleichzeitig als Partikel und als Dampf vorliegen können, sind darüber hinaus die Anforderungen nach ISO DIS 23861 [16] zu berücksichtigen. Als Verfahrenskenngröße ist die Bestimmungsgrenze bei erstmaliger Anwendung in Anlehnung an DIN 32645 [17] zu bestimmen und in festgelegten Abständen zu überprüfen.

Einsatz von Messverfahren

- (6) Die Richtigkeit des Messverfahrens soll durch qualitätssichernde Maßnahmen, wie z. B. Referenzmaterialien, Ringversuche, Prüfgase oder Vergleichsmessungen mit geeigneten Messverfahren sichergestellt werden.
- (7) Qualitätssichernde Maßnahmen sind durchzuführen und zu dokumentieren, z. B. Kontrolle von Blindwerten, Kontrolle der Reagenzienreinheit, Führen von Regelkarten.
- (8) Da häufig die analytische Bestimmung zeitlich getrennt von der Probenahme erfolgt, ist sicherzustellen, dass Art und Dauer des Transports und der Lagerung der Probe so ausgeführt werden, dass ihr physikalischer und chemischer Zustand nicht verändert wird. Kann dieses nicht ausgeschlossen wer-den, wird das Mitführen von Blindproben („field blanks“) empfohlen. Diese sind mit Ausnahme einer Beprobung wie „echte“ Proben zu behandeln.
- (9) Es ist zu prüfen, ob das Ergebnis eines Messverfahrens durch andere Stoffe oder die Umge-bungsbedingungen 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.

Einsatz von Messverfahren

- (10) 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 nachgewiesen ist, z. B. DIN EN 481 [18], DIN EN 482 [12], DIN EN ISO 17621 [19], DIN EN ISO 13137 [20], DIN EN 45544 [21], DIN 33899 [22].
- (11) Für Arbeitsplatzmessungen empfohlene Messverfahren werden durch die Arbeitsgruppe „Luftanalysen“ der ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) [23] , durch die Arbeitsgruppe Analytik im Sachgebiet Gefahrstoffe der DGUV [24] und das IFA – Institut für Arbeitsschutz [25] veröffentlicht.
- (12) Eine Liste empfohlener Messverfahren für Arbeitsplatzmessungen von Stoffen mit verbindlichem Beurteilungsmaßstab wird vom AGS veröffentlicht [26]. Weitere Messverfahren enthält z. B. die Datenbank GESTIS - Analysenverfahren für chemische Substanzen [27].

A.2.3.2 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 (KZW) durch die Bestimmung des 15-Minuten-Mittelwertes erfolgen. Das gilt auch für Stoffe ohne einen Beurteilungsmaßstab.
- (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 sicherzustellen, dass auch für die kürzest mögliche Mittelungsdauer alle Qualitätsanforderungen dieser TRGS erfüllt sind.
- (4) Für die messtechnische Ermittlung der KZW kommen in vielen Fällen direktanzeigende Geräte zum Einsatz. Sie erlauben insbesondere die Aufnahme von zeitlichen Expositionsprofilen, aus denen dann mit geeigneten rechnerischen Verfahren die einschlägigen Kurzzeitexpositionen ermittelt werden können [28].
- (5) Messverfahren zur Messung von KZW müssen gemäß DIN EN 482 [12] eine erweiterte Messun-sicherheit von max. 50 % und einen Mindestmessbereich von 0,5 bis 2 KZW aufweisen.

A.2.4.1 Planung einer Messung

- (1) Die Grundsätze der Messplanung und der Messstrategie müssen unter Beachtung dieser TRGS dokumentiert werden. Dazu gehören u. a. Hinweise zur Auswahl der Gefahrstoffe, der anzuwendenden Messverfahren, Festlegung des geeigneten Messzeitraums, der Messorte, Dauer der Probenahmen, Berücksichtigung von Expositionsspitzen, Querempfindlichkeiten, Emissionen aus benachbarten Arbeitsbereichen, ubiquitäre Belastungen. Die Messstrategie muss gewährleisten, dass repräsentative Messergebnisse für eine Beurteilung der Exposition der Arbeitnehmer erhalten werden.
- (2) Für Messungen sollten empfohlene Messverfahren eingesetzt werden. Werden andere Messverfahren eingesetzt, müssen diese in der Eignung einem empfohlenen Messverfahren entsprechen (siehe Anlage 2 Abschnitt 3.1 Absatz 3 und 4). Etwaige Abweichungen sind zu begründen und entsprechend zu dokumentieren.
- (3) Probenträger und Proben sind in geeigneter Weise (z. B. gekühlt, dunkel, erschütterungsfrei) und kontaminationsfrei zu transportieren.
- (4) Mit allen beteiligten Stellen muss im Vorfeld einer Messung eine terminliche Planung erfolgen, damit z. B. bei Proben, die umgehend nach der Probenahme untersucht werden müssen, die maximale Lagerzeit nicht überschritten wird.

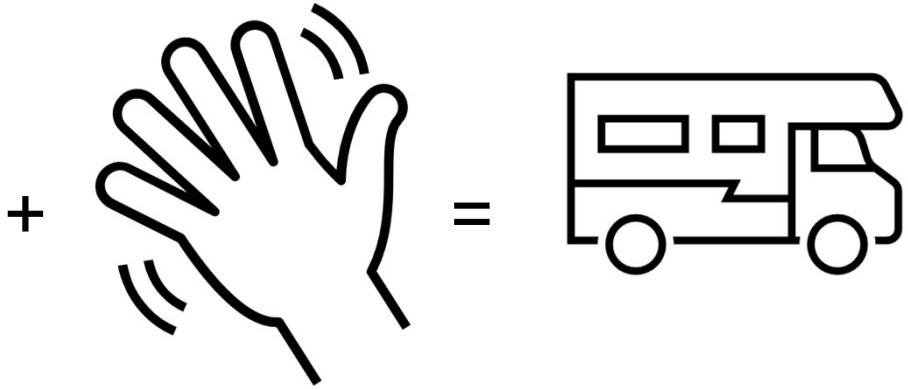
A.2.4.2 Vorbereitung und Durchführung einer Messung

- (1) Geräte, Probenträger und Verbrauchsmaterialien für die Messung müssen zusammengestellt werden. Für die Geräte muss eine Dokumentation bezüglich ihrer Wartung und Kalibrierung vorliegen. Es muss sichergestellt werden, dass Proben jederzeit eindeutig gekennzeichnet sind.
- (2) Zu jeder Messung ist ein Probenahmeprotokoll zu führen, in dem u.a. die Probenbezeichnung, Zeiten für Beginn und Ende der Probenahme, die Überprüfung des Volumenstroms, der Probenahmeort und Auffälligkeiten festgehalten werden. Weiterhin ist eine Dokumentation zu erstellen, die alle für das Ergebnis der Messung relevanten Randbedingungen gemäß Abschnitt 4.2 dieser TRGS enthält.
- Die Funktionstüchtigkeit der Geräte ist vor und nach der Messung zu überprüfen und zu dokumentieren. Abweichungen von Sollvorgaben und ergriffene Maßnahmen müssen dokumentiert werden.

A.2.4.3 Messort, Messzeit und Mittelungsdauer

- (1) Die gewählten Messorte und -zeiten sollen geeignet sein, die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Exposition repräsentativ abzubilden. Sie sind das Ergebnis der Festlegung des Arbeitsbereiches und der Tätigkeiten der Beschäftigten mit Gefahrstoffen gemäß Abschnitt 4.2 dieser TRGS.
- (2) Für die Messung sind festzulegen:
- 1. der Messort,
- 2. der Zeitpunkt und die Dauer der Probenahme bzw. der Messung sowie
- 3. die zeitliche Abfolge der Probenahmen bzw. Messungen sowie die Zeitspanne dazwischen.
- Die während der Messung herrschenden Messparameter sind zu dokumentieren.
- Kommen während einer Schicht mehrere voneinander unterscheidbare Expositionszeiträume vor, sind für diese jeweils einzeln die mittleren Konzentrationshöhen der untersuchten Gefahrstoffe zu ermitteln.

A.2.4.3 Messort, Messzeit und Mittelungsdauer

- (3) Grundsätzlich sollen Arbeitsplatzmessungen personenbezogen mit an der Person getragenen oder mobil im Atembereich der Beschäftigten mitgeführten Systemen erfolgen.
- (4) Arbeitsplatzmessungen können auch stationär durchgeführt werden, wenn sie eine Ermittlung der Exposition ermöglichen. Sie sollen in Atemhöhe und in unmittelbarer Nähe der Beschäftigten erfolgen. Die Entscheidung für stationäre Messungen ist zu begründen.
- (5) Zur Feststellung des Schichtmittelwertes ist die messtechnische Mittelung über die gesamte Expositionsdauer während einer Schicht besonders geeignet. Eine kürzere messtechnische Ermittlung kann erfolgen bei
- 1. gleichförmiger Exposition über die gesamte Schicht oder wenn
- 2. der gewählte Zeitraum die Exposition während der Schicht repräsentativ beschreibt.
- (6) Die Mindestmessdauer beträgt zwei Stunden und kann sich aus mehreren einzelnen Messungen zusammensetzen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und Tschüss.