

DIN EN 689



ICS 13.040.30

Einsprüche bis 2016-08-03
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 689:1995-04

Entwurf

**Exposition am Arbeitsplatz –
Messung der Exposition durch Einatmung chemischer Arbeitsstoffe –
Strategie zur Überprüfung der Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten;
Deutsche und Englische Fassung prEN 689:2016**

Workplace exposure –
Measurement of exposure by inhalation to chemical agents –
Strategy for testing compliance with occupational exposure limit values;
German and English version prEN 689:2016

Exposition sur les lieux de travail –
Mesurage de l'exposition par inhalation aux agents chimiques –
Stratégie de détermination de la conformité aux valeurs limites d'exposition professionnelle;
version allemande et anglaise prEN 689:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-06-03 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nasg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 103 Seiten

DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)

Nationales Vorwort

Der hiermit der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgelegte Norm-Entwurf enthält die deutsche und englische Fassung des vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) ausgearbeiteten europäischen Norm-Entwurfs prEN 689:2016.

Der Norm-Entwurf wird gleichzeitig national und europäisch zur Stellungnahme verteilt.

Die Mitarbeit von DIN in der zuständigen Arbeitsgruppe des Technischen Komitees CEN/TC 137 wird über den Arbeitsausschuss „Messstrategien und Anforderungen an Messverfahren“ (NA 095-03-01 AA) im DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) wahrgenommen.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN 689 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 689:1995-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normtitel geändert;
- b) Arbeitsbereichsanalyse grundlegend überarbeitet;
- c) Einführung des Konzepts von Gruppen mit ähnlicher Exposition (SEGs);
- d) Informative Anhänge grundlegend überarbeitet und konzeptionell erweitert.

Exposition am Arbeitsplatz — Messung der Exposition durch Einatmung chemischer Arbeitsstoffe — Strategie zur Überprüfung der Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten

Exposition sur les lieux de travail — Mesurage de l'exposition par inhalation aux agents chimiques — Stratégie de détermination de la conformité aux valeurs limites d'exposition professionnelle

Workplace exposure — Measurement of exposure by inhalation to chemical agents — Strategy for testing compliance with occupational exposure limit values

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Allgemeines	8
5 Arbeitsbereichsanalyse	10
5.1 Grundlegende Charakterisierung	10
5.1.1 Allgemeines	10
5.1.2 Identifizierung chemischer Arbeitsstoffe	10
5.1.3 Identifikation von Expositions-Determinanten	11
5.1.4 Ermittlung der Exposition	11
5.2 Probenahmestrategie	12
5.2.1 Festlegung von Gruppen mit ähnlicher Exposition (SEGs)	12
5.2.2 Messverfahren	12
5.3 Durchführung von Expositionsmessungen	13
5.4 Gültigkeit der SEGs und Ergebnisse	14
5.4.1 Allgemeines	14
5.4.2 Repräsentativität von Messergebnissen	14
5.4.3 Gültigkeit von SEGs	14
5.5 Vergleichen der Ergebnisse mit OELVs	15
5.5.1 Allgemeines	15
5.5.2 Vorprüfung	15
5.5.3 Konformitätsprüfung mit dem OELV	16
6 Darstellung der Messergebnisse	16
7 Kontrollmessungen	17
Anhang A (informativ) Ermittlung der Exposition	18
A.1 Allgemeines	18
A.2 Arbeitsplätze mit konstanten Bedingungen	20
A.3 Verkürzte Exposition an Arbeitsplätzen mit konstanten Arbeitsbedingungen	20
A.4 Arbeitsplätze mit gelegentlicher Exposition	21
A.5 Stationäre Arbeitsplätze mit unregelmäßiger Exposition	21
A.6 Arbeitnehmer, die zwischen Arbeitsplätzen mit unregelmäßiger Exposition wechseln	21
A.7 Arbeitsplätze mit unvorhersehbarer, permanent veränderlicher Exposition	22
A.8 Arbeitsplätze im Freien	22
A.9 Unterirdische Arbeitsplätze	22
A.10 Unvorhergesehene Ereignisse	23
Anhang B (informativ) Arbeitsplatzgrenzwerte für die Konformitätsprüfung	24
Anhang C (informativ) Gleichzeitige Exposition gegenüber mehreren chemischen Arbeitsstoffen am Arbeitsplatz	26
C.1 Allgemeines	26
C.2 Stufe 1: Expositionsindex (I_E)	26

C.3	Stufe 2: Expositionsindex additive Auswirkungen (I_{AE})	27
C.4	Stufe 3 und 4.....	28
Anhang D (informativ) Expositionsprofil und Probenahmedauer		29
D.1	Allgemeines	29
D.2	Messung zwecks Konformitätsprüfung mit 8 h OELV	29
D.3	Messung zwecks Konformitätsprüfung mit dem kurzfristigen Grenzwert.....	32
Anhang E (informativ) Prüfung der logarithmischen Normalverteilung von Expositionsmessungen und Identifizierung ungewöhnlicher Expositionen innerhalb der SEG		34
E.1	Allgemeines	34
E.2	Grafisches Verfahren.....	34
E.2.1	Grundsatz	34
E.2.2	Grafische Darstellung	34
E.2.3	Beispiel.....	34
E.2.4	Beispiele für SEGs, die weitere Betrachtungen erfordern	36
E.3	Statistische Verfahren zur Validierung von SEGs	41
Anhang F (informativ) Statistische Prüfung der Konformität mit OELVs.....		42
F.1	Allgemeines	42
F.2	SEG-Konformitätsprüfung mit mindestens sechs Expositionsmessungen.....	42
Anhang G (informativ) Expositionsberechnung für Arbeitnehmer mit ungewöhnlichen Schichten		44
Anhang H (informativ) Messungen unter der Bestimmungsgrenze.....		45
H.1	Allgemeines	45
H.2	Grundsatz	45
H.3	Beispiel.....	45
H.4	Unsicherheit.....	48
H.5	Software	48
Anhang I (informativ) Festlegen des Intervalls für regelmäßige Messungen.....		49
Literaturhinweise.....		51

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 689:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 137 „Bewertung der chemischen und biologischen Stoffbelastung am Arbeitsplatz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 689:1995 ersetzen.

Einleitung

Diese Europäische Norm behandelt Messungen der Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen in der Arbeitsplatzatmosphäre und insbesondere die Strategie für die Probenahme zum Vergleich der inhalativen Exposition von Arbeitnehmern mit Arbeitsplatzgrenzwerten (en: Occupational Exposure Limit Values; OELVs). Andere Maßnahmen bezüglich der Exposition von Arbeitnehmern werden in dieser Europäischen Norm nicht detailliert behandelt.

OELVs beinhalten gesetzliche Grenzwerte und andere numerische Kriterien.

Repräsentative Messungen der beruflich bedingten Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen sind aufgrund der Unbeständigkeit der Exposition schwierig. Es gibt zahlreiche Verfahren und Produkte, die die Exposition beeinflussen. Durch unterschiedliche Emissionsraten und den Einsatz diverser chemischer Arbeitsstoffe können unterschiedliche Arbeitsbedingungen jeweils spezifische Expositionsbedingungen aufweisen. Die Exposition kann auch durch den Abstand des exponierten Arbeitnehmers von den Emissionsquellen sowie von Parametern wie der Emissionsintensität, der Belüftung, klimatischen Bedingungen, saisonalen Variationen und den verwendeten Regeleinrichtungen maßgeblich beeinflusst werden. Die räumliche und zeitliche Veränderlichkeit von Expositionsbedingungen wird vom Vorgehen und der Aktivität des Arbeitnehmers weiter verstärkt.

Oftmals bringen die Probenahmeverrichtungen eigene Einschränkungen mit sich, die bisweilen auch kritisch sein können, wie beispielsweise bei der Messung von Partikelfractionen. Die analytischen Teilschritte tragen zusätzliche Schwierigkeiten und Unsicherheiten bei, wenn zum Beispiel die Identifizierung oder die Abtrennung einer Verbindung nur unzureichend erfolgt, wenn Querempfindlichkeiten auftreten oder die Bestimmungsgrenzen zu hoch sind. Dies kann beim Erfüllen der Anforderungen von EN 482 zu praktischen Problemen führen. Als Folge können bestimmte Teile des in dieser Europäischen Norm beschriebenen Verfahrens nicht anwendbar sein.

Zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber Chemikalien und für gesicherte Aussagen bezüglich der Einhaltung der OELVs (kurz- oder langfristig) sind daher Messungen der Exposition jedes Arbeitnehmers an jedem Arbeitstag erforderlich. Während dieser Ansatz in einigen Fällen wie (z. B. bei ionisierender Strahlung) durchführbar ist, kann er aufgrund der verschiedenen Eigenschaften, technischen Grenzen der Messmethoden und der Kosten leider nicht für Chemikalien eingesetzt werden.

Die in dieser Europäischen Norm beschriebene Strategie enthält ein Vorgehen für den Arbeitgeber, das eine Lösung für das Problem der unterschiedlichen Eigenschaften bietet und mit einer relativ geringen Anzahl von Messungen bei einem hohen Zuverlässigkeitsgrad zeigt, dass eine Exposition von Arbeitnehmern gegenüber Konzentrationen über den OELVs unwahrscheinlich ist. Um die Anzahl der Expositionsmessungen und damit die Kosten der Untersuchung zu verringern, werden von den Arbeitnehmern mit ähnlicher Exposition (en: Similar Exposure Groups; SEGs) persönliche Luftproben genommen. Eine einzelne oder auch mehrere Messungen unterhalb des Grenzwertes kann/können für einen zuverlässigen Nachweis der Einhaltung unzureichend sein, wenn keine statistische Untersuchung durchgeführt wird, die der in dieser Europäischen Norm beschriebenen entspricht.

Atemschutzausrüstung wird eingesetzt, um die inhalierte Menge des chemischen Arbeitsstoffes durch den Arbeitnehmer zu verringern. Aufgrund unterschiedlicher Vorschriften verschiedener Länder bezüglich des Umgangs mit der Wirksamkeit von Atemschutzausrüstung in Bezug auf Konformitätsprüfungen und der Tatsache, dass OELVs mit außerhalb jeglicher Atemschutzausrüstung gemessenen Konzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz verglichen werden, wird die Verwendung und die Wirksamkeit von Atemschutzausrüstung bei der Konformitätsprüfung in Bezug auf OELVs in dieser Europäischen Norm nicht berücksichtigt.

Vor der Durchführung jeglicher Messungen muss ein Gutachter eine grundlegende Charakterisierung durchführen, um relevante Informationen bezüglich Expositions-Determinanten und verfügbare

Informationen über den jeweiligen Arbeitsplatz zu sammeln. Dies beinhaltet auch Informationen zur tageszeit- oder saisonbedingten Expositionsvariabilität, sodass die Messung repräsentativ ist.

Wenn die grundlegende Charakterisierung zeigt, dass die Exposition wahrscheinlich über dem OELV liegt, wird vor der Planung von Messungen für die Konformitätsprüfungen eine Verringerung der Exposition durch Maßnahmen des Risikomanagements (en: Risk Management Measures; RMM) empfohlen.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gibt eine Strategie zur Durchführung repräsentativer Expositionsmessungen in Bezug auf die Inhalation chemischer Arbeitsstoffe vor, um die Konformität mit Arbeitsplatzgrenzwerten (OELV) nachweisen zu können.

Diese Europäische Norm ist nicht anwendbar auf OELVs mit Referenzzeitspannen von weniger als 15 min.

ANMERKUNG Messungen zum Zweck der Konformitätsprüfung stellen nur einen Teil der Maßnahmen bezüglich der Exposition von Arbeitnehmern dar. Anhang A enthält einige Hintergrundinformationen und Empfehlungen dazu, wann Messungen durchgeführt werden können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 482, *Exposition am Arbeitsplatz — Allgemeine Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Verfahren zur Messung chemischer Arbeitsstoffe*

EN 1540, *Exposition am Arbeitsplatz — Terminologie*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Begriffe nach EN 1540 und die folgenden Begriffe.

3.1

Expositionsprofil

Beschreibung der Expositionsvariationen eines chemischen Arbeitsstoffs während einer Schicht in Bezug auf die definierbare Abfolge von Aktivitäten

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Anhang D.

3.2

Gruppe mit ähnlicher Exposition

SEG

(en: similar exposure group)

Gruppe von Arbeitnehmern mit gleichen allgemeinen Expositionsprofil für chemische Arbeitsstoff(e), die aufgrund der Ähnlichkeit und Häufigkeit der durchgeführten Aufgaben, der von ihnen verwendeten Werkstoffe und Verfahren sowie der Ähnlichkeit der Arbeitsweise im Rahmen dieser Aufgaben gemeinsam untersucht werden

3.3

Tätigkeit

definierbare Abfolge von Handlungen in den betrachteten Zeiträumen

4 Allgemeines

Die Beurteilung der Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen am Arbeitsplatz auf Grundlage von Luftproben erfordert die Entwicklung einer Strategie mit unterschiedlichen Abschnitten, die von einem in den Grundlagen und Verfahren der Arbeitshygiene ausreichend geschulten und erfahrenen Gutachter entsprechend den jeweils neuesten Erkenntnissen durchgeführt werden muss.

Die anfängliche Untersuchung (entsprechend der Beschreibung in Abschnitten 5 und 6) zur Beurteilung der Exposition besteht aus den folgenden Abschnitten:

- grundlegende Charakterisierung oder allgemeine Bewertung der Arbeitsplätze;
- Feststellung von Gruppen mit ähnlicher Exposition;
- Definition eines Messverfahrens;
- Durchführung von Expositionsmessungen;
- Validierung der Ergebnisse von Expositionsmessungen und SEGs;
- Vergleichen der Ergebnisse mit den Arbeitsplatzgrenzwerten (OELVs);
- Kommunikation der Ergebnisse und Konformitätsbeurteilung.

Die Probenahmestrategie besteht aus der Festlegung von SEGs und der Definition von Messverfahren. Wenn die anfängliche Untersuchung Nichterfüllungen der Konformität mit OELVs bei bestimmten SEGs anzeigt, müssen Kontrollmaßnahmen implementiert und eine neue anfängliche Untersuchung durchgeführt werden. Nach der anfänglichen Untersuchung müssen regelmäßige Neubeurteilungen durchgeführt werden. Wenn an den Arbeitsplätzen erhebliche Änderungen auftreten, die sich auf die Expositionsbedingungen auswirken, sollte eine neue anfängliche Untersuchung durchgeführt werden.

Bild 1 beinhaltet einen schematischen Überblick über die in dieser Europäischen Norm beschriebenen Verfahren.

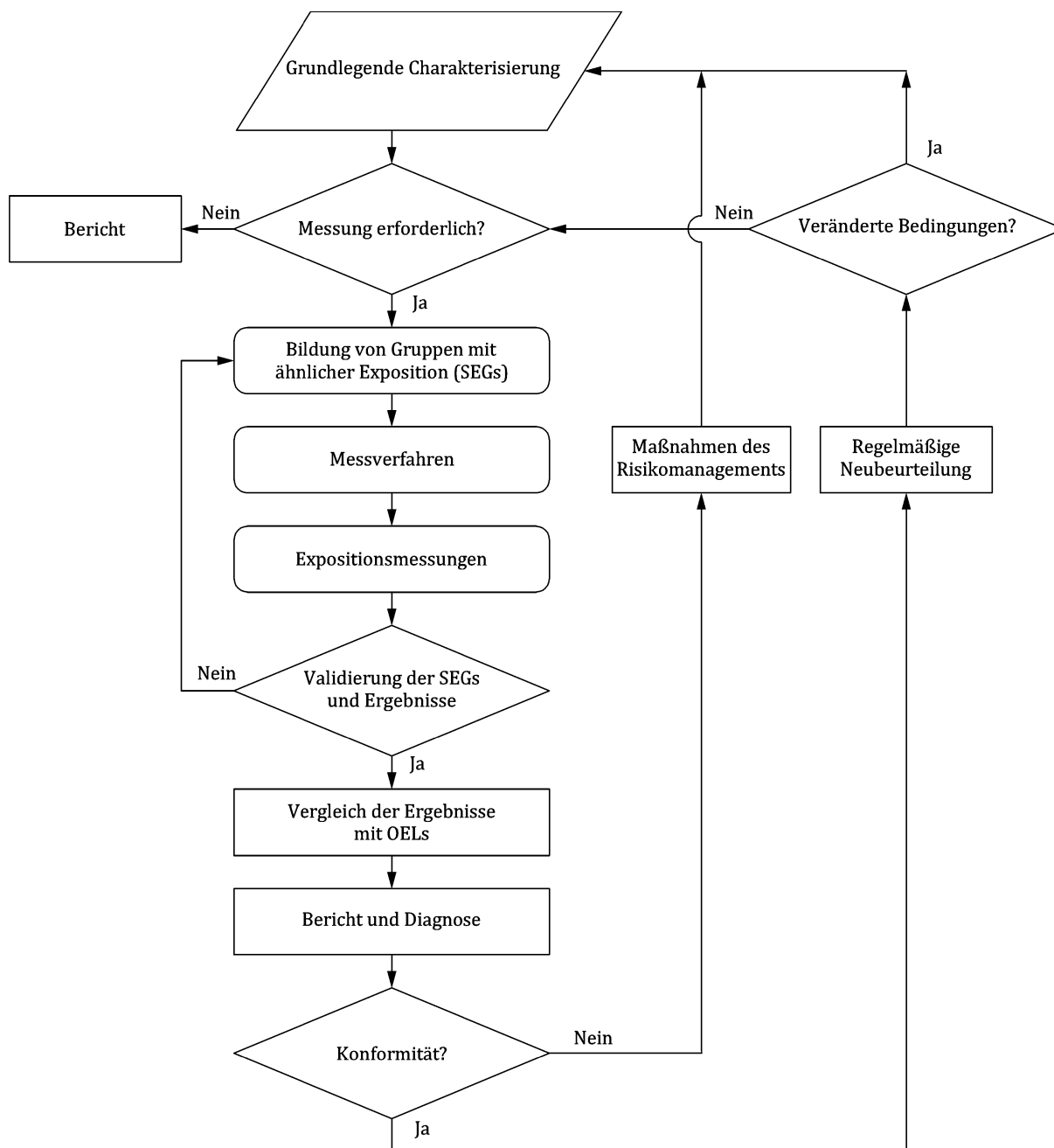


Bild 1—Schematische Übersicht über die Strategie

5 Arbeitsbereichsanalyse

5.1 Grundlegende Charakterisierung

5.1.1 Allgemeines

Vor der Durchführung von Expositionsmessungen müssen der Arbeitsplatz und die entsprechenden betrachteten Expositionsprofile begutachtet werden.

Die grundlegende Charakterisierung von Expositions-Determinanten erfolgt in drei Schritten:

- Identifikation chemischer Arbeitsstoffe (Gefährdungen, OELVs, physikalische Eigenschaften);
- Identifikation von Expositions-Determinanten;
- Ermittlung der Exposition.

Die während der grundlegenden Charakterisierung gesammelten Informationen müssen wie folgt verwendet werden:

- Entscheidung über die Notwendigkeit von Messungen (siehe Anhang A);
- *A-priori*-Festlegung der verschiedenen SEGs.

Expositions-Überwachungsgeräte können dem Benutzer entweder mit Einzelwerten oder mit kontinuierlichen Messwerten (sogenannte direkt anzeigende Messgeräte) Rückmeldung in Echtzeit geben und wertvolle Informationen zu groben Expositionsniveaus, dem Expositionsmuster sowie räumlichen, zeitlichen und arbeitnehmerspezifischen Abweichungen der Exposition liefern.

Wenn die grundlegende Charakterisierung ergibt, dass Messungen nicht erforderlich sind, muss ein Bericht unter Angabe von Gründen und der Zeitpunkte der regelmäßigen Neubeurteilung verfasst werden.

5.1.2 Identifizierung chemischer Arbeitsstoffe

Das Anfertigen einer Liste, in der alle am betrachteten Arbeitsplatz vorkommenden chemischen Arbeitsstoffe aufgeführt sind, ist der entscheidende erste Schritt zur Erkennung von möglichen gesundheitsgefährdenden Expositionen. Für die Erstellung der Liste können das Sicherheitsdatenblatt und andere verfügbare Informationen herangezogen werden. Die Auflistung muss, sofern diese erheblich zu Expositionen beitragen können, die folgenden Stoffe beinhalten:

- Einsatzstoffe, Verunreinigungen, Zwischenprodukte, Endprodukte, Reaktionsprodukte und Nebenprodukte usw.;
- die einzelnen chemischen Arbeitsstoffe, vorzugsweise identifiziert über ihre CAS#¹⁾ oder EINECS#²⁾;
- anwendbare OELVs entsprechend des Beurteilungsziels (siehe Anhang B);
- Relevanz dermalen und/oder oraler Exposition gegenüber dem chemischen Arbeitsstoff (diese Europäische Norm behandelt Messungen der Exposition durch Inhalation; Kenntnisse über andere Expositionswege können für Maßnahmen zur Expositionsbeschränkung wichtig sein);
- zusätzliche Informationen wie Dampfdruck, Sättigungskonzentration, Staubungsverhalten.

1) Chemical Abstracts Service-Registernummer

2) Nummer des Europäischen Inventars Existierender Chemischer Substanzen

5.1.3 Identifikation von Expositions-Determinanten

Zur Einschätzung der Möglichkeiten einer Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen müssen die Arbeitsabläufe und -verfahren einer eingehenden Betrachtung in Bezug auf das Grundwissen unterzogen werden, wie z. B.

- Arbeitsorganisation: Aktivität, Aufgabe, Qualifikation, System des Schichtbetriebs, Tätigkeitsbereiche usw.,
- Produktionsprozesse und -verfahren (Art der Prozesse, Temperatur, Druck, Menge usw.),
- Gestaltung des Arbeitsplatzes (beengte Räume, Freiflächen usw.),
- Schutzeinrichtungen und -maßnahmen (zugangsbeschränkter Bereich usw.),
- Persönliche Schutzausrüstung (PSA),
- Lüftungseinrichtungen und andere technische Kontrollvorrichtungen,
- Emissionsquellen und lokale Konzentrationen,
- Zeiträume, Häufigkeiten und Dauer von Expositionen,
- Arbeitsauslastung, oder
- Indikatoren für Aktivität oder Produktionsrate.

5.1.4 Ermittlung der Exposition

Die Ermittlung potenzieller Expositionen sollte es dem Gutachter ermöglichen, zuverlässige quantitative Informationen über die Exposition der jeweiligen Arbeitnehmer zu erheben, wobei besonderes Augenmerk auf Aufgaben mit starker Exposition zu legen ist (siehe Anhang A).

Die möglichen Informationsquellen beinhalten

- frühere Messungen,
- Messungen in vergleichbaren Installationen oder Arbeitsprozessen,
- zuverlässige Berechnungen auf Grundlage von relevanten quantitativen Daten, und
- Expositionsmodellierung.

Auf Grundlage der Ermittlung potenzieller Expositionen muss festgelegt werden, ob die Durchführung von Messungen erforderlich ist. Dies gilt insbesondere, wenn Expositionen erheblich über den OELVs erwartet werden. In diesem Fall ist es besser, ein Programm zur Expositionsreduktion zu implementieren und erst dann Expositionsmessungen durchzuführen.

Die bezüglich der erwarteten Expositionsniveaus erhobenen Informationen müssen außerdem die Eignung der implementierten Messverfahren und Analysemethoden belegen.

5.2 Probenahmestrategie

5.2.1 Festlegung von Gruppen mit ähnlicher Exposition (SEGs)

In der Praxis ist es nicht möglich, die Exposition aller Arbeitnehmer an jedem Arbeitstag zu messen. Um bei der Expositionsmessung quantitative Daten zu erhalten, muss ein Ansatz gewählt werden, der eine maximale Effizienz beim Einsatz der Ressourcen ermöglicht.

Dieser Ansatz auf Grundlage der Beobachtung von Arbeitsbedingungen ermöglicht die Expositionsmessung einer kleinen Arbeitnehmergruppe, die einer SEG angehört, und den Wertevergleich mit OELVs. Wenn die Expositionsmessungen bei einigen Arbeitnehmern der SEG anzeigen, dass die OELVs erfüllt sind (Konformität), wird davon ausgegangen, dass dies für alle Arbeitnehmer der SEG zutrifft.

Die SEG muss auf Grundlage von Informationen über die Art, das Niveau und die Dauer der durchgeführten Aufgaben der Schichten im Jahresverlauf festgelegt werden. Dies erfordert Fachkenntnisse der Arbeitshygiene und die Informationen beinhalten meistens

- a) die Tätigkeitsklassifizierung des Unternehmens als nützlicher Ausgangspunkt,
- b) das Inventar von Aufgaben, die zu einer Tätigkeit gehören,
- c) die aufgabenspezifische Art der Exposition und die Bestimmung des potenziellen Expositionsniveaus, das in der grundlegenden Charakterisierung erhoben wurde (siehe 5.1) sowie (sofern möglich) mit den Betriebsbedingungen (en: Operational Conditions; OC) kombiniert wurde sowie mit den Maßnahmen des Risikomanagements (en: Risk Management Measures; RMM) eines entsprechenden REACH-Expositionsszenarios sowie
- d) mit der Dauer der Exposition innerhalb einer Schicht und im Jahresverlauf, die von der Frequenz und Dauer der Aufgaben beeinflusst wird.

Das echte Expositionsniveau wird nach 5.3 ff. dieser Europäischen Norm ermittelt.

Eine SEG kann aus nur einem Arbeitnehmer bestehen.

Wenn eine SEG Arbeitnehmer von mehreren Standorten enthält, muss sichergestellt werden, dass die SEG die Definition 3.2 dieser Europäischen Norm erfüllt.

5.2.2 Messverfahren

Das Messverfahren muss repräsentative Messergebnisse für die Exposition des Arbeitnehmers liefern.

Der Zweck des Probenahmeprotokolls ist es, alle Elemente mit gesicherten repräsentativen und zuverlässigen Ergebnissen der Expositionsmessungen zum Vergleich mit Grenzwerten aufzulisten.

Die Probenahme und Analyseverfahren müssen den anwendbaren Normen oder den auf nationaler Ebene empfohlenen Methoden entsprechen. Insbesondere muss die Empfindlichkeit, die Kapazität von Probenahmegeräten, der Transport und die Stabilität der Probe geprüft werden (siehe EN 482).

Zur Messung der Exposition des Arbeitnehmers am Arbeitsplatz müssen, sofern möglich, Vorrichtungen zur personenbezogenen Probenahme eingesetzt werden, die von den Arbeitnehmern an der Kleidung im Atembereich getragen werden. Arbeitnehmer sollten sich der Funktionsweise der Probenahmeeinrichtung bewusst ein. Aufgrund räumlicher Luftkonzentrationsvariationen von Chemikalien sind ortsfeste Proben in Bezug auf die Arbeitnehmerexposition generell weniger Aussagekräftig.

Die Dauer der Probenahme ist ein weiterer wichtiger Faktor, der die Aussagefähigkeit der Expositionsmessungen beeinflussen kann.

Die Dauer der Probenahme sollte repräsentativ für die Referenzzeitspanne des kontrollierten Grenzwerts sein und unter Berücksichtigung der variablen Konzentration, der Bestimmungsgrenze und anderen Leistungsmerkmalen der Analysemethode ermittelt werden.

Bei verlängerten Schichten wird die tägliche Exposition (E_d) für den Vergleich mit dem OELV (siehe Anhang G) herangezogen.

Wenn die gesamte Dauer der Probenahme kürzer als die OELV-Referenzzeitspanne ist, stellt die Dauer ohne vorhandene Probe eine erhebliche Schwachstelle in der Zuverlässigkeit jeder Expositionsmessung dar.

In diesem Zeitraum ist eine sorgfältige Beobachtung der Ereignisse erforderlich. Die Annahme, dass während der Dauer ohne vorhandene Probe keine Änderungen aufgetreten sind, muss stets kritisch hinterfragt werden. Beispiele für solche Situationen sind in Anhang D aufgeführt.

Für die Konformitätsprüfung mit OELV-8 h müssen drei Fälle betrachtet werden:

- Wenn der Gutachter die Expositions-Determinanten inklusive der Aufgaben im Laufe der Schicht als konstant betrachtet, kann die gesamte Dauer der Probenahme kürzer als die Referenzzeitspanne sein, muss jedoch mindestens 2 h betragen.
- Wenn der Gutachter die Expositions-Determinanten inklusive der Aufgaben im Laufe der Schicht als nicht konstant betrachtet, muss die gesamte Dauer der Probenahme mehr als 2 h betragen und sich wesentlich stärker an der Schichtdauer orientieren.
- Beträgt die Expositionsdauer weniger als 2 h, sollte die Dauer der Probenahme dem Expositionszeitraum entsprechen.

Bei sehr kurzen Expositionszeiten können aufgrund einer Bestimmungsgrenze, die für den Vergleich der Ergebnisse mit dem OELV (siehe EN 482) zu hoch ist, Probleme bei der Messung auftreten. In solchen Fällen kann es hilfreich sein, durch Fortsetzung der Probenahme mehr chemische Arbeitsstoffe zu erfassen, wenn die Exposition gegenüber den Arbeitsstoffen wiederholt auftritt.

Messungen sollten an ausreichend vielen Tagen und während unterschiedlicher Betriebsphasen durchgeführt werden, um das Expositionsmuster erkennen zu können. Die Berücksichtigung verschiedener Abschnitte mit möglicherweise variierender Exposition (Nacht- und Tagbetrieb, saisonale Variationen) ist von großer Wichtigkeit.

Die minimale Anzahl von Messungen muss 5.5.1 entsprechen. Weiterhin muss der Gutachter die Anzahl der Arbeitnehmer in der SEG in Betracht ziehen, um die Anzahl der durchzuführenden Messungen festzulegen. Dadurch werden repräsentative Ergebnisse für die gesamte SEG sichergestellt. Dies ist besonders wichtig, wenn sich Arbeitnehmer einer SEG in verschiedenen Räumlichkeiten befinden.

5.3 Durchführung von Expositionsmessungen

Vor dem Beginn der Untersuchung muss der Gutachter die jeweiligen Arbeitgeber kontaktieren und sollte sicherstellen, dass sie über die Ziele der Expositionsmessungen informiert sind. Der Gutachter muss prüfen, ob die durchgeführten Aktivitäten mit den in der Probenahmestrategie berücksichtigten Aktivitäten übereinstimmen. Der Gutachter muss den Erfolg während der Probenahme überwachen. Zu diesem Zweck muss der Gutachter vor Ort sein oder eine andere verantwortliche Person benennen. Für die zukünftige Auswertung der Ergebnisse der Expositionsmessungen muss der Gutachter für jede Probe die folgenden relevanten Informationen erheben:

- Identifizierung der SEG und der Arbeitnehmer;
- Beschreibung des Arbeitsplatzes;

- für die Aktivität relevante chemische Arbeitsstoffe;
- durchgeführte Aufgaben;
- tägliche Arbeitsstunden und Expositionsdauer gegenüber den betrachteten chemischen Arbeitsstoffen;
- Maßnahmen des Risikomanagements wie z. B. technische Kontrollvorrichtungen, PSA, Arbeitsorganisation, Kontrolle durch Verwaltung usw.;
- relevante Umweltbedingungen am Arbeitsplatz (z. B. Temperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck);
- andere durchgeführte Aktivitäten, Vorfälle usw.;
- Informationen zur Probenahme wie z. B. Identifikation der verwendeten technischen Probenahmeverrichtungen und Proben, Durchsatz der Probenahme, Start und Ende der Probenahme, Umgebungsbedingungen usw.

5.4 Gültigkeit der SEGs und Ergebnisse

5.4.1 Allgemeines

Vor der Konformitätsprüfung mit dem OELV (oder einem anderen numerischen Wert) ist eine Beurteilung der Repräsentativität jeder Messung und eine nachträgliche Bestätigung der Zusammensetzung von SEGs erforderlich. Somit verfolgt die Beurteilung von Messungen zwei Ziele:

- a) Die Repräsentativität jeder Probe wird beurteilt.
- b) Jede SEG wird entsprechend der Erläuterung in 5.5 als für die Konformitätsprüfung geeignet bestätigt.

5.4.2 Repräsentativität von Messergebnissen

Die Repräsentativität jeder Probe muss auf Grundlage der Analyse und während der Messungen erhobenen Informationen beurteilt werden, d. h. Ausreißer müssen identifiziert werden. Um Ausreißerwerte zu erkennen, können diverse grafische oder statistische Methoden in Kombination oder einzeln implementiert werden. Beispiele hierfür sind in Anhang E aufgeführt. Diese Prüfungen dürfen jedoch nur zur Identifikation potenzieller Ausreißer verwendet werden und können nicht als alleiniger Grund zum Ausschluss von Proben vom Vergleich mit dem OELV führen. Vor dem Ausschluss einer Probe müssen Aufzeichnungen des Gutachters und/oder Kontextinformationen zur Identifikation von Messungen herangezogen werden, bei denen in Bezug auf die Aktivität oder die Probenahme Zwischenfälle, Fehlfunktionen oder vorsätzlicher Missbrauch aufgetreten sind. Sofern keine Vorfälle, Fehlfunktionen oder Missbrauch identifiziert werden können, darf die Probe nicht ausgeschlossen werden. Wenn Ausreißer ausgeschlossen werden, kann eine Wiederholung der Expositionsmessungen erforderlich sein, um ausreichend repräsentative Messungen im Sinne der Prüfungskonformität zu erhalten.

Jeglicher Ausschluss von Ausreißern muss im Bericht explizit unter Angabe von Gründen erwähnt werden.

5.4.3 Gültigkeit von SEGs

Nach der Beurteilung der Repräsentativität jeder Messung muss die Gültigkeit jeder SEG mit gültigen Ergebnissen und während der Untersuchung erhobenen Informationen nachträglich bestätigt werden. Die Zusammensetzung der SEGs muss aus folgenden Gründen bestätigt werden:

- a) alle Personen in der SEG sollten das gleiche allgemeine Expositionsprofil für chemische Arbeitsstoff(e) haben, die aufgrund der Ähnlichkeit und Häufigkeit der durchgeführten Aufgaben, der von ihnen verwendeten Werkstoffe und Verfahren sowie der Ähnlichkeit der Arbeitsweise im Rahmen dieser Aufgaben nach 3.2 gemeinsam untersucht werden;

- b) die Messergebnisse sollten die gleiche Verteilung aufweisen, die in der (statistischen) Konformitätsprüfung (wie unter 5.5 aufgeführt) angenommen wurde. Expositionsmessungen sind üblicherweise logarithmisch normalverteilt, da Expositionsmessungen generell auf dieser Verteilung aufsetzen.

Um zu prüfen, ob alle Personen zur gleichen SEG gehören und ob die Messungen logarithmisch normalverteilt sind, muss das logarithmische Wahrscheinlichkeitsdiagramm der Daten analysiert werden. Anhang E enthält Hinweise in diesem Zusammenhang.

Wenn ein Messwert als nicht zur SEG gehörig ermittelt wird, muss dieser einer separaten SEG zugeordnet werden und eine Wiederholung der Expositionsmessung kann erforderlich sein, um für jede SEG ausreichend repräsentative Messungen im Sinne der Prüfungskonformität mit der unter 5.5 beschriebenen Methode zu erhalten.

Ein häufig auftretendes Problem ist die Tatsache, dass zwei Arbeitnehmer mit gleichen Aufgaben nicht notwendigerweise die gleiche Exposition aufweisen. Dieses Phänomen ist als die Variabilität zwischen Arbeitnehmern bekannt und bedeutet, dass von der Exposition eines Arbeitnehmers nicht einfach auf die eines anderen Arbeitnehmers geschlossen werden kann, auch wenn dieser prinzipiell die gleichen Tätigkeiten ausübt. Weiterhin variiert die Exposition von Schicht zu Schicht, was ebenfalls zur Variabilität zwischen Arbeitnehmern beiträgt.

Wenn die Messungen nahelegen, dass ein oder mehrere Arbeitnehmer außergewöhnliche Expositionswerte aufweisen, die nicht konsistent mit der Ergebnisverteilung in der restlichen SEG sind, müssen die Gründe hierfür untersucht werden und die betroffenen Arbeitnehmer dürfen separiert oder einer neuen SEG zugeordnet werden, die je nach Erforderlichkeit mehr Messungen unterzogen wird. Anhang E enthält Hinweise in diesem Zusammenhang.

Jegliche Änderungen der SEG infolge dieser Prüfungen müssen im Bericht festgehalten werden (siehe Abschnitt 6).

5.5 Vergleichen der Ergebnisse mit OELVs

5.5.1 Allgemeines

5.5.2 und 5.5.3 beschreiben den Vergleich eines einzelnen chemischen Arbeitsstoffes mit einem OELV. Wenn ein Gemisch vorhanden ist, wird das gleiche Verfahren angewandt, wobei der Expositionsindex für dieses Gemisch mit 1 verglichen wird (siehe Anhang C).

Die für die Expositionsmessung ausgewählten Arbeitnehmer und die Messzeitpunkte müssen so gewählt werden, dass die gemessenen Expositionswerte für die Exposition der Arbeitnehmer in der SEG repräsentativ sind. Dies bedeutet, dass eine Durchführung von Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten erforderlich sein kann. Wenn die Anzahl der durchzuführenden Messungen die Anzahl der Arbeitnehmer in der SEG übersteigt, müssen einzelne Arbeitnehmer mehrfach gemessen werden. Dies muss so weit wie möglich im Interesse repräsentativer Messungen für die Exposition innerhalb der SEG durchgeführt werden.

Bei verlängerten Schichten wird die tägliche Exposition (E_d) für den Vergleich mit dem OELV (siehe Anhang G) herangezogen.

5.5.2 Vorprüfung

Diese Prüfung erfordert drei bis fünf Expositionsmessungen an Arbeitnehmern einer SEG.

- a) Wenn alle Ergebnisse unter den folgenden Werten liegen:
- 1) 0,1 OELV bei drei Expositionsmessungen oder
 - 2) 0,15 OELV bei vier Expositionsmessungen oder
 - 3) 0,2 OELV bei fünf Expositionsmessungen,
- wird der OELV als eingehalten betrachtet: **Konformität**.
- b) Wenn ein Ergebnis über dem OELV liegt, wird der OELV als nicht eingehalten betrachtet: **Nonkonformität**. Wenn das erste Messergebnis über dem OELV liegt, müssen keine zusätzlichen Messungen durchgeführt werden.
- c) Wenn alle Ergebnisse unter dem OELV liegen und ein Ergebnis über 0,1 OELV (drei Ergebniswerte) oder 0,15 OELV (vier Ergebniswerte) oder 0,2 OELV (fünf Ergebniswerte) vorliegt, ist ein OELV-konformer Abschluss nicht möglich. **Keine Entscheidung**.

In dieser Situation müssen zusätzliche Expositionsmessungen durchgeführt werden, um die Prüfung auf Grundlage der Berechnung des Konfidenzintervalls der Wahrscheinlichkeit des Überschreitens des OELVs wie in 5.5.3 angegeben durchzuführen.

5.5.3 Konformitätsprüfung mit dem OELV

Der Begutachter muss eine statistische Prüfung zur Ermittlung der Konformität der SEG mit dem OELV auswählen. Die Prüfung muss mit mindestens 70 % Sicherheit messen, ob weniger als 5 % der Expositionen in der SEG den OELV überschreiten.

Eine geeignete Prüfung befindet sich in Anhang F. Andere Prüfungen dürfen verwendet werden, sofern sie die oben aufgeführten Konfidenzvorgaben nachweislich erfüllen.

Wenn eine oder mehrere Expositionsmessungen unter der Bestimmungsgrenze (LOQ) liegen und die ausgewählte statistische Prüfung eine geometrische Standardabweichung (Geometric Standard Deviation; GSD) und/oder einen geometrischen Mittelwert (GM) enthält, müssen die Werte unterhalb der LOQ so behandelt werden, dass sie ein zuverlässiges Ergebnis darstellen. Eine geeignete Methode wird in Anhang H beschrieben.

Die Anwendung solcher Prüfungen auf Expositionsmessungen setzt voraus, dass die Messungen logarithmisch normalverteilt sind (siehe Anhang E). Dies trifft üblicherweise zumindest annähernd zu und in den meisten Fällen liegen keine ausreichenden Messungen vor, mit denen eine Abweichung hiervon statistisch belegt werden könnte. Der Gutachter muss davon ausgehen, dass die zutrifft, sofern er keinen guten Grund zu der Annahme hat, dass dies nicht zutrifft.

Der Gutachter muss Expositionsmessungen der SEG nach den Verfahren in 5.2.2 und 5.3 so durchführen, dass die Anforderungen der ausgewählten Prüfung erfüllt sind. Die Ergebnisse müssen entsprechend dieser Prüfung statistisch ausgewertet werden.

6 Darstellung der Messergebnisse

Über die Arbeitsbereichsanalyse und jegliche Kontrollmessungen müssen Protokolle erstellt werden.

Das Protokoll muss folgende Informationen enthalten:

- Name(n) der Person(en) oder Einrichtung(en), die die Analyse und die Messungen durchführt/durchführen;

- Bezeichnung der berücksichtigten chemischen Arbeitsstoffe;
- Name und Anschrift des Betriebs;
- Beschreibung des Grundwissens und der Arbeitsbedingungen (Expositions-Determinanten);
- Ergebnisse und Schlussfolgerungen der grundlegenden Charakterisierung;
- verwendetes Messverfahren;
- Zeitplan (Datum, Beginn und Ende der Probenahme);
- Expositionskonzentrationen am Arbeitsplatz;
- nähere Angaben zur Qualitätssicherung (z. B. erweiterte Messunsicherheit nach EN 482);
- eindeutige Identifikation und Nachverfolgbarkeit der Ergebnisse;
- Ergebnis des Vergleichs mit dem Grenzwert.

Sofern Atemschutzausrüstung eingesetzt wird, entsprechen die Messergebnisse nicht der inhalativen Exposition der Arbeitnehmer.

Wenn keine Konformität gegeben ist, kann der Begutachter Gründe für das Überschreiten des überschrittenen Grenzwerts angeben sowie Abhilfemaßnahmen des Risikomanagements für diese Situation vorschlagen.

7 Kontrollmessungen

Expositionsmessungen am Arbeitsplatz müssen regelmäßig durchgeführt werden, um sie aktuell zu halten und um sicherzustellen, dass die Exposition von Arbeitnehmern kontinuierlich konform mit dem OELV ist. Bei erheblichen Änderungen der Expositions-Determinanten muss die grundlegende Charakterisierung umgehend aktualisiert werden.

Obwohl die Risikobeurteilung für die inhalative Exposition zeigt, dass die Maßnahmen des Risikomanagements (RMM) angemessen sind (RMM-Evaluation) und/oder die Exposition unter dem OELV liegt (Konformität), können die Exposition beeinflussende Veränderungen wie z. B. die allmähliche Verschlechterung des Zustands der Belüftungsausrüstung oder geringfügige Änderungen der Arbeitsweise auftreten, ohne dass die Arbeitnehmer oder Gutachter dies bemerken. Daher muss die Annahme einer zukünftigen Konformität auch dann begründet werden, wenn keine erheblichen Änderungen der Expositions-Determinanten vorgenommen werden.

Generell wird unabhängig von der verwendeten Methode eine jährliche Neubeurteilung empfohlen.

Neubeurteilungen der Exposition können mit Expositionsmessungen oder anderen Methoden durchgeführt werden (siehe Anhang A).

Empfohlene regelmäßige Intervalle für die Neubeurteilung mit Expositionsmessungen befinden sich in Anhang I.

Bei regelmäßigen Neubeurteilungen müssen mindestens drei Expositionsmessungen pro SEG durchgeführt werden. Die Ergebnisse müssen nach 5.4 validiert werden. Wenn die Ergebnisse den Kriterien der Validierung genügen, können diese Ergebnisse mit früheren Ergebnissen zusammengefasst werden, um die Konformität zu prüfen und den Zeitraum bis zur nächsten Neubeurteilung zu festzulegen.

Anhang A (informativ)

Ermittlung der Exposition

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Hinweise bezüglich der empfohlenen Zeitpunkte für Messungen und der Zulässigkeit anderer Beurteilungsansätze.

In der Praxis gibt es drei Beurteilungsansätze für die Exposition von Arbeitnehmern gegenüber chemischen Arbeitsstoffen. Dieser Anhang soll Hilfestellung bei der Identifikation und Beurteilung der inhalativen Exposition an Arbeitsplätzen geben.

Es kann erforderlich sein, Aktivitäten durch Abgrenzung eines Arbeitsbereichs zusammenzufassen. Ein Arbeitsbereich ist ein räumlich oder organisatorisch abgegrenzter Teil eines Unternehmens, in dem von einem oder mehreren Arbeitnehmern Aktivitäten mit chemischen Arbeitsstoffen durchgeführt werden. Diese Aktivitäten können in einer Risikobeurteilung zusammengeführt werden. Der Arbeitsbereich darf aus einem oder mehreren Arbeitsplätzen oder Arbeitsprozessen bestehen. Die wesentlichen bei der Auswahl einer geeigneten Methode zur Beurteilung der Exposition zu berücksichtigten Faktoren sind zahlreich und beinhalten auch die Art und Dauer der inhalativen Exposition an Arbeitsplätzen.

Zusätzlich zu Expositionsmessungen enthalten die Methoden zur Beurteilung der Exposition üblicherweise

- Messungen unter den schlechtesten angemessenen Bedingungen (unter Kontrolle),
- Messung technischer Parameter,
- Berechnung der Exposition (unter Verwendung geeigneter Modelle oder Algorithmen),
- Vergleich mit anderen Arbeitsplätzen im gleichen oder in anderen Unternehmen,
- Kontrolle von Ansätzen zur Zusammenfassung und
- Richtlinien auf Grundlage bewährter Praktiken für definierte Zweigstellen oder Aufgaben.

Wenn bei der Anwendung einer dieser Methoden Unsicherheit bezüglich der Ermittlung und Beurteilung des Ergebnisses besteht, werden zusätzliche Messungen am Arbeitsplatz empfohlen. Unter A.2 bis A.10 sind unterschiedliche Arbeitsplatzsituationen zusammen mit Informationen zu möglichen Expositions-Beurteilungsmethoden und zur Ableitung geeigneter Schutzmaßnahmen beschrieben. Tabelle A.1 enthält einen Überblick über in diesem Anhang behandelte Arbeitsplatzsituationen sowie Empfehlungen zur Expositionsbeurteilung.

Tabelle A.1 — Aufstellung der Ansätze für Expositionsbeurteilungen in verschiedenen Arbeitsplatzsituationen

Arbeitsplatzsituation	Expositions- messungen (nach Abschnitt 5)	Messungen unter den schlechtesten angemessenen Bedingungen (unter Kontrolle)	Messung technischer Parameter	Berechnung der Exposition (unter Verwendung validierter Modelle oder Algorithmen)	Vergleich mit anderen Arbeitsplätzen	Kontrolle von Ansätzen zur Zusammen- fassung	Richtlinien auf Grundlage bewährter Praktiken für definierte Zweigstellen oder Aufgaben
A.2 konstante Bedingungen	x	x	x	x	x	x	x
A.3 verkürzte Exposition unter konstanten Bedingungen	x	x	x	x	x	x	x
A.4 gelegentliche Exposition	x	x	x	x	x	x	x
A.5 stationär mit unregelmäßiger Exposition	x	x	x	-	x	x	x
A.6 mobil mit unregelmäßiger Exposition	x	x	-	-	x	x	x
A.7 unvorhersehbare, permanent veränderliche Exposition	x	-	-	-	x	-	x
A.8 im Freien	x	-	-	x	x	-	x
A.9 unterirdisch	x	-	x	x	x	-	x
A.10 unvorhergesehene Ereignisse	-	-	x	x	x	-	x

A.2 Arbeitsplätze mit konstanten Bedingungen

- a) Eine typische Eigenschaft von Arbeitsplätzen mit konstanten Bedingungen ist die Tatsache, dass dort Tag für Tag, Monat für Monat unter stets wiederkehrenden Bedingungen die gleichen Aktivitäten durchgeführt werden. Einflussfaktoren auf die Exposition der Arbeitnehmer gegenüber chemischen Arbeitsstoffe ändern sich auch über lange Zeiträume kaum. Arbeitsabläufe, verwendete Technologien, Prozessparameter (z. B. Druck, Temperatur), Art und Menge der eingesetzten chemischen Arbeitsstoffe, Nutzungsgrad der Installation und Umgebungsbedingungen (Belüftung, Klima) werden in jeder Schicht wiederholt und bleiben langfristig relativ konstant.
- b) Beispiele für Arbeitsplätze mit konstanten Arbeitsbedingungen sind u. a. die industrielle Massenproduktion, Druckereien, Reinigungen, kommerzielle Entkeimung, Qualitätssicherung in Routinelaboratorien oder große Anlagen der chemischen Industrie.
- c) Charakteristisch für solche Arbeitsplätze ist, dass
 - 1) die Exposition üblicherweise in Form der Mittelwerte für die Schicht aufgezeichnet wird,
 - 2) die Betriebszustände regelmäßig wiederholt werden, und
 - 3) sich die Expositionsbedingungen langfristig nur geringfügig ändern.
- d) An diesen Arbeitsplätzen dürfen prinzipiell alle Beurteilungsmethoden eingesetzt werden. Wenn ähnliche Arbeitsplätze an anderen Standorten beteiligt sind, kann die Methode zur „Übertragung der Ergebnisse vergleichbarer Arbeitsplätze“ geeignet sein. Auch Berechnungen der Exposition können zu Ergebnissen führen, die zur Beurteilung zulässig sind.

A.3 Verkürzte Exposition an Arbeitsplätzen mit konstanten Arbeitsbedingungen

- a) Es gibt viele Arbeitsplätze, an denen bestimmte Aktivitäten mit chemischen Arbeitsstoffen täglich nur über einen kurzen Zeitraum ausgeführt werden. In der verbleibenden Zeit werden andere Aktivitäten (ohne Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen) durchgeführt. Diese Aufgabenkombination wird täglich wiederholt und bleibt über mehrere Monate unverändert.
- b) Beispiele für solche Arbeitsplätze sind die kalte Sterilisation in Krankenhäusern, stationäre Schweißarbeiten oder der Probenahmebetrieb über begrenzte Zeiträume.
- c) Sämtliche Einflüsse auf die Exposition der Arbeitnehmer gegenüber chemischen Arbeitsstoffen über Zeiträume, die kürzer als die Schicht sind, verändern sich insgesamt kaum. In jeder Schicht kann klar zwischen den Zeiten mit und ohne Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen unterschieden werden.
- d) Die Arbeitsabläufe mit Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen werden entsprechend der Beschreibung in A.2 beurteilt, sofern die Bedingungen hierfür erfüllt sind.
- e) Auch wenn die Arbeitsplatzgrenzwerte oder andere Beurteilungskriterien erfüllt sind, können gerade während dieser kurzen Zeiträume zusätzliche Schutzmaßnahmen angezeigt sein.

A.4 Arbeitsplätze mit gelegentlicher Exposition

- a) Wenn Aktivitäten, die mit einer inhalativen Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen an stationären Arbeitsplätzen einhergehen, nur unregelmäßig oder gelegentlich durchgeführt werden, sind regelmäßige Messungen am Arbeitsplatz schwer zu planen. An solchen Arbeitsplätzen werden bestimmte Arbeitsvorgänge oder Aktivitäten mit einer vergleichbaren Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen unregelmäßig wiederholt, z. B. wöchentlich, monatlich oder noch seltener (gelegentliche Lose).
- b) Typisch für solche Arbeitsplätze ist beispielsweise die Trennung von Produktionslosen in der chemischen Industrie oder Wartungsarbeiten an dauerhaft installierten Anlagen.
- c) Die inhalative Exposition wird in jedem individuellen Fall separat beurteilt, in dem verschiedene Aktivitäten und Arbeitsvorgänge im Rahmen der Identifizierung und Beurteilung ablaufen. Beim in der chemischen oder pharmazeutischen Industrie üblichen Wechsel zwischen Produktionslosen wird beispielsweise empfohlen, im Rahmen der Identifizierung und Beurteilung der inhalativen Exposition die Lose zugrunde zu legen, bei denen die ungünstigsten Expositionsbedingungen herrschen.

A.5 Stationäre Arbeitsplätze mit unregelmäßiger Exposition

- a) Die Beurteilung der Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen bei Aktivitäten mit sich ständig ändernden chemischen Arbeitsstoffen ist besonders schwierig.
- b) Dieser Umstand kann beispielsweise in Handwerksbetrieben, bei allgemeinen Wartungsaufgaben, Reparaturen, in der Produktion und Montage, in PKW- oder Gabelstaplerwerkstätten, bei Dienstleistungen an Betankungsanlagen (Ölwechsel usw.) oder in Forschungslaboratorien auftreten.
- c) An solchen Arbeitsplätzen werden bestimmte Arbeitsvorgänge oder Aktivitäten mit einer vergleichbaren Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen unregelmäßig wiederholt, z. B. täglich, wöchentlich, monatlich oder noch seltener. Im Laufe der Schicht können auch andere oder vergleichbare Aktivitäten mit variierender Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen auftreten, die die Messungen beeinflussen können.
- d) Die Identifikation der inhalativen Exposition bei den diversen Aktivitäten ist im Hinblick auf die Messungen mit großem Arbeitsaufwand verbunden. Da die innerhalb einer Branche durchgeführten Aktivitäten und verwendeten Materialien zwischen den Unternehmen meistens jedoch nur geringfügig voneinander abweichen, bieten sich hier Untersuchungen über mehrere Unternehmen und Beurteilungen von z. B. anderen Unternehmen oder Aufsichtsbehörden, Handlungsanweisungen für bewährte Praktiken oder prozess- und stoffspezifische Kriterien an.

A.6 Arbeitnehmer, die zwischen Arbeitsplätzen mit unregelmäßiger Exposition wechseln

- a) Das in dieser Europäischen Norm beschriebene Verfahren für die Untersuchung der Bedingungen am Arbeitsplatz, für die Identifikation und Beurteilung der Exposition und für die Wirksamkeitsprüfung kann an seine Grenzen stoßen, wenn die tägliche Arbeit an mehreren Stationen durchgeführt wird.
- b) Dies trifft üblicherweise auf Aktivitäten zu, die auf Baustellen (z. B. Maler, Bodenleger, Asphaltfertiger) oder im Rahmen der nicht ortsgebundenen Montage oder Wartung (z. B. von Fotokopierern) durchgeführt werden.
- c) Die individuellen Arbeitsschritte solcher Aktivitäten laufen üblicherweise in gleichbleibender Reihenfolge ab, während die Anzahl der Einsätze, die Verfahren und Materialien sowie der Umfang der Arbeiten variieren kann. Darüber hinaus variieren die Umgebungsbedingungen (Belüftung, Raumgröße, Arbeit im Freien) erheblich.

- d) In solchen Fällen sollten die Arbeitsverfahren und die verwendeten Materialien von Anfang an so ausgelegt werden, dass Risiken durch inhalative Exposition gar nicht erst auftreten.
- e) All diese Maßnahmen setzen voraus, dass die Expositionssituation der jeweiligen Aktivität zuvor für jeden Bereich identifiziert und beurteilt wurde. Mit den „sicheren Arbeitsverfahren“ sollte sichergestellt werden, dass keine zusätzlichen Risiken aufgrund der externen Umgebung entstehen können (Hintergrundexposition usw.).

A.7 Arbeitsplätze mit unvorhersehbarer, permanent veränderlicher Exposition

- a) Es gibt Arbeitsplätze, an denen sich alles ändern kann, was die Exposition gegenüber chemischen Arbeitsstoffen beeinflusst. Dies können beispielsweise Arbeiten in kontaminierten Bereichen (z. B. Untersuchung und Entfernung bestehender Kontaminationen, Bauarbeiten auf Abfalldeponien oder anderen Orten, die durch industrielle oder kommerzielle Nutzung oder den Abriss von Industrieanlagen kontaminiert wurden) oder in speziellen Abfall-Sammeleinrichtungen sein, in denen die anwesenden chemischen Arbeitsstoffe und deren Form häufig nicht mit Sicherheit bekannt sind.
- b) Vorherige Untersuchungen können bezüglich vorhandener chemischer Arbeitsstoffe und deren Verteilung lediglich Anhaltspunkte liefern. Die Zuverlässigkeit dieser Anhaltspunkte hängt unter anderem von der richtigen Auswahl der spezifischen Position der Untersuchungsparameter, der Art und Dichte der genommenen Proben usw., d. h. von der Repräsentativität der am Untersuchungsobjekt durchzuführenden Untersuchungen ab (Unterboden, Grundwasser, Mauerwerk usw.). An Orten wie Deponien für Hausabfälle kann die Vielfalt vorhandener chemischer Arbeitsstoffe, die durch umfangreiche Probenahme und entsprechende Analysen ermittelt wurden, kaum als zuverlässig betrachtet werden. Darüber hinaus besteht kein fester Arbeitsplatz (siehe A.8). Auch wenn die Art der Tätigkeit gleich bleibt, können aufgrund des (unvorhergesehenen) Auftretens chemischer Arbeitsstoffe, die in den Untersuchungen nicht erfasst wurden, stark variierende Expositionen auftreten.

Aus diesem Grund kann die Exposition von Arbeitnehmern gegenüber chemischen Arbeitsstoffen im Normalfall nur nachträglich zuverlässig festgestellt werden (die Verwendung von Biomonitoring kann hilfreiche Informationen liefern). Aus diesem Grund sollten Schutzmaßnahmen für solche Arbeiten auf Grundlage einer Risikobeurteilung festgelegt werden, die von den schlechtesten vernünftigerweise vorhersehbaren Umständen ausgeht.

A.8 Arbeitsplätze im Freien

Bei im Freien durchgeführten Arbeiten ist die Identifizierung und Beurteilung der Exposition durch Messungen entsprechend der Bestimmungen der vorliegenden Norm aufgrund der veränderlichen Eigenschaften der Exposition nur bis zu einem gewissen Grad möglich. Dies beinhaltet beispielsweise Aktivitäten in Steinbrüchen, in der Land- und Forstwirtschaft, im Gartenbau, im Straßenbau, in Kokereien und Freianlagen der chemischen Industrie beim Be- und Entladen von Tankfahrzeugen, bei Dacharbeiten oder bei Arbeiten an Fassadenverkleidungen.

Bei diesen Aktivitäten können die Wetterbedingungen eine große Variabilität der Exposition verursachen. Wie im Anwendungsbereich angegeben, ist die Konformitätsprüfung nur eine der Maßnahmen zur Expositionsbeschränkung und unter diesen schwierigen Umständen ist es umso wichtiger, anstatt einer größeren Anzahl von Expositionsmessungen die Kontrollmaßnahmen zu berücksichtigen.

Ein Anhaltspunkt für das Expositionspotenzial kann durch Messungen in der Umgebung der Emissionsquelle ermittelt werden.

A.9 Unterirdische Arbeitsplätze

- a) An unterirdischen Arbeitsplätzen wie z. B. bei Verladearbeiten in Kalium- oder Salzbergwerken, Arbeiten in den Stollen oder Transportwegen von Kohlebergwerken, Bohrarbeiten, Tunnelvortrieb,

Wartungs- und Reparaturarbeiten und Arbeiten an Grubenausbauprofilen sowie identischen oder ähnlichen Arbeitskategorien werden Arbeiten unter veränderlichen Umgebungsbedingungen durchgeführt, die jedoch stets relativ detailliert bekannt sind (Belüftung). Freigesetzte chemische Arbeitsstoffe können unter bestimmten Umständen auch Bereiche von Minen beeinflussen, die sich im Sinne der Belüftung hinter den Freisetzungsbereichen befinden.

- b) Außerdem werden die Arbeitsbedingungen durch die Bergbauaktivitäten selbst beeinflusst und die Messungen von heute sind nicht notwendigerweise für die Bedingungen von morgen repräsentativ, da die Geometrie des jeweiligen Standortes wahrscheinlich erheblich verändert wurde.
- c) Im Rahmen der Identifizierung und Beurteilung der inhalativen Exposition durchgeführte Messungen und Kontrollmessungen sind daher manchmal schwierig umzusetzen. Jedoch besteht häufig die Möglichkeit zur zuverlässigen Berechnung der Konzentrationen auf Grundlage der stoff- und prozessspezifischen Daten (z. B. Emissionsraten/Freisetzungsraten, Belüftungsraten) sowie der Parameter des verwendeten technischen Verfahrens.
- d) Die nachhaltige Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen sollte durch technische (z. B. Belüftung) oder organisatorische Mittel (z. B. Mengenbegrenzung) garantiert werden.

A.10 Unvorhergesehene Ereignisse

Unvorhergesehene Expositionssituationen können nicht durch Messungen erfasst werden.

Anhang B (informativ)

Arbeitsplatzgrenzwerte für die Konformitätsprüfung

Dieser Anhang enthält einen Überblick über die verschiedenen Arten von Arbeitsplatzgrenzwerten (en: Occupational Exposure Limit Values; OELVs), die für Konformitätsprüfungen im Zusammenhang mit dieser Europäischen Norm herangezogen werden können.

Innerhalb des Anwendungsbereichs dieser Europäischen Norm ist ein OELV gemäß EN 1540 als Grenzwert für den zeitlich gewichteten Mittelwert der Konzentration eines chemischen Arbeitsstoffs in der Luft innerhalb des Atembereichs eines Arbeitnehmers bezogen auf eine festgelegte Referenzzeitspanne definiert, die bei langfristigen Messungen üblicherweise 8 h und bei kurzfristigen Messungen üblicherweise 15 min beträgt.

In Abhängigkeit vom Beurteilungsziel kann ein Gutachter festlegen, welcher der folgenden OELVs zur Konformitätsprüfung herangezogen werden muss:

- Gesetzlicher Arbeitsplatzgrenzwert:
 - Europäischer verbindlicher und exemplarischer Arbeitsplatzgrenzwert,
 - Nationaler Arbeitsplatzgrenzwert.
- Empfehlung wissenschaftlicher Gremien;
- Expositionsgrenzwert des Lieferanten;
- abgeleiteter technischer Grenzwert oder Risikokonzentration;
- Risikobasierter Grenzwert:
 - akzeptable oder vertretbare Risikokonzentration,
 - technische Risikokonzentration.
- Expositionsindex;
- Auslösewert;
- betriebseigener Grenzwert.

Es ist zu beachten, dass rechtlich verbindliche OELVs häufig von anderen OELV-Typen wie z. B. durch Empfehlungen wissenschaftlicher Gremien oder technisch ermittelte Grenzwerte hergeleitet wurden. Die Empfehlungen wissenschaftlicher Gremien basieren häufig auf Überlegungen zum Gesundheitsschutz.

Vom Hersteller/Händler dürfen im Sicherheitsdatenblatt die abgeleiteten Konzentrationen ohne Auswirkungen (en: Derived No-Effects Levels; DNELs) oder die abgeleiteten Konzentrationen mit minimalen Auswirkungen (en: Derived Minimum Effect Levels; DMELs) angegeben werden.

Auslösekonzentrationen und betriebseigene Grenzwerte werden häufig so abgeleitet, dass sie bestimmte Anforderungen erfüllen und können auf einem beliebigen der oben aufgeführten OELVs beruhen oder durch einen Experten des Unternehmens z. B. als Anstoßwert selbst berechnet werden.

Quellen für die unterschiedlichen OELVs sind verfügbar:

- auf der SCOEL-Webseite mit BOELV und IOELV:
http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=148&langId=de&internal_pagesId=684&moreDocuments=yes&tableName=INTERNAL_PAGES
- IFA-Webseite - GESTIS-Datenbank für Gefahrstoffe:
<http://www.dguv.de/ifa/GESTIS/GESTIS-Stoffdatenbank/index-2.jsp>
- IFA-Webseite - internationale GESTIS-Grenzwerte:
<http://limitvalue.ifa.dguv.de/>
<http://www.dguv.de/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-DNEL-Datenbank/index-2.jsp>
- http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/3527600418/homepage/access_to_the_list_of_mak_and_bat_values.htm
- <http://www.ser.nl/nl/themas/grenswaarden/overzicht%20van%20stoffen.aspx>.
- <https://www.dohsbase.nl/en/content-2-2-2/kick-off-limits/>

Vorläufige Grenzwerte, die die maximale Konzentration von Chemikalien in der Luft beschreiben, die durch Maßnahmen des Risikomanagements auf dem neuesten Stand der Technik erreicht wurden (z. B. in den Merkblättern der öffentlichen Unfallversicherungen oder der Positivliste für Ausrüstung - BG-Prüfzert.:

<http://www.dguv.de/bg-pruefzert/de/index.html#>),

https://www.issa.int/es/topics/occupational-risks/issa-publications?sessionId=B4D2B9B810BDA4B1721B9AD76711EDA0?p_p_id=displayfoldercontent_WAR_ISSA_Event_DocumentSportlet_INSTANCE_g4utnRUaR4IH&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_displayfoldercontent_WAR_ISSA_Event_DocumentSportlet_INSTANCE_g4utnRUaR4IH_uuid=b24e997c-1dda-4d37-8e7c-9a7332b438c5&_displayfoldercontent_WAR_ISSA_Event_DocumentSportlet_INSTANCE_g4utnRUaR4IH_name=2-OccExposLimit.pdf&_displayfoldercontent_WAR_ISSA_Event_DocumentSportlet_INSTANCE_g4utnRUaR4IH_mimeType=application%2Fpdf

Anhang C (informativ)

Gleichzeitige Exposition gegenüber mehreren chemischen Arbeitsstoffen am Arbeitsplatz

C.1 Allgemeines

In vielen industriellen Umgebungen werden Arbeitnehmer gleichzeitig mehreren chemischen Arbeitsstoffen ausgesetzt. Mehrfachexpositionen treten bei der Verwendung von Lösungsmitteln, beim Schweißen metallischer Legierungen usw. auf. Obwohl die Erkenntnisse bezüglich der gesundheitlichen Auswirkungen solcher Gemische begrenzt sind, sollten Mehrfachexpositionen bei der Charakterisierung der Situation insbesondere bei Vergleichen mit Arbeitsplatzgrenzwerten (OELVs) berücksichtigt werden. Hierzu bestehen diverse Ansätze. Diese reichen von einfachen Verfahren zur Expositionsindizierung bis hin zu fortschrittlichen toxikologischen Modellen.

Bei der Konformitätsbeurteilung muss sichergestellt werden, dass die gleichzeitige Exposition gegenüber mehreren Verbindungen ordnungsgemäß mit allen anwendbaren OELVs sorgfältig berücksichtigt wird. In diesem Fall wird ein mehrstufiger Ansatz entsprechend der folgenden Beschreibung empfohlen:

- Stufe 1: Indizierung der Exposition, beispielsweise die Summe der Expositionen gegenüber jedem einzelnen Bestandteil der Mischung geteilt durch den jeweiligen OELV.
- Stufe 2: Indizierung der additiven Auswirkungen, beispielsweise die Summe der Expositionen gegenüber jedem einzelnen Bestandteil der Mischung mit ähnlichen Auswirkungen oder Auswirkungen auf das gleiche Organ geteilt durch den jeweiligen OELV.
- Stufe 3 und Stufe 4: Fortschrittlichere toxikokinetische Modelle (hier nicht beschrieben).

Für Vergleiche mit dem OELV wird der Expositionsindex für jede Probe berechnet (siehe unten) und in der folgenden statistischen Beurteilung und Auswertung als ein Bestandteil behandelt.

Aufgrund der Komplexität des Sachverhalts sollte die Verwendung von unter Stufe 1 anzusiedelnden anderen und weniger konservativen Ansätzen begründet sein.

C.2 Stufe 1: Expositionsindex (I_E)

Nach Gleichung (C.1) ist dieser Index der gleichzeitigen Exposition, I_E , die Summe der Expositionen gegenüber jedem einzelnen Bestandteil der Arbeitsplatzatmosphäre geteilt durch den jeweiligen OELV_{*i*}.

Der auf die gleichzeitige Exposition anzuwendende OELV wird als Index von 1 angegeben.

$$I_E = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{\text{OELV}_i} \quad (\text{C.1})$$

Dieser Ansatz sollte jedoch die separate Beurteilung von Bestandteilen in unterschiedlichen Aggregatzuständen bei gleichzeitiger Exposition ermöglichen. Es sollte sichergestellt werden, dass bei einer solchen Exposition keine Kombinationswirkungen auftreten.

BEISPIEL

Mit diesem Ansatz kann ein Expositionsindex I_E für ein Lösungsmittel mit vier Bestandteilen aus Azeton, 2-Methoxyethylacetat (EGMEA), Cyclohexanon (CH-ON) und Toluol (TOL) wie folgt berechnet werden:

$$I_E = \frac{E_{\text{Acetone}}}{\text{OELV}_{\text{Acetone}}} + \frac{E_{\text{EGMEA}}}{\text{OELV}_{\text{EGMEA}}} + \frac{E_{\text{CH-ONE}}}{\text{OELV}_{\text{CH-ONE}}} + \frac{E_{\text{TOL}}}{\text{OELV}_{\text{TOL}}}$$

Chemischer Arbeitsstoff	OELV-8 h (Europäische Union) mg/m ³	Ergebnisse mg/m ³	$\frac{E_i}{\text{OELV}_i}$ EU
Azeton	1 210	410	0,34
2-Methoxyethylacetat	4,9	1,8	0,37
Cyclohexanon	40,8	11	0,27
Toluol	192	38,4	0,20
I_E	-	-	1,18

$$I_E = \frac{410}{1210} + \frac{1,8}{4,9} + \frac{11}{40,8} + \frac{38,4}{192}$$

$$I_E = 1,18$$

C.3 Stufe 2: Expositionsindex additive Auswirkungen (I_{AE})

Nach Gleichung (C.2) ist dieser Index der additiven Auswirkungen der Exposition, I_{AE} , die Summe der Expositionen gegenüber jedem einzelnen Bestandteil mit ähnlichen Auswirkungen oder Auswirkungen auf das gleiche Organ geteilt durch den jeweiligen OELV_i .

Der auf die gleichzeitige Exposition anzuwendende OELV wird als Index von 1 angegeben.

$$I_{AE_{1...m}} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{\text{OELV}_i} \quad (\text{C.2})$$

BEISPIEL

Eine Exposition gegenüber den Dämpfen von Azeton und Cyclohexanon (reizende Wirkung I_{AE_1}) muss aufgrund von unterschiedlichen kritischen Auswirkungen und Wirkungen auf unterschiedliche Organe separat mit 2-Methoxyethylacetat und Toluol (Auswirkungen auf die Reproduktion I_{AE_2}) beurteilt werden.

Chemischer Arbeitsstoff	I_{AE_i} Group	OELV-8 h Europäische Union mg/m ³	Ergebnisse mg/m ³	$\frac{E_i}{\text{OELV}_i}$ EU
Azeton	1	1 210	410	0,34
Cyclohexanon	1	40,8	11	0,27
2-Methoxyethylacetat	2	4,9	1,8	0,37
Toluol	2	192	38,4	0,20
I_{AE_1}	-	-	-	0,61
I_{AE_2}	-	-	-	0,57

$$I_{AE1} = \frac{E_{\text{Acetone}}}{OELV_{\text{Acetone}}} + \frac{E_{\text{CH-ONE}}}{OELV_{\text{CH-ONE}}}$$

$$I_{AE1} = 0,61$$

$$I_{AE2} = \frac{E_{\text{EGMEA}}}{OELV_{\text{EGMEA}}} + \frac{E_{\text{TOL}}}{OELV_{\text{TOL}}}$$

$$I_{AE2} = 0,57$$

C.4 Stufe 3 und 4

Gefährdungsbeurteilungen der Stufen 3 und 4 enthalten zunehmend präzise Informationen zur Vorgehensweise inklusive der kinetischen und dynamischen Aspekte.

Beispiele für solche Werkzeuge und Methoden sind:

Mixie von IRSST

<http://www.irsst.qc.ca/en/-tool-mixie-mixtures-of-substances-in-the-workplace-computer-based-tool-for-evaluating-the-chemical-risk-calculation-of-the-rm.html>

Werkzeug ART REACH

<https://www.advancedreachtool.com/>

Anhang D (informativ)

Expositionsprofil und Probenahmedauer

D.1 Allgemeines

Die gesamte Dauer der Probenahme wird unter Beachtung der Expositions-Determinanten inklusive der Aufgaben vom Gutachter festgelegt. Die Dauer der Probenahme sollte repräsentativ für die Referenzzeitspanne des kontrollierten Grenzwerts sein und unter Berücksichtigung der variablen Konzentration, der Bestimmungsgrenze und anderen Leistungsmerkmalen der Analysemethode ermittelt werden. Es können viele Situationen auftreten.

ANMERKUNG Bild D.1 bis Bild D.7 zeigen die Expositionskonzentration C über der Zeit t .

D.2 Messung zwecks Konformitätsprüfung mit 8 h OELV

a) Expositions-Determinanten sind während der Schicht (WS) konstant

Die gesamte Dauer der Probenahme (TSD) sollte mindestens 2 h betragen.

Die Exposition im Probenahmezeitraum kann als für die Exposition während der Schicht (WS) repräsentativ angesehen werden.

Es gibt drei Alternativen:

- Messung für die gesamte Schicht.
- Messung für einen Expositionszeitraum (mindestens 2 h).
- Messung für mehr als einen Expositionszeitraum (d. h. zwei Zeiträume von 1 h).

Siehe Bild D.1.

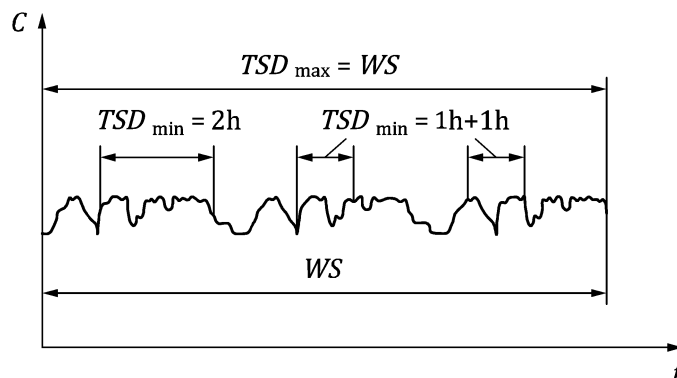


Bild D.1

b) Expositions-Determinanten sind während der Schicht nicht konstant

1) Exposition tritt in einem zeitlichen Abschnitt während der Schicht auf