

Beurteilung von Konzentrationsspitzen am Arbeitsplatz – eine Arbeitshilfe

C. Emmel, K. Vossen, D. Koppisch

ZUSAMMENFASSUNG Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) fordern für die Bewertung der Gefahrstoffexposition am Arbeitsplatz neben der Exposition über die Schicht auch Konzentrationsspitzen zu berücksichtigen. Da hierbei neben der Expositionshöhe weitere Vorgaben zu beachten sind, stellt dieser Artikel allen Akteuren im Arbeitsschutz eine Hilfestellung zur systematischen Durchführung der regelkonformen Beurteilung von Arbeitsplatzmessungen bereit. Mit den erstellten Flussdiagrammen steht ein Mittel zur Verfügung, das die Interpretation von Messergebnissen vereinheitlicht – seien sie durch sammelnde Messverfahren oder durch direktanzeigende Messungen ermittelt. Beispiele zum Vorgehen helfen in diesem Artikel bei der Umsetzung in der täglichen Arbeit im Arbeitsschutz.

1 Einleitung

Bei der Bewertung der Gefahrstoffexposition am Arbeitsplatz sind neben der Exposition über die Schicht auch Konzentrationsspitzen zu berücksichtigen. Der Einsatz von direktanzeigenden Messsystemen, die den Konzentrationsverlauf aufzeichnen können, ist hier hilfreich. Beim Heranziehen der für die Bewertung zugrunde liegenden Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 900, 910 und 402 [1 bis 3] stehen die Anwendenden schnell vor einem Problem: Die Regeln machen relativ viele Vorgaben für die Bewertung von Konzentrationsspitzen. Sie beschreiben neben Anforderungen an die maximale Höhe der Expositionsspitzen auch Vorgaben zur maximalen Dauer, zur Anzahl und zum zeitlichen Abstand zwischen Expositionsspitzen. Einen Leitfaden zur Interpretation und Bewertung der Ergebnisse von Messungen sucht man dort vergeblich. Dies führt dazu, dass bei der praktischen Durchführung der Bewertung die Vorgaben der TRGS nicht selten unterschiedlich interpretiert werden und Unsicherheiten bei der Bewertung bestehen.

Im folgenden Artikel werden daher die erforderlichen Definitionen für die Auswertung von direktanzeigenden Messungen im Vergleich zu sammelnden Messverfahren beschrieben. Es wird eine Systematik der Überprüfungen der Bedingungen aus den TRGS abgeleitet. Mithilfe der hier vorgestellten Flussdiagramme werden die Anwendenden anhand einer festen Reihenfolge von Abfragen durch das Kurzzeitwertkonzept zu den unterschiedlichen Bewertungen geführt. Diese liefern eine praktische Hilfestellung für Akteure im Arbeitsschutz.

Assessment of concentration peaks at the workplace – a work aid

ABSTRACT For the assessment of the exposure to hazardous substances at the workplace, the German technical rules for hazardous substances require that concentration peaks must be evaluated in addition to the shift exposure. Since in addition to the exposure level further parameters must be considered, this article helps all occupational health and safety professionals to carry out the risk assessment systematically in accordance with the technical rules. The flowcharts presented provide a means of standardization for the interpretation of measurement results, whether they were determined by sampling methods or by directly reading measurements. Examples of the procedure help with the implementation in the daily work of occupational health and safety professionals.

2 Vorgaben der TRGS

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist die Frage zu beantworten, ob die Schutzmaßnahmen am betreffenden Arbeitsplatz ausreichend sind. Um diese Aussage treffen zu können, werden Messergebnisse mit Grenzwerten und Beurteilungsmaßstäben der vorkommenden Stoffe verglichen. Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) nach TRGS 900 [1] beinhalten einen Schichtmittelwert bezogen auf eine achtstündige Exposition an fünf Tagen pro Woche und eine Begrenzung der Höhe der Konzentrationsspitzen mithilfe des Überschreitungsfaktors (ÜF) in Bezug zu einem 15-Minuten-Mittelwert sowie gegebenenfalls durch Ausweisung eines Momentanwertes. Für Stoffe mit Expositions-Risiko-Beziehungen (ERB) (TRGS 910 [2]) werden nur für die Toleranzkonzentration (TK) Überschreitungsfaktoren ausgewiesen. Für die Akzeptanzkonzentration (AK) sind keine Überschreitungsfaktoren ausgewiesen. Für die in den stoffspezifischen TRGS aufgeführten Grenzwerte (z. B. TRGS 559 [4]) gelten ebenso die Vorgaben der TRGS 900.

Darüber hinaus werden für eine Reihe weiterer nationaler (z. B. MAK- und BAT-Werte-Liste der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe [5]) und internationaler Beurteilungsmaßstäbe neben dem Schichtmittelwert auch Kurzzeitwerte ausgewiesen, z. B. die rechtsverbindlichen Binding Occupational Exposure Limit Values – BOELV der Europäischen Union oder, informativ, Grenzwerte anderer Länder (siehe GESTIS International Limit Values [6]).

Im Folgenden wird der Oberbegriff Beurteilungsmaßstab verwendet, da die Bewertung von Konzentrationsspitzen nicht nur bei Stoffen mit einem AGW erfolgt, sondern auch für andere Beurteilungsmaßstäbe.

Neben den Überschreitungsfaktoren nennen die TRGS weitere zu überprüfenden Kriterien, die im Folgenden beschrieben werden. Zur Überprüfung dieser Anforderungen werden neben sammelnden Messverfahren auch direktanzeigende Messsysteme eingesetzt. Diese bieten den Vorteil, dass zeitliche Konzentrationsverläufe und Expositionsspitzen ermittelt werden können. Damit wird die Überwachung von Kurzzeitwerten (Produkt aus Beurteilungsmaßstab und Überschreitungsfaktor) erleichtert. Hier sind sammelnde Messverfahren mit Anreicherung auf einem Sammelmedium und anschließender analytischer Bestimmung im Nachteil. Der Aufwand wäre beträchtlich, wenn alle 15 Minuten eine Probenahme erfolgen sollte. Die Verfahren sind außerdem meist auf die Überprüfung der Exposition während der Schicht und daher auf eine Probenahme von mehreren Stunden ausgelegt. Eine Beurteilung kürzerer Zeiträume ist bei vielen Stoffen durch die dann zu hohe Bestimmungsgrenze nicht möglich. Für eine Überprüfung der inhalativen Exposition sind zudem gemäß TRGS 402 geeignete oder bedingt geeignete Messverfahren heranzuziehen, die die Leistungsanforderungen der DIN 482 [7] erfüllen. Dies gilt für sammelnde Verfahren wie auch für direktanzeigende Messverfahren gleichermaßen.

3 Überprüfung des Kurzzeitwertkonzeptes

Da die Überprüfung der Konzentrationsspitzen an mehr Bedingungen als die Einhaltung der Kurzzeitwerte geknüpft ist, wurde eine Systematik und Reihenfolge der abzuarbeitenden Fragen erstellt, die grafisch in zwei Flussdiagrammen (**Bild 1** und **2**) umgesetzt wurde. Mit der formalen Abarbeitung der dort aufgelisteten Fragen ist eine Überprüfung der Kurzzeitwertbedingungen übersichtlich und nachvollziehbar. Notwendige Definitionen und Erläuterungen werden dabei bei den jeweiligen Fragen eingebunden. Ergänzende Infokästen liefern Zusammenfassungen der verschiedenen Definitionen und deren Anwendung.

3.1 Überprüfung des Kurzzeitwertkonzeptes gemäß der Systematik in Flussdiagramm 1

Es wird davon ausgegangen, dass der Schichtmittelwert kleiner als der Beurteilungsmaßstab ist. Andernfalls würde bereits hier die Beurteilung „die Maßnahmen sind nicht ausreichend“ folgen.

¹⁾ Der gleitende 15-Minuten-Mittelwert ist eine einfache Methode zur Glättung von Messdaten. Dazu wird die Menge der gleitenden Mittelwerte iterativ („gleitend“) über einen festen Zeitausschnitt („Fenster“) aus den Messwerten berechnet: Es wird der arithmetische Mittelwert aus den Messdaten der letzten 15 Minuten berechnet. Dieses 15-Minuten-Zeitfenster wird dann überlappend verschoben, d. h. es werden wiederholt der erste Messwert aus dem Zeitfenster gestrichen, der nächste Messwert nach dem Zeitfenster hinzugenommen und ein neuer Mittelwert berechnet. Das Ergebnis ist dann zu jedem Zeitpunkt der Mittelwert der Messwerte der letzten 15 Minuten.

²⁾ Beurteilungsmaßstäbe sind in der Regel für einen Beurteilungszeitraum von acht Stunden als Schichtmittelwerte definiert. Die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes beschreibt dagegen den Zahlenwert des Beurteilungsmaßstabes, ohne dass dieser auf einen Zeitraum bezogen ist. Dadurch wird ein Vergleich mit den ermittelten Konzentrationen und Mittelwerten, die unterschiedliche Zeiträume beschreiben, ermöglicht.

Die Überprüfung der Kurzzeitwertbedingungen beginnt mit der Kontrolle der Höhe der Exposition während der Expositionszeiten. Die TRGS sehen als Beurteilungszeitraum für die Überprüfung der Einhaltung der Kurzzeitwertbedingungen 15 Minuten vor. In der praktischen Anwendung werden im Fall der sammelnden Messverfahren die Ergebnisse der 15-minütigen Probenahmen und bei direktanzeigenden Messsystemen die gleitenden 15-Minuten-Mittelwerte¹⁾ betrachtet. Infokasten 1 erläutert, wie für sammelnde Messverfahren und direktanzeigende Messsysteme Beginn und Ende einer Kurzzeitwertphase (KZWP) definiert werden.

Schritt 1 – Überprüfung einer Unterschreitung der Konzentration des Beurteilungsmaßstabes

Im ersten Schritt wird überprüft, ob überhaupt eine Einschränkung der Arbeiten aufgrund des Kurzzeitwertkonzeptes zum Tragen kommt: Unterschreitet die höchste ermittelte Konzentration aller 15-Minuten-Probenahmen bzw. der höchste gleitende 15-Minuten-Mittelwert (AM_{15Max}) die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes²⁾ (**Gleichung 1**), dann sind die Kurzzeitwertbedingungen eingehalten.

$$AM_{15Max} \leq BM \quad (1)$$

AM_{15Max} : maximaler 15-Minuten-Mittelwert

BM: Konzentration des Beurteilungsmaßstabes

Es sind in diesem Fall keine weiteren Überprüfungen im Rahmen des Kurzzeitwertkonzeptes mehr erforderlich, sofern dies auch für die zukünftige Durchführung der Tätigkeiten sichergestellt werden kann. Das Ergebnis der Bewertung lautet daher „Kurzzeitwert-Bedingungen eingehalten“ (grüne Box im Flussdiagramm). Die Tätigkeiten können ohne jede Einschränkung ausgeführt werden.

Schritt 2 – Überprüfung einer Überschreitung der Kurzzeitwertkonzentration

Überschreitet der höchste 15-Minuten-Mittelwert die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes, wird nun überprüft, ob die 15-Minuten-Mittelwerte so hoch sind, dass direkt Maßnahmen zur Reduktion der Exposition am Arbeitsplatz erfolgen müssen. Dazu wird der ermittelte maximale 15-Minuten-Mittelwert mit der Kurzzeitwertkonzentration verglichen (**Gleichung 2**). Die Kurzzeitwertkonzentration ergibt sich aus dem Produkt von Überschreitungsfaktor und Konzentration des Beurteilungsmaßstabes ($\ddot{U}F * BM$). Im folgenden Text wird diese mit „Kurzzeitwert“ abgekürzt.

$$AM_{15Max} \leq \ddot{U}F * BM \quad (2)$$

Überschreitet mindestens bei einer 15-Minuten-Probenahme die ermittelte Konzentration oder mindestens ein gleitender 15-Minuten-Mittelwert den Kurzzeitwert, dann sind die Kurzzeitwertbedingungen nicht eingehalten (rote Box).

Schritt 3 – Berücksichtigung weiterer Anforderungen der Kurzzeitwertphasen

Noch zu beurteilen sind nun die Messungen, bei denen der maximale 15-Minuten-Mittelwert die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes überschreitet.

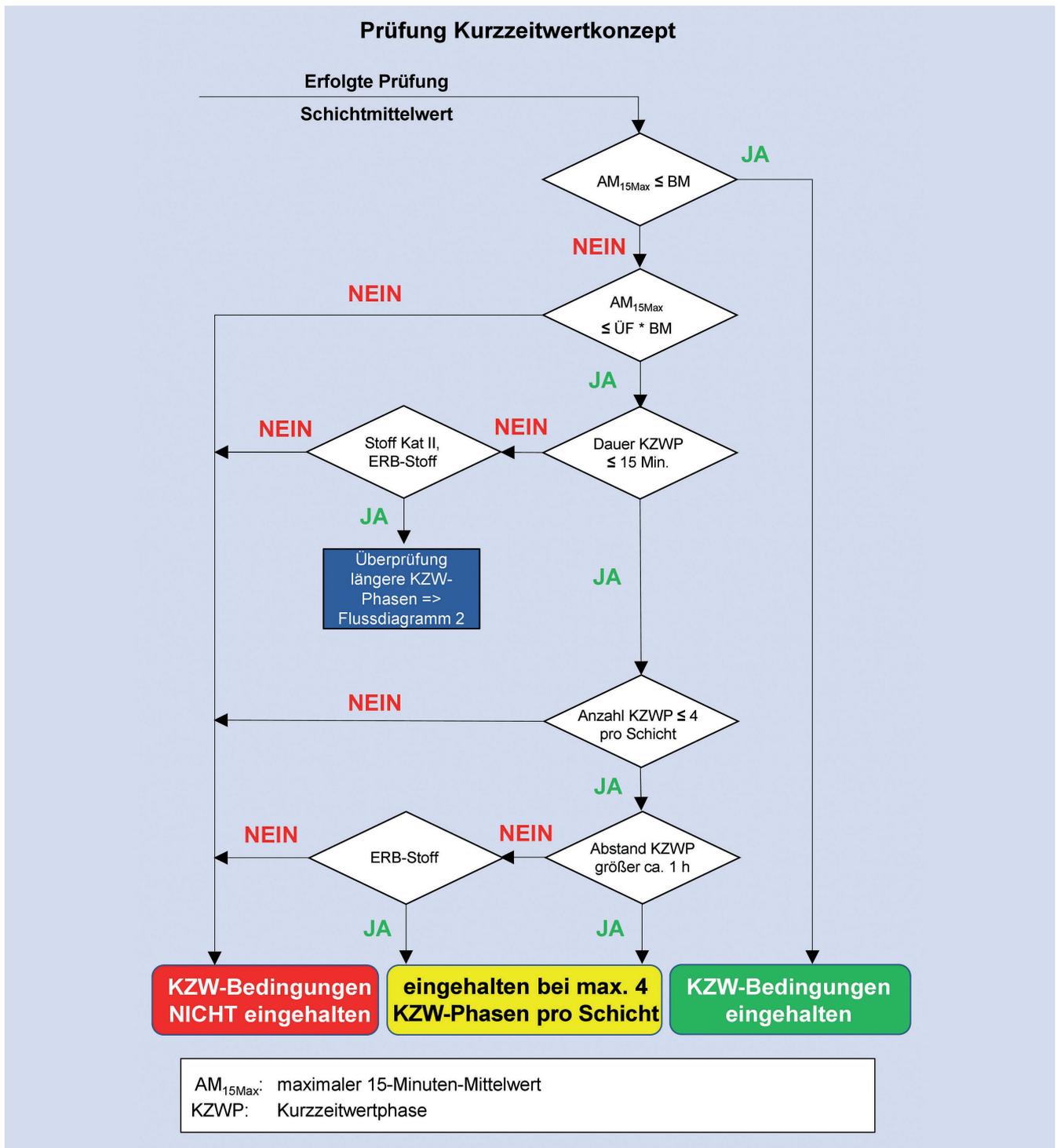


Bild 1 Flussdiagramm 1: Überprüfung des Kurzzeitwertkonzeptes. Grafik: Autoren

lungsmaßstabes überschritten, aber den Kurzzeitwert nicht erreicht hat (**Gleichung 3**).

$$BM < AM_{15Max} \leq \ddot{U}F * BM \quad (3)$$

Anders als bei den bisherigen Prüfungen, bei denen es um eine ja/nein-Entscheidung der Höhe von Konzentrationswerten ging, ist jetzt eine Beurteilung des zeitlichen Verlaufes der Konzentrationen erforderlich:

Schritt 3a – Überprüfung der Dauer der Kurzzeitwertphasen

Die erste Bedingung betrifft die Dauer der Kurzzeitwertphase, also die Zeitdauer, in der der 15-Minuten-Mittelwert höher ist als der Kurzzeitwert. Die Ermittlung von Beginn und Ende der Kurzzeitwertphase ist bei sammelnden Messverfahren und direktanzeigender Messung unterschiedlich (vgl. Info-Kasten 1).

Überprüfung längere KZW-Phasen

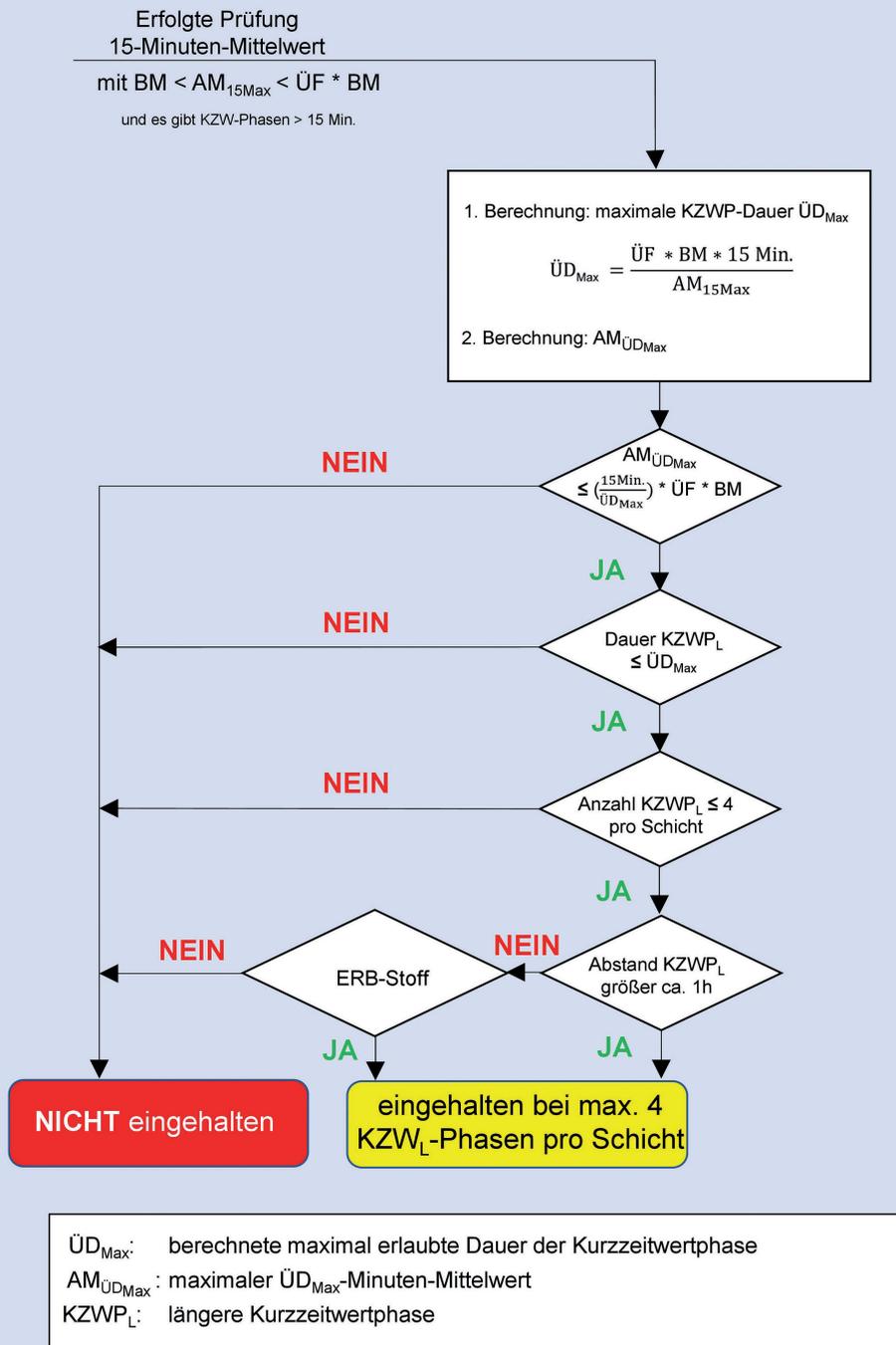


Bild 2 Flussdiagramm 2: Überprüfung der Kurzzeitwertkonzeptes bei längeren Kurzzeitwertphasen. Grafik: Autoren

Beginn der Kurzzeitwertphase

Bei sammelnden Messverfahren ist dies der Beginn der 15-minütigen Probenahme, bei der die ermittelte Konzentration größer als die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes ist. Bei direktanzeigenden Messungen beginnt die Kurzzeitwertphase mit dem ersten gleitenden 15-Minuten-Mittelwert, der die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes überschreitet.

Ende der Kurzzeitwertphase

Bei sammelnden Messverfahren ist das Ende der Kurzzeitwertphase erreicht, wenn die Konzentration der darauffolgenden Probenahme unterhalb des Beurteilungsmaßstabes liegt.

Bei direktanzeigenden Messungen ist das Ende der Kurzzeitwertphase erreicht, wenn der gleitende 15-Minuten-Mittelwert wieder die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes unterschreitet – jedoch frühestens nach 15 Minuten.

Hat man die Dauer der Kurzzeitwertphasen ermittelt, ist zu überprüfen, ob deren Dauer höchstens 15 Minuten beträgt (**Gleichung 4**).

$$\text{Dauer KZWP} \leq 15 \text{ Minuten} \quad (4)$$

KZWP: Kurzzeitwertphase

Ist die Dauer der Kurzzeitwertphase maximal 15 Minuten, müssen weitere Überprüfungen erfolgen (Schritt 3b und folgende). Wenn die Dauer der Kurzzeitwertphase länger als 15 Minuten ist, sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. Bei Stoffen der Kategorie I (Stoffe, bei denen die lokale Wirkung grenzwertbestimmend ist oder atemwegssensibilisierende Stoffe) darf die Dauer der Kurzzeitwertphase nicht länger als 15 Minuten sein. Bei Überschreiten dieser Dauer sind die Kurzzeitwertbedingungen für diese Stoffe nicht eingehalten (rote Box).
 - Bei sammelnden Messverfahren bedeutet dies, dass zwei direkt aufeinander folgende Probenahmen keine Konzentration oberhalb der BM haben dürfen.
 - Bei direktanzeigenden Messungen darf spätestens 15 Minuten nach dem ersten Überschreiten des gleitenden 15-Minuten-Mittelwertes kein weiterer 15-Minuten-Mittelwert höher als die BM sein. Dies ist auch unabhängig davon, dass er ggf. innerhalb der 15 Minuten auch zeitweilig unterhalb der Konzentration des Beurteilungsmaßstabes liegen kann.
2. Bei Stoffen der Kategorie II (resorptiv wirksame Stoffe) und den ERB-Stoffen darf die Dauer der Kurzzeitwertphase unter bestimmten Voraussetzungen auch länger sein. Die Überprüfung für diesen Fall erfolgt gemäß der Vorgehensweise im Flussdiagramm 2 (siehe Abschnitt 3.2).

Schritt 3b – Anzahl der Kurzzeitwertphasen

Es sind pro Schicht lediglich vier Kurzzeitwertphasen zulässig (**Gleichung 5**). Sind es mehr, sind die Kurzzeitwertbedingungen nicht eingehalten (rote Box).

$$\text{Anzahl KZWP} \leq 4 \quad (5)$$

Anzahl KZWP: Anzahl der Kurzzeitwertphasen in der Schicht

Schritt 3c – Zeitlicher Abstand zwischen den Kurzzeitwertphasen

Im letzten Schritt wird der Abstand zwischen den Kurzzeitwertphasen überprüft. Hier ist ein zeitlicher Abstand von einer Stunde anzustreben (siehe TRGS 900):

$$\Delta_{\text{KZWP}} > \text{ca. } 1 \text{ h} \quad (6)$$

Δ_{KZWP} : zeitlicher Abstand zwischen den Kurzzeitwertphasen

Sind die zeitlichen Abstände kürzer, sind die Kurzzeitwertbedingungen nicht eingehalten (rote Box). Ausnahme sind hier die ERB-Stoffe, bei denen gemäß TRGS 910 keine Einschränkung der zeitlichen Abfolge gemacht werden, d. h. die vier Kurzzeitwertphasen könnten im Extremfall auch direkt nacheinander auftreten.

INFOKASTEN 1: DEFINITIONEN

Beurteilungszeitraum für Konzentrationsspitzen:

Konzentrationsspitzen werden anhand von 15-Minuten-Mittelwerten bewertet

a) Sammelnde Messverfahren: 15-minütige Probenahmen

b) Direktanzeigende Messsysteme: gleitender 15-Minuten-Mittelwert

Kurzzeitwertphasen beschreiben Perioden, in denen die ermittelte mittlere Konzentration die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes (BM) überschreitet.

Beginn der Kurzzeitwertphase:

a) Sammelnde Messverfahren: Beginn der 15-minütigen Probenahme, bei der der Messwert die BM überschreitet.

b) Direktanzeigende Messsysteme: Erster gleitender 15-Minuten-Mittelwert mit Überschreitung der BM

Ende der Kurzzeitwertphase:

a) Sammelnde Messverfahren: Ende der letzten direkt aufeinanderfolgenden 15-minütigen Probenahme, bei der der Messwert die BM überschreitet.

b) Direktanzeigende Messsysteme: Sobald der gleitende 15-Minuten-Mittelwert wieder unterhalb der BM liegt, jedoch frühestens nach 15 Minuten

Schritt 3d – abschließende Bewertung

Auch wenn alle obigen Nebenbedingungen unter 3 eingehalten werden, kann als Bewertung nur eine eingeschränkte Freigabe gegeben werden (gelbe Box), da in jedem Fall eine Beschränkung der Arbeiten auf vier Kurzzeitwertphasen pro achtstündiger Schicht erfolgen muss. Dies hat ggf. erheblichen Einfluss auf die Durchführung der Tätigkeiten.

3.2 Überprüfung der Kurzzeitwertkonzeptes bei längeren Kurzzeitwertphasen – Flussdiagramm 2

Bei resorptiv wirkenden Stoffen (Stoffe Kategorie II, ERB-Stoffe) lassen TRGS 900 und 910 für den Fall „Kurzzeitwertphasen vorhanden“ auch längere Kurzzeitwertphasen zu, wenn das Produkt aus Überschreitungsfaktor und Dauer der Kurzzeitwertphase eingehalten wird.

Besonders bei wiederkehrenden länger währenden Arbeiten ist diese Öffnungsklausel von Nutzen. Die Beschränkung auf vier 15-minütige Kurzzeitwertphasen pro Schicht stellt je nach Arbeitsprozess eine erhebliche Einschränkung der Einsatzfähigkeit von Arbeitsverfahren dar. Dies wird umso wichtiger, wenn die 15-Minuten-Mittelwerte die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes nur geringfügig überschreiten. Die rechtlichen Vorgaben lassen hier jedoch Anpassungen zu:

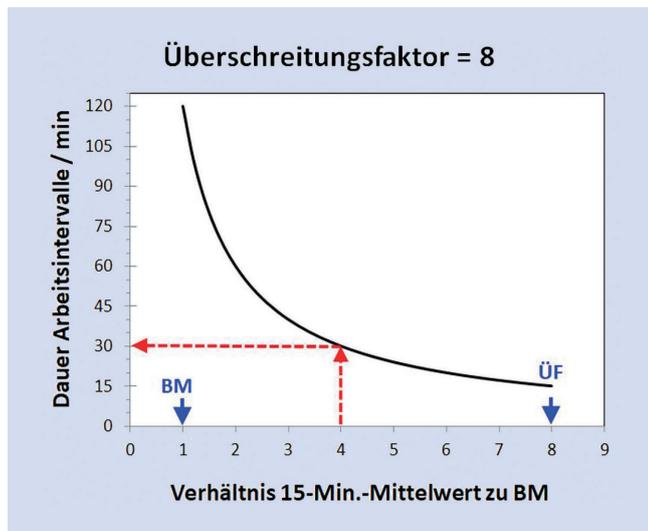


Bild 3 Grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen maximalem 15-Minuten-Mittelwert im Verhältnis zum Beurteilungsmaßstab bei einem ÜF von 8 für Gefahrstoffe der Kurzzeitwertkategorie II nach TRGS 900 und ERB-Stoffen nach TRGS 910. Grafik: Autoren

Erreicht beispielsweise der maximale 15-Minuten-Mittelwert bei einem Überschneidungsfaktor von acht lediglich das Vierfache der Konzentration des Beurteilungsmaßstabes, dann ist auch eine Kurzzeitwertphase von 30 Minuten möglich, beim Doppelten sogar bis zu 60 Minuten, sofern auch die anderen Nebenbedingun-

INFOKASTEN 2:

FALLUNTERSCHIEDUNG – MAXIMALER 15-MINUTEN-MITTELWERT

1. Fall: Unterschreitet die höchste ermittelte Konzentration aller 15-Minuten-Probenahmen bzw. der höchste gleitende 15-Minuten-Mittelwert die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes, dann sind die Kurzzeitwertbedingungen eingehalten.

Die Kurzzeitwertbedingungen sind eingehalten und es gibt keine zeitlichen Einschränkungen in der Arbeitsdauer. Damit ist die Kurzzeitwertbetrachtung bereits abgeschlossen.

2. Fall: Überschreitet mindestens bei einer 15-Minuten-Probenahme die ermittelte Konzentration bzw. mindestens ein gleitender 15-Minuten-Mittelwert die maximal erlaubte Kurzzeitwertkonzentration (Überschneidungsfaktor ÜF * BM), dann sind die Kurzzeitwertbedingungen der BM nicht eingehalten.

Auch in diesem Fall ist die Überprüfung damit beendet.

3. Fall: Überschreitet der maximale 15-Minuten-Mittelwert die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes, ohne dass auch die erlaubte Kurzzeitwertkonzentration überschritten wird, so müssen in diesem Fall alle weiteren Bedingungen des Kurzzeitwertkonzeptes überprüft werden.

Die Überprüfung ist daher noch nicht abgeschlossen.

gen (maximal 4 KZWP, zeitlicher Abstand) erfüllt sind. **Bild 3** zeigt, dass für beliebige Verhältnisse aus maximalem 15-Minuten-Mittelwert und Kurzzeitwert geeignete, maximal verlängerte Dauern der Kurzzeitwertphasen berechnet werden können. Praktisch bedeutet dies, dass je nach Überschneidungsfaktor eine erhebliche Verlängerung der Arbeiten möglich ist.

Überprüft werden kann dies sehr einfach bei direktanzeigenden Messungen, bei denen die Daten beliebig neu berechnet werden können. Bei sammelnden Messverfahren ist das eher eine theoretische Möglichkeit, da die Probenahmen auf eine Dauer von 15 Minuten festgelegt sind, sodass nur Mehrfache von 15-Minuten überprüft werden können.

Die Annahmen und Abfragen sind im Flussdiagramm 2 (Bild 2) dargestellt. Vorausgesetzt wird, dass eine Überprüfung der Kurzzeitwertbedingungen mithilfe des Flussdiagramms 1 (Bild 1) erfolgt ist. Weiterhin wird aus pragmatischen Gründen angenommen, dass die höchste Konzentrationsspitze, beschrieben durch den maximalen 15-Minuten-Mittelwert, Grundlage für die Ermittlung der Dauer aller Kurzzeitwertphasen ist.

Schritt L1 – Berechnung der maximalen Dauer der Kurzzeitwertphasen

Grundlage ist der oben ermittelte maximale 15-Minuten-Mittelwert AM_{15Max} , der mit dem Produkt aus Überschneidungsfaktor (ÜF) und Konzentration des BM verglichen wird. Die Auflösung nach der Zeit führt zu **Gleichung 7**.

$$\ddot{U}D_{Max} = \frac{\ddot{U}F_{BM} * BM * 15 \text{ Min.}}{AM_{15Max}} \quad (7)$$

$\ddot{U}D_{Max}$: Maximale Überschneidungsdauer

Rechenbeispiel: Bei einem Überschneidungsfaktor von 4, einem BM von 10 mg/m^3 und einem ermittelten maximalen 15-Minuten-Mittelwert von 20 mg/m^3 ergibt sich eine maximale Überschneidungsdauer von 30 Minuten (**Gleichung 8**).

$$\ddot{U}D_{Max} = \frac{4 * 10 \text{ mg/m}^3 * 15 \text{ Min.}}{20 \text{ mg/m}^3} = 30 \text{ Min.} \quad (8)$$

Im Folgenden wird gezeigt, wie unter Berücksichtigung der neu ermittelten maximalen Überschneidungsdauer $\ddot{U}D_{Max}$ geprüft wird, ob die Kurzzeitwertbedingungen erfüllt sind.

Schritt L2 – Berechnung des neuen maximalen arithmetischen Mittelwertes $AM_{\ddot{U}D_{Max}}$

Aus den Messdaten werden neue gleitende Mittelwerte analog zur Überprüfung in Flussdiagramm 1 berechnet, nur beträgt nun der Beurteilungszeitraum nicht mehr 15 Minuten, sondern $\ddot{U}D_{Max}$ (vgl. Rechenbeispiel: $\ddot{U}D_{Max}$ 30 Minuten).

Schritt L3 – Überprüfung des maximalen Mittelwertes mit der Dauer $\ddot{U}D_{Max}$

Durch das größere zu berücksichtigende Zeitfenster ist noch einmal zu überprüfen, ob Konzentrationsspitzen, die vorher vom 15-Minuten-Zeitfenster nicht erfasst wurden, ggf. zu einem höheren maximalen Mittelwert führen. Bezugsgröße ist jetzt nicht mehr der Kurzzeitwert (ÜF * BM), sondern das um das Verhältnis $15 \text{ Min.}/\ddot{U}D_{Max}$ reduzierte Produkt (**Gleichung 9**).

$$AM_{\text{ÜD}_{\text{Max}}} \leq \left(\frac{15\text{Min.}}{\text{ÜD}_{\text{Max}}}\right) * \text{ÜF} * \text{BM} \quad (9)$$

Angewendet auf das obige Rechenbeispiel (8) bedeutet dies, dass bei einem Überschreitungsfaktor ÜF von 4, einer BM von 10 mg/m³ und einer ermittelten maximalen Überschreitungsdauer von 30 Minuten der neue maximale arithmetische Mittelwert $AM_{\text{ÜD}_{\text{Max}}}$ eine Konzentration von 20 mg/m³ nicht überschreiten darf.

Schritt L4 – Überprüfung der Dauer der Kurzzeitwertphasen

Durch das größere zu berücksichtigende Zeitfenster ist noch einmal zu überprüfen, ob Konzentrationsspitzen, die vorher vom 15-Minuten-Zeitfenster nicht erfasst wurden, ggf. zu einer weiteren Verlängerung der neuen Kurzzeitwertphase $KZWP_L$ führen (**Gleichung 10**).

$$\text{Dauer } KZWP_L \leq \text{ÜD}_{\text{Max}} \quad (10)$$

$KZWP_L$: längere Kurzzeitwertphase, ermittelt aus den ÜD_{Max} -Minuten-Mittelwerten

Schritt L5 – Zeitlicher Abstand zwischen den Kurzzeitwertphasen KZWPL

Die Bedingung des Abstandes von ca. einer Stunde (**Gleichung 11**) für Stoffe der Kategorie II stellt aufgrund der größeren möglichen Dauer der Kurzzeitwertphasen eine Hürde in der praktischen Anwendung dar. Ein Hinweis zur praktischen Anwendung für diesen Fall ist jedoch in den TRGS nicht enthalten.

$$\Delta_{KZWP_L} > \text{ca. } 1 \text{ h} \quad (11)$$

Δ_{KZWP_L} : zeitlicher Abstand zwischen den Kurzzeitwertphasen

Ausnahme sind auch hier die ERB-Stoffe, bei denen gemäß TRGS 910 keine Einschränkung der zeitlichen Abfolge gemacht werden, d. h. die vier Kurzzeitwertphasen könnten im Extremfall auch direkt nacheinander auftreten.

4 Umgang mit Stoffen mit AGW ohne Überschreitungsfaktor

In der TRGS 900 ist nicht für alle Stoffe, die einen AGW besitzen, auch ein Überschreitungsfaktor ausgewiesen, da toxikologische Erkenntnisse zur Bewertung fehlen. Hier greift die TRGS 402, die für Stoffe ohne ausgewiesenen Überschreitungsfaktor eine maximal achtfache Überschreitung der Konzentration des BM bei einem Beurteilungszeitraum von 15 Minuten erlaubt. Dies bedeutet, dass für alle Stoffe ohne ausgewiesenen Überschreitungsfaktor der Faktor 8 anzusetzen ist. Für diese Stoffe sind auch längere Kurzzeitwertphasen vergleichbar mit Stoffen Kategorie II möglich. Sind für diese Stoffe jedoch lokal wirksame oder atemwegsensibilisierende Eigenschaften bekannt, sollte eine Bewertung vergleichbar mit Stoffen Kategorie I vorgenommen werden.

5 Umgang mit Stoffen mit Momentanwert

In Ergänzung zu den auf 15 Minuten bezogenen Überschreitungsfaktoren können bei Stoffen der Kategorie I zusätzliche Momentanwerte ausgewiesen sein, deren Bedingung durch vor-

nachgestelltes Gleichheitszeichen ausgewiesen sind (z. B. =4=). Die dort ausgewiesenen Überschreitungsfaktoren dürfen zu keinem Zeitpunkt überschritten werden. Der anzuwendende Beurteilungszeitraum beträgt für diese Stoffe gemäß TRGS 402 eine Minute.

Für die praktische Überprüfung bedeutet dies, dass aus den Messdaten arithmetische 1-Minuten-Mittelwerte berechnet werden müssen. Dabei darf der maximale gleitende 1-Minuten-Mittelwert das Produkt aus Überschreitungsfaktor und BM nicht überschreiten (**Gleichung 12**).

$$AM_{1\text{Max}} \leq =\text{ÜF} = * \text{BM} \quad (12)$$

=ÜF= Überschreitungsfaktor des Momentanwertes

Da es sich hier um eine reine ja/nein-Abfrage handelt, ist die Bewertung mit Ermittlung von $AM_{1\text{Max}}$ schnell abgeschlossen.

6 Beispiele zur praktischen Anwendung

Es soll nun die zuvor beschriebene Systematik auf verschiedene Beispiele angewendet werden. Dazu werden Konzentrationsverläufe mithilfe von sammelndem Messfahren (15-minütige Probenahmen) und direktanzeigendem Messverfahren (gleitender 15-Minuten-Mittelwert) parallel dargestellt. Bei allen Beispielen wird davon ausgegangen, dass die Schichtmittelwerte unterschritten wurden.

Beispiel 1: Unterschreitung der BM

Im folgenden Beispiel ist der zeitliche Verlauf der Konzentrationen von Kohlenstoffmonoxid (CO) aufgetragen (**Bild 4**). CO hat einen AGW von 35 mg/m³ und einen Überschreitungsfaktor von 2 (Kategorie II) [1]. Es sind verschiedene Spitzen zu erkennen, die oberhalb des Kurzzeitwertes liegen.

Zur Überprüfung des Kurzzeitwertkonzeptes werden die Konzentrationen von 15-minütigen Probenahmen, die nahtlos nacheinander erfolgten (**Bild 5a**), und die gleitenden 15-Minuten-Mittelwerte der Messung mit einem direktanzeigenden Messgerät aufgetragen (**Bild 5b**).

Sowohl bei dem sammelnden Messverfahren als auch bei der direktanzeigenden Messung wird die Konzentration des Beurtei-

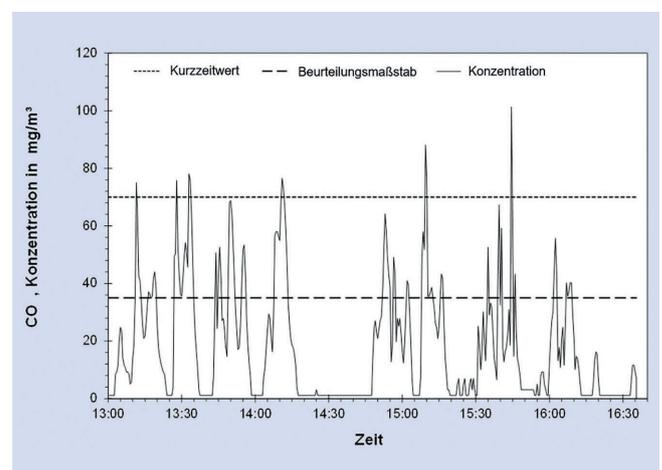


Bild 4 Konzentrationsverlauf der CO-Exposition in Beispiel 1. Grafik: Autoren

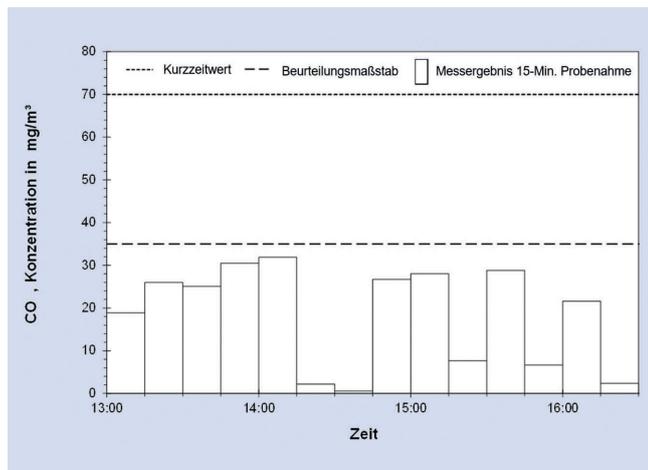


Bild 5a Konzentrationsverlauf der CO-Exposition in Beispiel 1, ermittelt durch 15-minütige Probenahmen (aus dem Konzentrationsverlauf berechnet). *Grafik: Autoren*

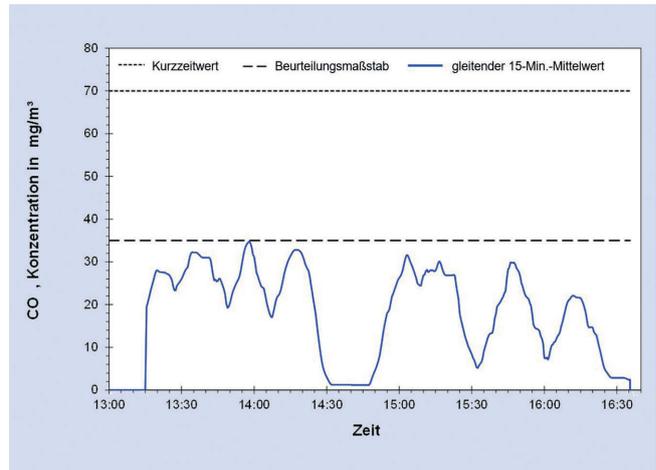


Bild 5b Konzentrationsverlauf der CO-Exposition in Beispiel 1, ermittelt durch eine direktanzeigende Messung; Darstellung der gleitenden 15-Minuten-Mittelwerte. *Grafik: Autoren*

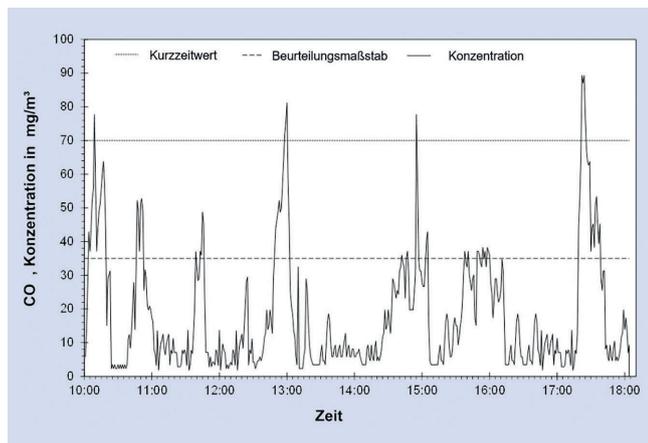


Bild 6 Konzentrationsverlauf der CO-Exposition in Beispiel 2. *Grafik: Autoren*

lungsmaßstabes bei einer Mittelung über 15 Minuten (vgl. Gleichung 1) nicht erreicht.

Die Bewertung ist damit abgeschlossen: Die Tätigkeiten können – soweit sie repräsentativ für die gesamte Schicht sind – ohne zeitliche Einschränkungen ausgeführt werden.

Beispiel 2: Auftreten von Kurzzeitwertphasen

Auch im Beispiel 2 wird die Exposition gegenüber CO untersucht. Die Exposition erfolgte über die gesamte Schicht (**Bild 6**).

Bei sammelnder Probenahme liegt die maximale Konzentration der 15-minütigen Probenahmen bei 49 mg/m^3 (**Bild 7a**). Nach der Auswertung der gleitenden 15-Minuten-Mittelwerte bei direktanzeigender Messung wurde ein Maximalwert $AM_{15\text{Max}}$ von 60 mg/m^3 ermittelt (**Bild 7b**). Das heißt, $AM_{15\text{Max}}$ bewegt sich zwischen der Konzentration des AGW von CO (35 mg/m^3) und dem Kurzzeitwert (70 mg/m^3).

Für die Überprüfung der weiteren Kurzzeitwertbedingungen ist außerdem der Zeitverlauf der Exposition der 15-Minuten-Mittelwerte heranzuziehen (Bild 7a und 7b). Es sind drei Kurzzeitwertphasen zu erkennen, deren Dauer jeweils 15 Minuten

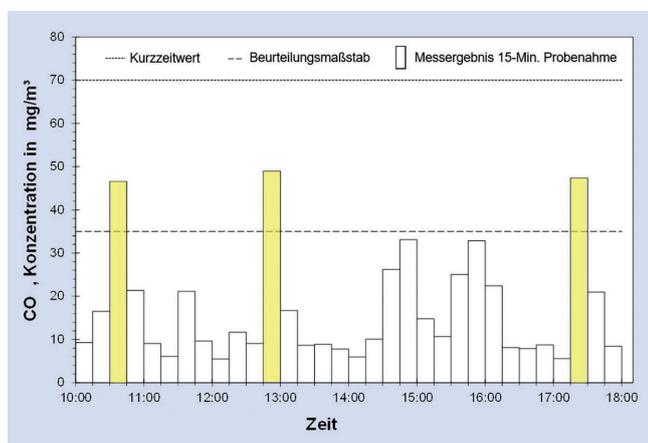


Bild 7a Konzentrationsverlauf der CO-Exposition in Beispiel 2, ermittelt durch 15-minütige Probenahmen (aus dem Konzentrationsverlauf berechnet). Die gelb markierten Säulen markieren Probenahmen mit Kurzzeitwertphasen. *Grafik: Autoren*

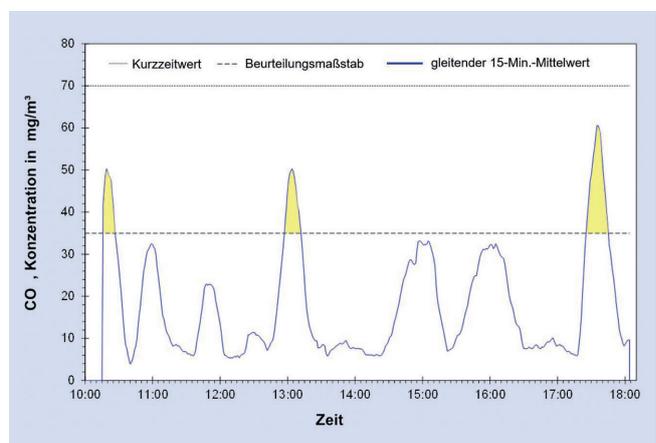


Bild 7b Konzentrationsverlauf der CO-Exposition in Beispiel 2, ermittelt durch eine direktanzeigende Messung; Darstellung der gleitenden 15-Minuten-Mittelwerte. Die gelb markierten Flächen markieren Probenahmen mit Kurzzeitwertphasen. *Grafik: Autoren*

nicht überschreitet (gelb markiert). Der zeitliche Abstand von ca. einer Stunde zwischen den Kurzzeitwertphasen wird eingehalten. Damit sind alle Kurzzeitwertbedingungen eingehalten.

Beispiel 3: Kategorie II-Stoff mit längerer Kurzzeitwertphase (Dauer > 15 min)

In diesem Beispiel erfolgte eine Exposition gegenüber Stickstoffmonoxid (NO, AGW: 2,5 mg/m³, Überschreitungsfaktor 2, Stoff Kategorie II) [1]. Die Messungen erfolgten über einen Zeitraum von drei Stunden (Bild 8). In der restlichen Zeit der Schicht lag keine Exposition gegenüber NO vor.

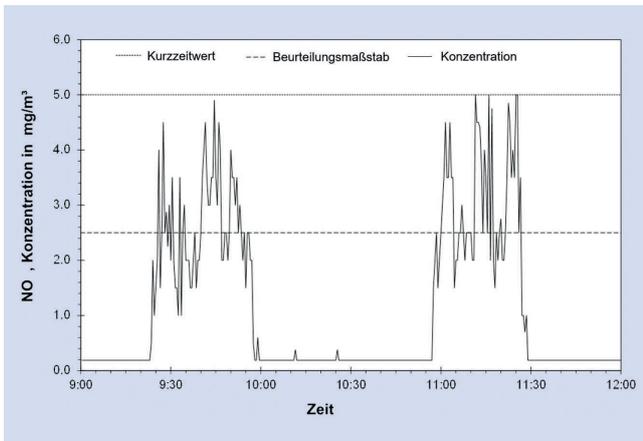


Bild 8 Konzentrationsverlauf der NO-Exposition in Beispiel 3. Grafik: Autoren

Nach der Auswertung der 15-Minuten-Mittelwerte wurde ein Maximalwert AM_{15Max} von 3,4 mg/m³ ermittelt. Das heißt AM_{15Max} bewegt sich zwischen der Konzentration des AGW von NO (2,5 mg/m³) und dem Kurzzeitwert (5,0 mg/m³).

Bei Auswertung der Ergebnisse der 15-minütigen Probenahmen (Bild 9a) und den gleitenden 15-Minuten-Mittelwerten der direktanzeigenden Messung (Bild 9b) fällt auf, dass die zweite Kurzzeitwertphase länger als 15-Minuten dauert. Da NO ein Stoff der Kategorie II ist, ist eine Überprüfung längerer Kurzzeitwertphasen möglich. Deshalb wurde mithilfe von Gleichung (7)

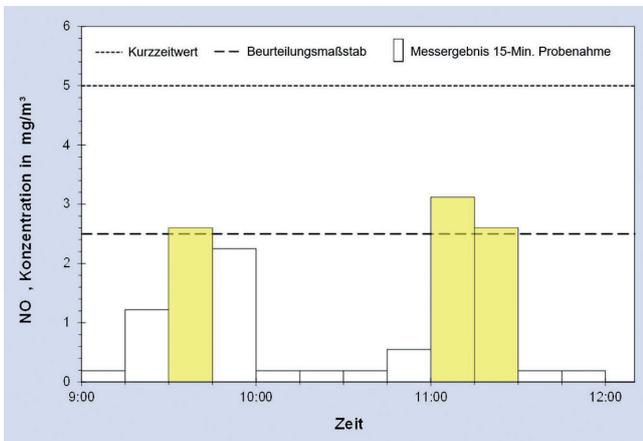


Bild 9a Konzentrationsverlauf der NO-Exposition in Beispiel 3, ermittelt durch 15-minütige Probenahmen (aus dem Konzentrationsverlauf berechnet). Die gelb markierten Säulen markieren Probenahmen mit Kurzzeitwertphasen. Grafik: Autoren

und der Verwendung des ermittelten AM_{15Max} von 3,4 mg/m³ ein ÜD_{Max} berechnet. In diesem Fall wurde ein ÜD_{Max} von 21 Minuten berechnet.

Hier zeigt sich der Vorteil der direktanzeigenden Messung, da im Nachhinein mit einer beliebigen Dauer der Kurzzeitwertphase gerechnet werden kann. Dies ist bei sammelnden Messverfahren nicht möglich, da hier eine Überprüfung nur von Vielfachen von 15 Minuten möglich ist. In Bild 9a zeigen zwei aufeinanderfolgende Proben das Auftreten einer Kurzzeitwertphase an. Eine Überprüfung würde neue Probenahmen mit der längeren Probenahmedauer von 21 Minuten erfordern, was praktisch kaum umsetzbar wäre.

Die Auswertung der direktanzeigenden Messungen zeigt, dass die erste Kurzzeitwertphase eine Dauer von 15 Minuten hat (9:44 bis 9:59 Uhr = 15 Minuten), während die zweite Kurzzeitwertphase eine Dauer von 20 Minuten hat (11:11 bis 11:31 Uhr = 20 Minuten).

In der im Anschluss erfolgten Überprüfung mit einem gleitenden 21-Minuten-Mittelwert (Bild 10) wird bestätigt, dass die Kurzzeitwertphasen auch bei Berücksichtigung des größeren Zeitfensters der Mittelung von 21 Minuten anstelle der 15-Minuten-Mittelung unterhalb der maximal zulässigen Dauer von 21 Minuten bleiben (KZWP_L 1: 9:44 bis 10:01 Uhr = 16 Minuten), KZWP_L 2: 11:15 bis 11:33 = 18 Minuten).

Abstand und Anzahl der Kurzzeitwertphasen erfüllen die Bedingungen des Kurzzeitwertkonzeptes. Damit sind alle Kurzzeitwertbedingungen auch bei den verlängerten Kurzzeitwertphasen eingehalten.

Anmerkung:

Die Überprüfung möglicher längerer Kurzzeitwertphasen ist auch dann hilfreich, wenn bei der Standardüberprüfung mit 15-Minuten-Mittelwerten gemäß Bild 2 die Dauer der Kurzzeitwertphasen von 15-Minuten nicht überschritten wird. Denn so könnten – bei entsprechender Repräsentativität der Messungen – auch längere Arbeitsprozesse freigegeben werden.

Beispiel 4: ERB-Stoff

In diesem Beispiel erfolgte eine Exposition gegenüber Benzol (AK: 0,2 mg/m³, TK: 1,9 mg/m³, ÜF 8) [2]. Die Messungen er-

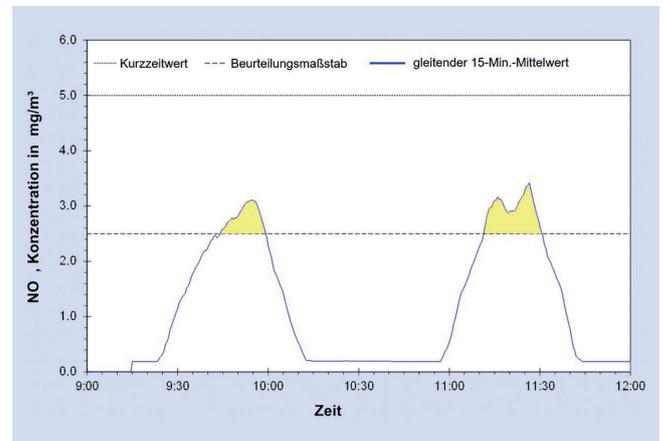


Bild 9b Konzentrationsverlauf der NO-Exposition in Beispiel 3, ermittelt durch eine direktanzeigende Messung; Darstellung der gleitenden 15-Minuten-Mittelwerte. Die gelb markierten Flächen markieren die Kurzzeitwertphasen. Grafik: Autoren

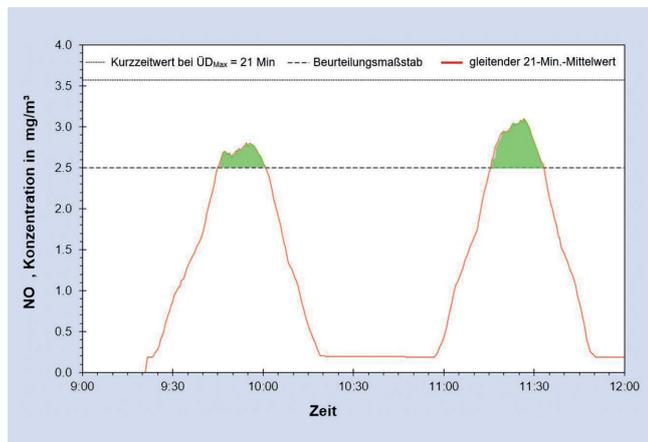


Bild 10 Zeitlicher Verlauf der NO-Exposition in Beispiel 3, ermittelt mit einer direktanzeigenden Messung. Dargestellt sind die gleitenden 21-Minuten-Mittelwerte. Die grün markierten Flächen weisen die Kurzzeitwertphasen aus. *Grafik: Autoren*

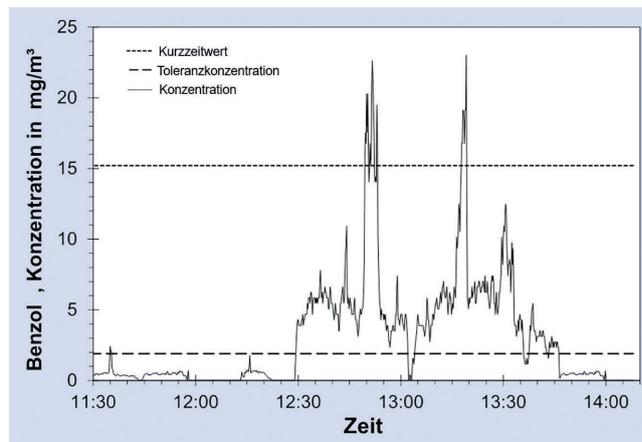


Bild 11 Konzentrationsverlauf der Benzol-Exposition in Beispiel 4. *Grafik: Autoren*

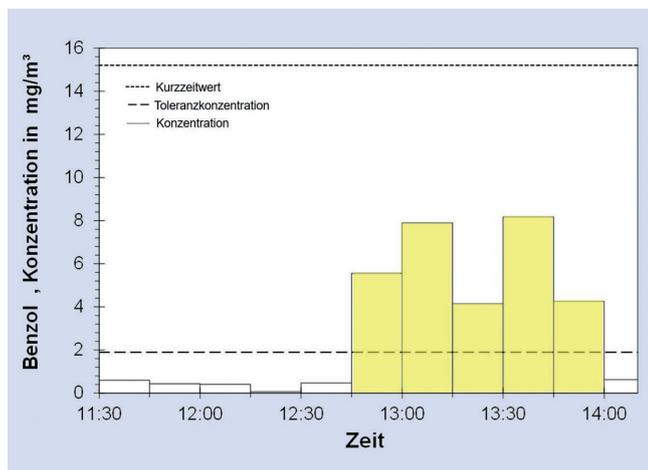


Bild 12a Konzentrationsverlauf der Benzol-Exposition in Beispiel 4, ermittelt durch 15-minütige Probenahmen (aus dem Konzentrationsverlauf berechnet). Die gelb markierten Säulen markieren Probenahmen mit Kurzzeitwertphasen. *Grafik: Autoren*

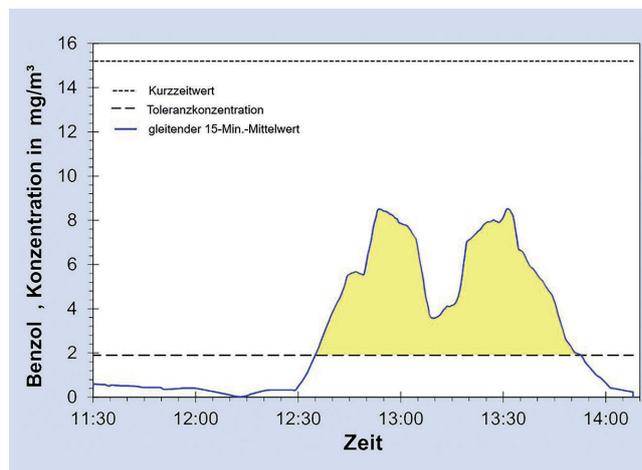


Bild 12b Konzentrationsverlauf der Benzol-Exposition in Beispiel 4, ermittelt durch eine direktanzeigende Messung; Darstellung der gleitenden 15-Minuten-Mittelwerte. Die gelb markierten Flächen markieren die Kurzzeitwertphasen. *Grafik: Autoren*

folgten über einen Zeitraum von drei Stunden (Bild 11). In der restlichen Zeit der Schicht lag keine Exposition gegenüber Benzol vor.

Nach der Auswertung der 15-Minuten-Mittelwerte ist ersichtlich, dass die Kurzzeitwertphase mit 75 Minuten (Bild 12a: sammelndes Messverfahren) bzw. 77 Minuten (Bild 12b: direktanzeigende Messungen) zu lang ist. Bei ERB-Stoffen dürfen die vier 15-Minuten-Intervalle zu einem 60-minütigen Block zusammengezogen werden (kein einstündiger Abstand zwischen den Kurzzeitwertphasen erforderlich). Doch auch dies reicht hier nicht aus.

Bei ERB-Stoffen ist eine Verlängerung der Kurzzeitwertphasen erlaubt (Kontrolle gemäß Flussdiagramm 2, Bild 2). Daher wurde ÜD_{Max} berechnet. Der ermittelte Wert beträgt 26 Minuten. Bei Verbinden der vier erlaubten Kurzzeitwertphasen wäre eine Gesamtdauer von 104 Minuten erlaubt. Damit wären die Bedingungen erfüllt.

Zur Absicherung wird die Überprüfung der Kurzzeitwertphasen mit dem neuen Berechnungszeitraum von 26 Minuten durchgeführt (Bild 13). Auch hier werden die Bedingungen

eingehalten. Der Befund lautet daher „KZW-Bedingungen eingehalten“.

Anmerkung:

Hin und wieder wird von Messenden argumentiert, dass man bei ERB-Stoffen anstelle der 15-minütigen Probenahmen gleich einstündige Probenahmen durchführen könne, da ja einstündige Kurzzeitwertphasen erlaubt seien. Dies ist jedoch nicht möglich, da in den TRGS als Bezugszeitraum 15 Minuten für die Kontrolle der Konzentrationsspitzen festgelegt ist. Das bedeutet, dass auch bei krebserzeugenden Stoffen immer 15-minütige Probenahmen erfolgen müssen.

7 Mittelbare Bewertung

Die hier vorgestellte Systematik erleichtert und beschleunigt das Bewerten der Konzentrationsspitzen. Doch es setzt voraus, dass geeignete und ausreichend empfindliche Messverfahren zur Verfügung stehen. Die Anzahl an geeigneten sammelnden Messverfahren [8] ist dabei deutlich höher als die der direktanzeigenden Messsysteme, die vergleichsweise beschränkt ist. Der Auf-

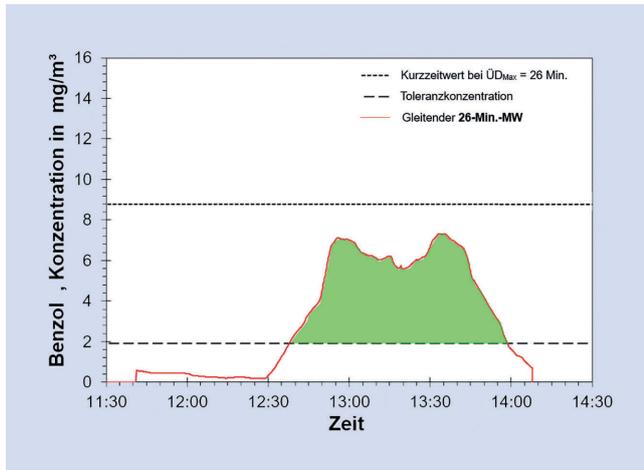


Bild 13 Zeitlicher Verlauf der Benzol-Exposition in Beispiel 4, ermittelt mit einer direktanzeigenden Messung; dargestellt mit gleitenden 26-Minuten-Mittelwerten. Die grün markierte Fläche weist die Kurzwertwertphase aus. Grafik: Autoren

wand ist jedoch erheblich, um durch sammelnde Messverfahren die Schicht mithilfe von aufeinanderfolgenden 15-minütigen Probenahmen zu beschreiben. Die sammelnden Messverfahren sind zudem häufig für diese Kurzzeitmessungen nicht ausreichend empfindlich. Das bedeutet, dass für einen nicht unerheblichen Anteil von Stoffen die erforderlichen Messergebnisse nicht bzw. nur sehr schwierig zu erhalten sind.

Gemäß TRGS 402 ist jedoch in jedem Fall eine Beurteilung von Konzentrationsspitzen erforderlich. Es haben sich verschiedene Vorgehensweisen etabliert, um mit den vorhandenen Mitteln zumindest mittelbare Informationen zu erhalten. Exemplarisch werden zwei Varianten vorgestellt.

7.1 Selektive Probenahmen

Um den Aufwand für die Probenahmen zur Überprüfung der Bedingungen des Kurzzeitwertkonzeptes zu reduzieren, bietet es sich an, die Überprüfung von schichtbezogener BM und der Kurzzeitwertbedingungen voneinander zu trennen. Eine Betrachtung der Tätigkeiten kann einen Hinweis auf den Zeitraum möglicher Konzentrationsspitzen liefern. Dann werden nur für diese Zeiträume 15-minütige Probenahmen durchgeführt.

7.2 Simulierte Verkürzung der Probenahmedauer

Wenn die Empfindlichkeit sammelnder Messsysteme nicht ausreicht, um mit direkten 15-minütigen Probenahmen ausreichende Aussagen treffen zu können, bieten in einigen Fällen auch Probenahmen mit längerer Dauer (= größeres Luftvolumen = höhere Empfindlichkeit) eine Hilfe, indem die ermittelte Konzentration auf eine Dauer von 15 Minuten bezogen wird. So wird z. B. aus einer 45-minütigen Probenahme mit einer Konzentration x eine 15-minütige Probenahme mit der Konzentration $3x$ (**Bild 14**). Wenn beispielsweise auch unter diesen Bedingungen die Konzentration des Beurteilungsmaßstabes nicht erreicht wird, kann man davon ausgehen, dass dies auch über den gesamten Probenahmezeitraum von 45 Minuten gilt.

Liegt das Ergebnis in den berechneten 15 Minuten über der BM, dann kann lediglich darauf hingewiesen werden, dass eine

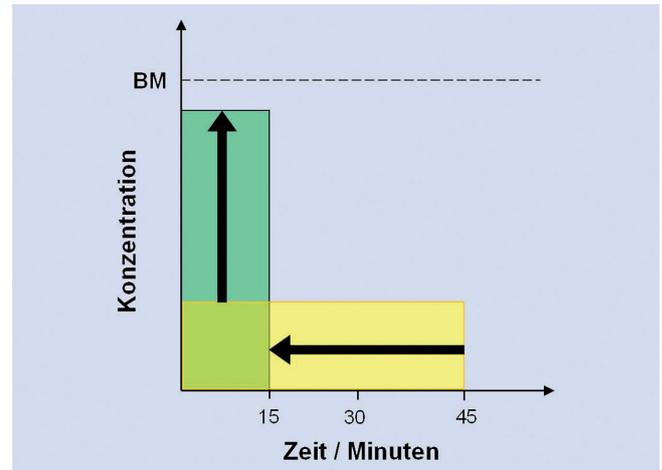


Bild 14 Effekt auf die ermittelte Konzentration beim „Zusammenschieben“ von Probenahmen auf eine 15-minütige Probenahme: Gelber Balken: bei einer Probenahmedauer von 45 Minuten ermittelte Konzentration; grüner Balken: für eine Probenahmedauer von 15 Minuten umgerechnete Konzentration. Grafik: Autoren

Überschreitung möglich ist, die eine Anwendung des Kurzzeitwertkonzeptes erfordert. Genauere Aussagen sind jedoch nicht ableitbar.

8 Verwendung der Einzeldaten

In den bisherigen Ausführungen wurde zur Überprüfung der Bedingungen des Kurzzeitwertkonzeptes der Bezugszeitraum von 15 Minuten verwendet (15-minütige Probenahme bzw. gleitender 15-Minuten-Mittelwert). Wie in den Beispielen gezeigt wurde, ist dies – losgelöst vom Aufwand – sowohl mit sammelnden Messverfahren als auch mit direktanzeigenden Messverfahren möglich. Letztere bieten jedoch mehr: Sie liefern ein zeitnahes Abbild des Konzentrationsverlaufes, das für die Verknüpfung der Kurzzeitwertphasen mit den Tätigkeiten und zur Visualisierung der Exposition während bestimmter Tätigkeiten, z. B. gegenüber den Beschäftigten, ergänzend genutzt werden kann. Dabei sind jedoch folgende Dinge zu berücksichtigen:

- Die gleitenden 15-Minuten-Mittelwerte liefern im Vergleich zum Konzentrationsverlauf ein um wenige Minuten zeitlich nach hinten versetztes Bild. Dies ist dem Verfahren der Mittelung geschuldet. Je schneller die Konzentrationsänderung erfolgt, desto schneller wird auch der gleitende Mittelwert diese abbilden. Umgekehrt werden langsame Konzentrationsänderungen erst später sichtbar. Dies führt dazu, dass die Konzentrationsspitzen und der jeweilige Anstieg des gleitenden 15-Minuten-Mittelwertes nicht übereinander liegen, sondern leicht verschoben sind. Trotzdem ist eine generelle Angleichung der beiden Zeitachsen nicht hilfreich, da der zeitliche Versatz umso kleiner ist, je schneller sich die Konzentration ändert, und er damit von Kurzzeitwertphase zu Kurzzeitwertphase variiert.
- Die Betrachtung der Einzelwerte für sich allein kann zu Fehlinterpretationen führen. Dies zeigen die Konzentrationsverläufe in Beispiel 1 und 2, die im ersten Eindruck vergleichbare Expositionen vermuten lassen. Die Unterschiede werden erst durch die Anwendung des Kurzzeitwertkonzeptes anhand der gleitenden 15-Mittelwerte offenbar, sodass man nun die relevanten Tätigkeiten benennen und überprüfen kann.

Durch die Kombination von Auswertung gemäß dem Kurzzeitwertkonzept und Zuordnung der zugehörigen Tätigkeiten anhand des Konzentrationsverlaufes liefern die direktanzeigenden Messsysteme ein genaueres Abbild der Exposition und ermöglichen damit gezieltere Maßnahmen und deren Kontrolle zur Expositionsminimierung.

9 Fazit und Ausblick

Mit der Zusammenführung der Anforderungen der TRGS 900, 910 und 402 zur Bewertung von Konzentrationsspitzen ergibt sich ein übergreifendes Bild, in dem die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Anforderungen an die verschiedenen mit einem Beurteilungsmaßstab belegten Stoffe sichtbar werden. Für die praktische Durchführung der Bewertung wurde eine gemeinsame Systematik erarbeitet, die in einer festen Reihenfolge der zu beantwortenden Fragen, in Form von Flussdiagrammen dargestellt, münden. Die damit vereinfachte Beurteilung ermöglicht ein einheitliches Vorgehen aller Akteure im Arbeitsschutz, sei es für die Bewertung direktanzeigender Messungen oder für sammelnde Messverfahren mit Kurzzeitmessungen, sodass vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

Mit den hier beschriebenen Festlegungen ist es möglich, die Auswertung deutlich zu beschleunigen, indem bei den Auswertungen die zusätzlich erforderlichen Zusatzangaben automatisch mitberechnet werden. Dies wurde bei den Unfallversicherungen bereits in einer eigenen Auswertehilfe umgesetzt, die die Berechnungen weitestgehend automatisch ausführt. In Kombination mit den hier vorgestellten Flussdiagrammen wird der Zeitaufwand für eine Auswertung und Bewertung der Konzentrationsspitzen drastisch verkürzt.

Doch bei aller Vereinfachung ist das Kurzzeitwertkonzept vergleichsweise komplex, da – vergleichbar dem Konzept für ERB-Stoffe – keine ja/nein-Entscheidung erfolgt, sondern eine in drei Fällen untergliederte Betrachtung notwendig ist. Die Fälle „uneingeschränktes Arbeiten“ und „Kurzzeitwertbedingungen aufgrund zu hoher Konzentrationsspitzen nicht eingehalten“ – vergleichbar dem grünen und roten Bereich – umschließen einen gelben Bereich, bei dessen Erreichen die Tätigkeiten zwar ausgeführt werden können, jedoch mit Einschränkungen, die um so drastischer sind, je näher man an den roten Bereich kommt.

Besonders die direktanzeigende Messung von Gefahrstoffen am Arbeitsplatz ermöglicht durch die vorhandenen Einzelwerte die Dokumentation des Verlaufs und damit eine Betrachtungen einzelner Ereignisse und Tätigkeiten in einer Schicht. Bei Stoffen der Kategorie II und ERB-Stoffen kann hier mit Variation der Dauer gleitender Mittelwerte die Möglichkeiten längerer Kurzzeitphasen voll ausgeschöpft werden. Das ermöglicht die Freigabe von Tätigkeiten unter eingeschränkten Bedingungen.

Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass gemäß TRGS 402 nach DIN EN 482 geeignete oder bedingt geeignetes Messverfahren eingesetzt werden sollen. Bisher liegt die Auswahl fast vollständig auf Seiten der sammelnden Messverfahren, die ihrerseits für die Bewertung der Konzentrationsspitzen einen oftmals kaum leistbaren Aufwand erfordern. Direktanzeigende Messverfahren sind daher zur Zeit oftmals nur als Unterstützung der geeigneten sammelnden Messverfahren einsetzbar. Hier wäre zu wünschen, dass die derzeit laufenden Anstrengungen zur Prüfung der direktanzeigenden Messverfahren in der Zukunft geeignete

direktanzeigende Messverfahren für eine größere Auswahl an Stoffen verfügbar machen.

Auch im Hinblick auf die Anwendung der Definitionen der TRGS besteht weiterhin Diskussionsbedarf hinsichtlich der Interpretation des erlaubten Zeitraums zwischen Kurzzeitwertphasen („Für die Intervalle zwischen den Perioden mit einer Konzentration oberhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes (Kurzzeitwertphase) ist ein Zeitraum von einer Stunde anzustreben.“ [2]). Eine Klärung, ob und wie weit eine Verkürzung des zeitlichen Abstandes möglich ist, wäre wünschenswert.

Von den in 2020 für direktanzeigende Messsysteme formulierten Fragen und Anforderungen für deren Anwendung bei Arbeitsplatzmessungen [9] wurde mit den hier beschriebenen Ansätzen für eine vereinheitlichte Auswertung ein weiterer Baustein geliefert, um diese besser einsetzen zu können. Damit ist das Ziel einer Anerkennung als geeignete Messsysteme gemäß TRGS 402 ein gutes Stück näher gerückt. Bis dahin bleibt aber weiterhin noch einiges zu tun. ■

Literatur

- [1] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). GMBI. (2023), Nr. 30, S. 626-627.
- [2] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Risikobezogenes Maßnahmenkonzept für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (TRGS 910). GMBI. (2023) Nr. 32, S. 679.
- [3] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). GMBI. (2023), Nr. 30, S. 626-627.
- [4] Technische Regel für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). GMBI. (2016) Nr. 43, S. 843-846.
- [5] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Quarzhaltiger Staub (TRGS 559). GMBI. (2020) Nr. 16, S. 306-319; ber. GMBI. (2020) Nr. 19, S. 371.
- [6] MAK- und BAT-Werte-Liste 2022. Ständige Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Mitteilung 58. Hrsg.: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Bonn 2022.
- [7] GESTIS – Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen (GESTIS-ILV). Hrsg.: Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin. <https://limitvalue.ifa.dguv.de/>
- [8] DIN EN 482 (2021): Exposition am Arbeitsplatz – Verfahren zur Bestimmung der Konzentration von chemischen Arbeitsstoffen – Grundlegende Anforderungen an die Leistungsfähigkeit (5/2021). Berlin, Beuth 2021.
- [9] AGS-Liste geeigneter Messverfahren. Bewertung von Verfahren zur messtechnischen Ermittlung von Gefahrstoffen in der Luft am Arbeitsplatz. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund 2022. <https://www.baua.de/DE/Aufgaben/Geschaefsfuehrung-von-Ausschuessen/AGS/pdf/Messverfahren.html>
- [10] Emmel, C., Monsé, C., Vossen, K.: Direktanzeigende Messgeräte: Anspruch und Wirklichkeit – ein Diskussionspapier. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 80 (2020), S. 385-389.



Dr. rer. nat. Christoph Emmel
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG Bau),
München.

Dipl.-Ing. Katja Vossen,
Dr. rer. nat. Dorothea
Koppisch
Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen
Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin.