

# Neue Arbeitsplatzgrenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische (Lösemittelkohlenwasserstoffe)

## Teil 1: Ableitung und Anwendung

W. Pflaumbaum, U. Bagschik, H. Blome, D. Breuer, R. Jacobi, F. Kalberlah, K. Kruse, I. Krutisch, T. Rabente, R. Rühl

**Zusammenfassung** Im Dezember 2007 wurden in der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 vier neue Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) für Kohlenwasserstoffgemische, die als Lösemittel verwendet werden, veröffentlicht. Viele in der Praxis verwendete Kohlenwasserstoffgemische lassen sich jedoch nicht den dort aufgeführten vier Kohlenwasserstofffraktionen und deren Grenzwerten zuordnen. Für diese Gemische ist der jeweils anzuwendende AGW neu zu berechnen. Die Berechnung erfolgt nach der RCP-Methode (RCP = reciprocal calculation procedure) auf der Basis der vier AGW für Kohlenwasserstoffgemische in der TRGS 900. Zur Anwendung der AGW gibt der Beitrag ergänzende Hinweise für die Vorgehensweise bei der Beurteilung von Arbeitsplätzen und für die messtechnische Bestimmung.

### New occupational exposure limits for hydrocarbon mixtures (hydrocarbon solvents) – Part 1: Derivation and application

**Abstract** Four new occupational exposure limit values (Arbeitsplatzgrenzwerte – AGWs) for hydrocarbon mixtures that are used as solvents were published in December of 2007 in the German Technical Rules for Hazardous Substances (Technische Regel für Gefahrstoffe – TRGS) 900. Many of the hydrocarbon mixtures, however, cannot be attributed to the four hydrocarbon fractions and limit values listed there. The applicable AGW for each of these mixtures has to be calculated anew. The calculation is done using the RCP method (reciprocal calculation procedure) on the basis of the four AGWs for hydrocarbon mixtures published in the TRGS 900. Supplementary notes on the procedure used to evaluate workplaces and the determination by measurements are provided for the use of the AGWs.

**Dr. rer. nat. Wolfgang Pflaumbaum, Prof. Dr. rer. nat. Helmut Blome, Dr. rer. nat. Dietmar Breuer,**

BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin.

**Dipl.-Ing. Chem. Ute Bagschik, Dipl.-Biol. Thomas Rabente,**  
Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft, Fachstelle Gefahrstoffe, Düsseldorf.

**Dr. rer. nat. Reinhard Jacobi,**

DHC Solvent Chemie, Mülheim an der Ruhr.

**Dr. Fitz Kalberlah,**

Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG), Freiburg.

**Dr. Klaus Kruse,**

Haltermann Products, Hamburg.

**Dipl.-Ing. Ingrid Krutisch,**

Amt für Arbeitsschutz, Hamburg.

**Dr. rer. nat. Reinhold Rühl,**

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Frankfurt am Main.

## 1 Einleitung

Kohlenwasserstoffgemische sind an Arbeitsplätzen – beispielsweise in Lösemitteln oder Kühlschmierstoffen – weit verbreitet und aufgrund ihrer gesundheitlichen Auswirkungen bei der Beurteilung der Gefährdung zu beachten. Bereits Anfang der 1990er Jahre startete der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) erste Anläufe, um Beurteilungsgrundlagen für diese komplexen Gemische zu erarbeiten. Da die prozentuale Zusammensetzung der betroffenen Gemische und die Kohlenstoffzahl der enthaltenen Kohlenwasserstoffe sehr stark variiert, konnte man jedoch keine arbeitsmedizinisch-toxikologisch begründeten Grenzwerte ableiten. Deshalb beschloss der AGS, anwendungsbezogene Grenzwerte aufzustellen, und teilte die Kohlenwasserstoffgemische in vier Anwendungsbereiche ein (Lösemittel, Kühlschmierstoffe, Kraftstoffe und sonstige Kohlenwasserstoffgemische).

Im September 1992 wurden zum ersten Mal Grenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische (Lösemittelkohlenwasserstoffe) im technischen Regelwerk zur Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) veröffentlicht. Da es sich hierbei nicht um klassische Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) handelte, beschloss der AGS, diese nicht in der TRGS 900, sondern in der TRGS 404 [1] zu veröffentlichen. Die Kohlenwasserstoffgemische wurden zunächst in vier Gruppen, ab April 1997 in fünf Gruppen eingeteilt. Im Zuge dieser Erweiterung wurde die TRGS 404 aufgehoben und die Grenzwerte in die TRGS 900 eingestellt. Sie hatten aber nicht den Status von gesundheitsbasierten MAK. Mit der neu gefassten GefStoffV vom Dezember 2004 entfiel für diesen Grenzwerttyp die Rechtsgrundlage. Die zuletzt gültigen Grenzwerte sind in **Tabelle 1** wiedergegeben.

Nach Aufhebung der alten Grenzwerte zum 1. Januar 2005 beauftragte der AGS den Unterausschuss III „Gefahrstoffbewertung“ zu prüfen, ob für die verschiedenen Kohlenwasserstoffgemische Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) aufgestellt werden können, bei deren Einhaltung akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen nicht zu erwarten sind. Als Ergebnis wurden dem AGS im März und November 2007 neue Grenzwerte für Lösemittelkohlenwasserstoffe einschließlich der von einer Arbeitsgruppe entwickelten Anwendungshinweise zur Beschlussfassung vorgelegt und dort verabschiedet.

## 2 Die neuen Grenzwerte für Lösemittelkohlenwasserstoffe

Die seit Dezember 2007 [2] geltenden AGW für Kohlenwasserstoffgemische, die als Lösemittel verwendet werden, sind in **Tabelle 2** aufgeführt. Hinweise zur Anwendung der Grenzwerte sind im neuen Abschnitt 2.9 der TRGS 900 sowie in den entsprechenden „Begründungen zu Arbeitsplatz-

Tabelle 1. Ehemalige MAK für Kohlenwasserstoffgemische (bis Ende 2004 gültig).

Gruppe	Definition	Luftgrenzwert in	
		mg/m <sup>3</sup>	ml/m <sup>3</sup>
1	aromatenfreie oder entaromatisierte Kohlenwasserstoff-Gemische mit einem Gehalt an: Aromaten < 1 % n-Hexan < 5 % Cyclo-/Isohexane < 25 %	1000	200
2	aromatenhaltige Kohlenwasserstoff-Gemische mit einem Gehalt an: Aromaten 1-25 % Summe Hexane < 1 %	350	70
3	aromatenreiche Kohlenwasserstoff-Gemische mit einem Gehalt an: Aromaten > 25 %	100	20
4	Kohlenwasserstoff-Gemische mit einem Gehalt an: n-Hexan ≥ 5 %	200	50
5	iso-/cyclohexanreiche Kohlenwasserstoff-Gemische mit einem Gehalt an: Aromaten < 1 % n-Hexan < 5 % Cyclo-/Isohexane ≥ 25 %	600	170

Tabelle 2. Neue Arbeitsplatzgrenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische.

Kohlenwasserstoffgemische, Verwendung als Lösemittel (Lösemittelkohlenwasserstoffe), additiv-frei	mg/m <sup>3</sup>	Spitzenbegrenzung
Fractionen (RCP-Gruppen):		2 (II)
C5-C8 Aliphaten	1500	
C9-C15 Aliphaten	600	
C7-C8 Aromaten	200	
C9-C15 Aromaten	100	

grenzwerten der TRGS 900“ [3] veröffentlicht und werden im Folgenden erläutert.

Die neuen Grenzwerte sind mit Bezugnahme auf die TRGS 900 im Sicherheitsdatenblatt anzugeben. Viele Sicherheitsdatenblätter enthalten bereits seit einigen Jahren RCP-Grenzwerte nach ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) oder HSE (Health and Safety Executive). Diese können für die Gefährdungsbeurteilung nicht unbesehen übernommen werden, da sie auf der Basis höherer Grenzwerte abgeleitet wurden (siehe auch Abschnitt 3).

### 2.1 Berechnung des anzuwendenden Grenzwertes

Häufig kann man die in der Praxis angetroffenen Kohlenwasserstoffgemische nicht den Fraktionen (RCP-Gruppen) in Tabelle 2 zuordnen, da sie aus Kohlenwasserstoffen mehrerer RCP-Gruppen zusammengesetzt sind. Für diese Gemische ist der AGW auf der Basis der Grenzwerte in Tabelle 2 und des Massengehalts (w/w) der Fraktionen im flüssigen Lösemittelgemisch nach der RCP-Methode (RCP, reciprocal calculation procedure) mittels der RCP-Formel zu berechnen.

Die RCP-Formel ist ebenfalls anzuwenden, wenn Mischungen aus mehreren Kohlenwasserstoffgemischen hergestellt werden (z. B. in Lacken), um den AGW für das neue Kohlenwasserstoffgemisch zu berechnen. In diesen Fällen gehen die einzelnen Kohlenwasserstoffgemische der Mischung mit

ihren AGW und ihren Massengehalten (w/w) im flüssigen Lösemittelgemisch in die Berechnung ein.

Die Stoffe n-Hexan, Cyclohexan, Naphthalin, 1,2-Diethylbenzol und n-Butylbenzol werden durch die RCP-Fractionen nicht berücksichtigt. Sie sind neben den RCP-Fractionen über ihren mengenmäßigen Anteil und den Einzelstoffgrenzwert (soweit festgelegt) bei der Berechnung des Grenzwertes nach der RCP-Formel zu berücksichtigen. Für n-Hexan gilt derzeit ein AGW von 180 mg/m<sup>3</sup> und für Cyclohexan von 700 mg/m<sup>3</sup>. Die Grenzwerte für Naphthalin, 1,2-Diethylbenzol und n-Butylbenzol bearbeitet der AGS derzeit noch. Der Arbeitsplatzrichtgrenzwert der EG-Kommission für Naphthalin beträgt 50 mg/m<sup>3</sup>. Benzol ist gesondert zu analysieren und zu beurteilen.

Andere Kohlenwasserstoffe, wie Pentan, Xylol und Toluol, für die ebenfalls AGW in der TRGS 900 festgelegt sind, werden dagegen mit den jeweiligen RCP-Gruppengrenzwerten berücksichtigt. Sofern sie als Einzelkohlenwasserstoff einem Kohlenwasserstoffgemisch zugesetzt werden, gehen sie mit ihrem RCP-Gruppengrenzwert und nicht mit ihrem stoffspezifischen AGW in die Berechnung ein.

$$\text{RCP-Formel: } \frac{1}{AGW_{\text{Gemisch}}} = \frac{\text{Fraktion}_a}{AGW_a} + \frac{\text{Fraktion}_b}{AGW_b} + \dots + \frac{\text{Fraktion}_n}{AGW_n}$$

In der Formel bedeuten:

● **Fraktion<sub>a...n</sub>**

Massenanteil (w/w)

- der jeweiligen Fraktion (RCP-Gruppe) des Kohlenwasserstoffgemisches oder
  - eines Einzelkohlenwasserstoffs oder
  - eines Kohlenwasserstoffgemisches (bei Mischungen aus Kohlenwasserstoffgemischen)
- im flüssigen Lösemittelgemisch. Wird der Gehalt in Prozent angegeben, ist x %/100 einzusetzen.

● **AGW<sub>a...n</sub>**

Der zur entsprechenden Fraktion gehörende

- RCP-Gruppengrenzwert der jeweiligen Fraktion (RCP-Gruppe) oder
- stoffspezifische AGW eines Einzelkohlenwasserstoffs oder
- AGW eines Kohlenwasserstoffgemisches (bei Mischungen aus Kohlenwasserstoffgemischen)

Die errechneten AGW sind wie folgt auf- oder abzurunden:

- < 100 mg/m<sup>3</sup>: auf volle 25 mg/m<sup>3</sup>
- von 100 bis 600 mg/m<sup>3</sup>: auf volle 50 mg/m<sup>3</sup>
- > 600 mg/m<sup>3</sup>: auf volle 100 mg/m<sup>3</sup>

Da derzeit noch für keine der betroffenen Kohlenwasserstoffverbindungen oder -fraktionen ein AGW von unter 100 mg/m<sup>3</sup> festgelegt wurde, ist die Rundung auf volle

25 mg/m<sup>3</sup> zurzeit nicht anzuwenden. Liegen keine Angaben zum AGW oder zur Zusammensetzung des Kohlenwasserstoffgemisches vor, ist der niedrigste Gruppengrenzwert (100 mg/m<sup>3</sup>) heranzuziehen.

Sind im Einzelfall detailliertere Informationen zur Zusammensetzung vorhanden, ermittelt man den AGW nach dem Worst-Case-Ansatz (z. B. 600 mg/m<sup>3</sup> für ein aromatenfreies bzw. entaromatisiertes Testbenzin [4; 5]).

## 2.2 Berechnungsbeispiele

**Beispiel 1:** Kohlenwasserstoffgemisch mit bekannter Zusammensetzung

Handelsübliches Testbenzin („White Spirit“), bestehend aus

C5-C8-Aliphaten	2 Gew.-%
C9-C15-Aliphaten	76 Gew.-%
C7-C8-Aromaten	1 Gew.-%
C9-C15-Aromaten	21 Gew.-%

$$\frac{1}{AGW} = \frac{0,02}{1500} + \frac{0,76}{600} + \frac{0,01}{200} + \frac{0,21}{100} =$$

$$0,0000135 + 0,001267 + 0,00005 + 0,0021 = 0,0054305$$

Berechneter AGW (Testbenzin) = 292 mg/m<sup>3</sup>

Nach Rundung anzuwendender AGW = 300 mg/m<sup>3</sup>

**Beispiel 2:** Ein Kohlenwasserstoffgemisch wird aus mehreren Kohlenwasserstoffgemischen hergestellt.

55,5 % D 60	AGW 600 mg/m <sup>3</sup>
18,3 % Solvent Naphtha 100	AGW 100 mg/m <sup>3</sup>
26,2 % Testbenzin	AGW 300 mg/m <sup>3</sup>

Berechnung des neuen AGW:

$$\frac{1}{AGW} = \frac{0,555}{600} + \frac{0,183}{100} + \frac{0,262}{300} = 0,003628$$

Berechneter AGW für das Kohlenwasserstoffgemisch = 276 mg/m<sup>3</sup>

Anzuwendender gerundeter AGW = 300 mg/m<sup>3</sup>

Berechnungsbeispiele und ein Verfahrensschema zur Ermittlung des anzuwendenden Grenzwertes bieten die BGIA-

Arbeitsmappe [4] und das BGIA-Faltblatt „Die neuen Arbeitsplatzgrenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische (Lösemittelkohlenwasserstoffe)“ (Bild) [5] sowie die „Begründungen zu Arbeitsplatzgrenzwerten der TRGS 900“ [3]. Das Falblatt enthält auch ein Schema zur Ermittlung des anzuwendenden Grenzwertes, wenn der neue RCP-Grenzwert oder die Zusammensetzung des Gemisches nicht bekannt ist oder nur in Spannbreiten angegeben wird. Der Flyer kann über das Internet kostenlos angefordert werden.

Das BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung bietet darüber hinaus auf seinen Internetseiten ([www.dguv.de/bgia/rcp-rechner](http://www.dguv.de/bgia/rcp-rechner)) einen Rechner an, mit dem man den jeweils anzuwendenden AGW für ein Kohlenwasserstoffgemisch berechnen kann.

## 3 Toxikologie

Hintergrund für die hier vorgeschlagene Methodik ist, dass für die vielen verschiedenen Kohlenwasserstoffverbindungen keine hinreichend genauen toxikologischen Daten vorliegen, um gesundheitliche Auswirkungen der Einzelstoffe angemessen bewerten zu können. Außerdem wäre die mengenmäßig korrekte Angabe jeder Einzelverbindung in Lösemittelgemischen extrem aufwendig und eine Kontrolle (individuelle Einzelstoffmessungen) nahezu unmöglich. Deshalb wurde berücksichtigt, dass die meisten strukturverwandten Kohlenwasserstoffe auch eine sehr ähnliche toxische Wirkung besitzen dürften. Insbesondere sind eine Wirkung auf das zentrale Nervensystem (ZNS-Effekte) zu bedenken und eine Reizwirkung auf die oberen Atemwege. In höheren Dosierungen kommen weitere Wirkungen wie Lebertoxizität dazu. Für die ZNS-Effekte wurde z. B. kürzlich eine tierexperimentelle Testreihe mit Kohlenwasserstoffeinzelstoffen und -gemischen ausgewertet, die auch die in der Wirkstärke ähnliche Wirkung verwandter Kohlenwasserstoffe bestätigt [6 bis 8].

Daher wurden gut untersuchte repräsentative Vertreter für jeweils eine Gruppe verwandter Kohlenwasserstoffe gesucht und dann vorgesehen, dass alle ähnlichen Kohlenwasserstoffe den gleichen Grenzwert zugeordnet bekommen. Da sich jedoch eine C7-Verbindung bei unterschiedlicher Kettenlänge deutlich von einer C14-Verbindung unterscheidet, waren pragmatisch Gruppengrenzen für noch hinreichend verwandte Kohlenwasserstoffe zu bilden. Zum Beispiel ordnete man den nahe verwandten C7-C8-Aromaten einen gemeinsamen Gruppengrenzwert zu, nachdem für Toluol, Xylol und Ethylbenzol bereits umfangreich begründete Einzelstoffgrenzwerte für den Arbeitsplatz in Europa zwischen 190 und 440 mg/m<sup>3</sup> vorlagen – also Werte, die sich kaum mehr als um den Faktor 2 unterschieden. Ein gerundeter Wert von 200 mg/m<sup>3</sup> am unteren Ende dieser Spanne wurde entsprechend ausgewählt. Für Aromaten mit höherem Kohlenstoffanteil wurde eine gesonderte Gruppe begründet.

Allerdings kann es – toxikologisch gesehen – einige „Ausreißer“ in der jeweiligen Gruppe geben, also Verbindungen, bei denen man ein ungewöhnliches Wirkungsmuster berücksichtigen muss. Solche Besonderheiten bei diesen Verbindungen können z. B. durch die besondere räumliche Anordnung der Atome begründet sein. Bekanntestes Beispiel ist n-Hexan, das sich in seiner Wirkung von anderen Hexanen oder z. B. Heptanen unterscheidet, indem zusätzlich zur Wirkung auf das ZNS eine starke Wirkung auf das periphere Nerven-



Faltblatt „Die neuen Arbeitsplatzgrenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische (Lösemittelkohlenwasserstoffe)“.

system auftritt. Deshalb musste der C6-Stoff n-Hexan aus der Gruppe der C5-C8-Aliphaten ausgeklammert werden. Als weitere Besonderheit wurde beobachtet, dass einzelne Verbindungen krebserzeugend oder krebserzeugend sind (wie der aromatische Kohlenwasserstoff Naphthalin), sodass wiederum eine Spezialbetrachtung notwendig schien. Es ist nicht auszuschließen, dass auch weitere derzeit als Einzelstoff nicht hinreichend untersuchte Kohlenwasserstoffe solche besondere Wirkungen auf die Gesundheit entfalten können; konkrete Hinweise gibt es aber nicht und die Testergebnisse mit Gemischen sprechen nicht für solche Besonderheiten. Aus diesem Grunde wurden die Verbindungen in ihren zugehörigen Gruppen belassen, sofern keine konkreteren Anhaltspunkte für eine abweichende Toxizität vorlagen.

Die RCP-Methode berücksichtigt als weiteres toxikologisches Prinzip das der Additivität, d. h. bei gleicher Wirkung und gleichem Grenzwert werden die Mengen der Einzelstoffe addiert, so als würde es sich um ein und denselben Stoff handeln, der dann mit der Gesamtmenge (Summe der Einzelmengen innerhalb der Kohlenwasserstoffgruppe) wirksam wird. Für alle Kohlenwasserstoffgruppen in einem Lösemittel wird dann eine gewichtete Summe gebildet, wobei die Gewichtung durch den jeweiligen Gruppengrenzwert bestimmt wird. Dies ermöglicht eine konservative (im Sinne des Arbeitsschutzes: vorsichtige) und pragmatische Abschätzung der Gesamtwirkung. In diese Summenbetrachtung gehen auch die „Sonderstoffe“ mit ihren Einzelstoffgrenzwerten und ihrem Anteil in dem Lösemittelgemisch ein (Anteil in der Flüssigkeit in %). Auch hier wird also eine Additivität unterstellt, weil angenommen wird, dass neben der „Sonderwirkung“ zugleich eine klassische Kohlenwasserstoffwirkung auftritt, also etwa ZNS-Effekte oder Reizung.

Ein entsprechendes Vorgehen nach RCP-Methode besteht bereits u. a. in den USA und in England [9; 10] und die Übernahme des Prinzips ermöglicht auch international eine bessere Vergleichbarkeit des Grenzwertes. Allerdings zeigte die Auswertung in Deutschland, die auch neuere wissenschaftliche Studien berücksichtigte, die Notwendigkeit, den Gruppengrenzwert für C9-C15-Aliphaten gegenüber den älteren international bekannten Konzepten abzusenken und zusätzlich einige Einzelstoffe als „besondere Stoffe“ aus ihrer Gruppe auszugliedern. Es ist zu hoffen, dass die internationale Vergleichbarkeit durch entsprechende Aktualisierungen in anderen Ländern in naher Zukunft weiterhin verbessert wird.

## 4 Messung und analytische Bestimmung

### 4.1 Luftproben

Für die Auswertung von Luftproben können auch weiterhin die beschriebenen Verfahren der Probenahme auf Aktivkohle und der gaschromatografischen Analyse eingesetzt werden. Die Festlegungen des AGS hierzu sind in den „Begründungen zu Arbeitsplatzgrenzwerten der TRGS 900“ – Kohlenwasserstoffgemische (RCP-Methode) – im Abschnitt Messung und Analytik [3] veröffentlicht. Es ist jedoch darauf zu achten, bei der gaschromatografischen Analyse auch den geforderten Bereich an Kohlenwasserstoffen von C5 (aliphatische Kohlenwasserstoffe) bis C15 (aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe) zu berücksichtigen; gegebenenfalls sind die analytischen Bedingungen entsprechend anzupassen. Das in der BGIA-Arbeitsmappe beschriebene Ver-

fahren wurde bereits entsprechend aktualisiert [11]. Nicht eindeutig identifizierte Stoffe sind wie Kohlenwasserstoffe zu bewerten [3].

### 4.2 Materialproben

Falls in Einzelfällen keine Information über die Zusammensetzung eines Kohlenwasserstoffgemisches zur Verfügung steht, kann es für die Berechnung des Luftgrenzwertes erforderlich sein, dieses Kohlenwasserstoffgemisch zu analysieren und die Anteile der verschiedenen Kohlenwasserstofffraktionen zu ermitteln. Durch die Vielzahl der möglichen Isomeren sowohl bei den aliphatischen als auch bei den aromatischen Kohlenwasserstoffen können nur die Einzelsubstanzen bestimmt werden, die gesondert zu berücksichtigen sind.

Kohlenwasserstoffgemische werden unter den gleichen analytischen Bedingungen wie Luftproben gaschromatografisch untersucht. Als Grundlage der Grenzwertberechnung sind die Anteile der folgenden Gruppen und Einzelsubstanzen zu bestimmen:

1. aliphatische Kohlenwasserstoffe C5 bis C8,
2. aliphatische Kohlenwasserstoffe C9 bis C15,
3. aromatische Kohlenwasserstoffe C7 und C8,
4. aromatische Kohlenwasserstoffe C9 bis C15,
5. Stoffe, deren AGW gesondert zu berücksichtigen ist: n-Hexan, Cyclohexan, Naphthalin, 1,2-Diethylbenzol und n-Butylbenzol.

Bei aliphatischen Kohlenwasserstoffen wird im Übergangsbereich zwischen C8 und C9 die Grenze oberhalb der Retentionszeit von n-Octan gesetzt. Um den Anteil von C9-C15-Aliphaten zu berechnen, ordnet man alle Signale, deren Retentionszeit größer ist als die des n-Octans, diesem Bereich zu.

Bei aromatischen Kohlenwasserstoffen werden die C7- und C8-Aromaten Toluol, o,m,p-Xylol und Ethylbenzol als Einzelsubstanzen erkannt und die Signale addiert. Alle anderen aromatischen Kohlenwasserstoffe werden der Gruppe der C9-C15-Aromaten zugeordnet.

## 5 Vorgehen bei Arbeitsplatzmessungen mit mehreren Kohlenwasserstoffgemischen

In der Praxis eines Messinstituts wird spätestens bei Messungen in Lackfabriken oder Siebdruckereien klar, wie komplex die Bewertung solcher Kohlenwasserstoffgemische sein kann. Die folgenden Beispiele aus der Praxis sollen den Punkt (8) des Abschnittes 2.9 der TRGS 900, der sich mit dem Vorgehen bei Arbeitsplatzmessungen mit mehreren Kohlenwasserstoffgemischen befasst, verdeutlichen.

In einer Lackfabrik stellt ein Beschäftigter mehrere Lacke parallel fertig, d. h. er rührt sie u. a. auf und setzt ihnen Mattierungsmittel oder Pigmentpaste zu. Die Lackansätze enthalten eine unterschiedliche Lösemittelpalette, darin zwei verschiedene Kohlenwasserstoffgemische. In einem Ansatzbehälter wird ein Zwei-Komponenten-Lack mit Testbenzin (AGW 300 mg/m<sup>3</sup>), in einem anderen eine Lasur mit D40 (entaromatisiertes Testbenzin mit einem AGW von 600 mg/m<sup>3</sup>) bearbeitet. Hier ist der Beschäftigte zwei Emissionsquellen mit unterschiedlichen Stoffen ausgesetzt. Welchen Einfluss die Emissionsquellen auf die Exposition des Beschäftigten jeweils haben, ist nicht zu differenzieren.

Für diese Bewertung legte der AGS ein pragmatisches Vorgehen fest: Grundsätzlich muss man den niedrigsten AGW

der eingesetzten Kohlenwasserstoffgemische ansetzen (hier also  $500 \text{ mg/m}^3$ ), auch wenn der Einfluss des einen Lacks vielleicht geringer ist als der des anderen (siehe (8), Abschnitt 2.9 der TRGS 900). Es darf aber nicht verschwiegen werden, dass damit die Exposition in der Regel überbewertet wird.

Eine Lackiererei setzt einen Lack ein, der neben Ethylacetat und Butylacetat auch Testbenzin enthält. Für das Kohlenwasserstoffgemisch Testbenzin ist im Sicherheitsdatenblatt ein AGW von  $300 \text{ mg/m}^3$  festgelegt. Zwischen den Lackierzyklen muss der Lackierer die Spritzdüse und den Becher mit einem Reiniger waschen. Der Reiniger enthält neben anderen Stoffen ein aromatisches Kohlenwasserstoffgemisch, Solvent Naphtha, mit einem AGW von  $100 \text{ mg/m}^3$ . Anschließend verarbeitet der Lackierer einen anderen Lack, der als Kohlenwasserstoffkomponente D40 enthält, mit einem AGW von  $600 \text{ mg/m}^3$ . Die Lackier- und Wascharbeiten sind kurze Arbeitsschritte, die zu den normalen Tätigkeiten an diesem Arbeitsplatz gehören. Hier liegt also eine Exposition gegenüber drei verschiedenen Kohlenwasserstoffgemischen mit unterschiedlichen AGW vor, die zeitlich nacheinander auf ein Röhrchen gesammelt werden. Bei der gaschromatografischen Analyse können diese Kohlenwasserstoffgemische nicht differenziert werden. Auch hier zieht man der niedrigste AGW, also  $100 \text{ mg/m}^3$ , des eingesetzten Gemisches zur Beurteilung heran.

Diese pragmatische Vorgehensweise setzt den niedrigeren Grenzwert zur Beurteilung an, denn es gibt keine Möglichkeit, den Kohlenwasserstoffgrenzwert in dieser Mischexposition genau zu berechnen.

Hat man es in einem Betrieb, z. B. bei der Lackherstellung, mit komplexen Expositionen gegenüber mehreren Kohlenwasserstoffgemischen zeitlich nacheinander oder nebeneinander zu tun, kann die Messung und anschließende Bewertung kompliziert sein. Sinnvoll ist es dann, zur Beurteilung der Arbeitsplätze und zur Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen messstrategisch den Worst-Case abzu prüfen.

Arbeitsplatzmessungen bei Tätigkeiten mit Zubereitungen, die Kohlenwasserstoffgemische enthalten, müssen besonders ausführlich vorrecherchiert werden. Für jede am Mess tag eingesetzte Zubereitung ist zu klären, welche Kohlenwasserstoffgemische diese enthalten und welche die dazugehörigen AGW sind, um eine möglichst sinnvolle Messstrategie anzuwenden und richtig zu bewerten.

Für die Anwenderbetriebe bedeutet dies: Sehr wichtig ist, dass der Hersteller den AGW für das von ihm gelieferte Kohlenwasserstoffgemisch angibt. Ansonsten ist ein Worst-Case-AGW anzunehmen und die Bewertung des Messergebnisses führt u. U. zu eigentlich unnötigen Schutzmaßnahmen.

## 6 Ausblick

Die Einführung der neuen Grenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische stellt eine scharfe Zäsur dar. Die alte Regelung benötigte viele Jahre, bis sie sich insbesondere auch in den Sicherheitsdatenblättern durchgesetzt hatte und die für die Arbeitsplatzbeurteilung erforderlichen Daten ohne aufwendige Recherchen zur Verfügung standen.

Mit dem hier vorgestellten neuen Konzept des AGS zur Beurteilung von Arbeitsbereichen, in denen eine Exposition

gegenüber Kohlenwasserstoffgemischen besteht, verbinden die Autoren die Aufforderung an alle Hersteller und Vertreiber von Lösemittelkohlenwasserstoffen, die benötigten Informationen zu den Grenzwerten über Sicherheitsdatenblätter, Informationsschreiben oder ihre Internetseiten möglichst umgehend für alle Anwender verfügbar zu machen – sofern dies nicht bereits erfolgt ist. Die Informationen frühzeitig und schnell bekannt zu geben, fördert die Akzeptanz der neuen Grenzwerte und dient damit dem Arbeitsschutz. Ohne diese Informationen muss bei der Beurteilung der Exposition an Arbeitsplätzen von Worst-Case-Bedingungen ausgegangen und der niedrigste Grenzwert als Beurteilungsgrundlage für die Gefährdungsbeurteilung herangezogen werden. Diese im Hinblick auf eine sachgerechte Durchführung der Gefährdungsbeurteilung unbefriedigende Perspektive sollte möglichst nicht Realität werden.

### Literatur

- [1] Technische Regel für Gefahrstoffe: Bewertung von Kohlenwasserstoffdämpfen in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 404). B ArbBl. (1992) Nr. 9, S. 40 (aufgehoben).
- [2] Technische Regel für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). GMBL. (2007) Nr. 55, S. 1094.
- [3] Begründungen zu Arbeitsplatzgrenzwerten der TRGS 900. www.baua.de, Rubrik Gefahrstoffe/Technische Regeln für Gefahrstoffe.
- [4] BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Kennzahl 0514/2 ff. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.
- [5] Die neuen Arbeitsplatzgrenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische (Lösemittelkohlenwasserstoffe). Faltblatt. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin 2008. www.dguv.de/bgia/rcp-rechner
- [6] Model studies for evaluating the behavioral effects of solvents and the role of toxicokinetic factors: The effects of cyclohexane on behavior in human volunteers. Hrsg.: TNO Nutrition and Food Research Institute, Zeist, Niederlande 1997.
- [7] The effects of short-term inhalatory exposure to 1,2,4-trimethylbenzene on behavior in the rat. Hrsg.: TNO Nutrition and Food Research Institute for CEFIC, Brussels, Belgium, 1999.
- [8] The effects of short-term inhalatory exposure to cyclopentane on behavior in the rat. Hrsg.: TNO Nutrition and Food Research Institute for CEFIC, Brussels, Belgium, 2000.
- [9] www.acgih.org/tlv/CurrentIssuesTLVCSComm.pps#17 (Anfrage: 2. März 2008)
- [10] Occupational Exposure Limits. EH 40/2005. Hrsg.: Health and Safety Executive (HSE), London, England, 2005.
- [11] Kohlenwasserstoffgemische RCP (Kennzahl 7735). In: BGIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 40. Lfg. 2008. Hrsg.: BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, Sankt Augustin. Berlin: Erich Schmidt 1989 – Losebl.-Ausg.