

## BIA-Report 5/99

Messen, Beurteilen und Schutzmaßnahmen beim Umgang mit komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen

Verfasser: Dietmar Breuer, Wolfgang Pfeiffer, Markus Berges,  
Martin Hennig, Norbert Lichtenstein,  
Wolfgang Pflaumbaum, Reinhard Stockmann,  
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit

Herausgeber: Hauptverband der gewerblichen  
Berufsgenossenschaften (HVBG)  
Alte Heerstraße 111, 53754 Sankt Augustin  
Telefon: 0 22 41 / 2 31- 01  
Telefax: 0 22 41 / 2 31- 13 33  
Internet: [www.hvbg.de](http://www.hvbg.de)  
- Dezember 1999 -

Satz und Layout: HVBG, Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Druck:

ISBN: 3-88383-549-8

ISSN: 0173-0387

## Kurzfassung

Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische werden in vielen Bereichen der industriellen Fertigung und im Handwerk verwendet und verbraucht. Die unterschiedlichen Anwendungen und Zusammensetzungen haben zur Folge, dass eine einheitliche Bewertung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen nicht möglich ist.

Der Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) hat aus diesem Grund die komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische in vier Hauptgruppen unterteilt.

Die Erfahrungen der Berufsgenossenschaften haben gezeigt, dass man bei der Messung und der Beurteilung der Messergebnisse für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische sehr sorgfältig vorgehen muss. Die Ermittlung des am Arbeitsplatz vorherrschenden komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemisches stellt sich nicht selten als recht schwierig dar.

Dieser Report ist eine weitere Hilfe für die Praxis beim Umgang mit komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen; er ergänzt den vorliegenden BIA-Report 7/96 „Kühlschmierstoffe“.

Es wird ausführlich auf die bei der Messung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen zu beachtenden Randbedingungen eingegangen; dabei werden technische, chemische und physikalische Grundlagen berücksichtigt. Zur Bewertung der Messergebnisse werden ausführliche Hinweise gegeben. Für Arbeitsbereiche, in denen mehrere komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische parallel auftreten, wird erstmals ein vollständiges Bewertungskonzept vorgestellt.

Das umfassende Konzept für Schutzmaßnahmen, das bereits für Kühlschmierstoffe aufgestellt wurde, wird auf alle komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische erweitert. Es werden Hilfestellungen für persönliche und technische Schutzmaßnahmen gegeben.

## **Abstract**

Complex mixtures containing hydrocarbons are used and consumed in many areas of industrial production and trade. The different uses and compositions of the mixtures exclude the possibility of a uniform evaluation of complex mixtures containing hydrocarbons.

As a result, the Committee for Hazardous Substances (AGS) has divided the complex mixtures containing hydrocarbons into four main categories.

Experiences made by the Berufsgenossenschaften have shown that great care must be taken in measuring complex mixtures containing hydrocarbons and evaluating the measuring results. Ascertaining the predominant complex mixture containing hydrocarbon at the workstation often appears too difficult.

This report provides extra practical support for dealing with complex mixtures containing hydrocarbons; it supplements the existing BIA-report 7/96 "cooling lubricants".

It covers in great detail the framework conditions which are to be observed when measuring the complex mixtures containing hydrocarbons, whereby the technical, chemical and physical basic factors are taken into consideration. Detailed comments are given as regards evaluating measuring results. A full evaluation concept is to be presented for the first time for areas in which several complex mixtures containing hydrocarbons appear in parallel.

The comprehensive concept for protective measures which was already established for cooling lubricants is to be extended to include all complex mixtures containing hydrocarbons. There will also be help points for personal and technical safety measures.

## Résumé

Des mélanges complexes contenant de l'hydrocarbure sont utilisés et consommés dans de nombreux domaines de la production industrielle et dans l'artisanat. Les différentes utilisations et compositions des mélanges ont pour conséquence qu'une évaluation uniforme des mélanges complexes contenant de l'hydrocarbure est impossible.

C'est pourquoi, le comité pour les produits dangereux (Ausschuss für Gefahrstoffe AGS) a partagé les mélanges complexes contenant de l'hydrocarbure en 4 groupes principaux.

Les expériences des Berufsgenossenschaften ont montré qu'on doit agir avec prudence quand on mesure et apprécie les résultats expérimentaux pour les mélanges complexes contenant de l'hydrocarbure. Il n'est pas rare que la recherche, faite sur les lieux de travail, en ce qui concerne les mélanges complexes contenant de l'hydrocarbure se révèle être difficile.

Ce rapport est une aide supplémentaire pour la pratique du maniement des mélanges complexes contenant de l'hydrocarbure. Il complète le rapport déjà existant de la BIA 7/96 « réfrigérants lubrifiants ».

On y aborde, de façon détaillée, les conditions marginales observées lors de mesures de mélanges complexes contenant de l'hydrocarbure. En même temps, des bases techniques, chimiques et physiques sont prises en compte. Des remarques concernant l'évaluation des résultats expérimentaux sont données de façon détaillée. Un concept d'évaluation complet sera présenté, pour la première fois, pour des domaines dans lesquels plusieurs mélanges complexes contenant de l'hydrocarbure entrent en jeu parallèlement.

Ce large concept pour les mesures de protection, qui a déjà été mis en place pour les réfrigérants lubrifiants, sera étendu à tous les mélanges complexes contenant de l'hydrocarbure. Il y a aura des aides en ce qui concerne les mesures de protection personnelles et techniques.

## Resumen

Las mezclas complejas de hidrocarburos se utilizan y consumen en muchos campos de la fabricación industrial y artesanal. Debido a la diversidad de las diferentes aplicaciones y composiciones de las mezclas no se puede hacer una valoración homogénea de las mezclas complejas de hidrocarburos.

Por esta razón, la Comisión para las Sustancias Peligrosas (AGS) ha subdividido las mezclas complejas de hidrocarburos en cuatro grupos principales.

Las experiencias de las Berufsgenossenschaften han demostrado que, en el caso de las mezclas complejas de hidrocarburos, ha de procederse con extremo cuidado en la medición y evaluación de los resultados. Con frecuencia, resulta muy difícil determinar cuál es la mezcla compleja de hidrocarburos predominante en un puesto de trabajo concreto.

Este informe sirve como ayuda adicional para la práctica del tratamiento de mezclas complejas de hidrocarburos. Complementa el informe BIA 7/96 "Lubricantes refrigerantes".

Se pormenorizan las condiciones marginales que han de tenerse en cuenta en la medición de mezclas complejas de hidrocarburos teniendo en consideración las bases técnicas, químicas y físicas. Se ofrecen amplias recomendaciones para evaluar los resultados de las mediciones. Por primera vez se presenta un concepto completo de valoración para los campos de trabajo en los que se presentan de modo paralelo varias mezclas complejas de hidrocarburos.

El amplio concepto para las medidas protectoras que ya se había elaborado para los lubricantes refrigerantes se aumenta a todas las mezclas complejas de hidrocarburos. Se ofrecen ayudas para medidas de protección personal y técnica.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	11
2	Definitionen von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen .....	13
2.1	Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 1: Kühlschmierstoffe ....	13
2.2	Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 2: Kohlenwasserstoffgemische - Verwendung vorwiegend als Lösemittel .....	14
2.3	Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 3: Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren .....	15
2.3.1	Zusammensetzung von Kraftstoffdämpfen .....	19
2.4	Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 4: Sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische .....	20
2.4.1	Getriebeöle .....	21
2.4.2	Hydraulikflüssigkeiten .....	22
2.4.3	Verdichteröle .....	22
2.4.4	Schmieröle .....	22
2.4.5	Kettensägeöle; Sägegatteröle .....	23
2.4.6	Gleitbahnöle (Bettbahnöle) .....	23
2.4.7	Turbinenöle .....	23
2.4.8	Isolieröle .....	23
2.4.9	Wärmeträgeröle .....	23
2.4.10	Prozessöle .....	23
2.4.11	Druckfarben .....	24
2.4.12	Absorptionsöle (Gaswaschöle) .....	24
2.4.13	Trennmittel (Betontrennmittel und Formtrennmittel) .....	24
2.4.14	Staubbindemittel .....	25
2.4.15	Korrosionsschutzflüssigkeiten .....	25
2.4.16	Kuschmierstoffe mit Flammpunkt unter 100 °C .....	25
2.4.17	Dielektrika .....	25
2.4.18	Kohlenwasserstoffhaltige Reiniger .....	25
2.4.19	Schmierfette .....	26
2.4.20	Härteöle .....	26
2.4.21	Umformhilfsstoffe; Schmiedehilfsstoffe .....	26
2.5	Einstufung der sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische ...	26
3	Gesetzliche Vorschriften und technische Regeln .....	29
3.1	Regelungen nach Gefahrstoffverordnung - GefStoffV .....	29
3.1.1	Einstufung von Stoffen und Zubereitungen .....	29
3.1.2	Sicherheitsdatenblatt .....	29

3.1.3	Zusätzliche Ermittlungspflichten, Vorsorge- und Schutzmaßnahmen .....	30
3.2	Grenzwerte am Arbeitsplatz.....	30
3.3	Weitere Regelungen .....	34
4	Physikalische und chemische Eigenschaften von Mineralölen .....	36
4.1	Chemische Eigenschaften von Kohlenwasserstoffen .....	36
4.1.1	Struktur von Kohlenwasserstoffen .....	36
4.1.2	Chemische Eigenschaften .....	38
4.2	Physikalische Eigenschaften von Kohlenwasserstoffen.....	39
5	Messverfahren .....	44
5.1	Messverfahren zur Bestimmung der Kühlschmierstoffkonzentrationen am Arbeitsplatz .....	44
5.1.1	Geräte/Chemikalien .....	47
5.1.2	Probenträgerherstellung .....	48
5.1.3	Vorbereitung der Probenträger .....	48
5.1.4	Probenahme .....	48
5.1.5	Probenaufarbeitung und analytische Bestimmung.....	49
5.1.6	Kalibrierung .....	49
5.1.7	Auswertung .....	50
5.1.8	Verfahrenskenndaten .....	51
5.2	Messverfahren für Kohlenwasserstoffgemische nach Teil 2 .....	52
5.2.1	Allgemeines .....	52
5.2.2	Geräte, Chemikalien, Lösungen.....	52
5.2.3	Probenahme .....	52
5.2.4	Probenaufbereitung .....	53
5.2.5	Analytische Bestimmung .....	53
5.2.6	Kalibrierung und Auswertung.....	53
5.2.7	Kenndaten des Verfahrens.....	54
5.2.8	Chromatogramme.....	54
5.3	Messverfahren für Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren .....	56
5.4	Messverfahren für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische nach Teil 4 .....	57
5.4.1	Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 4A.....	57
5.4.2	Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 4B.....	57
5.4.3	Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 4C .....	57
5.5	Einsatzmöglichkeiten von direktanzeigenden Messgeräten für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische .....	58



5.5.1	Gesamtkohlenwasserstoffmessungen mit Hilfe eines Flammenionisationsdetektors (FID) .....	58
5.5.2	Gesamtkohlenwasserstoffmessungen mit Hilfe eines Photoionisationsdetektors (PID) .....	60
6	Ermittlungsleitfaden zur Beurteilung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen .....	62
6.1	Basisermittlungen bei komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen.....	62
6.2	Kühlschmierstoffe.....	63
6.3	Kohlenwasserstoffgemische - additivfrei - und Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren .....	73
6.4	Sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische .....	73
7	Beurteilungshilfen für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische.....	76
8	Kühlschmierstoffmessungen im Rahmen des Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe (BGMG) .....	94
8.1	Maßnahmen der Berufsgenossenschaften .....	94
8.2	Messergebnisse .....	97
9	Schutzmaßnahmen .....	101
9.1	Allgemeines .....	101
9.2	Organisatorische Maßnahmen .....	101
9.2.1	Stoffauswahl, Prüfung, Pflege und Reinigung der KKG .....	101
9.2.2	Minimierung der Emissionen.....	102
9.3	Technische Schutzmaßnahmen .....	102
9.3.1	Übersicht .....	102
9.3.2	Erfassung entstehender Dämpfe und Aerosole .....	104
9.3.3	Raumlüftung.....	104
9.3.4	Abscheidung, Abscheideverfahren.....	109
9.3.5	Wärmerückgewinnung, Reinlufrückführung .....	112
9.3.6	Begleitmaßnahmen.....	112
9.4	Maßnahmen zum Schutz der Haut beim Umgang mit KKG .....	113
9.4.1	Schutzfunktionen der Haut.....	113

9.4.2	Hautschädigungen.....	113
9.4.3	Hautschutzmaßnahmen und Hautschutzplan.....	114
9.4.4	Arbeitsmedizinische Vorsorge .....	116
9.4.5	Betriebliche Umsetzung .....	117
9.5	Maßnahmen zum Schutz vor Verpuffungen und Bränden .....	117
	Glossar.....	120

## 1 Einleitung

Kohlenwasserstoff ist die Bezeichnung für eine organische Verbindung, die nur aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff besteht (vgl. Kap 4.1). Die kurzkettigen Kohlenwasserstoffe mit bis zu vier Kohlenstoffatomen sind bei Raumtemperatur gasförmig. Ab Pentan ( $C_5$ ) sind die Kohlenwasserstoffe bei Raumtemperatur flüssig. Langkettige Kohlenwasserstoffe ab Heptadecan ( $C_{17}$ ) sind feste, wachsartige Stoffe. Die gasförmigen Kohlenwasserstoffe sind wichtige Grundchemikalien in der Chemischen Industrie oder werden als Brennstoff, z.B. als Heizgas für Wohnungen (Erdgas), verwendet. Die flüssigen Kohlenwasserstoffgemische werden, neben der Hauptanwendung als Brennstoff (s.u.), für zahlreiche Anwendungen im Bereich der industriellen Fertigung eingesetzt [1].

Kohlenwasserstoffgemische werden in großen Mengen hergestellt und verbraucht. Die Gewinnung der verschiedenen Kohlenwasserstoffe erfolgt in der Regel durch Destillation von Erdölen oder fossilen Brennstoffen. Das Gesamtaufkommen an Mineralölprodukten (Kohlenwasserstoffen) in der Bundesrepublik Deutschland betrug z.B. im Jahr 1996 147,1 Mio. t. Den größten Anteil machen die Kraftstoffe (Ottokraftstoffe und Diesel) für den Automobilverkehr mit 40,3 % (59,3 Mio. t) und das Heizöl (leichtes und schweres Heizöl) mit 35,1 % (51,1 Mio. t) aus. Die restlichen 36,7 Mio. t werden in den unterschiedlichsten Technikbereichen eingesetzt [2]. Das Aufkommen an Spezial- oder Testbenzinen mit 0,21 Mio. t oder Schmierstoffen mit 1,68 Mio. t (1,14 %) im selben Zeitraum ist vergleichsweise gering, obwohl es sich auch dort um großtechnisch eingesetzte Produkte handelt.

Bei der Destillation von Rohöl werden Gemische aus Isomeren erhalten. Mit steigender C-Zahl nimmt die Zahl der Isomere exponentiell zu. Ab dem Butan ( $C_4$ ) gibt es Isomere, beim Decan ( $C_{10}$ ) sind bereits 75 Isomere möglich, beim Pentadecan ( $C_{15}$ ) 4347 (vgl. Kap. 4.1) [3].

Die große Zahl der möglichen Isomeren bei längerkettigen Kohlenwasserstoffen hat zur Folge, dass eine arbeitsschutzrechtliche Beurteilung nach Einzelsubstanzen nur bei kurzkettigen Kohlenwasserstoffen sinnvoll ist. Dagegen müssen Einzelsubstanzen, die toxikologisch als besonders kritisch anzusehen sind, in jedem Fall gesondert bewertet werden. Es gibt einige Kohlenwasserstoffe mit Grenzwert, die in der TRGS 900 [4] aufgelistet sind (vgl. Kap. 3.2). Allgemein lässt sich feststellen, dass gesättigte aliphatische und cycloaliphatische Verbindungen in der Regel deutlich höhere Grenzwerte als ungesättigte Alkene und Alkine haben und diese wiederum höhere Grenzwerte als aromatische Kohlenwasserstoffe.

Neben den Einzelstoffgrenzwerten gibt es Grenzwerte für Kohlenwasserstoffgemische auf Mineralölbasis, bei denen die C-Zahl der betroffenen Verbindungen variiert. Für diese so genannten komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische wurde vom Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) eine spezielle Einteilung nach Zusammensetzung und Verwendung sowie ein darauf abgestimmtes Beurteilungskonzept erarbeitet [5]. Dabei wurden die komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische in vier Teile eingruppiert:

Teil 1	MAK für Kühlschmierstoff-Dämpfe und Aerosole; wassermischbare und nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe mit einem Flammpunkt größer 100 °C
Teil 2	Kohlenwasserstoffgemische, additivfrei (in der Regel Verwendung als Lösemittel)
Teil 3	Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren
Teil 4	sonstige komplexe Kohlenwasserstoffgemische, die nicht den Teilen 1 bis 3 zuzuordnen sind, z. B. Dielektrika (beim Funkenerodieren), Trennmittel (beim Druckgießen, als Schalöle usw.), Härteöle, Kühlschmierstoffe mit Flammpunkt kleiner als 100 °C usw..

Eine besondere Problematik stellt die Messung und Beurteilung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen dar. Da die Einteilung der Gruppen sich auf die Verwendung der Kohlenwasserstoffgemische bezieht, können einzelne Kohlenwasserstoffe, je nach Anwendung in unterschiedlichen Gruppen auftreten (vgl. Kap. 2).

Beispiele:

- In Kühlschmierstoffen eingesetzte Mineralöle (Teil 1) können auch in Hydraulikölen (Teil 4) enthalten sein.
- Ein in einem Ottokraftstoff (Teil 3) vorkommender Kohlenwasserstoff, z. B. Oktan, kann auch in einem additivfreien Kohlenwasserstoffgemisch (Teil 2) enthalten sein.

Die chemische Analytik bietet nicht die Möglichkeit, die Herkunft eines Kohlenwasserstoffes zu erkennen. Bei der Beurteilung von Arbeitsbereichen, in denen komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische eingesetzt werden, kommt es daher in besonderem Maße auf die Ermittlung der Emissionsquellen an, um festlegen zu können, welche Beurteilungsbasis gewählt werden muss. Wenn eine Emissionsquelle ermittelt ist, muss anhand der Herstellerinformationen für das komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemisch und des Anwendungsverfahrens die Beurteilungsgrundlage gewählt werden.

---

[1] Römpp, Chemie-Lexikon. Falbe, J.; Regitz, M. (Hrsg.). 9. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart 1992

[2] Amtliche Mineralöl-daten für die Bundesrepublik Deutschland Dezember und Jahr 1996. Hrsg.: Bundesamt für Wirtschaft, Eschborn/Taunus

[3] Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie. Bd. 14: Kohlenwasserstoffe. 4. Aufl. Verlag Chemie, Weinheim 1977, S. 653-714

[4] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz - MAK und TRK-Werte (TRGS 900). BArbBl. (1996) Nr. 10, S. 106-128

[5] Luftgrenzwerte für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische. BArbBl. (1996) Nr. 6, S. 61

## 2 Definitionen von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen

### 2.1 Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 1: Kühlschmierstoffe

Bei der Bearbeitung von Metallen werden spanlose und spanabhebende Formgebungen unterschieden. Für nahezu alle spanabhebenden Verfahren (z.B. Drehen, Bohren, Fräsen, Schneiden, Schleifen etc.) sind Kühlschmierstoffe unerlässlich. In der Vergangenheit wurden häufig Synonyme wie Bohrmilch, Schleifwasser, Honöl oder Läppöl verwendet, die häufig verharmlosend wirken. In DIN 51 385 [1] werden die Kühlschmierstoffe nach der Verwendung definiert und eingeteilt (siehe Tabelle 1 auf Seite 14).

Im BIA-Report 7/96 „K Kühlschmierstoffe“ [2] wurde ein anderes Ordnungsprinzip gewählt. Die Inhaltsstoffe werden in Primär- und Sekundärstoffe eingeteilt. Primärstoffe sind Substanzen, die im Kühlschmierstoff im Anlieferungszustand enthalten sind, während Sekundärstoffe erst während des Einsatzes entstehen oder in den Kühlschmierstoff gelangen können.

Die häufigsten Basisstoffe von Kühlschmierstoffen sind Mineralölsiedeschnitte, sodass die Einteilung in die komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische gerechtfertigt ist. Bei nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen sind Mineralöle praktisch zu 100 % der Basisstoff. Bei wassermischbaren Kühlschmierstoffen können auch synthetische Öle oder sogenannte native Öle auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen zum Einsatz kommen, doch stellen auch hier Gemische auf Mineralölbasis den weitaus größten Anteil.

**Tabelle 1: Einteilung der Kühlschmierstoffe nach DIN 51 385**

Nr.	Benennung	Definition
0	Kühlschmierstoff	Stoff, der beim Trennen und teilweise beim Umformen von Werkstoffen zum Kühlen und Schmieren eingesetzt wird
1	nicht wassermischbarer Kühlschmierstoff	Kühlschmierstoff, der für die Anwendung nicht mit Wasser gemischt wird
2	wassermischbarer Kühlschmierstoff	Kühlschmierstoff, der vor seiner Anwendung mit Wasser gemischt wird
2.1	emulgierbarer Kühlschmierstoff	wassermischbarer Kühlschmierstoff, der die diskontinuierliche Phase einer Emulsion (Öl-in-Wasser) bilden kann
2.2	wasserlöslicher Kühlschmierstoff	Kühlschmierstoff, der mit Wasser gemischt Lösungen ergibt; hierzu gehören neben echten Lösungen auch Lösungen der Assoziationskolloide, z.B. Lösungen von Seifen
3	wassergemischter Kühlschmierstoff	mit Wasser gemischter Kühlschmierstoff (wassermischbarer Kühlschmierstoff im Anwendungszustand)
3.1	Kühlschmier-Emulsion (Öl-in-Wasser)	mit Wasser gemischter emulgierbarer Kühlschmierstoff (gebrauchsfertige Mischung)
3.2	Kühlschmier-Lösung	mit Wasser gemischter wasserlöslicher Kühlschmierstoff (gebrauchsfertige Mischung)

## 2.2 Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 2: Kohlenwasserstoffgemische - Verwendung vorwiegend als Lösemittel

Kohlenwasserstoffgemische, die als Lösemittel Verwendung finden, sind flüssige Stoffgemische, die ausschließlich aus Kohlenwasserstoffen mit 5 bis ca. 14 C-Atomen bestehen. Die Gemische sind additivfrei und der Benzolgehalt muss unter 0,1 % liegen. Sie setzen sich aus verschiedensten Vertretern von drei Substanzklassen zusammen:

- Alkane (n- und iso-)
- Cycloalkane
- Aromaten

Es muss nicht jede Substanzklasse in einem Kohlenwasserstoffgemisch vertreten sein. Teilweise besitzen die Einzelkomponenten einen Grenzwert. In der Regel erfolgt die Beurteilung von Kohlenwasserstoffgemischen über einen Gemischgrenzwert (vgl. Kap. 3.2). Kohlenwasserstoffgemische dieser Definition stellen Siedeschnitte aus der Erdölverarbeitung dar und tragen Bezeichnungen wie Testbenzin, Siedegrenzbenzin, Petrolether, Terpentinersatz, Solvent Naphtha u.a. (siehe Tabelle 2). Zunehmend werden auch aromatenfreie synthetische Produkte aus Isoalkanen verwendet.

Kohlenwasserstoffgemische werden aufgrund ihrer im Gegensatz zu anderen Lösemitteln (z.B. chlorierten Kohlenwasserstoffen) geringeren Toxizität häufig eingesetzt. Sie finden Anwendung zum Entfetten von Werkstücken, in Klebern, Farben, Lacken, Reinigern und Verdünnern. Die Wahl des geeigneten Kohlenwasserstoffgemisches richtet sich nach den zu lösenden Stoffen und dem gewünschten Siedebereich. So werden z.B. für schnelltrocknende Kleber niedrigsiedende Fraktionen eingesetzt.

**Tabelle 2: Einteilung der Kohlenwasserstoffgemische nach DIN 51 630-51 635 [3]**

Benennung	Siedebereich [°C]	Flammpunkt [°C]
Petrolether	25-80	< 21
Siedegrenzbenzin I	60-95	< 21
Siedegrenzbenzin II	80-110	< 21
Siedegrenzbenzin III	100-140	< 21
Testbenzine	130-220	> 21
Lösungspetroleum	130-280	> 21

### 2.3 Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 3: Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren

Ottokraftstoff und Avgas sind die Bezeichnungen von flüchtigen, leicht entzündlichen Kohlenwasserstoffgemischen, die primär in Verbrennungsmotoren zum Antrieb von Personenkraftwagen, Lastkraftwagen, Omnibussen, Motorrädern und Kolbenmotorflugzeugen eingesetzt werden [4].

Die Zusammensetzung dieser komplexen Kohlenwasserstoffgemische ist abhängig von dem eingesetzten Rohöl, den verschiedenen Raffinationsprozessen und den Raffinationsströmen. Beim Mischen (Blending) der einzelnen Raffinationsströme ist das primäre Ziel, die physikalisch-chemischen Kenndaten einzuhalten und nicht die Konsistenz in der chemischen Zusammensetzung. Die Mindestanforderungen an

Ottokraftstoffe in Deutschland sind in den Normen DIN 51 600 [5] für verbleite und DIN EN 228 [6] für unverbleite Ottokraftstoffe festgelegt, die Mindestanforderungen für Avgas in den „Aviation Fuel Quality Requirements for jointly Operation Systems“.

Ottokraftstoff und Avgas sind komplexe Mischungen von Kohlenwasserstoffen mit einem Siedebereich von etwa 30 °C bis 220 °C aus Komponenten vorwiegend im C<sub>4</sub>-C<sub>12</sub>-Bereich [7], die durch „Blending“ produziert werden. Die eingesetzten Raffinationsströme können aus folgenden Raffinationsprozessen stammen:

- Rohöldestillation (atmosphärisch)
- Alkylieren
- Katalytisches Cracken, thermisches Cracken, Hydrocracken
- Reformieren
- Isomerisieren
- Hydrieren

Ottokraftstoff setzt sich primär aus Reformaten, katalytischen und/oder thermischen Crackströmen, Isomeraten und den sog. straight run-Strömen zusammen, während Avgas vorwiegend aus Alkylaten und aromatischen Komponenten besteht. Benzol ist jedoch im Avgas zu weniger als 0,1 Massen-% enthalten. Um die Oktanzahl zu erhöhen, werden den Kohlenwasserstoffen sauerstoffhaltige Verbindungen zugesetzt, hauptsächlich Methyl-tert.-butylether (MTBE), aber auch Methanol, Ethanol und tert.-Butylalkohol (TBA). Grenzen für die Gehalte der einzelnen sauerstoffhaltigen Verbindungen sind für Methanol 3 Vol-%, TBA 7 Vol-%, Ethanol 5-Vol % und MTBE 15-Vol %. Gemäß DIN EN 228 sind bis zu 2,8 Massen-% Sauerstoff im Fertigprodukt erlaubt.

Tabelle 3 zeigt die Hauptkomponenten, die zum „Blending“ von Ottokraftstoff und Avgas herangezogen werden.

**Tabelle 3: Hauptkomponenten für Ottokraftstoffe und Avgas**

Raffinationsstrom	Ottokraftstoff %	Avgas %
Butane	0 bis 10	0 bis 2
leichte unbehandelte Destillationsströme	0 bis 30	0
C <sub>5</sub> / C <sub>6</sub> -Isomere	0 bis 30	0 bis 15
Alkylate	0 bis 5	50 bis 70
katalytisch gecracktes Benzin	0 bis 60	0
katalytisch reformiertes Benzin	30 bis 80	0 bis 40
thermisch gecracktes Benzin	0 bis 5	0
dampfgecracktes Benzin	0 bis 50	0
Methanol	0 bis 3	0



**Tabelle 3: Hauptkomponenten für Ottokraftstoffe und Avgas**

Raffinationsstrom	Ottokraftstoff %	Avgas %
MTBE	0 bis 15	0

Kraftstoffe enthalten zusätzlich Additive, z.B. Antioxidantien, Korrosionsinhibitoren, Antiicing-Verbindungen, Farbstoffe. Diese Verbindungen sind jedoch in geringen Konzentrationen im Fertigprodukt enthalten.

Typische Kenndaten für die wichtigsten in Deutschland verwendeten Typen von Ottokraftstoffen sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

**Tabelle 4: Physikalisch-chemische Daten von Ottokraftstoffen [8]**

Deutschland Sommer 1992												
Kenngröße	Normal bleifrei			Super bleifrei			Super Plus			Super verbleit		
	Min.	Max.	Mitte 	Min.	Max.	Mitte 	Min.	Max.	Mitte 	Min.	Max.	Mitte 
Dichte bei 15 °C [kg/m <sup>3</sup> ]	731	771	747	734	777	758	741	782	767	738	776	757
Dampfdruck* [hPa]	580	760	666	530	980	669	575	740	672	470	780	673
Benzolgehalt [Vol. %]	0,6	3,9	2,1	0,6	4,6	2,5	0,6	3,9	2,7	0,5	4,5	2,5
MTBE [Vol. %]	0,0	7,9	1,1	0,0	9,9	2,2	0,1	16,6	9,2	0,0	11,4	2,7
Methanol [Vol. %]	0,0	2,6	0,1	0,0	2,8	0,2	0,0	2,4	0,1	0,0	2,9	0,2
tert. Butanol [Vol. %]	0,0	1,8	0,2	0,0	1,9	0,2	0,0	1,9	0,1	0,0	2,0	0,2
Winter 1992/93												
Dichte bei 15 °C [kg/m <sup>3</sup> ]	726	752	736	737	768	749	741	775	759	733	761	750
Dampfdruck* [hPa]	800	950	853	800	960	859	690	900	836	730	960	853
Benzolgehalt [Vol. %]	0,4	3,7	1,8	0,7	4,3	2,5	1,0	3,8	2,4	0,6	4,7	2,9
MTBE [Vol. %]	0,0	4,1	0,5	0,0	9,0	1,1	0,0	14,2	8,4	0,0	11,6	1,7
Methanol [Vol. %]	0,0	2,7	0,2	0,0	2,8	0,2	0,0	2,8	0,1	0,0	2,9	0,2
tert. Butanol [Vol. %]	0,0	2,0	0,2	0,0	2,0	0,2	0,0	1,9	0,1	0,0	1,9	0,2

\*nach Reid

Die Daten sind Richtwerte, da es sich bei den Untersuchungen um statistische Erhebungen handelt und außerdem die Zusammensetzung der Kraftstoffe rohölabhängig schwankt. Die physikalischen Größen von Sommer- und Winterqualität unterscheiden sich oftmals deutlich (z.B. Dichte, Dampfdruck).

Tabelle 5 (auf Seite 18) zeigt die durchschnittliche Ottokraftstoff-Zusammensetzung bezüglich aromatischer, olefinischer und paraffinischer Kohlenwasserstoffe.

**Tabelle 5: Typische Kohlenwasserstoffgehalte von Ottokraftstoffen [9]**

Kohlenwasserstoff	C-Zahl	% Massenanteil in den Sorten			
		Normal bleifrei	Super bleifrei	Super Plus bleifrei	Super verbleit
Summe Alkane (ges. Paraffine)		50 bis 65	40 bis 60	35 bis 55	40 bis 60
Propan	3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
i-Butan/n-Butan	4	4,2	4,7	4,8	3,0
i-Pentan/n-Pentan	5	2,8	12,0	18,3	22,5
i-Hexan/n-Hexan	6	11,3	12,8	11,2	10,9
i-Heptan/n-Heptan	7	2,2	5,8	5,2	4,2
i-Oktan/n-Oktan	8	35,8	15,8	2,1	1,7
Nonane	9	1,2	1,0	0,7	0,9
Decane	10	0,1	0,1	-	0,1
Summe Alkene (Olefine)		0 bis 35	0 bis 25	0 bis 5	0 bis 15
Butene	4	2,5	0,4	^ 0,1	0,9
Pentene	5	3,1	0,1	0,2	1,9
Hexene	6	4,8	0,3	0,1	0,6
Heptene	7	1,2	0,2	0,3	0,3
Octene	8	1,0	< 0,1	0,2	0,1
Nonene	9	2,0	0,7	0,4	0,1
Decene	10	1,0	0,7	0,2	0,1
Summe Aromaten		23 bis 35	35 bis 55	38 bis 55	38 bis 55
Benzol	6	2,2	2,8	2,6	3,0
Toluol	7	4,4	15,1	7,9	8,3
o-, m-, p-Xylol	8	5,1	13,3	11,1	10,9
Ethylbenzol	8	1,8	1,5	3,1	2,2
C <sub>9</sub> -Aromaten	9	10,2	8,5	18,3	20,5
C <sub>10</sub> -Aromaten	10	3,1	0,2	5,0	0,8
Naphthaline	10	< 0,1	< 0,1	0,2	0,4

In einer Studie wurde die chemische Zusammensetzung der vier in Deutschland üblichen Ottokraftstoffqualitäten (Super unverbleit, Super Plus unverbleit, Normal unverbleit, Super verbleit) bestimmt. Es wurden 48 Ottokraftstoffe aus 12 Raffinerien aus dem Zeitraum Mai 1992 bis April 1993 entsprechend den in den Anforderungsnormen angegebenen Kennwerten untersucht. Identifiziert und ausgewiesen wurden ca. 200 kohlenwasserstoff- und sauerstoffhaltige Verbindungen mit Massenanteilen von mindestens 0,1% [9].

### 2.3.1 Zusammensetzung von Kraftstoffdämpfen

Ottokraftstoff und Avgas sind leicht flüchtige Flüssigkeiten, die Einzelkomponenten mit unterschiedlichen Dampfdrücken enthalten. Daraus folgt, dass sich die Dampfphase und die flüssige Phase in ihrer Zusammensetzung unterscheiden. Die Zusammensetzung von Dämpfen ist abhängig von der Zusammensetzung der Flüssigkeit und den physikalischen Gegebenheiten bei der Entstehung der Dämpfe [<sup>10</sup>,<sup>11</sup>]:

- Verdampfen der leicht flüchtigen Kohlenwasserstoffe, z.B. beim Befüllen von Kesselwagen, beim Tankvorgang an der Tankstelle oder durch Missbrauch als Reinigungs- und Entfettungsmittel.
- Verdampfen des flüssigen Kraftstoffes, z.B. durch Verschütten von Kraftstoff auf die erwärmte Fahrbahn. Die Verdampfungsrate ist in diesem Fall abhängig von der Oberflächentemperatur und dem Siedepunkt der Komponenten.
- Zerstäuben von flüssigem Ottokraftstoff durch Versprühen. In diesem Fall ist die Zusammensetzung der Dampfphase und der Flüssigkeit identisch.

In Tabelle 6 (auf Seite 20) sind einige Beispiele zur Zusammensetzung der Dampfphase von Ottokraftstoffproben aufgeführt. Die Werte wurden während einer LKW-Verladung gesammelt. Die Dämpfe entstehen primär durch die Verdampfung der leichtflüchtigen Bestandteile [<sup>2</sup>,<sup>12</sup>].

**Tabelle 6: Zusammensetzung der Dampfphase bei Ottokraftstoffen**

Verbindung	Siedepunkt [°C]	Dampfphase [Vol-%]
Alkane		
Propan	-42,1	0,8
n-Butan	- 0,5	38,1
Isobutan	-11,7	5,2
Isopentan	27,9	22,9
n-Pentan	36,1	7,0
Cyclopentan	49,3	0,7
2,3-Dimethylbutan	58,0	0,7
2-Methylpentan	60,3	2,1
3-Methylpentan	63,3	1,6
n-Hexan	68,7	1,5
Methylcyclopentan	71,8	1,3
2,4-Dimethylpentan	80,3	0,4
2,3-Dimethylpentan	89,8	0,7
2,2,4-Trimethylpentan	99,2	0,5
Alkene		
Isobuten	- 6,9	1,1
2-Methyl-1-buten	31,2	1,6
cis-2-Penten	37,0	1,2
2-Methyl-2-buten	38,6	1,7
Aromaten		
Benzol	80,1	0,7
Toluol	110,6	1,8
Xylol (p,m,o)	142,0	0,5
Gesamtprozent		92,1

Etwa 43 % der Dampfphase bestehen aus Isobutan und n-Butan. Beides sind Gase bei Standardbedingungen (25 °C, 1 bar). Alkane (bei Standardbedingungen flüssig) sind zu ca. 39% in der Dampfphase enthalten. Somit bestehen ca. 82% der Dampfphase aus C<sub>3</sub>-C<sub>8</sub>-Alkanen und -Alkenen.

#### 2.4 Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 4 -Sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische

In diesem Teil werden sämtliche komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische zusammengefasst, die nicht unter die ersten drei Teile fallen. Nach derzeitigem Kenntnisstand werden die komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische der Gruppe 4 in 21 Anwendungsgebiete unterteilt, die in Tabelle 7 (auf Seite 21) aufgeführt sind:

**Tabelle 7: Kohlenwasserstoffgemische und Zubereitungen, die komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische nach Teil 4 enthalten**

Nr.	Anwendung
1	Getriebeöle
2	Hydraulikflüssigkeiten
3	Verdichteröle Luftverdichteröle, Gasverdichteröle, Kältemaschinenöle
4	Schmieröle Spindelöle; Maschinenöle; Zylinderöle
5	Kettensägeöle; Sägegatteröle
6	Gleitbahnöle (Bettbahnöle)
7	Turbinenöle
8	Isolieröle
9	Wärmeträgeröle
10	Prozessöle Weichmacher in Polymeren (z.B. Gummi); Fluxöle in Bitumenmischungen; Innere Gleitmittel für Lebensmittel; Kosmetische Mittel
11	Druckfarben für Offset-Druck
12	Absorptionsöle (Gaswaschöle)
13	Trennmittel (Betontrennmittel und Formtrennmittel)
14	Staubbindemittel
15	Korrosionsschutzflüssigkeiten
16	Kühlschmierstoffe mit Flammpunkt < 100 °C
17	Dielektrika
18	Kohlenwasserstoffhaltige Reiniger
19	Schmierfette
20	Härteöle
21	Umformhilfsstoffe; Schmiedehilfsstoffe

#### 2.4.1 Getriebeöle

Getriebeöle sind meist schwerflüchtige Mineralöle, additiviert mit z.B. Verschleißschutz und Oxidationsinhibitoren. Sie finden Verwendung als Kraftfahrzeuggetriebeöle für Schalt- und Automatikgetriebe, als Industriegetriebeöle sowie als Achsgetriebeöle. Der Einsatz erfolgt meist in geschlossenen Systemen.

### 2.4.2 Hydraulikflüssigkeiten

Bei Hydraulikflüssigkeiten unterscheidet man die Untergruppen

- Hydraulikflüssigkeiten auf Mineralölbasis und
- schwerentflammbare Hydraulikflüssigkeiten.

Hydrauliköle auf Mineralölbasis sind schwerflüchtige Mineralöle, die mit Korrosionsschutz, Verschleißschutz und Oxidationsinhibitor additiviert sein können.

Schwerentflammbare Hydraulikflüssigkeiten sind wassermischbare Öl-in-Wasser-Emulsionen oder wasserfreie vollsynthetische organische Flüssigkeiten (Phosphorsäureester, spezielle Carbonsäureester).

Hydraulikflüssigkeiten werden in geschlossenen Systemen verwendet und können durch Leckagen an Dichtungen, Anschlüssen oder Leitungsverbindungen in den Arbeitsbereich gelangen.

### 2.4.3 Verdichteröle

Bei Verdichterölen wird je nach Verwendungszweck zwischen

- Luftverdichterölen,
- Gasverdichterölen und
- Kältemaschinenölen

unterschieden. Als Luftverdichteröle und Gasverdichteröle werden meist Mineralöle Hydrocracköle und poly- $\alpha$ -Olefine in geschlossenen Systemen verwendet. Luftverdichteröle sind mit Oxidations- und Korrosionsinhibitoren sowie Verschleißschutzadditiven versetzt. Gasverdichteröle enthalten nur wenig oder gar keine Additive.

Kältemaschinenöle sind meist additivfreie Öle auf der Basis von naphthenischen Mineralölen, poly- $\alpha$ -Olefinen oder speziellen synthetischen Estern, die immer in geschlossenen Anlagen verwendet werden.

### 2.4.4 Schmieröle

Schmieröle bestehen meist aus geeigneten niedrig- bis hochviskosen Grundölen auf Mineralölbasis und einem angepassten Additivsystem. Bei den Schmierölen unterscheidet man

- Spindelöle,
- Maschinenöle,
- Spezialmaschinenöle und
- Zylinderöle.

Spindelöle sind meist niedrigviskose Öle auf Mineralölbasis mit Additiven. Typische Einsatzbereiche sind der Maschinenbau, der Fahrzeugbau und die Textilindustrie.

Maschinenöle sind mittelviskose, häufig additivierte Mineralöle, die bei der Tauch- oder Verlustschmierung eingesetzt werden. Typische Einsatzbereiche sind Maschinenbau, Fahrzeugbau sowie Produktionsmaschinen und Fördereinrichtungen.

#### **2.4.5 Kettensägeöle; Sägegatteröle**

Kettensäge- oder Sägegatteröle sind Mineralöle, synthetische Kohlenwasserstoffe oder natürliche Esteröle mit Additiven. Die Hauptanwendungsbereiche liegen in der Forstwirtschaft, holzverarbeitenden Industrie, dem Handwerk oder beim privaten Endverbraucher.

Die Schmierung mit Kettensäge- oder Sägegatterölen ist in der Regel bei mittelschnell bis schnell laufenden Hand- und Mobilsägen oder bei Gattersägen (stationär) eine Verlustschmierung.

#### **2.4.6 Gleitbahnöle (Bettbahnöle)**

Gleitbahnöle sind hauptsächlich additivierte Mineralöle. Haupteinsatzbereiche sind die so genannten Gleit- oder Bettbahnen von Werkzeugschlitten.

#### **2.4.7 Turbinenöle**

Bei den Turbinenölen unterscheidet man zwischen

- Wasserturbinenölen und
- Gasturbinenölen.

Die meist in geschlossenen Anlagen eingesetzten Öle enthalten paraffinische Mineralöle, Hydrocracköle oder poly- $\alpha$ -Olefine sowie Oxidations-, Korrosionsschutz- und Verschleißschutzadditive.

#### **2.4.8 Isolieröle**

Bei Isolierölen handelt es sich in der Regel um dünnflüssige, additivierte Mineralöle mit Flammpunkten um 150 °C. Sie werden in der Elektrotechnik in Transformatoren, Wandlern oder Kabeln zur Isolierung und Wärmeableitung eingesetzt.

#### **2.4.9 Wärmeträgeröle**

Wärmeträgeröle sind additivfreie Mineralöle oder synthetische Flüssigkeiten, die in der Technik zur indirekten Beheizung industrieller Prozesse eingesetzt werden.

#### **2.4.10 Prozessöle**

Unter der Bezeichnung Prozessöle werden Mineralölprodukte zusammengefasst, die bei verschiedenen Anwendungen als Rohstoff eingesetzt werden. Das Mineralöl

verbleibt dabei im Endprodukt, wobei dieses aber nicht mehr als Mineralölprodukt bezeichnet wird. Anwendungsbereiche, in denen Prozessöle eingesetzt werden, sind:

- Mineralölweichmacher in verschiedenen Polymeren
- Fluxöle in Bitumenmischungen
- Formulierungshilfsmittel in Pflanzenschutzmitteln
- Innere Gleitmittel in Verpackungsmaterialien für Lebensmittel
- Kosmetische Mittel

Eine generelle Zusammensetzung der Prozessöle lässt sich wegen der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten nicht festlegen.

#### **2.4.11 Druckfarben**

Druckfarben für den Offsetdruck enthalten bis zu 50 % schwerflüchtige Mineralöle mit Siedebereichen über 240 °C als Verdünnungsmittel. Nach dem Druck verbleiben die Mineralöle entweder im Druckfarbenfilm oder werden vom Papier aufgenommen.

Dünnflüssige Druckfarben für den Sieb-, Flexo- und Tiefdruck enthalten mineralölhaltige Lösemittel nach Teil 2: Kohlenwasserstoffgemische, additivfrei.

#### **2.4.12 Absorptionsöle (Gaswaschöle)**

Absorptionsöle sind Kohlenwasserstoffgemische, die zur Gasreinigung in Raffinerien oder Kokereien eingesetzt werden. In der Regel werden in diesen Bereichen Zwischenprodukte der Rohöldestillation verwendet. Die Zusammensetzung der Absorptionsöle hängt von dem verwendeten Rohöl ab.

#### **2.4.13 Trennmittel (Betontrennmittel und Formtrennmittel)**

Trennmittel sind additivierte Mineralölprodukte, die in folgenden Industriebereichen verwendet werden:

- Betonverarbeitung
- Asphaltverarbeitung
- Bitumenverarbeitung

Es werden meist additivierte Mineralöle oder Esteröle mit Flammpunkten oberhalb von 100 °C eingesetzt. Die Verwendung erfolgt überwiegend in offenen Systemen. Vorwiegend werden nicht wassermischbare Mittel eingesetzt, wassermischbare Formtrennmittel sind von untergeordneter Bedeutung.

Beim Druckgießverfahren von Aluminium, Magnesium oder Zinklegierungen werden wassergemischte oder nicht wassergemischte Trennmittel eingesetzt. Die Verwendung von graphitisierten Mineralölen hat nur noch eine untergeordnete Bedeutung. Heute werden meist Polyethylenwachse und Siliconöle eingesetzt.



#### **2.4.14 Staubbindemittel**

Bei der Herstellung von Dämmstoffen auf der Basis künstlicher Mineralfasern werden Mineralöle als Staubbindemittel eingesetzt. Die verwendeten Öle haben einen Siedebereich von 100 °C bis 320 °C, die Flammpunkte liegen in der Regel oberhalb von 245 °C.

#### **2.4.15 Korrosionsschutzflüssigkeiten**

Korrosionsschutzflüssigkeiten sind additivhaltige Mineralölprodukte, die zur Vermeidung von Korrosion an Metallteilen eingesetzt werden. Man unterscheidet folgende Arten von Korrosionsschutzflüssigkeiten:

- nicht wassermischbare lösemittelhaltige Korrosionsschutzflüssigkeiten
- nicht wassermischbare lösemittelfreie Korrosionsschutzflüssigkeiten
- wassermischbare Korrosionsschutzflüssigkeiten.

Die nicht wassermischbaren lösemittelhaltigen Korrosionsschutzflüssigkeiten enthalten neben mittel- bis hochviskosen Mineralölen oder Syntheseölen flüchtige kohlenwasserstoffhaltige Lösemittel nach Teil 2: Kohlenwasserstoffgemische, additivfrei.

Nicht wassermischbare lösemittelfreie Korrosionsschutzflüssigkeiten bestehen aus mittel- bis hochviskosen Mineralölen oder Syntheseölen.

Wassermischbare Korrosionsschutzflüssigkeiten werden in der Regel als 2-10 %ige Emulsion eingesetzt, sie enthalten Mineral- oder Syntheseöle sowie Korrosionsschutzadditive, Emulgatoren und Netzmittel.

#### **2.4.16 Kühlschmierstoffe mit Flammpunkt unter 100 °C**

Kühlschmierstoffe mit Flammpunkt unter 100 °C sind nicht wassermischbare additivierte Mineralölprodukte. Haupteinsatzgebiete sind die spanende Fertigung sowie Umformungsprozesse. Im Bereich der spanenden Fertigung werden Kühlschmierstoffe mit Flammpunkt unter 100 °C meist für die Feinstbearbeitungsverfahren Honen, Läppen oder Finishen eingesetzt.

#### **2.4.17 Dielektrika**

Dielektrika sind in der Regel additivfreie paraffinische Mineralöle, die beim Funkenerodieren von Metallteilen verwendet werden. Die Flammpunkte der Mineralöle liegen im Bereich 70 °C bis 130 °C. Die Verwendung erfolgt meist in offenen oder halboffenen Bädern.

#### **2.4.18 Kohlenwasserstoffhaltige Reiniger**

Kohlenwasserstoffhaltige Reiniger werden zur Entfernung von Rückständen, Anhaftungen und Verschmutzungen eingesetzt. Die Anwendung reicht von der Reinigung im Tauchbecken bis zum Versprühen unter Druck.

Die Reiniger enthalten meist Additive (Tenside) und werden wassergemischt oder nicht wassergemischt eingesetzt.

#### **2.4.19 Schmierfette**

Schmierfette sind unter Verwendung von Metallseifen, Gelbildnern und Polymeren eingedickte Schmieröle. Schmierfette enthalten bis zu 95 % Basisstoffe (z.B. Mineralöle, synthetische Öle oder poly- $\alpha$ -Olefine), bis zu 35 % Verdicker und bis zu 10 % Additive (z.B. Korrosionsschutz, Antioxidantien).

#### **2.4.20 Härteöle**

Härteöle werden zur Abkühlung von erwärmtem Stahl eingesetzt, um ein definiertes Gefüge zu erhalten. Die auf ca. 1000 °C erhitzten Werkstücke werden in offenen oder geschlossenen Anlagen in das Härteöl eingetaucht. Es entstehen thermische Zersetzungsprodukte.

#### **2.4.21 Umformhilfsstoffe; Schmiedehilfsstoffe**

Umformhilfsstoffe dienen zur Kühlung und Schmierung bei Umformverfahren wie:

- Druckumformung
- Zugdruckumformung
- Zugumformung
- Biegeumformung
- Schubumformung

Die Umformprozesse werden bei den unterschiedlichsten Temperaturen ausgeführt:

- Raumtemperatur bis ca. 350 °C (Kaltmassivumformung)
- ca. 650 °C bis 900 °C (Halbwarmumformung)
- ca. 900 °C bis 1200 °C (Warmumformung)

Bei der Umformung werden additivierte Mineralöle mit Flammpunkt >100 °C eingesetzt. Bei höheren Temperaturen sind thermische Zersetzungsprodukte möglich.

### **2.5 Einstufung der sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische**

Die Vielzahl der Einsatzmöglichkeiten von sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen macht es unmöglich, für jede Gruppe gesondert eine technisch begründete Bewertungsgrundlage abzuleiten. Darüber hinaus unterscheiden sich die Zusammensetzungen dieser Mineralölprodukte häufig nur geringfügig, sodass die sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische in drei Gruppen zusammengefasst werden können:

**Gruppe 4 A: Nicht wassermischbare, additivierte Kohlenwasserstoffe, die aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften und/oder ihrer Anwendung verfahrensbedingt erhöhte Emissionen erwarten lassen.**

**Beispiele:** (vgl. Abschnitte 2.4.1-2.4.21) Trennmittel Flammpunkt < 100 °C, versprühte nicht wassermischbare Trennmittel, Formtrennmittel beim Druckguss, nicht wassermischbare lösemittelhaltige Reiniger, Dielektrika, Kühlschmierstoffe Flammpunkt < 100 °C, nicht wassermischbare kohlenwasserstoffhaltige Reiniger, Härteöle, nicht wassermischbare Umformhilfsstoffe

**Gruppe 4 B: Nicht wassermischbare, additivierte Kohlenwasserstoffe, die aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften und ihrer Anwendung verfahrensbedingt keine erhöhten Emissionen erwarten lassen. Wassergemischte Kohlenwasserstoffprodukte, die aufgrund ihrer Anwendung erhöhte Emissionen erwarten lassen.**

**Beispiele:** (vgl. Abschnitte 2.4.1-2.4.21) Spindelöle, Spezialmaschinenöle, Weichmacheröle in Kautschukmischungen, Fluxöle in Bitumen, Druckfarben, Trennmittel Flammpunkt > 100 °C, versprühte wassergemischte Trennmittel, nicht wassermischbare lösemittelfreie Korrosionsschutzflüssigkeiten, versprühte wassergemischte Reiniger, wassergemischte Umformhilfsstoffe

**Gruppe 4 C: Nicht wassermischbare, additivierte Kohlenwasserstoffe, die in geschlossenen Systemen verwendet werden oder wassergemischte Kohlenwasserstoffprodukte, deren Anwendung und Zusammensetzung verfahrensbedingt keine erhöhten Emissionen erwarten lassen.**

**Beispiele:** (vgl. Abschnitte 2.4.1-2.4.21) Getriebeöle, Hydrauliköle, Verdichteröle, Maschinenöle, Zylinderöle, Kettensäge-/Sägegatteröle, Gleitbahnöle, Turbinenöle, Isolieröle Wärmeträgeröle, Formulierungshilfsmittel bei Pflanzenschutzmitteln, Innere Gleitmittel für Verpackungen, Mineralöle für kosmetische Mittel, Absorptionsöle, Staubbindemittel, wassergemischte Korrosionsschutzflüssigkeiten, wassergemischte kohlenwasserstoffhaltige Reiniger (nicht versprüht), Schmierfette

[1] DIN 51385: Schmierstoffe, Kühlschmierstoffe –Begriffe(06.91). Beuth, Berlin 1991

[2] Kühlschmierstoffe. BIA-Report 7/96. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1996

[3] DIN 51630: Spezialbenzine, Petrolether. Beuth, Berlin 1986

DIN 51631: Spezialbenzine, Siedegrenzbenzine - Anforderungen. Beuth, Berlin 1988

DIN 51632: Testbenzine –Anforderungen. Beuth, Berlin 1988

DIN 51633: Benzol und Benzolhomologe - Anforderungen. Beuth, Berlin 1986

DIN 51634: Spezialbenzine, Wetterlampenbenzin - Mindestanforderungen. Beuth, Berlin 1981

DIN 51635: Spezialbenzine, FAM-Normalbenzin - Mindestanforderungen. Beuth, Berlin 1986

[4] Gasolines. Concawe Produktdossier No. 92/103, (1992)

- 
- [5] DIN 51600: Flüssige Mineralölerzeugnisse; Verbleiter Ottokraftstoff Super - Mindestanforderungen. Beuth, Berlin 1988
- [6] DIN EN 228: Kraftstoffe für Kraftfahrzeuge; Unverbleite Ottokraftstoffe; Mindestanforderungen und Prüfverfahren. Beuth, Berlin 1993
- [7] Kearny, C.A.; Dunham, D.B.: Gasoline vapours exposures at a high volume service station. Am. Ind. Hyg. Assoc. 47 (1986), S. 535-539
- [8] Chemisch-physikalische Daten von Otto- und Dieselkraftstoffen. In: DGMK Forschungsbericht 409. Hrsg.: Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle. Hamburg 1993
- [9] Dietzel, B.; Kaegler, S.H.: Zusammensetzung von Ottokraftstoffen aus deutschen Raffinerien. In DGMK Forschungsbericht 502 Hrsg.: Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle. Hamburg 1994
- [10] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz - MAK und TRK-Werte (TRGS 900). BArbBl. (1996) Nr. 10, S. 106-128
- [11] Mc Dermott, H.J.; Killany, S.E.: Quest for a gasoline TLV. Am. Ind. Hyg. Assoc. (1978) 39, S. 110-117
- [12] Schwarzer, Esso AG, persönliche Mitteilung

### 3 Gesetzliche Vorschriften und technische Regeln

Das Arbeitsschutzgesetz [1] von 1996 verpflichtet den Unternehmer gesetzlich, eine Beurteilung der Gefährdungen am Arbeitsplatz vorzunehmen. Speziell für den Umgang mit Gefahrstoffen ist die Ermittlungspflicht nach § 16 und die Überwachungspflicht nach § 18 der Gefahrstoffverordnung hervorzuheben. Um dem Unternehmer bzw. in seinem Auftrag tätig werdenden Stellen bei der Umsetzung dieser Vorschriften eine Hilfestellung zu geben, werden zahlreiche Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) erarbeitet. Die Aufgaben zur Umsetzung der Ermittlungs- und Überwachungspflicht werden in den Technischen Regeln TRGS 440 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Vorgehensweise“ [2] (siehe hierzu auch BIA-Report 6/99 [3]), TRGS 402 „Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“ [4] und TRGS 403 „Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz“ [5] beschrieben. Die Festlegung der personellen und apparativen Anforderungen für die sachgerechte Erfüllung der Ermittlungs-, Überwachungs- und Dokumentationsaufgaben in Abhängigkeit von den betriebsspezifischen Verhältnissen erfolgt in der TRGS 400 [6]. Generelle Schutzmaßnahmen für den Umgang mit Arbeitsstoffen, die unabhängig von der Ermittlung, ob es sich um Gefahrstoffe handelt, anzuwenden sind, werden in der TRGS 500 [7] beschrieben.

#### 3.1 Regelungen nach Gefahrstoffverordnung - GefStoffV

##### 3.1.1 Einstufung von Stoffen und Zubereitungen

Nach § 4a Abs. 1 GefStoffV gilt für die aufgeführten Stoffe die dort festgelegte Einstufung. Stoffe, die nicht in der Bekanntmachung nach § 4a aufgeführt sind, muss der Hersteller oder Einführer nach den Kriterien des Anhanges I GefStoffV selbst einstufen. Zubereitungen sind dagegen gemäß Anhang II der GefStoffV einzustufen und zu kennzeichnen. Eine Hilfestellung bietet hier die TRGS 200.

In der Bekanntmachung nach § 4a GefStoffV sind einige hundert komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische mit ihren Einstufungen aufgeführt. Eine Reihe dieser Gemische ist als krebserzeugend anzusehen oder es besteht der Verdacht auf eine krebserzeugende Wirkung wie beispielsweise bei Diesel- und Düsenflugzeugbrennstoffen (Einstufung K 3), leichtem Heizöl (K 3), schwerem Heizöl (K 2) und bestimmten Schmierölen (K 2). Darüber hinaus stehen aber auch zahlreiche Einzelkohlenwasserstoffe, z. B. Benzol (K 1), Toluol und Xylol, in diesem Verzeichnis [8].

##### 3.1.2 Sicherheitsdatenblatt

Das Sicherheitsdatenblatt muss nach Artikel 3 der Richtlinie 91/155/EWG bestimmten Vorgaben entsprechen. Wird Artikel 3 der Richtlinie oder der in Bezug genommene Anhang geändert, gilt die geänderte, im Amtsblatt der EU veröffentlichte Fassung. Der Text der Richtlinie 91/155/EWG in der z. Z. geltenden Fassung wurde im BARbBl. (1995) Nr. 2, S. 94 - 98 abgedruckt.

Das Sicherheitsdatenblatt enthält u. a. die Einstufung des Stoffes bzw. für Zubereitungen Angaben zu relevanten Inhaltsstoffen. Eine Auskunft über die Inhaltsstoffe sollte unabhängig davon gegeben werden, ob die Massenkonzentrationsgrenzen überschritten werden, die zu einer Einstufung der Zubereitung gemäß GefStoffV Anhang II führen würden. Auch bei Gehalten unterhalb dieser Massenkonzentrationsgrenzen können u. U. bestehende Luftgrenzwerte am Arbeitsplatz nicht eingehalten werden. Das Sicherheitsdatenblatt sollte auch den Hinweis auf die TRGS 905 [9] „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ enthalten, sofern ein dort geführter Stoff dem komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemisch z. B. als Additiv zugesetzt wurde.

Im Falle der komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Mineralölprodukte dürfte der Anwender in der Regel keine Möglichkeit haben, die Einstufung zu überprüfen, da diese beispielsweise vom Raffinationsprozess oder vom Ausgangsmaterial abhängig sein kann. In diesen Fällen muss er sich auf die Angaben im Sicherheitsdatenblatt verlassen (GefStoffV § 16 Abs. 1).

### **3.1.3 Zusätzliche Ermittlungspflichten, Vorsorge- und Schutzmaßnahmen**

Nach § 36 Abs. 2 der GefStoffV hat der Arbeitgeber vor dem Umgang mit krebserzeugenden und erbgutverändernden Gefahrstoffen zunächst besondere Pflichten zu erfüllen. Dazu zählen die Ermittlung von Art, Ausmaß und Dauer der Exposition. Sie ist bei jeder Änderung der Expositionsbedingungen erneut durchzuführen.

In den Absätzen 2 bis 6 des § 36 werden weitergehende Maßnahmen, insbesondere Schutzmaßnahmen genannt, die zu beachten sind, wenn der Umgang mit krebserzeugenden oder erbgutverändernden Stoffen nach dem Stand der Technik unvermeidbar ist. Im Absatz 7 wird auf die Rückführung von abgesaugter Luft eingegangen. Die Absaugluft darf nur dann in den Arbeitsraum zurückgeführt werden, wenn sie unter Anwendung behördlicher oder berufsgenossenschaftlich anerkannter Verfahren oder Geräte ausreichend von krebserzeugenden oder erbgutverändernden Stoffen gereinigt ist.

## **3.2 Grenzwerte am Arbeitsplatz**

Für eine Reihe von Kohlenwasserstoffen sind Arbeitsplatzluftgrenzwerte bezogen auf Einzelsubstanzen bereits festgelegt worden. In einigen Fällen (z. B. Toluol, n-Hexan, Xylole) bestehen auch Grenzwerte für die Konzentration eines Stoffes oder seines Umwandlungsproduktes im Körper (BAT-Werte). In der Tabelle 8 (siehe Seite 31) werden die in der TRGS 900 [4] als Einzelsubstanzen aufgeführten Kohlenwasserstoffe zusammenfassend dargestellt.

Bei den Grenzwerten für Heptan oder Oktan wird zwischen den Isomeren keine Unterscheidungen mehr getroffen; vielmehr haben die Substanzgruppen „Heptane“ und „Oktane“ jeweils einen Grenzwert, ohne dass die zahlreichen Isomeren unterschieden werden.

Für Bitumen, das bei der Erdölaufbereitung gewonnen wird und aus hochmolekularen kohlenwasserstoffhaltigen Verbindungen besteht, wurden Luftgrenzwerte festgelegt. Diese beziehen sich auf die bei der Heißverarbeitung freiwerdenden Dämpfe und

Aerosole, die ein komplexes Gemisch aus verschiedenen kohlenwasserstoffhaltigen Verbindungen darstellen. Die Luftgrenzwerte für die Bitumendämpfe und -aerosole liegen bei 20 mg/m<sup>3</sup> (Verarbeitung in Innenräumen) und 15 mg/m<sup>3</sup> (im Übrigen).

**Tabelle 8: Kohlenwasserstoffe mit Arbeitsplatzluftgrenzwert**

Kohlenwasserstoff	Systematische Bezeichnung	Substanzklasse	Summenformel	Luftgrenzwert [mg/m <sup>3</sup> ]
Propan (TRGS 900)		aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1800
Butan (TRGS 900)		aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2350
iso-Butan (TRGS 900)	2-Methylpropan	aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2350
n-Pentan (TRGS 900)		aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2950
Isopentan (TRGS 900)	2-Methylbutan	aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2950
Neopentan	2,2-Dimethylpropan (TRGS 900)	aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2950
n-Hexan (TRGS 900)		aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	180
iso-Hexan	2,3-Dimethylbutan (TRGS 900)	aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	700
iso-Hexan	2,2-Dimethylbutan (TRGS 900)	aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	700
iso-Hexan	2-Methylpentan (TRGS 900)	aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	700
iso-Hexan	3-Methylpentan (TRGS 900)	aliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	700
Heptan (alle Isomeren) (TRGS 900)		aliphatische Kohlenwasserstoffe gesättigt	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	2000
Oktan (alle Isomeren)		aliphatische Kohlenwasserstoffe	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	2350

**Tabelle 8: Kohlenwasserstoffe mit Arbeitsplatzluftgrenzwert**

Kohlenwasserstoff	Systematische Bezeichnung	Substanzklasse	Summenformel	Luftgrenzwert [mg/m <sup>3</sup> ]
(TRGS 900)		gesättigt		
1,3-Butadien (TRGS 900)		aliphatischer Kohlenwasserstoff ungesättigt	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	11
Methylacetylen (TRGS 900)	Propin	aliphatischer Kohlenwasserstoff ungesättigt	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	1650
Cyclohexan (TRGS 900)		cycloaliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	1050
Methylcyclohexan (TRGS 900)		cycloaliphatischer Kohlenwasserstoff gesättigt	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	2000
1,3-Cyclopentadien (TRGS 900)		cycloaliphatischer Kohlenwasserstoff ungesättigt	C <sub>5</sub> H <sub>6</sub>	200
Cyclohexen (TRGS 900)		cycloaliphatischer Kohlenwasserstoff ungesättigt	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub>	1050
Benzol (TRGS 900)		aromatischer Kohlenwasserstoff	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	3,2 (8)*
Toluol (TRGS 900)		aromatischer Kohlenwasserstoff	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	190
Xylol (alle Isomeren) (TRGS 900)		aromatischer Kohlenwasserstoff	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	440
Ethylbenzol (TRGS 900)		aromatischer Kohlenwasserstoff	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	440
Isopropylbenzol (TRGS 900)	Cumol	aromatischer Kohlenwasserstoff	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	245
Styrol (TRGS 900)		aromatischer Kohlenwasserstoff	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	85
Naphthalin (TRGS 900)		bicyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	50
Biphenyl (TRGS 900)		aromatischer Kohlenwasserstoff	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	1

\* 8 mg/m<sup>3</sup> Kokereien, Tankfeld in der Mineralölindustrie, Reparatur und  
Wartung von Benzol führenden Teilen,  
3,2 mg/m<sup>3</sup> im Übrigen



Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) treten in der Regel nicht in Kohlenwasserstoffgemischen auf, sie können aber bei der thermischen Zersetzung von Mineralölprodukten entstehen. Wegen der Vielzahl an möglichen Verbindungen hat man Benzo[a]pyren als Leitkomponente für diese Verbindungsklasse gewählt.

Eine Sonderstellung nehmen die nicht auf Mineralölbasis hergestellten Terpentinöle ein, die aus Terpenen bestehen, die zwar Kohlenwasserstoffe sind, deren Strukturen aber grundlegend anders sind [10].

Neben den Luftgrenzwerten für Einzelstoffe sind in der TRGS 900 die in Tabelle 9 zusammengestellten Luftgrenzwerte für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische aufgeführt.

**Tabelle 9: Grenzwerte für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische**

<b>Teil 1:</b> Kühlschmierstoffe [11]	wassermischbar, nicht wassermischbar mit Flammpunkt größer als 100 °C	10 mg/m <sup>3</sup> (E)*
<b>Teil 2:</b> Kohlenwasserstoffgemisch, additivfrei [12]	Gruppe 1 aromatenfreie oder entaromatisierte Kohlenwasserstoffgemische mit einem Gehalt an: Aromaten < 1 % n-Hexan < 5 % Cyclo-/Isohexane < 25 %	1000 mg/m <sup>3</sup>
	Gruppe 2 aromatenarme Kohlenwasserstoffgemische mit einem Gehalt an: Aromaten 1 - 25 % n-Hexan < 5 % Cyclo-/Isohexan < 25 %	500 mg/m <sup>3</sup>
	Gruppe 3 aromatenreiche Kohlenwasserstoffgemische mit einem Gehalt an: Aromaten > 25 %	200 mg/m <sup>3</sup>
	Gruppe 4 Kohlenwasserstoffgemische mit einem Gehalt an: n-Hexan > 5 %	200 mg/m <sup>3</sup>
	Gruppe 5 iso-/cyclohexanreiche Kohlenwasserstoffgemische mit einem Gehalt an: Aromaten < 1 % n-Hexan < 5 % Cyclo-/Isohexane > 25 %	600 mg/m <sup>3</sup>

\*(E) einatembare Fraktion

An den Teilen 3 und 4 wird derzeit (Stand November 1999) noch gearbeitet. Der Teil 4 gestaltet sich schwierig, da dort die zahlreichen Einsatzbereiche für „sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische“ berücksichtigt werden müssen (vgl. Kapitel Definitionen, Teil 4).

### 3.3 Weitere Regelungen

Hinsichtlich des Umgangs mit Kühlschmierstoffen sind einige zusätzliche Regelungen zu beachten, wie die TRGS 611 [13], die TRGS 552 [14], der Anhang IV GefStoffV sowie berufsgenossenschaftliche Regelungen. Eine ausführliche Darstellung der Kühlschmierstoffproblematik und Umsetzungshilfen werden im BIA-Report 7/96 „Kühlschmierstoffe“ [15] - gegeben.

- 
- [1] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG) vom 7. August 1996. BArbBl. (1996), Nr. 10, S. 81 - 86
- [2] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Vorgehensweise (Ermittlungspflichten) (TRGS 440). BArbBl. (1996) Nr. 10, S. 88
- [3] Gefahrstoffe ermitteln und ersetzen. BIA-Report 13/96: Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1996
- [4] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (TRGS 402). BArbBl. (1997) Nr. 11, S. 27
- [5] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz (TRGS 403). BArbBl. (1989) Nr. 10, S. 71
- [6] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Anforderungen (TRGS 400). BArbBl. (1998) Nr. 3, S. 53
- [7] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Schutzmaßnahmen: Mindeststandards (TRGS 500). BArbBl. (1998) Nr. 3, S. 57
- [8] BIA-Arbeitsschutzsoftware „Gefahrstoffe am Arbeitsplatz“. Erich Schmidt, Bielefeld
- [9] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe (TRGS 905). BArbBl. (1997) Nr. 6, S. 40 in der aktuellen Fassung
- [10] Römpf, Chemie-Lexikon. Falbe, J.; Regitz, M. (Hrsg.). 9. Aufl. Georg Thieme, Stuttgart 1992
- [11] Luftgrenzwerte für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische, Teil 1 MAK für Kühlschmierstoffdämpfe und Aerosole. BArbBl. (1996) Nr. 6, S. 61-65
- [12] Luftgrenzwerte für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische, Teil 2, Kohlenwasserstoffgemische additivfrei. BArbBl. (1997) Nr.4, S. 58

- 
- [13] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können (TRGS 611). Carl Heymanns, Köln 1997
- [14] Technische Regeln für Gefahrstoffe: N-Nitrosamine (TRGS 552). Carl Heymanns, Köln November 1997
- [15] Kühlschmierstoffe. BIA-Report 7/96. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1996

## 4 Physikalische und chemische Eigenschaften von Mineralölen

Für die Beurteilung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen ist die Kenntnis über die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieser Stoffe von besonderer Bedeutung. Das Verhalten der Stoffgemische lässt sich aus der Änderung von Eigenschaften der Einzelkomponenten, z. B. Dampfdruck und Flammpunkt mit der C-Zahl, und dem chemischen Verhalten ableiten.

### 4.1 Chemische Eigenschaften von Kohlenwasserstoffen

#### 4.1.1 Struktur von Kohlenwasserstoffen

Das Element Kohlenstoff besitzt die Eigenschaft zur Bildung von C-C-Verknüpfungen verschiedenster Art und Weise. Die grundsätzliche Einteilung der Kohlenwasserstoffe ist in Abbildung 1 dargestellt.

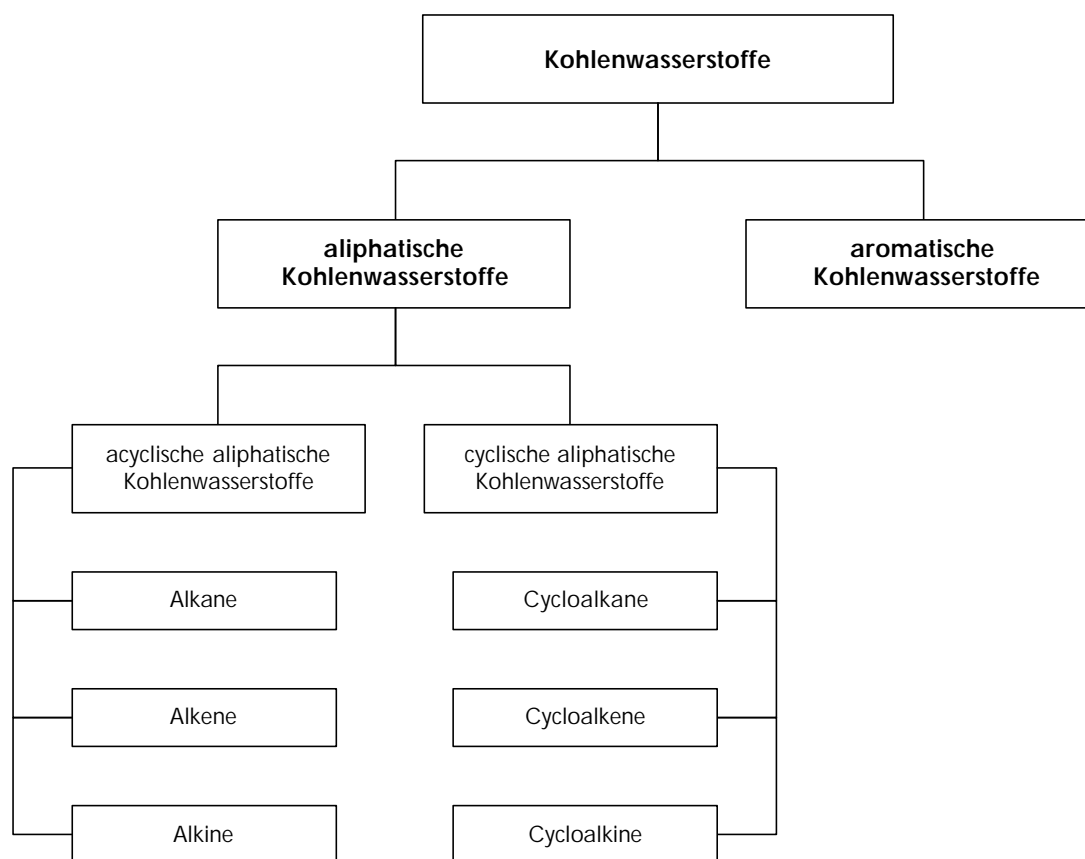


Abbildung 1: Grundlegende Einteilung der Kohlenwasserstoffe

Kohlenwasserstoffe werden in aliphatische Kohlenwasserstoffe und aromatische Kohlenwasserstoffe unterteilt. Die beiden Stoffklassen unterscheiden sich grundlegend hinsichtlich ihrer chemischen Reaktionen.

- Aliphatische Kohlenwasserstoffe können als Ketten und Ringen vorliegen, sodass man zwischen den kettenförmig aufgebauten aliphatischen Kohlenwasserstoffen und den cycloaliphatischen Kohlenwasserstoffen unterscheiden muss.
- ⇒ Die kettenförmig aufgebauten Kohlenwasserstoffe unterteilt man zusätzlich in geradkettig aufgebaute Kohlenwasserstoffe (n-Aliphaten) und solche mit verzweigt aufgebautem Kohlenstoffgerüst (iso-Aliphaten).
- ⇒ Aliphaten und Cycloaliphaten, die nur C-C-Einfachbindungen enthalten, werden als gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane, Cycloalkane) bezeichnet. Sind im Molekül C-C-Doppel- oder Dreifachbindungen vorhanden, spricht man von ungesättigten Kohlenwasserstoffen (Alkene, Alkine, Cycloalkene).
- Aromatische Kohlenwasserstoffe sind generell ringförmig aufgebaut. Sie enthalten formal zwar ebenfalls Doppelbindungen, nehmen aber aufgrund ihres besonderen „aromatischen“ Bindungssystems (Elektronensystems) eine Sonderstellung ein.

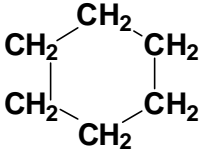
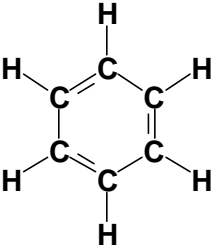
Durch die verschiedenen Möglichkeiten der Verknüpfung von C-Atomen ergibt sich bei kettenförmigen aliphatischen Kohlenwasserstoffen eine Vielzahl von Strukturisomeren, wie Tabelle 10 zeigt.

**Tabelle 10: Anzahl der Strukturisomeren bei gesättigten Kohlenwasserstoffen**

	Summenformel	Anzahl der Strukturisomere
Methan	CH <sub>4</sub>	1
Ethan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1
Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2
Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	3
Hexan	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	5
Heptan	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	9
Oktan	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	18
Nonan	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	35
Decan	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	75
Pentadecan	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	4347
Eicosan	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	366319

In Tabelle 11 (siehe Seite 38) sind die verschiedenen Möglichkeiten der Strukturbildung bei Kohlenwasserstoffen am Beispiel der C<sub>6</sub>-Kohlenwasserstoffe beispielhaft dargestellt. Die Tabelle zeigt nur die typischen Vertreter der Gruppen.

**Tabelle 11: Beispiele für verschiedene Kohlenwasserstofftypen mit 6 C-Atomen**

Stoffklasse	Name	Strukturformel
n-Alkan	Hexan	$\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$
iso-Alkan	2-Methylpentan	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3 \end{array}$
n-Alken	Hexen-2	$\text{CH}_3\text{—CH=CH—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$
n-Alkin	Hexin-2	$\text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{C—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_3$
Cycloalkan	Cyclohexan	
aromatischer Kohlenwasserstoff	Benzol	

#### 4.1.2 Chemische Eigenschaften

- Alkane und Cycloalkane  
Die Alkane und Cycloalkane sind aufgrund ihres gesättigten Charakters (keine Doppelbindungen) und durch das Fehlen von funktionellen Gruppen reaktionsträge. Chemische Reaktionen können nur unter Bruch der C-H- oder der C-C-Bindungen ablaufen. Durch das Fehlen von funktionellen Gruppen laufen chemische Reaktionen in der Regel unselektiv ab.
- Alkene, Alkine, Cycloalkene und Cycloalkine  
Bei diesen ungesättigten Kohlenwasserstoffen sind nucleophile sowie elektrophile Additions- und Substitutionsreaktionen möglich; bevorzugte Reaktion ist dabei die Addition an die Mehrfachbindung.

- Aromatische Kohlenwasserstoffe  
Die aromatischen Kohlenwasserstoffe sind ebenfalls sehr stabile Verbindungen, die aber aufgrund ihres Bindungssystems Substitutionsreaktionen leicht zugänglich sind.

## 4.2 Physikalische Eigenschaften von Kohlenwasserstoffen

Aliphatische und cycloaliphatische Kohlenwasserstoffe sind überwiegend farblose Substanzen. Die flüssigen Verbindungen riechen benzin- bzw. petroleumartig und sind aufgrund ihres unpolaren Charakters mit stark polaren Lösemitteln (z.B. Wasser) nicht mischbar. Die Dichten der gesättigten flüssigen Kohlenwasserstoffe liegen im Bereich von 0,6 bis 0,8 g/ml.

- Siedepunkte und Schmelzpunkte (Abbildung 2)

Mit zunehmender Kettenlänge (C-Zahl) steigen die Siedepunkte der n-Alkane stetig an. Ab  $C_3$  (Propan) steigen die Schmelzpunkte ebenfalls kontinuierlich mit zunehmender C-Zahl an.

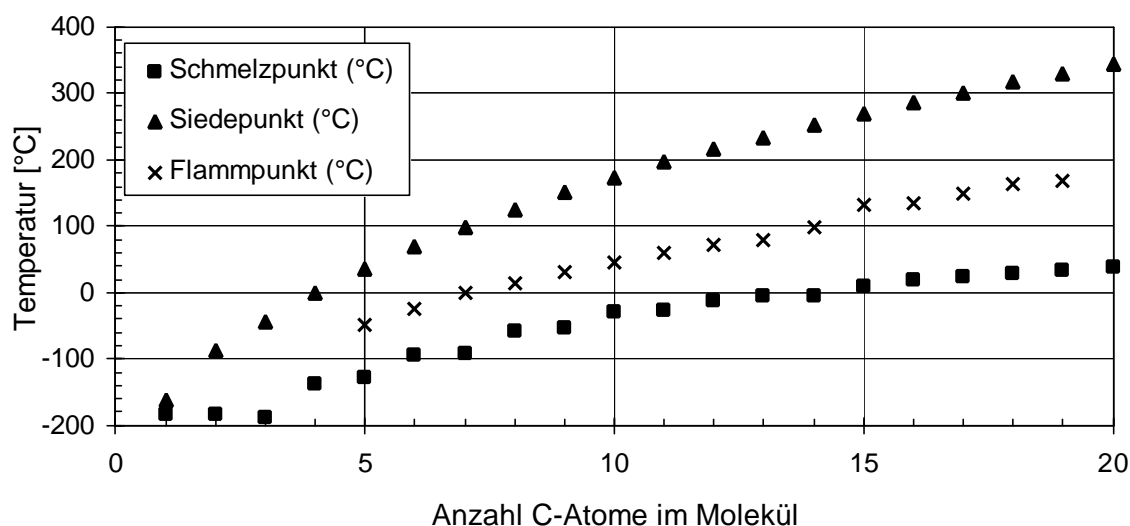


Abbildung 2: Schmelz-, Siede- und Flammpunkt ausgewählter n-Alkane bei 1013 hPa

- Dampfdruck und Sättigungskonzentration (Abbildung 3 und Abbildung 4 auf Seite 40)

Die Dampfdrücke und Sättigungskonzentrationen sinken mit steigender Kettenlänge. Während die niedrigsiedenden Kohlenwasserstoffe leicht verdampfen, gehen die höhersiedenden Alkane ( $> C_{15}$ ) bei Raumtemperatur kaum dampfförmig in die Luft über.

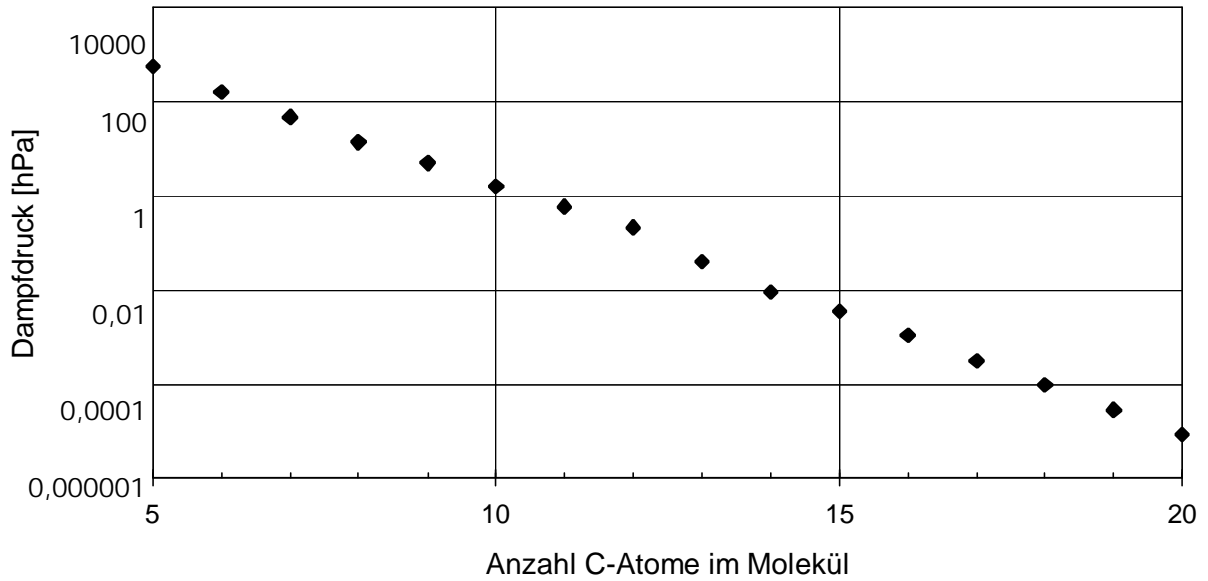


Abbildung 3: Dampfdrücke ausgewählter n-Alkane bei 20 °C

Dies zeigt sich auch, wenn die Sättigungskonzentrationen gegen die Anzahl der C-Atome im Molekül aufgetragen wird (Abbildung 4).

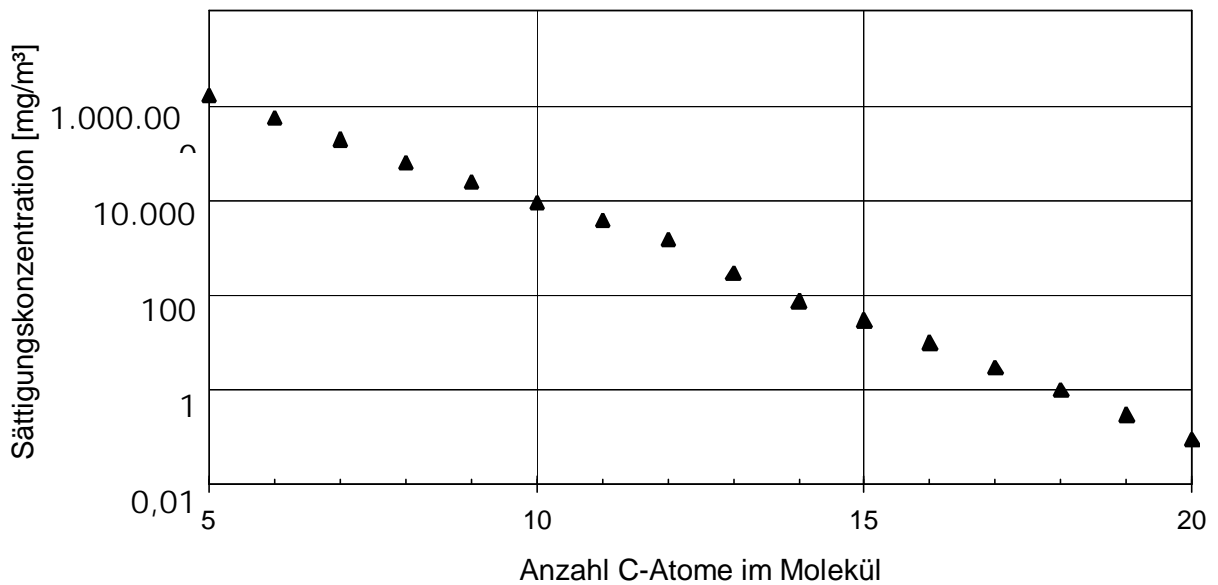


Abbildung 4: Sättigungskonzentrationen ausgewählter n-Alkane bei 20 °C und 1013 hPa

Wie man aus den Abbildungen 5 und 6 (siehe Seite 41) erkennt, ist die Sättigungskonzentration auch von der Temperatur abhängig. Da es sich um eine exponentielle Abhängigkeit handelt, steigen die Sättigungskonzentrationen zunächst langsam, dann aber steil mit der Temperatur an. So beträgt die Sättigungskonzentration für Hexadecan ( $C_{16}H_{34}$ ), einen bei Raumtemperatur festen Stoff, bei 30 °C immerhin schon 15 mg/m<sup>3</sup>. Je kürzer das Kohlenstoffgerüst ist, desto größer ist auch die Sättigungskonzentration. Für Octan ( $C_8H_{18}$ ) liegt die Sättigungskonzentration bei Raumtemperatur schon im Gramm pro Kubikmeter-Bereich.



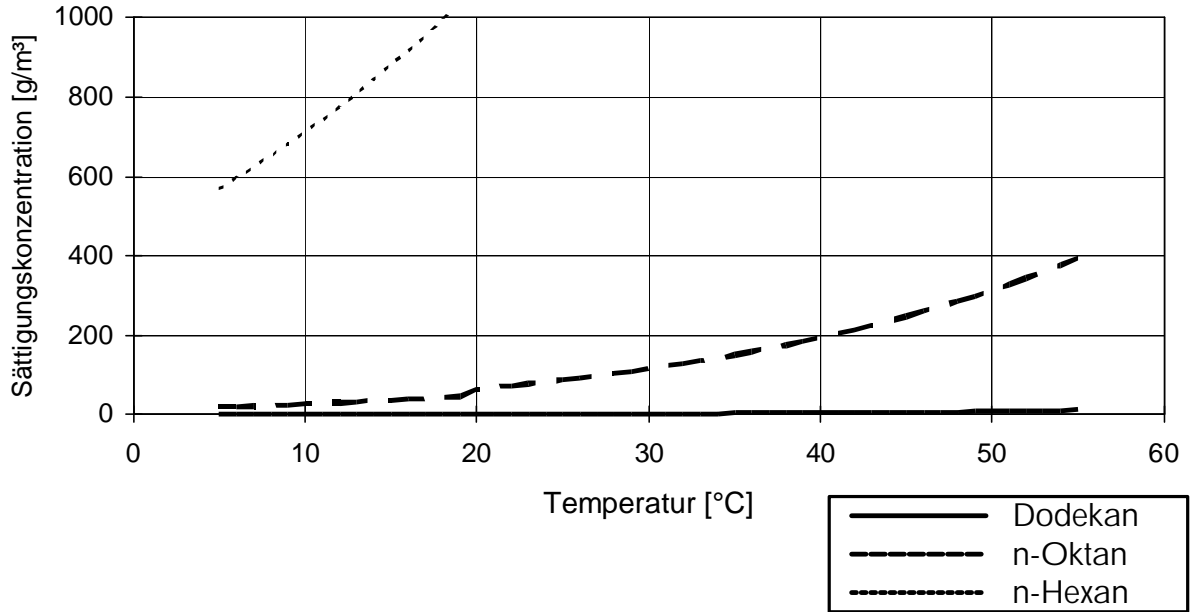


Abbildung 5: Abhängigkeit der Sättigungskonzentration von Dodekan ( $C_{12}H_{26}$ ), n-Oktan ( $C_8H_{18}$ ) und n-Hexan ( $C_6H_{14}$ ) von der Temperatur bei 1013 hPa

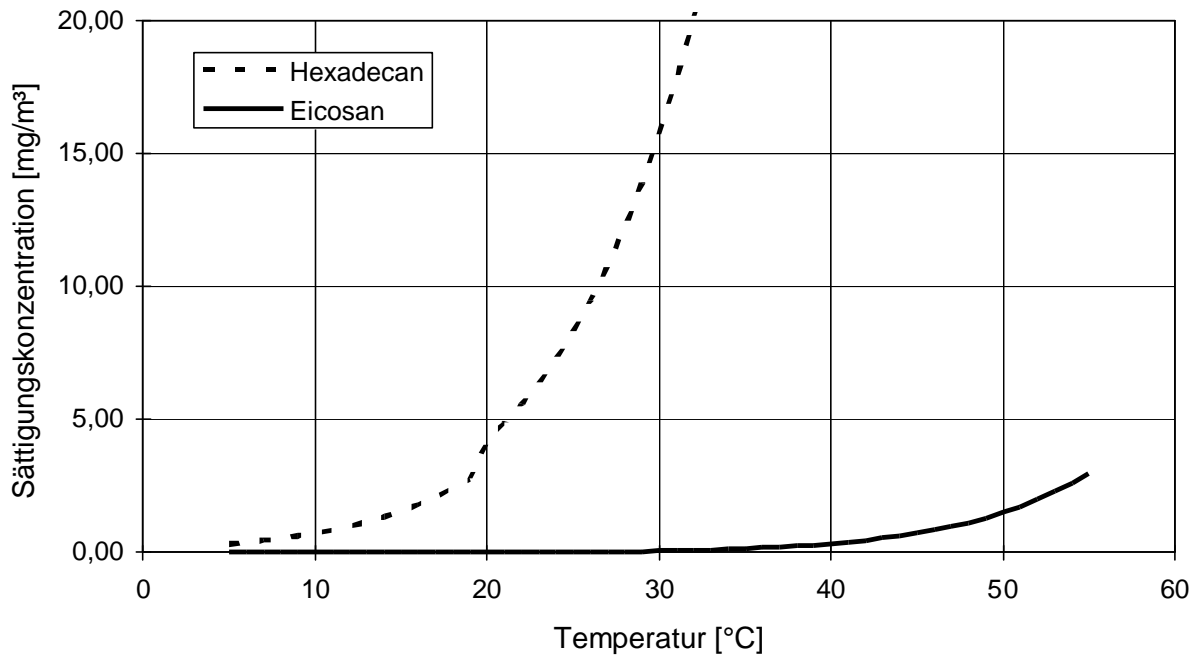


Abbildung 6: Abhängigkeit der Sättigungskonzentration von der Temperatur für Hexadecan ( $C_{16}H_{34}$ ) und Eicosan ( $C_{20}H_{42}$ ) bei 1013 hPa

In der Gruppe der i-Alkane (verzweigte, gesättigte Kohlenwasserstoffe) besteht kein eindeutiger Zusammenhang zwischen C-Zahl und Siede- bzw. Schmelzpunkt. Verallgemeinernd lässt sich aber feststellen, dass die Siedepunkte immer und die Festpunkte oft tiefer liegen als bei den entsprechenden n-Alkanen. Außerdem nimmt der Siedepunkt bei gleicher C-Zahl mit zunehmender Verzweigung ab.

Bei den Cycloalkanen (gesättigte cyclische Kohlenwasserstoffe) liegen die Siedepunkte und die Festpunkte über denen der entsprechenden n-Alkane.

- Flammpunkt

Ein wichtiges Kriterium zur sicherheitstechnischen Beurteilung von brennbaren Flüssigkeiten, zu denen auch die Kohlenwasserstoffe zählen, ist u.a. der Flammpunkt. In der Verordnung über brennbare Flüssigkeiten unterscheidet man zwei Gruppen:

- Gruppe A  
nicht wasserlösliche Stoffe mit einem Schmelzpunkt  $< 35\text{ °C}$  und einem Dampfdruck  $< 3\text{ bar}$  bei  $50\text{ °C}$ 
  - \* Gruppe A 1: Flammpunkt  $< 21\text{ °C}$  (leicht entzündlich)
  - \* Gruppe A 2: Flammpunkt  $21\text{ °C} - 55\text{ °C}$  (entzündlich)
  - \* Gruppe A 3: Flammpunkt  $55\text{ °C} - 100\text{ °C}$  (brennbar)
- Gruppe B  
Wasserlösliche Stoffe (bei  $15\text{ °C}$ ) mit einem Flammpunkt  $< 21\text{ °C}$

Je niedriger die Siedepunkte sind, desto niedriger sind auch die Flammpunkte mit daraus resultierender höherer Feuergefährlichkeit (vgl. Abbildung 2).

Eine andere sicherheitstechnisch relevante Größe sind die Explosionsgrenzen. Sie geben die untere und obere Grenzkonzentration eines brennbaren Gases oder Dampfes in Mischung mit Luft oder anderen Sauerstoff enthaltenden Gasen an, innerhalb derer das Gemisch durch Erhitzen oder Funken zur Explosion gebracht werden kann. Die Explosionsgrenzen werden als Konzentration des brennbaren Gases oder Dampfes in Vol-% oder  $\text{g/m}^3$  für  $1013\text{ hPa}$  und  $20\text{ °C}$  angegeben. Tabelle 12 (siehe Seite 43) zeigt einige Beispiele für Explosionsgrenzen von n-Alkanen.

**Tabelle 12: Untere und obere Explosionsgrenze einiger ausgesuchter n-Alkane**

	Explosionsgrenzen [Vol-%]	
	untere	obere
Methan	5,00	15,0
n-Butan	1,86	8,41
n-Hexan	1,18	7,41
n-Oktan	0,95	6,50
n-Decan	0,77	5,35

## 5 Messverfahren

### 5.1 Messverfahren zur Bestimmung der Kühlschmierstoffkonzentrationen am Arbeitsplatz

Das nachfolgend beschriebene Verfahren zur Bestimmung der Kühlschmierstoffkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz kann ebenfalls zur Messung der komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische nach Teil 4 eingesetzt werden. Die Randbedingungen der Probenahme und die Kenndaten des Verfahrens bleiben dabei unverändert.

Die Messung der Kühlschmierstoffe erfolgt mit einem erprobten und anerkannten Verfahren, das in der DFG-Sammlung - Luftanalysen und der BIA-Arbeitsmappe veröffentlicht wurde [1,2].

Die Sammlung der Kühlschmierstoffaerosole erfolgt auf einem Glasfaserfilter, die Kühlschmierstoffdämpfe werden auf einer XAD-2-Adsorbenschicht zurückgehalten. Bei der Sammlung der Aerosole ist die einatembare Fraktion zu erfassen. Besonders geeignet für die Probenahme der Kühlschmierstoffe ist der Probenahmekopf GGP (Gesamtstaub-Gas-Probenahme, Abbildung 7) des BIA Probenahmesystems PGP [3] (personengetragenes Probenahmesystem). Der Probenkopf dieses Probenahmesystem erfüllt die Anforderungen zur Erfassung der einatembaren Fraktion [4] und wurde erfolgreich geprüft [5].

Die Kalibrierung muss mit dem am jeweiligen Arbeitsplatz verwendeten Kühlschmierstoff erfolgen. Bei wassermischbaren Kühlschmierstoffen ist das Konzentrat der Kühlschmierstoffe als Bezugsprobe zu verwenden. Liegt keine Kalibrierprobe vor, wird die Auswertung mit einer für den Kühlschmierstofftyp repräsentativen Kalibrierung vorgenommen.

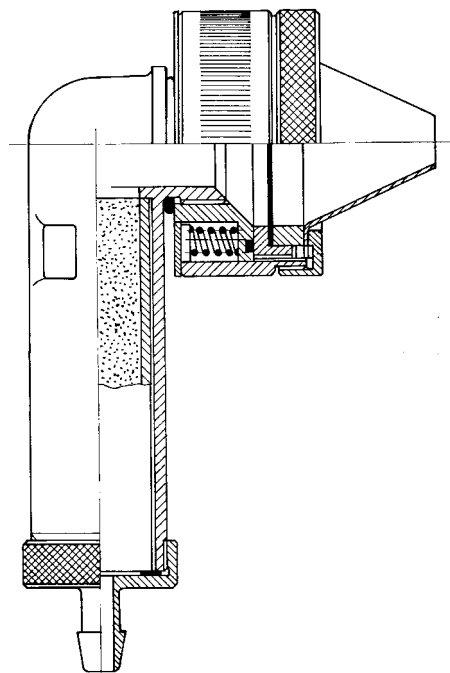


Abbildung 7: BIA-Probenahmesystem PGP - Kombination GGP

Als Sammelphase für die Kühlschmierstoffdämpfe wird XAD-2 eingesetzt, da dieses Polymerharz im Unterschied zu Aktivkohle über den gesamten Messbereich eine konstante Wiederfindungsrate für Kühlschmierstoffe aufweist (siehe Abbildung 8).

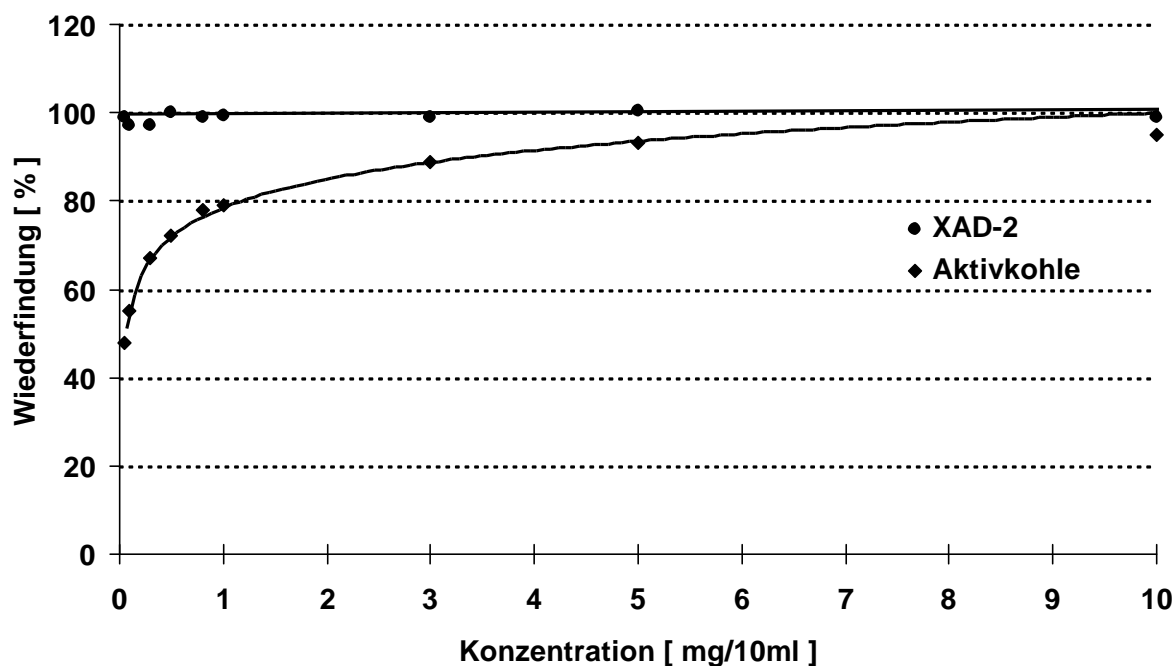


Abbildung 8: Konzentrationsabhängigkeit der Wiederfindungsrate bei den Adsorbentien Aktivkohle Typ 105 AX und XAD-2 für Mineralöle

Die analytische Bestimmung erfolgt durch infrarotspektroskopische Messung der CH-Valenzschwingungen von aliphatischen Verbindungen. Wie die Beispiele eines Mineralöls für die Spektroskopie (Abbildung 9 auf Seite 46) und eines herkömmlichen, wassermischbaren Kühlschmierstoffs zeigen, haben Kühlschmierstoffe im Bereich der CH-Valenzschwingungen vier Banden bei  $2956\text{ cm}^{-1}$ ;  $2927\text{ cm}^{-1}$ ;  $2872\text{ cm}^{-1}$  und  $2857\text{ cm}^{-1}$ . Die Lage der Banden ist charakteristisch für alle Verbindungen, die über CH-, CH<sub>2</sub>- und CH<sub>3</sub>-Gruppen verfügen [6]. Die Methode ist nicht spezifisch für Kühlschmierstoffe, da sehr viele organische Substanzen ebenfalls aliphatische CH-, CH<sub>2</sub>- und CH<sub>3</sub>-Gruppen enthalten. Bei der Bestimmung der Kühlschmierstoffe ist aus diesem Grund stets darauf zu achten, dass die Messwerte nicht durch kühlenschmierstofffremde Mineralöle oder Lösemittel beeinflusst sind. Die Kenndaten für das Verfahren sind in Tabelle 13 (siehe Seite 46) zusammengefasst.

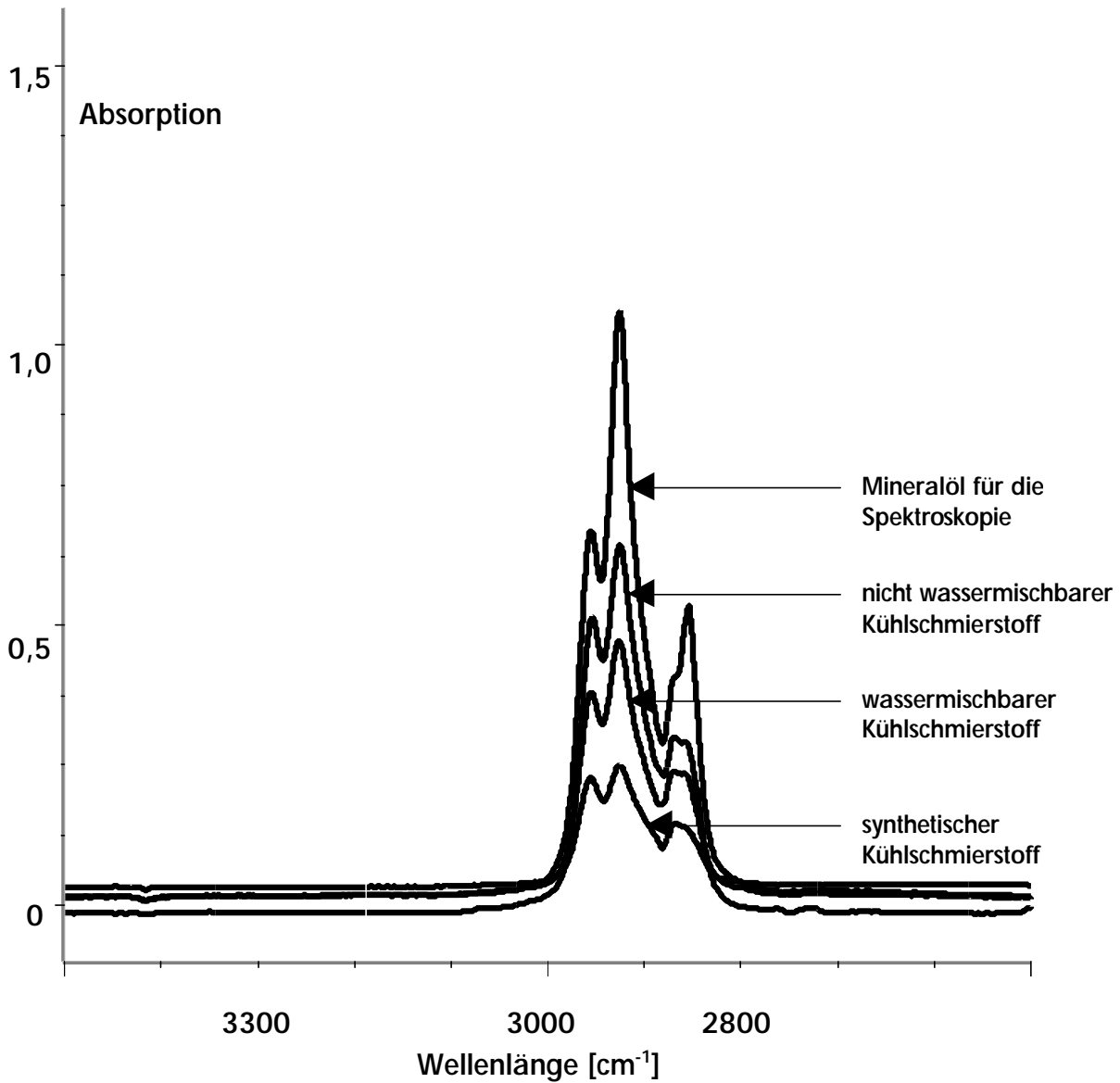


Abbildung 9: Infrarotspektren von ausgewählten Kühlschmierstoffen und einem Mineralöl für die Spektroskopie  
 Konzentration: je 0,5 mg/ml in Tetrachlorethen  
 Küvette: Quarzglas 10 mm

Tabelle 13: Kenndaten des Verfahrens zur Bestimmung der Kühlschmierstoffe

<b>Sammelphasen:</b>	Aerosol: Glasfaserfilter, binderfrei, Durchmesser 37 mm Dampf: XAD-2 Adsorberharz, 3,0 g Korngröße 0,5 - 0,9 mm
<b>Ansaugrate, Probeluftvolumen:</b>	3,5 l/min (210 l/h) 420 l bei 2 h Probenahmedauer
<b>Lagerzeit:</b>	vor der Probenahme - 1 Monat beaufschlagte Probenträger - 10 Tage

**Tabelle 13: Kenndaten des Verfahrens zur Bestimmung der Kühlschmierstoffe**

<b>Probenaufarbeitung:</b>	Glasfaserfilter : Elution mit 10 ml Tetrachlorethen XAD-2 : Elution mit 10 ml Tetrachlorethen
<b>Analytische Bestimmung:</b>	Infrarotspektroskopie
<b>Desorptionsrate:</b>	> 0,95
<b>Arbeitsbereich:</b>	0,5 - 500 mg/m <sup>3</sup>
<b>Bestimmungsgrenze:</b>	0,5 mg/m <sup>3</sup> , bezogen auf ein Probeluftvolumen von 0,42 m <sup>3</sup>

### 5.1.1 Geräte/Chemikalien

Geräte für die Probenahme:

- geeignete Pumpe [7] mit Gasmengenzähler oder Volumenstromanzeiger
- Probenahmesystem PGP [8] (personengetragenes Probenahmesystem)  
Kombination GGP (Gesamtstaub-Gas-Probenahme) mit Kapsel und Kartusche für die Aufnahme des Glasfaserfilters und des XAD-2-Adsorberharzes

Geräte für die analytische Bestimmung:

- 1000-ml-Soxhlet-Apparatur
- 30-ml-Schraubdeckelgläser mit PTFE (Polytetrafluoroethylen)-kaschierten Septen
- PTFE-Einmalfilter
- 10-ml-Glasspritze mit Luer-Anschluss
- Quarzglasküvetten für die Infrarotspektroskopie
- Fourier-Transformations-Infrarotspektrometer mit Datenauswertesystem (siehe Tabelle 14 auf Seite 49)
- Laborsieb Maschenweite 0,5 mm

## Chemikalien:

- XAD-2-Adsorberharz: XAD-2-Korngröße 0,2 - 0,9 mm
- Glasfaserfilter: binderfrei, Durchmesser 37 mm  
(z.B.: Macherey & Nagel, MN 85/90 BF)
- Tetrachlorethen:
  - reinst
  - für die Spektroskopie

### 5.1.2 Probenträgerherstellung

Als Adsorbens wird XAD-2 verwendet. Da neues XAD-2 eine Korngrößenverteilung von 0,2-0,9 mm besitzt, müssen die Feianteile vorab abgetrennt werden. Dazu wird neues XAD-2 über Nacht bei 50 °C im Trockenschrank getrocknet und anschließend werden die Anteile mit einer Korngröße <0,5 mm über ein Laborsieb abgetrennt. Das so erhaltene XAD-2 hat eine Korngrößenverteilung von 0,5 - 0,9 mm.

Neues und gebrauchtes XAD-2 müssen vor der Verwendung gereinigt werden, um einen konstant niedrigen Blindwert zu gewährleisten: Das XAD-2 wird zweimal 16 Stunden mit jeweils frischem Tetrachlorethen (reinst) in einer Soxhletapparatur extrahiert. Zur Trocknung wird das gereinigte XAD-2 zunächst über Nacht im Abzug stehengelassen und abschließend 24 Stunden bei 50 °C im Trockenschrank getrocknet.

Vor der Verwendung ist der Blindwert zu überprüfen (siehe weiter unten: Auswertung). Der Blindwert darf in 10 ml Lösung eine Konzentration von 0,01 mg/ml nicht überschreiten, ansonsten ist das XAD-2 nochmals zu reinigen.

### 5.1.3 Vorbereitung der Probenträger

Das Glasfaserfilter wird in die Filterkapsel eingesetzt und mit den dafür vorgesehenen Deckeln verschlossen.

3 g XAD-2 werden in eine Glas- oder Kunststoffkartusche gefüllt und mit Spezialesieben verschlossen. Der Strömungswiderstand ist zu überprüfen, er darf 10 hPa nicht überschreiten. Anschließend wird die XAD-2-Kartusche mit Polyethylenkappen verschlossen und bis zur Probenahme gemeinsam mit der Filterkapsel aufbewahrt.

Die so hergestellten Probenträger sind einen Monat haltbar.

### 5.1.4 Probenahme

Die Filterkapsel und die Glaskartusche werden geöffnet, in den Probenhalter GGP eingesetzt und mit der Pumpe verbunden. Pumpe und Probenhalter werden während der Messung an der Person oder ortsfest verwendet. Bei Messungen an der Person ist der Probenhalter im Atembereich anzubringen.



Nach der Probenahme werden die Filterkapsel und die Glaskartusche aus dem Probenhalter entnommen, mit den dafür vorgesehenen Kappen verschlossen und gemeinsam analysiert.

Die beaufschlagten Probenträger sind möglichst umgehend, spätestens aber innerhalb von zehn Tagen zu analysieren.

### 5.1.5 Probenaufarbeitung und analytische Bestimmung

Filter und XAD-2 werden getrennt in 30-ml-Schraubdeckelgläser gegeben, mit jeweils 10 ml Tetrachlorethen für die Spektroskopie überschichtet und die Gläser verschlossen. Nach 16 Stunden wird abschließend vorsichtig geschüttelt, über einem Einmalfilter filtriert und das Filtrat in die IR-Küvette überführt.

**Tabelle 14: Infrarotspektroskopische Arbeitsbedingungen**

<b>IR-Gerät:</b>	Impact 400 FT-IR-Gerät, Fa. Nicolet
<b>Software:</b>	OMNIC 3.0
<b>Computer:</b>	Pentium 133 MHz
<b>Küvette:</b>	10-mm-Quarzglasküvette
<b>Spektren-Addition:</b>	32fach
<b>Auflösung:</b>	2 cm <sup>-1</sup> oder 4 cm <sup>-1</sup>
<b>Infrarotbereich:</b>	2800 - 3000 cm <sup>-1</sup>

### 5.1.6 Kalibrierung

Da in der Technik eine Vielzahl von Kühlschmierstoffen mit unterschiedlicher Zusammensetzung eingesetzt wird, ist mit dem am jeweiligen Arbeitsplatz verwendeten Kühlschmierstoff zu kalibrieren. Als Kalibrierstandard wird das Kühlschmierstoff-Konzentrat verwendet.

Bei nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen treten keine Probleme auf, sie lösen sich vollständig in Tetrachlorethen.

Wassermischbare Kühlschmierstoffe sind in der Regel nicht vollständig in Tetrachlorethen löslich. Zur Kalibrierung wird dann der in Tetrachlorethen lösliche Anteil verwendet.

Vereinzelt kommen wässrige Kühlschmierstoff-Lösungen vor, aus denen sich keine Anteile in Tetrachlorethen lösen lassen. Derartige Gemische sind mit diesem Verfahren nicht zu analysieren. Wird bei den gemessenen Proben trotzdem ein Anteil an Kühlschmierstoffen in der Luft im Arbeitsbereich festgestellt, so ist zu prüfen, ob in angrenzenden Bereichen mit in Tetrachlorethen löslichen Kühlschmierstoffen gearbeitet wird. In diesen Fällen ist mit dem dort verwendeten Kühlschmierstoff zu kalibrieren.

Kommt es bei einem wassermischbaren Kühlschmierstoff zur Ausbildung von zwei Schichten, wird das Gemisch 15 Minuten ins Ultraschallbad gestellt und anschließend zentrifugiert. Die Tetrachlorethenphase wird für die weitere Kalibrierung verwendet.

Als Stammlösung dient eine Lösung aus 100 mg Kühlschmierstoff in 100 ml Tetrachlorethen für die Spektroskopie. Durch geeignete Verdünnung werden Kalibrierlösungen mit den Konzentrationen 0,1 mg/ml, 0,3 mg/ml, 0,5 mg/ml, 0,7 mg/ml und 1,0 mg/ml hergestellt.

10 ml der Kalibrierlösungen werden auf jeweils 3 g XAD-2-Adsorberharz gegeben und über Nacht stehen gelassen. Die Analyse erfolgt wie später beschrieben.

Für die Kalibrierung der Glasfaserfilterproben können die Kalibrierlösungen direkt gemessen werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass das Glasfaserfilter keinen Einfluss auf das Analysenergebnis hat.

### 5.1.7 Auswertung

Bei der infrarotspektroskopischen Bestimmung der Kühlschmierstoff-Dämpfe und -Aerosole sind von der integralen Extinktion der Probelösung die Blindwerte des Lösemittels und des Adsorbens abzuziehen.

$$E_{\text{KSS}} = E_{\text{PR}} - E_{\text{LM}} - E_{\text{AD}} \quad (1)$$

$E_{\text{KSS}}$  = kühlenschmierstoffbezogene Extinktion im Bereich 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$

$E_{\text{PR}}$  = Integrale Extinktion der Probe im Bereich 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$

$E_{\text{LM}}$  = Integrale Extinktion der verwendeten Lösemittelcharge im Bereich 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$

$E_{\text{AD}}$  = Integrale Extinktion der verwendeten XAD-2-Charge im Bereich 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$

Die binderfreien Glasfaserfilter führen zu keinem Blindwert, sodass sich die Berechnungsformel (1) auf folgende Beziehung reduziert.

$$E_{\text{KSS}} = E_{\text{PR}} - E_{\text{LM}} \quad (1a)$$

Bei computergesteuerten FT-IR-Spektrometern erfolgt die Subtraktion der integralen Extinktion über die Subtraktion der Spektren des Lösemittels und des XAD-2-Probenspektrums.

#### **Wichtig!!**

Es sind alle XAD-2- und Lösemittelchargen auf ihren Blindwert zu überprüfen.

Die Berechnung der Kühlschmierstoff-Konzentration erfolgt mit Hilfe der kühlenschmierstoffbezogenen Kalibrierfunktionen

$$X_{\text{KSS}} = (E_{\text{KSS}} - b) / K_{\text{spez}} \quad (2)$$

$b =$  Ordinatenabschnitt aus der Kalibrierfunktion

$K_{\text{spez}} =$  spezifischer, kühlsmierstoffabhängiger Responsefaktor in ml/mg

$X_{\text{KSS}} =$  Konzentration des Kühlschmierstoffs in der Probelösung in mg/ml

Für 10 ml Lösung ergibt die Kühlschmierstoff-Masse

$$X_{\text{KSS}} * 10 = M_{\text{KSS}} \quad (3)$$

$M_{\text{KSS}} =$  Masse an Kühlschmierstoff in 10 ml Probelösung in mg

Für die Berechnung der Massenkonzentration ergibt sich dann folgende Formel

$$C_{\text{KSS}} = M_{\text{KSS}} / V \quad (4)$$

$C_{\text{KSS}} =$  Massenkonzentration an Kühlschmierstoff-Dampf oder -Aerosol in der Probeluft in mg/m<sup>3</sup>

$V =$  Probevolumen in m<sup>3</sup>

### 5.1.8 Verfahrenskenndaten

Alle im folgenden Abschnitt aufgeführten Kenndaten wurden mit einem in Tetrachlorethen löslichen Kühlschmierstoff bestimmt und mit den oben beschriebenen Arbeitsbedingungen ermittelt.

Bestimmungsgrenze : 0,5 mg/m<sup>3</sup>, bezogen auf ein Probeluftvolumen von 0,42 m<sup>3</sup>

Wiederfindung: > 0,95  
Die Wiederfindung ist im angegebenen Messbereich konstant.

Messbereich: 0,5 - 300 mg/m<sup>3</sup>

Präzision:  $c = 1 \text{ mg}/10 \text{ ml} (2,4 \text{ mg}/\text{m}^3) \quad s_{\text{rel}} = 3,58 \% (N = 11)$

$c = 5 \text{ mg}/10 \text{ ml} (12 \text{ mg}/\text{m}^3) \quad s_{\text{rel}} = 2,80 \% (N = 11)$

$c = 10 \text{ mg}/10 \text{ ml} (24 \text{ mg}/\text{m}^3) \quad s_{\text{rel}} = 3,36 \% (N = 11)$

Spezifität:

Die infrarotspektroskopische Bestimmungsmethode basiert auf der Messung der C-H-Valenzschwingungen im Bereich von 2800 bis 3000 cm<sup>-1</sup>. Das Verfahren ist demnach nicht spezifisch für Kühlschmierstoff-Dämpfe und -Aerosole. Es werden alle Verbindungen mit erfasst, die ebenfalls im angegebenen Bereich IR-Absorptionen zeigen.

Zu prüfen ist, ob kühlsmierstofffremde Emissionsquellen, die sich auf die Probe auswirken, vorhanden sind; insbesondere leichtflüchtige organische Lösemittel können zu starken Verfälschungen des Messergebnisses führen. Möglicherweise ist in solchen Fällen eine andere Beurteilungsgrundlage zu wählen (vgl. Kapitel 6).

## 5.2 Messverfahren für Kohlenwasserstoffgemische nach Teil 2

### 5.2.1 Allgemeines

Kohlenwasserstoffgemische von unterschiedlicher Zusammensetzung werden als Lösemittel in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Viele der Einzelkomponenten in diesen Kohlenwasserstoffgemischen besitzen keinen Grenzwert. Aus diesem Grund und um den analytischen Aufwand zu reduzieren, wurden für die Kohlenwasserstoffgemische Summengrenzwerte aufgestellt (vgl. Kap. 3.2). Bei der analytischen Bestimmung mittels Gaschromatographie wird die Summe der Kohlenwasserstoffe des Gemisches bestimmt, ohne dabei die einzelnen Komponenten zu identifizieren [9]. Mit dem beschriebenen Verfahren werden Kohlenwasserstoffe bis zu Pentadekan ( $C_{15}$ ) erfasst.

### 5.2.2 Geräte, Chemikalien, Lösungen

#### Geräte für die Probenahme:

- geeignete Pumpe mit Gasmengenzähler oder Volumenstromanzeiger
- geeignetes Aktivkohleröhrchen (z.B. Dräger Aktivkohleröhrchen Typ B, Auer Aktivkohleröhrchen Typ B)

#### Geräte für die analytische Bestimmung:

- Gaschromatograph mit Flammenionisationsdetektor
- 20 ml Schraubdeckelgläschen
- 2 ml Autosamplergläschen mit PTFE-kaschiertem Septum
- Einmalfilter (Teflon, Porenweite 0,45  $\mu\text{m}$ )
- Injektionsspritzen, Pipetten, Messkolben

#### Chemikalien:

- Schwefelkohlenstoff p.A.
- div. aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe p.A. zur Kalibrierung

### 5.2.3 Probenahme

Mit Hilfe einer Probenahmepumpe wird mit einem Volumenstrom von 20 l/h ein definiertes Luftvolumen durch das Aktivkohleröhrchen gesaugt (max. 2 Stunden Probenahme). Soll über einen längeren Zeitraum (bis 8 Stunden) gemessen werden, wird der Volumenstrom auf 4 l/h reduziert. Das Röhrchen ist während der Probenahme im Atembereich der betreffenden Person anzubringen. Die Probenahme kann auch ortsfest durchgeführt werden.

Die Aktivkohleröhrchen werden nach der Probenahme mit den mitgelieferten Plastikkappen verschlossen und möglichst umgehend der Analyse zugeführt.

### 5.2.4 Probenaufbereitung

Die beiden Schichten des beaufschlagten Aktivkohleröhrchens werden gemeinsam in ein verschließbares Glasgefäß gegeben und mit 10 ml Schwefelkohlenstoff 30 Minuten extrahiert. Danach werden die Gläschen kurz geschüttelt, das Eluat durch einen Einmalfilterhalter filtriert und in die Autosamplergläschen ( $V = 2 \text{ ml}$ ) abgefüllt.

#### **Wichtig!**

Um sicherzustellen, dass das verwendete Lösemittel keine störenden Verunreinigungen enthält, ist für jede neu angebrochene Schwefelkohlenstoffflasche eine Blindwertanalyse durchzuführen.

### 5.2.5 Analytische Bestimmung

Die Analyse des Schwefelkohlenstoff-Extrakts wird gaschromatographisch mit folgenden Parametern durchgeführt.

- Trennsäulen: 1: 60 m DB-5 (Innendurchmesser 0,25 mm; Filmdicke 0,25  $\mu\text{m}$ )  
2: 50 m DB-Wax (Innendurchmesser 0,25 mm; Filmdicke 0,25  $\mu\text{m}$ )
- Temperaturen: Ofen: 8 min 50 °C isotherm; 2,5 °C/min auf 120 °C  
Injektor: 250 °C  
Detektor: 250 °C
- Analysendauer: 36 min
- Trägergas: Helium 1,6 ml/min
- Split: 1 : 20
- injizierte Probemenge: 1  $\mu\text{l}$

Die GC-Bedingungen sind bei Bedarf an die Problemstellung anzupassen.

Jede Probe wird auf zwei Säulen unterschiedlicher Polarität analysiert, um eventuell vorhandene Komponenten, die keine Kohlenwasserstoffe darstellen, sicherer erkennen zu können. Auf der polaren DB-WAX-Säule lassen sich bei gleicher Analysenzeit länger-kettige Kohlenwasserstoffe erkennen. Auf die Analyse mit der polaren Säule kann bei Kenntnis der Zusammensetzung der Proben verzichtet werden.

Bei niedrigsiedenden Kohlenwasserstoffgemischen sollte in jedem Fall auf die unpolare Säule (DB-5) zurückgegriffen werden, da hier eine bessere Abtrennung der Komponenten vom Lösemittel erreicht wird.

### 5.2.6 Kalibrierung und Auswertung

Die Kalibrierung wird mit einem Alkan durchgeführt, das von der C-Zahl etwa der mittleren Kettenlänge des zu analysierenden Kohlenwasserstoffgemisches entspricht (z. B. Oktan bei einem Gemisch  $\text{C}_6\text{-C}_{10}$ ). Zur Kalibrierung kann auch das am

Arbeitsplatz verwendete Kohlenwasserstoffgemisch eingesetzt werden. Die Peakflächen werden in diesem Fall wie bei den Proben aufsummiert.

Werden stark aromatenhaltige Gemische analysiert, ist die Verwendung eines aromatischen Kohlenwasserstoffes (z. B. Toluol) als Standard zweckmäßig.

Die Kalibrierung erfolgt über den Arbeitsbereich mit mindestens fünf verschiedenen Konzentrationen, z. B. 2 - 400 mg/m<sup>3</sup> für die Kalibrierung mit einer einzelnen Komponente. Bei Kalibrierung mit einem Kohlenwasserstoffgemisch ist der Bereich größer zu wählen, z. B. 20 - 1500 mg/m<sup>3</sup>.

Alle Peaks, die eindeutig keine Kohlenwasserstoffe darstellen (s.o.), werden nicht berücksichtigt. Die übrigen Peakflächen werden summiert und anhand der Kalibrierkurve die Masse an Kohlenwasserstoffgemisch berechnet.

Das Verfahren kann bei Kohlenwasserstoffgemischen mit sehr niedrigem Siedebereich, die überwiegend C<sub>5</sub>-Alkane enthalten, zu Minderbefunden führen. Das Lösemittel Schwefelkohlenstoff überdeckt Anteile der Kohlenwasserstoffe. In diesen Fällen kann ein höhersiedendes Desorptionsmittel oder das Thermodesorptionsverfahren eingesetzt werden.

### 5.2.7 Kenndaten des Verfahrens

<u>Arbeitsbereich:</u>	20 - 1500 mg/m <sup>3</sup> (bezogen auf 40 l Probeluft)
<u>Bestimmungsgrenze:</u>	20 mg/m <sup>3</sup> bei 40 l Probeluft
<u>Desorptionsrate:</u>	> 0,98
<u>Maximale Lagerzeit des beladenen Röhrchens:</u>	21 Tage
<u>Präzision:</u>	S <sub>rel</sub> = 5,8 % bei 20 mg/m <sup>3</sup> (n = 6) S <sub>rel</sub> = 1,9 % bei 1500 mg/m <sup>3</sup> (n = 6)
<u>Spezifität:</u>	Das chromatographische Messsystem ist weitgehend spezifisch. Substanzen, die nicht eindeutig als kohlenwasserstofffremd identifiziert werden können, sind bei der Summenwertbildung mit zu berücksichtigen.

### 5.2.8 Chromatogramme

Abbildung 10 (auf Seite 55) zeigt das Gaschromatogramm eines Benzingerisches mit einem Siedebereich von 140 bis 165 °C.

Die Abbildungen 11 und 12 (auf Seiten 55 und 56) zeigen die Gaschromatogramme einer Luftprobe auf den zwei unterschiedlichen eingesetzten Chromatographiesäulen.

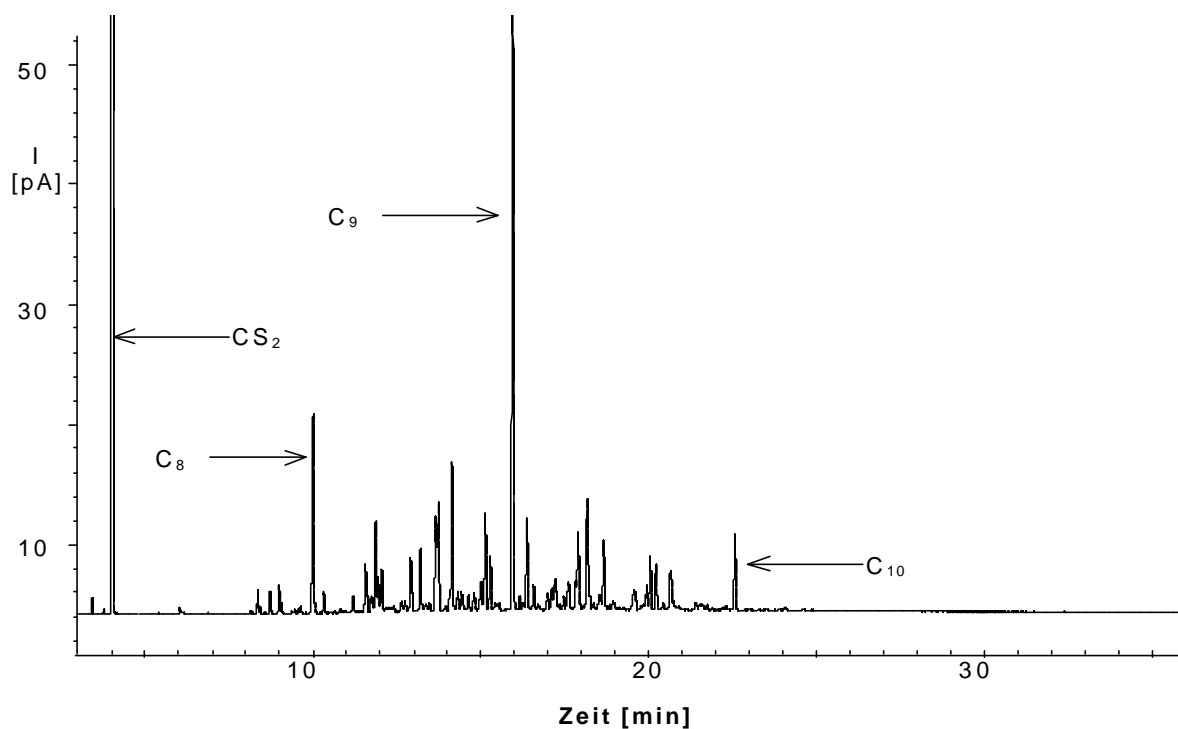


Abbildung 10: Gaschromatogramm eines Benzingemisches Siedebereich 140 °C bis 165 °C

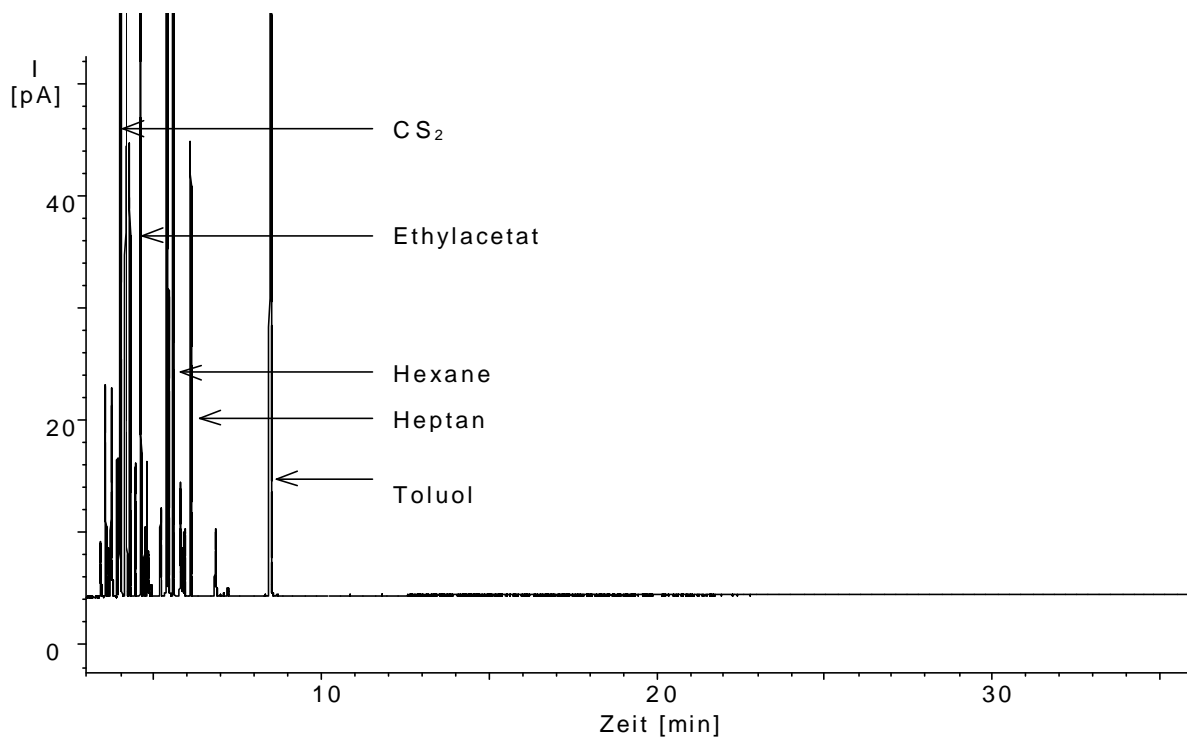


Abbildung 11: Gaschromatogramm einer Luftprobe - Trennung auf einer unpolaren Trennsäule (DB-5)

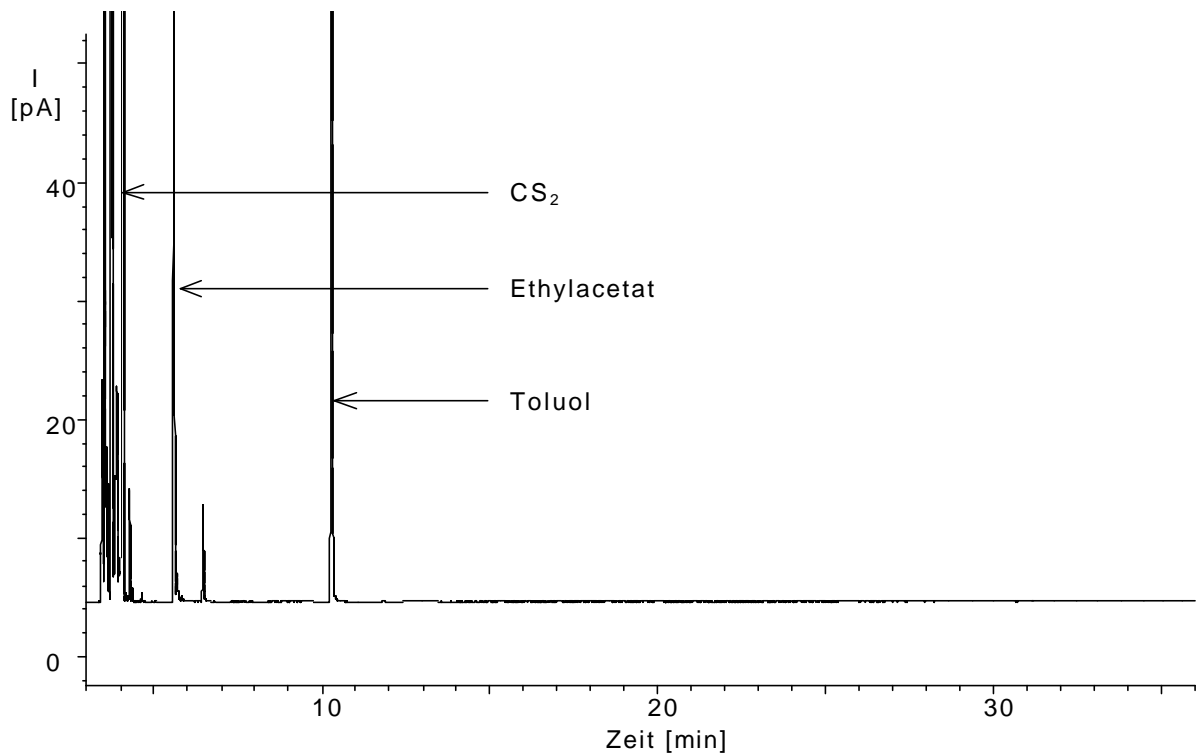


Abbildung 12: Gaschromatogramm einer Luftprobe - Trennung auf einer polaren Tremsäule (DB-Wax)

### 5.3 Messverfahren für Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren

Für die Bestimmung der einzelnen Kohlenwasserstoffkomponenten steht eine Vielzahl analytischer Methoden zur Verfügung. Es sind jedoch nur wenige Methoden verfügbar, die Bestimmung von Gesamtkohlenwasserstoff (Gasoline) in der Luft beschreiben. *Kearney* und *Dunham* [12] berichten über die Anwendung eines gaschromatographischen Verfahrens mit einer Trennung über eine Silica-SE-30-Säule und Flammenionisationsdetektor.

CONCAWE (zitiert IARC, 1989) empfiehlt ebenfalls den Gebrauch von GC/FID zur Bestimmung der Gesamtkohlenwasserstoff-Konzentration (GKW-Konzentration) in der Luft. Zur Probenaufbereitung dienten Absorption (poröses Polymer und A-Kohle) sowie thermische Desorption (eine oder zwei Stufen). Die Nachweisgrenze liegt bei 0,03 mg/m<sup>3</sup>. Die Methode ist für Gesamtkohlenwasserstoffe und zur Bestimmung der Einzelsubstanzen anwendbar.



## **5.4 Messverfahren für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische nach Teil 4**

Für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische des Teiles 4 kann das gleiche Messverfahren wie für Kühlschmierstoffe eingesetzt werden. Alle im Kapitel 5.1 beschriebenen Randbedingungen sind zu berücksichtigen. Gegenüber der Auswertung für Kühlschmierstoffe ergeben sich folgende Änderungen:

### **5.4.1 Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 4A**

Bei der Analyse auf Kohlenwasserstoffe, die unter den Teil 4A fallen, handelt es sich ausschließlich um die Emissionen nicht wassermischbarer Kohlenwasserstoffprodukte. Die Erfahrungen des BIA zeigen, dass für derartige Stoffgemische eine produktbezogene Kalibrierung nicht notwendig ist. Als Basiskalibrierung wird ein Gemisch aus nicht wassermischbaren Kohlenwasserstoffen eingesetzt, die für die Gruppe 4A repräsentativ sind.

### **5.4.2 Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 4B**

Bei Kohlenwasserstoffen, die unter den Teil 4B fallen, handelt es sich um die Emissionen nicht wassermischbarer Kohlenwasserstoffprodukte oder um verfahrensbedingt hohe Emissionen von wassergemischten Kohlenwasserstoffprodukten.

- Die Erfahrungen des BIA zeigen, dass für nicht wassermischbare Kohlenwasserstoffe eine produktbezogene Kalibrierung nicht notwendig ist. Als Basiskalibrierung wird ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen eingesetzt, die für die Gruppe 4B repräsentativ sind.
- Für die wassergemischten Mineralölprodukte ist bei der Auswertung eine produktbezogene Kalibrierung zu erstellen. Dabei ist das Konzentrat als Bezugssubstanz einzusetzen (vgl. Kapitel 5.1).

### **5.4.3 Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Teil 4C**

Kohlenwasserstoffe aus Teil 4C sind Emissionen nicht wassermischbarer Kohlenwasserstoffe aus geschlossenen Systemen oder Emissionen von wassergemischten Kohlenwasserstoffprodukten.

- Sollte es notwendig sein, die Kohlenwasserstoffbelastung aus geschlossenen Kohlenwasserstoffsystemen zu ermitteln, so kann für die Kalibrierung derartiger Kohlenwasserstoffprodukte eine repräsentative Kalibrierung für nicht wassermischbare Kohlenwasserstoffe verwendet werden. Eine produktbezogene Kalibrierung ist nicht notwendig.
- Für die wassergemischten Mineralölprodukte ist bei der Auswertung eine produktbezogene Kalibrierung zu erstellen. Dabei ist das Konzentrat als Bezugssubstanz einzusetzen (vgl. Kapitel 5.1).

## 5.5 Einsatzmöglichkeiten von direktanzeigenden Messgeräten für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische

Direktanzeigende Messgeräte zeichnen sich besonders dadurch aus, dass sie bereits am Ort der Probenahme zu einem Resultat führen. Die in den vorherigen Kapiteln vorgestellten Messverfahren machen immer eine Analyse im Labor erforderlich, sodass das Resultat mit zeitlicher Verzögerung vorliegt.

Direktanzeigende Messgeräte eignen sich demnach besonders für die Suche nach Emissionsquellen. Wenn sichergestellt ist, dass die Resultate der direktanzeigenden Messgeräte mit denen der Laboruntersuchungen korrelieren, können die Resultate auch bei der Bewertung der Arbeitsbereiche verwendet werden.

Im Zusammenhang mit komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen haben sich der FID (Flammenionisationsdetektor) und der PID (Photoionisationsdetektor) als besonders geeignet erwiesen.

Beim häufig verwendeten Streulichtphotometer wird nur die Partikelphase erfasst, es eignet sich nur für die Erkennung von starken Tröpfchenemissionen z.B. beim Einsatz von Kühlschmierstoffen. Eine Korrelation mit den Messwerten der Laboranalyse kann bei diesem Messprinzip nur selten hergestellt werden.

### 5.5.1 Gesamtkohlenwasserstoffmessungen mit Hilfe eines Flammenionisationsdetektors (FID)

#### Messprinzip

Vereinfacht beruht das Messprinzip eines Flammenionisationsdetektors (FID) auf der Verbrennung von oxidierbaren Kohlenstoffanteilen einer Verbindung in einer Wasserstoffflamme und der Messung der gebildeten Ionen. Die Intensität des erzeugten Signals hängt von der Anzahl der Kohlenstoffatome, der Bindungsstruktur und der Anwesenheit von Fremdatomen (z.B. O, Cl) im Molekül ab. Die in der Luft ubiquitär vorliegenden Gase CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub> und N<sub>2</sub> stören das Signal des FID nur unwesentlich. Der FID zeichnet sich durch eine kurze Ansprechzeit und einen großen linearen Messbereich aus.

Messbereich: ca. 0,1 bis 50000 ppm (bezogen auf Methan)

Zur Verdeutlichung des Einflusses von Kohlenstoff- und Fremdatomen auf das FID-Signal dient Tabelle 15 (siehe Seite 59), in der relative Signalintensitäten bezogen auf n-Heptan als Basis gezeigt werden [10].

**Tabelle 15: Relative FID-Empfindlichkeiten ausgewählter Lösemittel**

Substanz	rel. Signal
n-Heptan	1,00
Benzol	1,08
Toluol	1,07
Isobutanol	0,68
Methylethylketon	0,60
Essigsäureethylester	0,44
Tetrachlorkohlenstoff	0,17
Chloroform	0,13

Aus der gezeigten Abhängigkeit der Signalintensität ergibt sich für die Praxis die Einschränkung, dass bei gleichzeitigem Vorliegen von Gefahrstoffen mit unterschiedlichem Ansprechfaktor und unterschiedlicher Maximaler Arbeitsplatzkonzentration (MAK) eine zuverlässige Beurteilung der Gefahrstoffexposition nicht möglich ist.

Dies sei an einem Beispiel verdeutlicht: Die Luft in einem Arbeitsbereich enthalte 1000 mg/m<sup>3</sup> n-Heptan (MAK = 2000 mg/m<sup>3</sup>) und der FID zeige ein relatives Signal von 1 an. Die Erhöhung des relativen Signals auf 1,5 könnte nun folgende Bedeutung haben:

- a) Die Erhöhung des Signals wurde durch einen Anstieg der n-Heptan-Konzentration auf 1500 mg/m<sup>3</sup> verursacht und die MAK von n-Heptan ist nicht überschritten.
- b) Die Erhöhung des Signals wurde durch einen Arbeitsprozess verursacht, der auf der Emission eines anderen Stoffes beruht (z.B. Isobutanol, MAK = 300 mg/m<sup>3</sup>). Die relative Empfindlichkeit für Isobutanol ist kleiner als für Heptan, im angenommenen Fall wäre die MAK von Isobutanol um mehr als das Zweifache überschritten!

### **Einsatzmöglichkeiten und -grenzen**

Mit dem FID können schnell und einfach Emissionsorte (z.B. Leckagen, Ausgasung von Böden, Screening von Arbeitsbereichen) ermittelt werden. Darüber hinaus bietet der FID eine einfache Möglichkeit, zeitliche Konzentrationsänderungen zu ermitteln oder den Probenahmeort für diskontinuierliche Messverfahren zu bestimmen. In Ergänzung durch selektive Messverfahren mit geringerer zeitlicher Auflösung lassen sich so z. B.

im Rahmen von Arbeitsbereichsanalysen entscheidende Informationen über zeitliche und örtliche Expositionsmuster gewinnen.

Entsprechend seinem Messprinzip lässt sich der FID in der Regel für stoffspezifische Messungen, z. B. zur Beurteilung der Einhaltung von Grenzwerten wie MAK oder TRK, nicht einsetzen. Nur bei entsprechender Vorinformation über das Vorliegen nur eines Kohlenwasserstoffs oder eines Gemisches mit bekannter und konstanter Zusammensetzung kann ein entsprechend kalibrierter FID zur stoffspezifischen Messung oder kontinuierlichen Arbeitsplatzüberwachung verwendet werden.

Bei älteren Geräten war es häufig noch ein Nachteil des FID, dass recht schwere und sperrige Gasflaschen für die Gasversorgung sowie ein Netzanschluss für die Stromversorgung zum Betrieb notwendig waren, was die Mobilität der Geräte deutlich einschränkte. Neuere Geräte sind mittlerweile netzunabhängig und so kompakt, dass diese Einschränkung nicht mehr gegeben ist.

### **5.5.2 Gesamtkohlenwasserstoffmessungen mit Hilfe eines Photoionisationsdetektors (PID)**

#### **Messprinzip**

In den Detektor gelangende Substanzen werden durch Licht einer bestimmten Wellenlänge angeregt und ionisiert. Die freiwerdenden Elektronen werden von einer Kollektorelektrode eingefangen und der dadurch entstandene Strom elektronisch verstärkt. Es werden nur Substanzen detektiert, deren Ionisationspotential kleiner oder gleich der Strahlungsenergie der im Analysator eingesetzten Entladeröhre (UV-Lampe) ist. Die UV-Lampe im PID wird in der Regel so gewählt, dass deren Energie nicht ausreicht, um die Hauptbestandteile der Luft ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ ) zu ionisieren. Deshalb stören diese Substanzen das PID-Signal nicht.

Üblicherweise werden Lampen mit einer maximalen Anregungsenergie im Bereich von 9,5 bis 11,7 eV eingesetzt. Es sind auch anorganische Gase wie Ammoniak und Schwefelwasserstoff nachweisbar.

Die stoffspezifischen Ansprechfaktoren hängen u.a. von der Anzahl der C-Atome, einigen Strukturparametern und vorhandenen Fremdatomen ab. Das Verhältnis der stoffspezifischen Ansprechfaktoren zweier Verbindungen, z.B. Benzol und Oktan, kann durch die Wahl der UV-Lampe beeinflusst werden.

Messbereich: ca. 0,1 bis 2000 ppm (bezogen auf Isobuten)

#### **Einsatzmöglichkeiten und -grenzen**

Für den PID existieren im Prinzip die gleichen Einsatzmöglichkeiten und -grenzen wie für den FID.

Vorteil eines PID ist das Fehlen einer Gasversorgung, sodass einfache, kompakte batteriebetriebene Handgeräte erhältlich sind.

- 
- [1] Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe - Luftanalysen. 10. Lfg. Hrsg.: H. Greim. Verlag Chemie, Weinheim 1996
- [2] Kühlschmierstoffe (Kennzahl 7750). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen, 19. Lfg. XI/1997. Hrsg. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit - BIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Bielefeld 1989 - Losebl.-Ausg.
- [3] Siekmann, H.; Blome H.; Heisig W.: Probenahmesysteme: Spezielle Anforderungen und Entwicklungstendenzen. Staub - Reinhalt. Luft 48 (1988) Nr. 3, S. 89-94
- [4] DIN EN 481, Arbeitsplatzatmosphäre: Festlegung der Teilchengrößenverteilung zur Messung luftgetragener Partikel (09.93). Beuth, Berlin 1993
- [5] Kenny, L. C., Pilot study of CEN protocols for the performance testing of workplace aerosol sampling instruments. EC contract MAT1-CT92-0047, Health and Safety Executive, 1995
- [6] Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie. Band 5: Infrarot- und Ramanspektroskopie. 4. Aufl. Verlag Chemie, Weinheim 1977, S. 303-372
- [7] Siekmann, H; Schwaß, D.: Pumpen zur personenbezogenen Probenahme von Gefahrstoffen an Arbeitsplätzen - Liste der geprüften Pumpen. Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt 520 210. In: BIA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz . 12. Lfg. VIII/1989. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit- BIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Bielefeld 1985-Losebl. Ausg.
- [8] BIA-Arbeitsschutzsoftware „ Gefahrstoffe am Arbeitsplatz“ . Erich Schmidt, Bielefeld
- [9] Kohlenwasserstoff-Gemische (Kennzahl 7735). In: BIA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. 19. Lfg. XI/97. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit - BIA, Sankt Augustin. Erich Schmidt, Bielefeld 1989-Losebl.-Ausg.
- [10] Schomburg, G.: Gaschromatographie: Grundlagen, Praxis, Kapillartechnik 2. Aufl. VCH, Weinheim 1987

## 6 Ermittlungsleitfaden zur Beurteilung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen

Die Umsetzung der sich aus §§ 16 und 18 GefStoffV ergebenden Ermittlungs- und Überwachungspflicht macht bei komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen Schwierigkeiten. Derartige Gemische können neben den Kohlenwasserstoffkomponenten auch Additive enthalten. Darüber hinaus können während des Gebrauches Stoffe entstehen oder in das komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemisch gelangen, die ebenfalls zu berücksichtigen sind. Eine Bewertung von Einzelsubstanzen ist aus diesen Gründen praktisch unmöglich. Die Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat sich z.B. für Kühlschmierstoffe immer außer Stande gesehen, einen Grenzwert aufzustellen, weil die toxikologische und arbeitsmedizinische Begründung nicht gegeben werden kann [1].

Der AGS hat die Kohlenwasserstoffe (Mineralöle) als Beurteilungsgrundlage gewählt, weil sie analytisch mit unterschiedlichen Methoden zu erfassen sind, und weil sie in praktisch allen Gemischen, bis auf wenige Ausnahmen bei den Kühlschmierstoffen (Teil 1) und den sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen (Teil 4), enthalten sind.

Sind in den komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen Substanzen enthalten, die einen Luftgrenzwert haben, so sind diese Stoffe bei der Ermittlung und Bewertung mit zu berücksichtigen. Beispiele hierfür sind N-Nitrosamine in wassergemischten Kühlschmierstoffen [2] oder Ester und Ketone in kohlenwasserstoffhaltigen Lackzubereitungen [3].

### 6.1 Basisermittlungen bei komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen

Bei der Ermittlung von Kohlenwasserstoffemissionen in Arbeitsbereichen sind die Maßgaben der TRGS 402 [4] zu berücksichtigen. Im Besonderen sind mögliche Quellen für Kohlenwasserstoffe und für Zubereitungen, die Kohlenwasserstoffe enthalten können, zu identifizieren und bei der Beurteilung mit einzubeziehen. Abbildung 13 (siehe Seite 63) zeigt, dass gleiche Kohlenwasserstoffe aus verschiedenen Quellen stammen können. Nur eine sorgfältige Ermittlung ermöglicht hier eine Zuordnung. Die chemische Analytik hingegen bietet nur begrenzte Hilfe, die Herkunft eines Kohlenwasserstoffes, der an einem Arbeitsplatz auftritt, festzulegen.

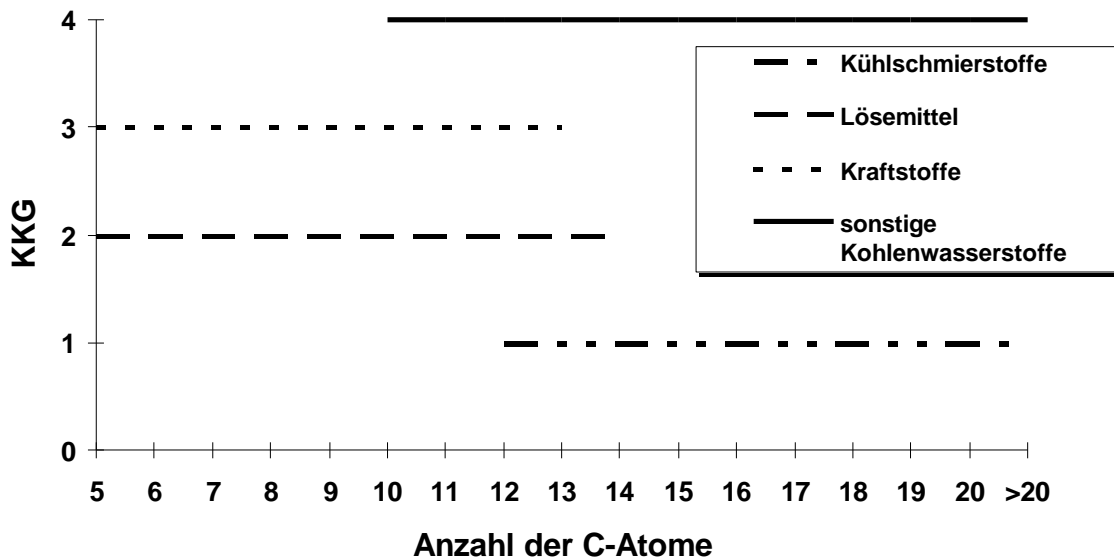


Abbildung 13: Vorkommen von Kohlenwasserstoffe in den einzelnen Gruppen der komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische

Die zentrale Frage bei der Beurteilung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen muss stets sein:

**Welches komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemisch ist am jeweiligen Arbeitsbereich vorherrschend und somit die geeignete Bewertungsgrundlage?**

Wegen des unselektiven infrarotspektroskopischen Messverfahrens sind insbesondere bei den komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen der Teile 1 und 4, die häufig aus schwerer flüchtigen Mineralölanteilen bestehen, umfangreiche Vorermittlungen notwendig. Alle Einflüsse von Fremdemissionen sind vor einer Messung festzustellen, dabei sind auch Lüftungstechnische Maßnahmen wie Absaugungen an Maschinen und die Hallenlüftung mit zu berücksichtigen.

Messtechnisch können Emissionsquellen für organische Stoffe z.B. durch Einsatz von direktanzeigenden Messsystemen lokalisiert werden; besonders geeignet dafür erscheinen der FID und der PID (vgl. Kap. 5.5). Beide Methoden sind zwar nicht selektiv für Kohlenwasserstoffe und vermögen keine Auskunft über Art und Zusammensetzung der gemessenen Stoffe zu geben, doch erhält man durch Messungen mit einem FID oder PID schnell Hinweise auf mögliche Fremdemissionen. Anhand der Messungen mit direktanzeigenden Messgeräten kann vielfach sehr anschaulich klar gemacht werden, welchen Einfluss auch kleine, auf den ersten Blick vernachlässigbare Quellen von Lösemitteln oder Kohlenwasserstoffen haben.

## 6.2 Kühlschmierstoffe

Bedingt durch das nicht selektive Messverfahren für Kühlschmierstoffe und eine gleichzeitig nicht lückenlos durchgeführte Ermittlung von Fremdquellen, ist es in den vergangenen Jahren bei der Interpretation der Messwerte vielfach zu

Fehlbeurteilungen gekommen, die in einigen Fällen zu nicht unerheblichen Fehlinvestitionen geführt haben [5].

Die Begründung des Luftgrenzwertes für Kühlschmierstoffe enthält bereits deutliche Hinweise darauf, dass das Messverfahren nicht spezifisch für Kühlschmierstoffe ist und bei der Messung auf Fremdemissionen geachtet werden muss [6].

Die analytische Bestimmung beruht auf der infrarotspektroskopischen Auswertung der C-H-Valenzschwingungen von aliphatisch gebundenen Kohlenstoffatomen im Bereich von 2800 bis 3000  $\text{cm}^{-1}$ . Die Methode ist demnach nicht spezifisch für Kühlschmierstoffe, da alle Verbindungen mit erfasst werden, die über aliphatische CH-, CH<sub>2</sub>- oder CH<sub>3</sub>-Gruppen verfügen und darüber hinaus in Tetrachlorethen löslich sind. Während der Probenahme ist aus diesem Grund sicherzustellen, dass keine anderen Stoffe (z. B. organische Lösemittel) zu einer Verfälschung des Analysenergebnisses führen können. Ist dies der Fall, so ist zu prüfen (evtl. durch Messung der Hallengrundlast), inwieweit das Messergebnis beeinflusst wird.

**(Auszug aus der Begründung des Luftgrenzwertes für Kühlschmierstoffe  
Kap. 3 „Messverfahren“)**

Die Erfahrungen bei der Anwendung des Luftgrenzwertes haben gezeigt, dass ein ausführlicher Ermittlungsleitfaden notwendig ist, um eine angemessene Berücksichtigung der Fremdbeeinflussungen und eine einheitliche Vorgehensweise bei der Bewertung sicherzustellen.

Die Messwertbeeinflussungen können sich je nach Ursprung stark unterscheiden. In Tabelle 16 (siehe Seite 65) sind Luftkonzentrationen aufgeführt, die bei Vorliegen der jeweiligen Substanz infrarotspektroskopisch (Sättigung im Dampf, 20 °C) unter Anwendung des Kühlschmierstoffmessverfahrens ermittelt würden. Für die Kohlenwasserstoffe wurde dabei als Näherung angenommen, dass sie die gleiche infrarotspektroskopische Empfindlichkeit aufweisen, wie das Mineralöl für die Spektroskopie. Bei den Lösemitteln wurde die infrarotspektroskopische Empfindlichkeit im Vergleich zu einem Mineralöl für die Spektroskopie ermittelt. Die relative Empfindlichkeit wurde mit der Sättigungsdampfkonzentration des Lösemittels multipliziert, um das „Mineralöläquivalent“ zu erhalten. Bei den Werten handelt es sich um empirische Zahlen, da nicht angenommen werden kann, dass die Dämpfe in der Luft sich mit den Kohlenwasserstoffen oder anderen Lösemitteln sättigen, die erhaltenen Werte veranschaulichen jedoch das Maß an Beeinflussung einer Kühlschmierstoffmessung.

Die Tabelle zeigt deutlich, dass insbesondere Substanzen mit hoher Flüchtigkeit die Messwerte beeinflussen können. Kohlenwasserstoffe wie Hexan oder Octan verdampfen sehr schnell und können sich gut über den gesamten Bereich einer Halle verteilen. Gleiches gilt für Lösemittel wie Aceton, Ethanol oder Toluol. Selbst kleine Mengen dieser Lösemittel können eine Messung massiv verfälschen (s. u.).



**Tabelle 16: Messwertbeeinflussung der Kühlschmierstoffmessung durch Fremdsubstanzen**

Substanz	relative IR-Empfindlichkeit	maximale vorgetäuschte Kühlschmierstoffkonzentration [7] [mg/m <sup>3</sup> ]*
n-Hexan	≈1	570.000
n-Oktan	≈1	65.500
Dodekan	≈1	700
Hexadekan	≈1	4,6
Eicosan	≈1	0,009
Cyclohexan	≈1	390.000
Toluol	0,11	7.500
Xylol	0,20	7.800
Aceton	0,06	35.000
Ethanol	0,64	69.000
Propanol	0,59	28.000
Ethylacetat	0,15	52.000
Butylacetat	0,40	24.000
Trichlorethen	0	0

\* Bei den hier angegebenen Konzentrationen handelt es sich um empirische Konzentrationen, die bei einer infrarotspektroskopischen Analyse als Kühlschmierstoff gemessen würden, wenn ein gesättigter Dampf des Kohlenwasserstoffes bzw. der anderen Lösemittel vorliegen würde.

Bei der Suche nach Emissionsquellen ist demnach auch auf scheinbar unbedeutende Mengen von Lösemitteln zu achten. Mögliche Quellen sind z. B. Entfettungsflüssigkeiten, die im Bereich der Qualitätskontrolle eingesetzt werden. Meist haben die dort verwendeten Behälter nur einen Inhalt von wenigen Litern Lösemittel, darüber hinaus werden diese Behälter häufig nur geöffnet, wenn sie benötigt werden. Doch selbst dies reicht in einigen Fällen aus, um eine Messung zu beeinflussen. Die folgende Modellrechnung soll dies verdeutlichen.

Für die Berechnung der Konzentration von Gefahrstoffen in belüfteten Räumen kann der folgende mathematische Ansatz gewählt werden [8]:

$$c = \frac{E}{LW \times V_R} \times (1 - e^{-LW \times t})$$

c	=	Konzentration [mg/m <sup>3</sup> ]
E	=	Emissionsrate [mg/h]
LW	=	Luftwechsel [h <sup>-1</sup> ]
V <sub>R</sub>	=	Raumvolumen [m <sup>3</sup> ]
t	=	Zeit [h]

$$c = \frac{E}{LW \times V_R}$$

Für stationäre Bedingungen gilt:  $(1 - e^{-LW \times t}) \cong 1$

In einer Halle wird ein Benzingemisch als Entfettungsmittel zur Qualitätskontrolle verwendet:

Hallengröße:	30*20*7 m <sup>3</sup> =	4200 m <sup>3</sup>
Verbrauch Benzin:	1 l/Schicht =	700.000 mg/Schicht (ber. für Oktan ρ= 700 g/l)
Luftwechsel:	ca. 3fach pro Stunde	
Weitere Annahmen:	Emission verläuft praktisch kontinuierlich, gleichmäßige Verteilung des Lösemittels über die Halle	
	<b>Konzentration:</b>	<b>6,9 mg/m<sup>3</sup></b>

Diese empirische Rechnung zeigt, dass im angenommenen Fall bereits das Verdampfen von einem Liter Benzin die Grundbelastung der Halle um fast 7 mg/m<sup>3</sup> erhöht. Es ist somit leicht vorstellbar, dass eine Überschreitung des Luftgrenzwertes für Kühlschmierstoffe vorgetäuscht wird, wenn diese Quelle nicht berücksichtigt wird.

- Vergleichbare Beeinflussungen erhält man, wenn **Fremdverfahren** wie Funkenerodieranlagen oder Honanlagen, bei denen Kohlenwasserstoffe mit Flammpunkt unter 100 °C eingesetzt werden, im Hallenbereich betrieben werden. Die dort eingesetzten Mineralöle haben zwar nicht die Flüchtigkeit von Oktan, doch sind auch diese Kohlenwasserstoffgemische deutlich flüchtiger als wassergemischte Kühlschmierstoffe oder nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe. Die verdampften Anteile würden ebenfalls bei einer Kühlschmierstoffmessung mitgemessen.

Nicht nur Fremdverfahren müssen bei der Ermittlung im Rahmen von Kühlschmierstoffmessungen berücksichtigt werden, sondern auch die verschiedenen im Hallenbereich verwendeten Kühlschmierstoffe. Wesentlich für die infrarotspektroskopische Empfindlichkeit ist der Mineralölanteil eines Kühlschmierstoffes.

- Bei **wassermischbaren bzw. wassergemischten Kühlschmierstoffen** können erhebliche Unterschiede hinsichtlich des Mineralölanteiles im Kühlschmierstoffkonzentrat auftreten. Die Spanne reicht hier von „mineralölfrei“ bei synthetischen Kühlschmierstoffen bis hin zu Mineralölanteilen von mehr als 50 %. Darüber hinaus geben die Zusätze (vgl. BIA-Report 7/96: Kühlschmierstoffe) ebenfalls ein infrarotspektroskopisches Signal, sodass sich die relative IR-Empfindlichkeit eines wassermischbaren Kühlschmierstoffes nur schwer vorhersagen lässt.
- Anders stellt sich die Situation bei den **nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen** dar. Bei diesen Produkten ist das Mineralöl in der Regel mit mehr als 90 % Hauptbestandteil des Kühlschmierstoffes, die infrarotspektroskopische Empfindlichkeit von verschiedenen nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen unterscheidet sich somit nur wenig.
- Bei parallelem Einsatz von wassergemischten und nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen muss entschieden werden können, welcher Kühlschmierstoff messwertbestimmend ist. Die Erfahrungen, die bei den zahlreichen Kühlschmierstoffmessungen im Rahmen des BGMG (Berufsgenossenschaftliches Messsystem für Gefahrstoffe) bzw. bei Sondermessungen des BIA gesammelt werden konnten, zeigen eindeutig, dass der nicht wassermischbare Kühlschmierstoff meist messwertbestimmend ist. Nur bei größeren Entfernungen der Maschinen voneinander oder bei einer guten Erfassung der nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffe an der Emissionsquelle ist der zu beurteilende wassergemischte Kühlschmierstoff messwertbestimmend.

Tabelle 17 (siehe Seite 68) gibt einige Beispiele für die relative infrarotspektroskopische Empfindlichkeit von Kühlschmierstoffen und anderen Mineralölprodukten. Als Bezugssubstanz wurde ein Mineralöl für die Spektroskopie (Ifd. Nr. 1) gewählt.

**Tabelle 17: Infrarotspektroskopische Empfindlichkeit einiger Kühlschmierstoffe und anderer komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische**

Lfd. Nr.	Produktname	KKG -Teil	Angaben im Sicherheitsdatenblatt	wasser-mischbar	nicht wasser-mischbar	relative Infrarot-empfindlichkeit
1	Mineralöl für die Spektroskopie	-	-	-	ja	1
2	Petroleum	2	-	-	ja	1,04
3	Lubricor B 434	1	Spindelölraffinat und Borsäureesterverb., nichtionogene Emulgatoren, Fettsäuren, Alkanolamine, Fungizide	ja	-	0,104
4	Castrol Syntilo DC 83	1	Emulgierbare mineralölfreie Zubereitung mit Wirkstoffen	ja	-	0,174
5	Cimstar MB 275	1	ionogene und nicht ionogene Emulgatoren Mineralöl (max. 18%), Konservierungsmittel, Farbstoff	ja	-	0,136
6	Castrol Produkt 293/19	1	hoch raffiniertes Mineralöl, Emulgatoren und Additive	ja	-	0,462
7	Castrol Alusol M - F	1	hoch raffiniertes Mineralöl, Emulgatoren und Additive	ja	-	0,443
8	Acmosit 64-02	1	Mineralöl und Wirkstoffe in Wasser emulgiert	ja	-	0,272
9	Rondocor 750	1	hoch raffiniertes Mineralöl, Emulgatoren und Additive	ja	-	0,588
10	Anticorit MBR	1	mineralöhlhaltige Zubereitung aus anionischen und nichtionogenen Emulgatoren, Lösungsvermittler auf Glykol-Fettalkoholbasis	ja	-	0,692
11	Aral Sarol 474 EP	1	Mineralölraffinat, Emulgatoren, polare Wirkstoffe, Buntmetallinhibitoren	ja	-	0,507

**Tabelle 17: Infrarotspektroskopische Empfindlichkeit einiger Kühlschmierstoffe und anderer komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische**

Lfd. Nr.	Produktname	KGK-Teil	Angaben im Sicherheitsdatenblatt	wasser-mischbar	nicht wasser-mischbar	relative Infrarot-empfindlichkeit
12	Blasocut Kombi 883-12	1	Gemisch aus Mineralöl, Emulgatoren und Inhibitoren	ja	-	0,537
13	Blasocut 2000 universal	1	Gemisch aus Mineralöl, Emulgatoren, EP-Additiven (Chlorparaffin) und Inhibitoren	ja	-	0,467
14	Rondocor MB 40 LP	1	hoch raffiniertes Mineralöl, Emulgatoren und Additive	ja	-	0,381
15	Multidraw DF	1	naphthenische Kohlenwasserstoffe, modifizierte Fettstoffe, anionische und nichtionische Tenside, produktspezifische Wirkstoffe	ja	-	0,554
16	Fanox O	1	hoch raffiniertes Grundöl (Flpkt. 190 °C)	-	ja	1,06
17	Automatenöl VG 10	1	hoch raffinierte Mineralöle (Flpkt. ca. 150 °C)	-	ja	0,917
18	Ratak W 505 Schneidöl	1	Paraffinium perliquidium (Flpkt. 195 °C)	-	ja	1,08
19	Aral Ropa WZ 24	1	Gemisch aus paraffinischen und naphthenischen Kohlenwasserstoffen	-	ja	0,934
20	Aral Sumurol CM 5	1	Mineralölraffinat mit Wirkstoffen (Flpkt. > 100 °C)	-	ja	0,767
21	Scharrsol TI	4 A	Erdölestillatmischung aus n- und i- Paraffinen (Flpkt. 92 °C), Dampfdruck 4 hPa	-	ja	0,991
22	Genrex 56	4 A	Metallbearbeitungsflüssigkeit (Flpkt. 86 °C), Dampfdruck < 10 hPa	-	ja	1,00

**Tabelle 17: Infrarotspektroskopische Empfindlichkeit einiger Kühlschmierstoffe und anderer komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische**

Lfd. Nr.	Produktname	KKG -Teil	Angaben im Sicherheitsdatenblatt	wasser-mischbar	nicht wasser-mischbar	relative Infrarot-empfindlichkeit
23	Aral Ropa 4115	4 A	n-Paraffingehalt ca. 99 % (Flpkt. > 65 °C), Dampfdruck < 10 hPa	-	ja	1,05
24	SURVOS Standard	4 A	Kohlenwasserstoffe/Glykolether (Flpkt. 61 °C), Dampfdruck < 5 hPa	-	ja	1,09
25	Funkenerodieröl 07	4 A	hochraffiniertes unlegiertes Mineralölraffinat (Flpkt. 92 °C), Dampfdruck 0,3 hPa	-	ja	1,04
26	BP Dielectric 180	4 A	hochraffiniertes Mineralölraffinat und Wirkstoffe (Flpkt. 78 °C), Dampfdruck 0,3 hPa	-	ja	1,18
27	Homberg Erosionsöl IME 82	4 A	synthetische aliphatische Kohlenwasserstoffe (Flpkt. 82 °C)	-	ja	0,900
28	Fimitol Staroil Hydrauliköl Nr 100	4 C	ausgewählte Solventraffinate und Additive	-	ja	0,855
29	Novasol	4 B	Universalreiniger für Farbwalzen auf Basis vegetabiler Ölderivate (Flpkt. 192 °C)	-	ja	0,731
30	Naphtholen ZD	4 B	aromatisches Kautschukweichmacheröl (Flpkt. 230 °C)	-	ja	0,534

Tabelle 17 zeigt anschaulich, dass die relative infrarotspektroskopische Empfindlichkeit über einen großen Bereich streut.

- Bei wassermischbaren Kühlschmierstoffen (Ifd. Nr. 3-15) ergibt sich eine Bandbreite von  $I_{rel.} = 0,104$  bis  $I_{rel.} = 0,692$ . Unter den im BIA vorliegenden mehr als 1000 Kalibrierungen für Kühlschmierstoffe und Mineralölprodukte gibt es Beispiele der relativen Empfindlichkeit  $I_{rel.} < 0,05$  für wasserlösliche, vollsynthetische Produkte.
- Für nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe (Ifd. Nr. 16-20) sind die Unterschiede deutlich geringer und die relativen Empfindlichkeiten  $I_{rel.} = 0,767$  bis  $I_{rel.} = 1,08$  durchweg größer als bei den wassermischbaren Produkten.
- Bei Mineralölprodukten wie Kühlschmierstoffen mit Flammpunkt  $< 100$  °C (Ifd. Nr. 21-24) oder Funkenerodierflüssigkeiten (Ifd. Nr. 25-27) liegen die relativen Empfindlichkeiten stets um 1 ( $I_{rel.} = 0,900$  bis  $I_{rel.} = 1,18$ ).
- Für sonstige Mineralölprodukte (Ifd. Nr. 28-30) wurden ebenfalls recht hohe relative Empfindlichkeiten ermittelt. Ausnahme ist hier ein aromatisches Kautschukweichmacheröl mit einem  $I_{rel.}$  von 0,534.
- Die infrarotspektroskopische Methode eignet sich auch zur Messung von Produkten auf der Basis nachwachsender Rohstoffe (Ifd. Nr. 29).

Die zahlreichen Fallbeispiele sollen verdeutlichen, dass die Ermittlung der Emissionsquellen und die Festlegung der richtigen Beurteilungsgrundlage von höchster Bedeutung im Zusammenhang mit der Kühlschmierstoffmessung sind.

Da die analytische Kalibrierung einer Kühlschmierstoffmessung im Labor mit dem am Arbeitsplatz verwendeten Kühlschmierstoffkonzentrat durchgeführt werden muss, ist die Festlegung des messwertbestimmenden Kühlschmierstoffes mit in die Ermittlung einzubeziehen.

- Bei paralleler Anwendung eines wassergemischten und eines nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffes ist nach den Erfahrungen des BIA in der Regel der nicht wassermischbare Kühlschmierstoff messwertbestimmend.
- Bei paralleler Anwendung von zwei oder mehreren wassergemischten Kühlschmierstoffen sollte der Arbeitsbereich beurteilt werden, in dem die höchste Konzentration (Verfahrensparameter wie Temperatur, Bearbeitungsgeschwindigkeit etc. beachten!) zu erwarten ist. Wenn dies nicht möglich ist, sollte für die Kalibrierung eine Mischung der verwendeten Kühlschmierstoffe verwendet werden.

Abbildung 14 (siehe Seite 72) zeigt den schematischen Ablauf einer Ermittlung bei der Messung von Kühlschmierstoffen.

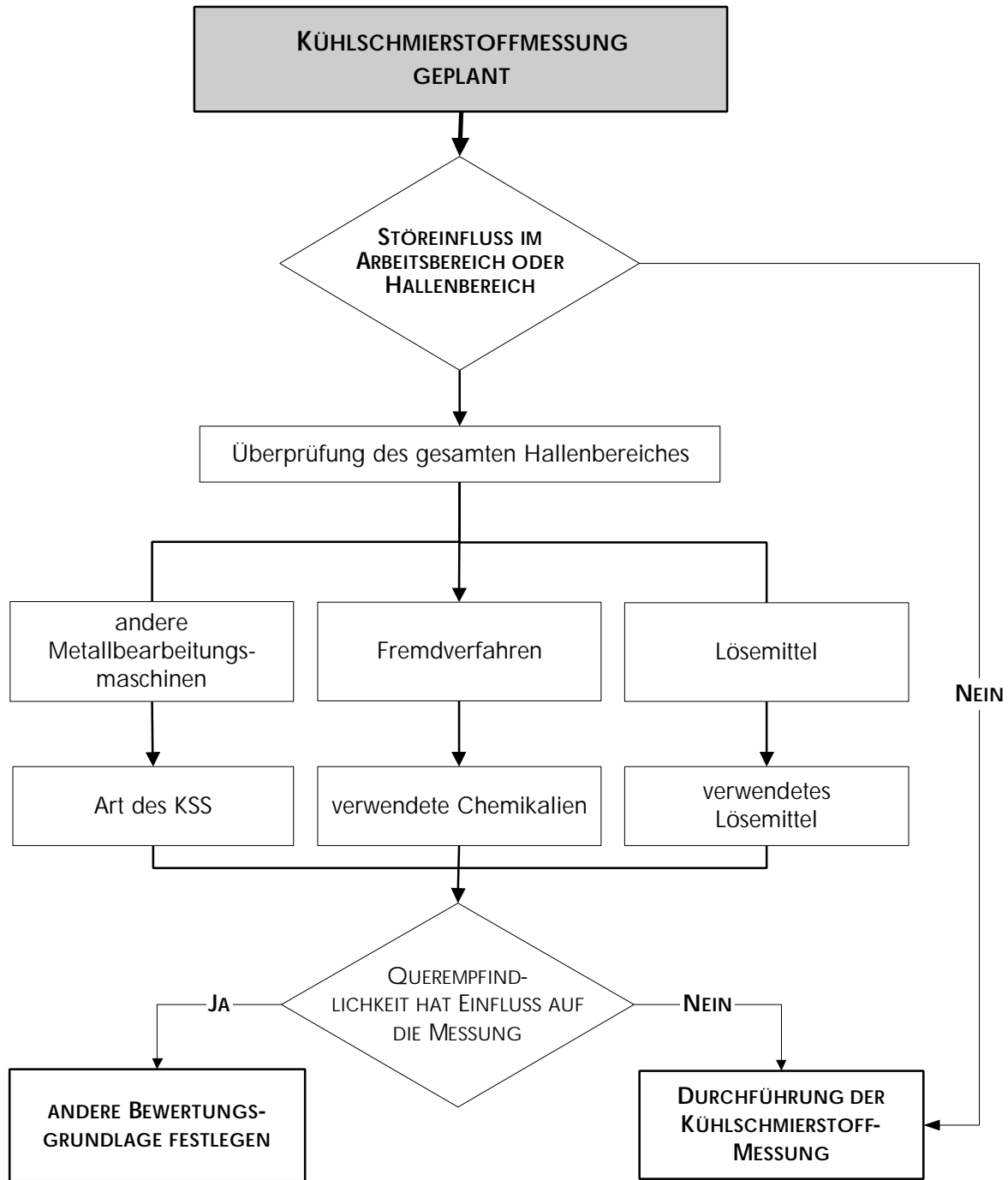


Abbildung 14: Ablaufdiagramm der Vorermittlung für eine Kühlschmierstoffmessung

Der direkte Weg, die Messung ohne Vorermittlung durchzuführen, kann nur in Ausnahmefällen bei einheitlichen Arbeitsbereichen empfohlen werden, bei denen eine Beeinflussung der Messung von vornherein ausgeschlossen werden kann.

In den Tabellen 18 bis 20 (siehe Kapitel 7) werden Beurteilungshilfen für die Messung von Kühlschmierstoffen gegeben. Es wurde versucht, sämtliche im Rahmen von Kühlschmierstoffmessungen möglichen Beeinflussungen zu berücksichtigen



### 6.3 Kohlenwasserstoffgemische - additivfrei - und Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren

Die höhere Selektivität der gaschromatographischen Analysenmethoden bedingt, dass die Beeinflussungen der Messungen bei additivfreien Kohlenwasserstoffgemischen und bei Kraftstoffen für Verbrennungsmotoren deutlich geringer sind, als bei den Kühlschmierstoffen oder den sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen.

- **Kühlschmierstoffe:**  
Schwerflüchtige Mineralöle, wie sie bei Kühlschmierstoffen verwendet werden, stören die der additivfreien Kohlenwasserstoffgemische nicht. Die verwendeten Mineralölfractionen sind bei der gaschromatographischen Analyse eindeutig von den additivfreien Kohlenwasserstoffgemischen zu unterscheiden.
- **Kohlenwasserstoffgemische – additivfrei:**  
Verwendung vorwiegend als Lösemittel und Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren. Sollten im Arbeitsbereich Mineralölprodukte der Gruppen 2 und 3 parallel verwendet werden, ist eine gegenseitige Beeinflussung der Messung nicht auszuschließen, da die dort verwendeten Mineralölfractionen vergleichbar sein können. Im Rahmen der Ermittlung ist sicherzustellen, dass möglichst wenig Störungen durch das Produkt gegeben sind, das nicht bewertet werden soll. Bei Kraftstoffen für Verbrennungsmotoren ist zu berücksichtigen, dass sie zahlreiche Additive enthalten und darüber hinaus einige Kohlenwasserstoffe enthalten können, die in Lösemitteln nicht verwendet werden dürfen, hier ist insbesondere Benzol zu erwähnen.
- **Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische nach Teil 4A-C:**  
Die in Teil 4 Gruppe A eingestuften sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische (z.B. Funkenerodieröle, Kühlschmierstoffe mit Flammpunkt < 100 °C) können die Messung der additivfreien Kohlenwasserstoffgemische beeinflussen, da dort vergleichbare Mineralölfractionen verwendet werden. Diese Mineralölprodukte enthalten zwar zahlreiche Additive, eine Beurteilung als „Kohlenwasserstoffgemisch additivfrei“ ist dennoch zulässig.  
Bei den sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen der Teile 4B und 4C sind die dort eingesetzten Mineralöle bei der Analyse eindeutig von den leichtflüchtigeren Lösemitteln zu unterscheiden. Eine Beeinflussung der Messung kann ausgeschlossen werden.

Tabelle 21 (Kapitel 7) gibt Beurteilungshilfen für die Messung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen nach Teil 2.

### 6.4 Sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische

Für die sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische (KKG) gilt in der Regel die gleiche Vorgehensweise, wie sie bereits bei den Kühlschmierstoffen beschrieben wurde. Störeinflüsse bei Messungen dieser drei Gruppen sind jedoch völlig unterschiedlich zu bewerten.

**Gruppe 4A:** Bei diesen nicht wassermischbaren Mineralölprodukten handelt es sich um recht flüchtige Kohlenwasserstoffe, die hinsichtlich ihrer Zusammensetzung den Kohlenwasserstoffgemischen nach Teil 2 ähnlich sind. Darüber hinaus kann es verfahrensbedingt zu höheren Emissionen kommen, beispielsweise beim Versprühen dieser Mineralöle oder bei erhöhten Temperaturen.

Vor Messungen von KKG-Gruppe 4A sind Emissionen von Kohlenwasserstoffen, die als Lösemittel Verwendung finden, zu berücksichtigen. Die dort verwendeten Mineralöle können zu überhöhten Resultaten bei der infrarotspektroskopischen Bestimmung der sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische nach Teil 4A führen. Andere mineralöhlhaltige Produkte stören die Bestimmung nur unwesentlich.

**Gruppe 4B:** Zur Gruppe 4B gehören sowohl nicht wassermischbare als auch wassermischbare komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische. Die dort eingesetzten Kohlenwasserstoffe sind weniger flüchtig als Kohlenwasserstoffe, die für Produkte nach KKG-Teil 4A verwendet werden.

Bei Messungen von Stoffen der Gruppe 4B müssen Beeinflussungen durch Kohlenwasserstoffe als Lösemittel und der KKG-Teil 4A berücksichtigt werden. Nur wenn diese Einflüsse ausgeschlossen werden können, ist eine Bewertung nach 4B vorzunehmen. Sollten wassergemischte oder nicht wassermischbare Produkte der Gruppe 4B parallel verwendet werden, ist das nicht wassermischbare Produkt zu beurteilen.

**Gruppe 4C:** Die in der Gruppe 4C zusammengefassten wassermischbaren Produkte können hinsichtlich ihrer Beurteilung wie wassergemischte Kühlschmierstoffe behandelt werden. Es sind die gleichen Randbedingungen im Rahmen der Messung zu beachten. Emissionen, deren Quelle nicht wassermischbare Kohlenwasserstoffe sind, sollten immer bevorzugt beurteilt werden.

Die in dieser Gruppe aufgeführten nicht wassermischbaren Kohlenwasserstoffgemische aus geschlossenen Anlagen müssen in der Regel nicht beurteilt werden, weil Emissionen nicht zu erwarten sind. Derartige Anlagen werden nur zu Wartungszwecken oder im Störfall geöffnet. In diesen Fällen sollten ausreichende persönliche Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Bei Messungen von Stoffen der Gruppe 4C müssen Beeinflussungen durch Kohlenwasserstoffe als Lösemittel, durch KKG-Teile 4A und 4B und Kühlschmierstoffe berücksichtigt werden. Nur wenn diese Einflüsse ausgeschlossen werden können, ist eine Bewertung nach 4C vorzunehmen.

Sollten wassergemischte oder nicht wassermischbare Produkte der Gruppe 4C parallel verwendet werden, ist das wassermischbare Produkt zu beurteilen, da beim nicht wassermischbaren Produkt keine Emissionen zu erwarten sind (s.o.).

Bei gleichzeitigem Auftreten von Kühlschmierstoffen ist zu prüfen, inwieweit das Produkt der Gruppe 4C die Kühlschmierstoffmessung beeinflusst. Bevorzugt ist der Kühlschmierstoff zu bewerten.

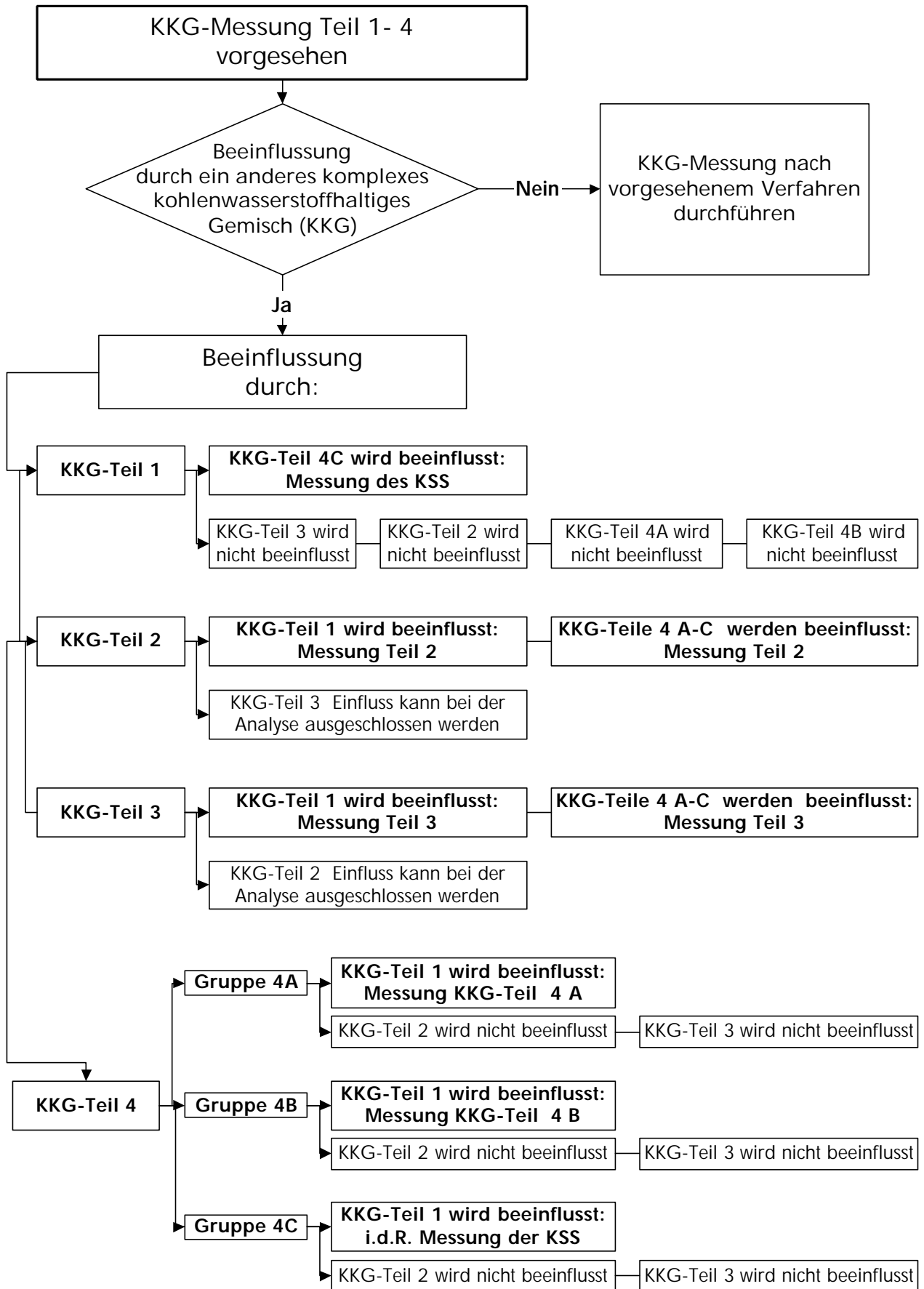
In den Tabellen 22 bis 24 (siehe Kapitel 7) sind Beurteilungshilfen für die Bewertung von sonstigen komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen der Gruppen 4A-C gegeben.

- 
- [1] K Kühlschmierstoffe. In: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen. Hrsg.: Deutsche Forschungsgemeinschaft. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Wiley-VCH, Weinheim 1998, S. 162-164
- [2] Breuer, D.; Böckler-Klusemann, M.; Klein, G.; Michels, P.; Thamm, H.: N-Nitrosodiethanolamin in wassermischbaren Kühlschmierstoffen. Staub-Reinhalt. Luft 51 (1991) Nr. 4, S. 121-124
- [3] Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie. Band 15: Lacke. 4. Aufl. VCH, Weinheim 1978, S. 589-726.
- [4] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (TRGS 402). B ArbBl. (1997) Nr. 11, S. 27
- [5] Kiechle, A.; Müller, J.; Rucker, M.; Sonnenschein, G.; Storck, J.; Blome, H.; Pfeiffer, W.; Breuer, D. et al.: Komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Probleme bei der Anwendung des Luftgrenzwertes für Kühlschmierstoffe. Die BG (1997) Nr. 12, S. 723
- [6] Luftgrenzwerte für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische, Teil 1 MAK für Kühlschmierstoffdämpfe und Aerosole. B ArbBl. (1996) Nr. 6, S. 61-65
- [7] D'Ans Lax, Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Band 2: Organische Verbindungen. 4. Aufl. Springer, Berlin 1983
- [8] Pfeiffer, W.: Berechnung der Schadstoffkonzentration bei instationärem Emissionsverlauf in be- und entlüfteten Räumen. Staub-Reinhalt. Luft 42 (1982) Nr. 3, S. 108-111

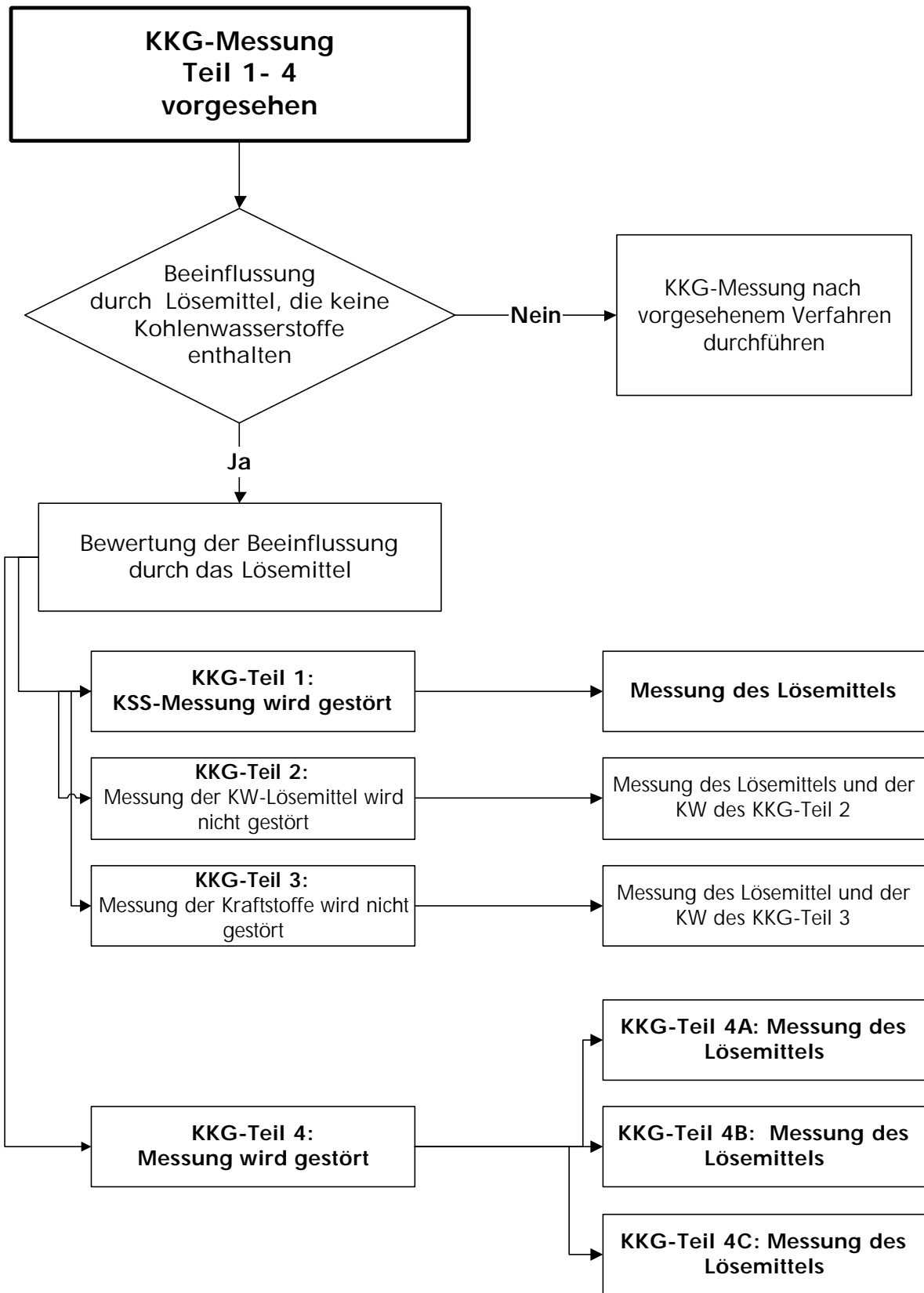
## **7 Beurteilungshilfen für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische**

Unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus den zahlreichen Messungen im BGMG und der bekannten physikalischen und chemischen Charakteristik von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen wurde eine Übersicht und Bewertung der möglichen Störeinflüsse bei Messungen von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen zusammengestellt.

In den Abbildungen 15 a und 15 b (siehe Seiten 77 und 78) ist ein schematischer Gesamttablauf für die Beurteilung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen gegeben. Die besonders zu beachtenden Bereiche sind hervorgehoben. In den Tabellen 18 bis 24 (siehe Seiten 80 bis 92) sind die Einzelfälle behandelt.



**Abbildung 15a:** Ermittlungen bei der Messung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen - Beeinflussung der KKG untereinander



**Abbildung 15b:** Ermittlungen bei der Messung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen - Beeinflussung durch Lösemittel

Bei der Messung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen ist in besonderem Maße auf Fremdeinflüsse zu achten. Wie die vorigen Kapitel verdeutlicht haben, werden insbesondere die infrarotspektroskopischen Analysen von Kohlenwasserstoffgemischen durch leichtflüchtige organische Stoffe gestört.

Der Versuch einer Rangfolge der Einflussstärke ist in Abbildung 16 gemacht. Die Größe des Einflusses nimmt dabei in Pfeilrichtung zu.

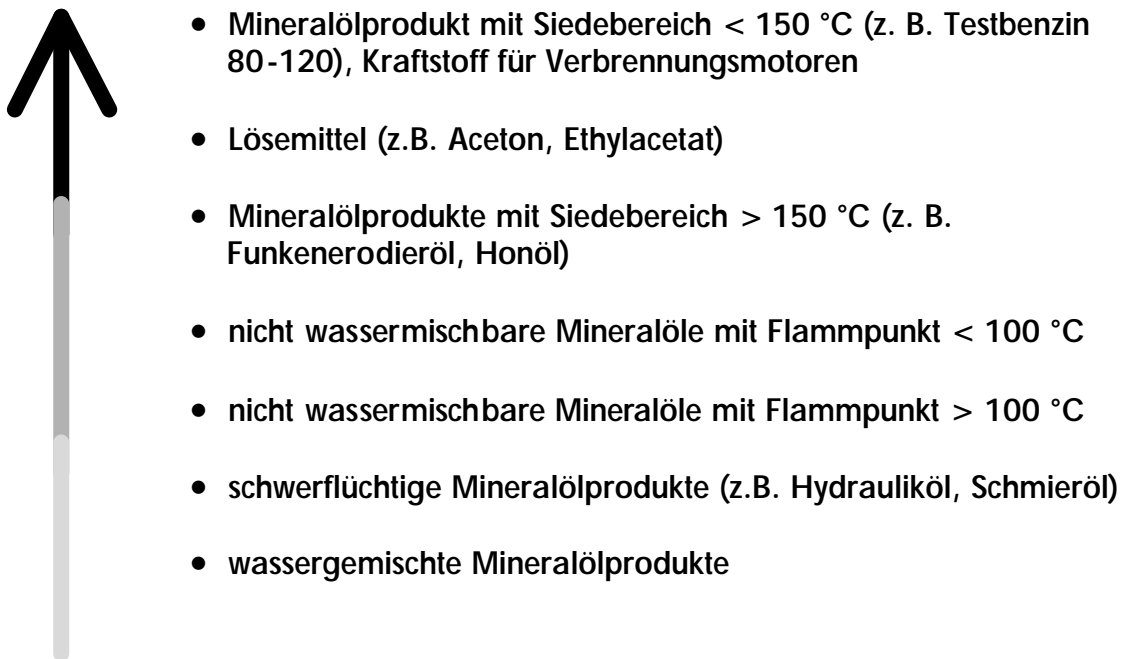


Abbildung 16: Abschätzung der Einflussstärke von Querempfindlichkeiten bei der Messung von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen

Für alle komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische wurden die möglichen Beeinflussungen zusammengetragen und einzeln bewertet. Die Tabellen 18-24 enthalten nach Art einer Checkliste die möglichen Beeinflussungen von Messungen.

**Tabelle 18: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische –  
Kühlschmierstoffe, KKG -Teil 1: keine Fremdeinflüsse**

Kühlschmierstoff- typ am vorge- sehenen Messort	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beein- flussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Kühlschmierstoff wassergemischt	-	-	Messung auf Kühlschmierstoffe	keine
Kühlschmierstoff nicht wassermisch- bar Flammpunkt > 100 °C	-	-	Messung auf Kühlschmierstoffe	keine
Kühlschmierstoff nicht wassermisch- bar Flammpunkt < 100 °C	-	-	KKG-Teil 4 Gruppe A	keine



**Tabelle 19: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG -Teil 1: wassergemischte Kühlschmierstoffe**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Kühlschmierstoff wassergemischt	im Arbeitsbereich	vorhanden	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzentrate aller verwendeten Kühlschmierstoffe bei der Kalibrierung berücksichtigen</li> <li>Mischkalibrierung</li> </ul>
Kühlschmierstoff wassergemischt	in benachbarten und entfernten Hallenbereichen	gering	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	im Arbeitsbereich	groß	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalibrierung mit dem nicht wassermischbaren Kühlschmierstoff</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	in benachbarten Hallenbereichen	vorhanden	<p>Messung auf Kühlschmierstoffe</p> <p>Messung mit Bezug auf den wassergemischten Kühlschmierstoff nur, wenn der Einfluss des nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffes vernachlässigt werden kann</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beurteilung mit Bezug auf den nicht wassermischbaren Kühlschmierstoff oder Mischkalibrierung</li> <li>Konzentrate aller verwendeten Kühlschmierstoffe mitsenden</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	in entfernten Hallenbereichen	gering	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beurteilung mit Bezug auf den wassergemischten Kühlschmierstoff</li> </ul>

**Tabelle 19: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG -Teil 1: wassergemischte Kühlschmierstoffe**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	KKG-Teil 4 Gruppe A  Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 4 Gruppe A vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> <li>• zusätzliche Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	KKG-Teil 4 Gruppe A (oder KSS)  Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 4 Gruppe A vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> <li>• zusätzliche Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	KKG-Teil 4 Gruppe B  Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 4 Gruppe B vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B</li> <li>• zusätzliche Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B	in entfernten Hallenbereichen	gering	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beurteilung mit Bezug auf den wassermischbaren Kühlschmierstoff</li> </ul>

**Tabelle 19: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG -Teil 1: wassergemischte Kühlschmierstoffe**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe C	in allen Bereichen	gering	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beurteilung mit Bezug auf den wassermischbaren Kühlschmierstoff</li> </ul>
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	KKG-Teil 2 Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 2 vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> </ul>
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	KKG-Teil 2 Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 2 vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> <li>Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	MAK des Lösemittels Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probenahme auf das Lösemittel</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	MAK des Lösemittels Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probenahme auf das Lösemittel (und den Kühlschmierstoff)</li> </ul>

**Tabelle 20: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG -Teil 1: nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Kühlschmierstoff wassergemischt	in allen Bereichen	gering	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung mit dem nicht wassermischbaren Kühlschmierstoff</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	im Arbeitsbereich	vorhanden	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzentrate aller verwendeten Kühlschmierstoffe bei der Kalibrierung berücksichtigen</li> <li>• Mischkalibrierung</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	in benachbarten und entfernten Hallenbereichen	gering	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beurteilung mit Bezug auf den nicht wassermischbaren Kühlschmierstoff aus dem Arbeitsbereich</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	KKG-Teil 4 Gruppe A Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 4 Gruppe A vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> <li>• zusätzliche Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen</li> </ul>

**Tabelle 20: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG -Teil 1: nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	KKG-Teil 4 Gruppe A (oder KSS)  Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 4 Gruppe A vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> <li>• zusätzliche Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	KKG-Teil 4 Gruppe B  Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 4 Gruppe B vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B</li> <li>• zusätzliche Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B	in entfernten Hallenbereichen	gering	Messung auf Kühlschmierstoffe  Einfluss des Fremdverfahrens ist zu beachten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung mit dem nicht wassermischbaren Kühlschmierstoff</li> <li>• zusätzliche Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe C	in allen Bereichen	gering	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung mit dem nicht wassermischbaren Kühlschmierstoff</li> </ul>

**Tabelle 20: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG -Teil 1: nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	im Arbeitsbereich und angrenzenden Hallenbereichen	groß	KKG-Teil 2 Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 2 vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> </ul>
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	KKG-Teil 2 Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 2 vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	MAK des Lösemittels Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme auf das Lösemittel</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	MAK des Lösemittels Messung auf Kühlschmierstoffe nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme auf das Lösemittel (und den Kühlschmierstoff)</li> </ul>

**Tabelle 21: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG -Teil 2: Kohlenwasserstoffgemische - additivfrei**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Kühlschmierstoff wassergemischt	in allen Bereichen	keine	Messung und Bewertung von KKG-Teil 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	in allen Bereichen	keine	Messung und Bewertung von KKG-Teil 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine</li> </ul>
Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren	in allen Bereichen	vorhanden	Messung und Bewertung von KKG-Teil 2 oder KKG-Teil 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die gaschromatographische Methode erlaubt keine detaillierte Unterscheidung der Kohlenwasserstoffe.</li> <li>Bewertung des maßgeblichen Kohlenwasserstoffgemisches</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A	in allen Bereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B	in allen Bereichen	keine	Messung und Bewertung von KKG-Teil 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe C	in allen Bereichen	keine	Messung und Bewertung von KKG-Teil 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	in allen Bereichen	keine	MAK des Lösemittels Messung und Bewertung von KKG-Teil 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probenahme auf das Lösemittel</li> <li>Die gaschromatographische Analyse erlaubt eine Trennung der verschiedenen Stoffe.</li> </ul>

**Tabelle 22: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG-Teil 4: sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Gruppe A**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Kühlschmierstoff wassergemischt	in allen Bereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	in allen Bereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B	in allen Bereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe C	in allen Bereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> </ul>
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	KKG-Teil 2 Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe A nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 2 vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> </ul>
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	KKG-Teil 2 Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe A nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 2 vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>



**Tabelle 22: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG-Teil 4: sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Gruppe A**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	MAK des Lösemittels Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe A nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probenahme auf das Lösemittel</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	MAK des Lösemittels Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe A nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probenahme auf das Lösemittel (und den KKG Teil 4 Gruppe A)</li> </ul>

**Tabelle 23: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG-Teil 4: sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Gruppe B**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Kühlschmierstoff wassergemischt	in allen Bereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	im Arbeitsbereich	vorhanden	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	in benachbarten und entfernten Hallenbereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A	im Arbeitsbereich und angrenzenden Hallenbereichen	groß	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe B Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe B nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 4 Gruppe A vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe C	in allen Bereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B</li> </ul>

**Tabelle 23: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG-Teil 4: sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Gruppe B**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	im Arbeitsbereich und angrenzenden Hallenbereichen	groß	KKG-Teil 2 Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe B nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 2 vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> </ul>
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	KKG-Teil 2 Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe B nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	MAK des Lösemittels Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe B nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme auf das Lösemittel</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	MAK des Lösemittels Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe B nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme auf das Lösemittel (und den Kühlschmierstoff)</li> </ul>

**Tabelle 24: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG-Teil 4: sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Gruppe C**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Kühlschmierstoff wassergemischt	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	vorhanden	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konzentrate aller verwendeten Kohlenwasserstoffgemische bei der Kalibrierung berücksichtigen</li> <li>Mischkalibrierung</li> </ul>
Kühlschmierstoff wassergemischt	in entfernten Hallenbereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe C</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	Messung auf Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalibrierung mit dem nicht wassermischbaren Kühlschmierstoff</li> </ul>
Kühlschmierstoff nicht-wassermischbar	in entfernten Hallenbereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe C</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe A Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe C nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 4 Gruppe A vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe A</li> <li>Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>

**Tabelle 24: Beeinflussung von Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische – KKG-Teil 4: sonstige komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische - Gruppe C**

Fremdeinfluss	Ort der Beeinflussung	Bewertung der Beeinflussung	Konsequenz für die Messung zur Beurteilung der KKG	Besonderheit
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B</li> </ul>
Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe B	in entfernten Hallenbereichen	gering	Messung und Bewertung von KKG-Teil 4 Gruppe C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalibrierung für das Mineralölprodukt KKG-Teil 4 Gruppe C</li> </ul>
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	KKG-Teil 2 Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe C nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 2 vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> </ul>
Kohlenwasserstoff additivfrei KKG-Teil 2	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	KKG-Teil 2 Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe C nur, wenn der Einfluss des KKG-Teil 2 vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme mit einem Aktivkohleröhrchen auf Kohlenwasserstoffe additivfrei</li> <li>• Konzentrate aller verwendeten Mineralölprodukte mitsenden</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	im Arbeitsbereich und benachbarten Hallenbereichen	groß	MAK des Lösemittels Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe C nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme auf das Lösemittel</li> </ul>
sonstige Lösemittel z. B. Aceton, Ethylacetat	in entfernten Hallenbereichen	vorhanden	MAK des Lösemittels Messung auf KKG-Teil 4 Gruppe C nur, wenn der Einfluss des Lösemittels vernachlässigt werden kann	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probenahme auf das Lösemittel (und den KKG-Teil 4 Gruppe C)</li> </ul>

## **8 Kühlschmierstoffmessungen im Rahmen des Berufsgenossenschaftlichen Messsystems Gefahrstoffe (BGMG)**

### **8.1 Maßnahmen der Berufsgenossenschaften**

Die Berufsgenossenschaften und das Berufsgenossenschaftliche Messsystem Gefahrstoffe (BGMG) haben frühzeitig auf die bekanntgewordenen Schwierigkeiten bei den Messungen komplexer kohlenwasserstoffhaltiger Gemische und im Speziellen auf die Besonderheiten der Kühlschmierstoffmessung reagiert. Die Messtechnischen Dienste der am stärksten betroffenen Berufsgenossenschaften wurden umgehend informiert und ein neues Messprogramm mit einem gesonderten Fragebogen (vgl. Abbildung 17 auf Seite 95) wurde ins Leben gerufen.

Das neue Messprogramm 9049 hat zum Ziel, alle im Zusammenhang mit Kühlschmierstoffmessungen auftretenden Beeinflussungen möglichst frühzeitig zu erkennen. Es wurden sämtliche Bereiche berücksichtigt, die bei einer Kühlschmierstoffmessung und der anschließenden Beurteilung eine Rolle spielen:

- Angaben zum Kühlschmierstoff
- Angaben zu Fremdemissionen
- Angaben zur Abscheidetechnik
- Angaben zur Lüftung
- Angaben zu weiteren Emissionsquellen

Die nach den Maßgaben dieses Messprogrammes erhaltenen Messwerte sollten nicht mehr zu Fehlinterpretationen führen und somit eine Beurteilung der Arbeitsplätze ermöglichen.

## Abbildung 17: Fragebogen des BGMG zu Kühlschmierstoffmessungen

Blatt 1

<b>OMEGA-Begleitbogen zur Standarddaten- erfassung</b> <b>KSS spezifische Zusatzangaben</b>	<b>BG-interne-Nr.</b> <hr/>
	<b>Berichts-Nr.</b> <hr/>
	<b>Proben-Nr.</b> <hr/>
<b>Messprogramm 9049</b>	
<b>Einsatzprodukt:</b> <b>Handelsname</b>	nach Standarddatenerhebung
<u><b>nur bei wassermischbaren KSS</b></u> Emulsionskonzentration -Soll-Konzentration Angabe entsprechend der Betriebsangabe (auch Zahlenspanne möglich)  -Ist-Konzentration Angabe entsprechend der Betriebsangabe Sichtbarer Fremdölgehalt im Behälter	von _____ bis _____ % in Wasser  _____ % in Wasser ja ( )      nein ( ) nicht beurteilbar ( )
<u><b>Angaben zum Arbeitsbereich</b></u>  Anzahl der KSS emittierenden Maschinen in der Halle wassermischbare KSS nicht wassermischbare KSS, Flpkt. > 100? <b>nicht wassermischbare KSS, Flpkt. &lt; 100?</b>  Anzahl sonstiger nicht KSS emittierender Einrichtungen, z. B. <b>Kaltreiniger, Waschbenzin, Entfetter</b>	            
<b>Erkennbare Fremdbeeinflussung durch Lösemittel</b>  im Arbeitsbereich in angrenzenden Hallenbereichen in entfernteren Hallenbereichen  wenn <b>Fremdbeeinflussung</b> ja, bedingt durch: - <b>Benzinkohlenwasserstoffe</b> (z. B.: Testbenzin, solvent Naphtha, Spezialbenzin, Kristallöl) - <b>sonstige Kohlenwasserstoffgemische</b> (z.B. Hydrauliköl, Funkenerodieröl) - <b>andere Lösemittel,</b> (Aceton, Ethylbenzol)	ja ( )      nein ( ) ja ( )      nein ( ) ja ( )      nein ( )  ( ) ( ) ( )

Blatt 2

<b>Art des Abscheiders</b>	
Filternder Abscheider	( )
Elektrischer Abscheider	( )
Nassabscheider	( )
Massekraftabscheider (z. B. Fliehkraftabscheider)	( )
Sonstige	_____
<b>Art der Einhausung</b> (in Ergänzung zur OMEGA-Datenerhebung, Position 21)	
Kompletteinhausung	( )
Einhausung des Bearbeitungsverfahrens	( )
mit Absaugung	( )
ohne Absaugung	( )
halboffen	( )
offen	( )
keine Einhausung, aber Punktabsaugung	( )
Anzahl der Öffnungsvorgänge während der Messung	ca. _____
Zuführung der KSS	
drucklos	( )
mit Druck	( )
Minimalmengenschmierung	( )
Sichtbare Nebel/Rauchentwicklung an der Maschine	ja ( )      nein ( )
Filtersysteme im KSS Kreislauf	ja, offen ( ) ja, geschlossen ( ) nein ( )
<b>Weitere Beeinflussungen der Exposition:</b>	
<b>Offene KSS Lachen</b>	ja ( )      nein ( )
benetzter Boden	ja ( )      nein ( )
<b>Späneabdunstung</b>	ja ( )      nein ( )
bei erhöhter Temperatur	( )
bei Umgebungstemperatur	( )
offene Abdunstung von bearbeiteten Werkstücken	ja ( )      nein ( )
Sonstige Abdunstung	
z. B. <b>Putzlappen</b> , durchnässte Arbeitskleidung	ja ( )      nein ( )
<b>Abblasen von Werkstücken</b>	ja ( )      nein ( )

Liegt eine Fremdbeeinflussung vor, sollte zusätzlich eine Messung, z.B. mit einem Aktivkohleröhrchen vorgenommen werden.

Stand 10/97



## 8.2 Messergebnisse

Von April 1997 bis September 1998 wurden insgesamt 452 Messungen von Kühlschmierstoffen in 229 Betrieben nach den Maßgaben des Messprogramms 9049 durchgeführt. Davon entfielen 311 Messungen auf wassergemischte Kühlschmierstoffe und 141 Messungen auf nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe. Es wurden nicht alle Messungen als Kühlschmierstoffe ausgewertet, weil die Laboruntersuchungen eindeutig ergeben haben, dass eine Beeinflussung der Messung durch andere Kohlenwasserstoffprodukte vorlag. Insgesamt 54 Messungen wurden nicht als Kühlschmierstoffe ausgewertet, die Ergebnisangabe erfolgte dann als „aliphatische Kohlenwasserstoffanteile“. In den meisten Fällen erfolgte die Umbenennung, nachdem auf einem parallel beaufschlagten Aktivkohleröhrchen Kohlenwasserstoffe oder Lösemittel qualitativ nachgewiesen werden konnten.

Es ist sicherlich nicht auszuschließen, dass auch noch bei einigen der als Kühlschmierstoffe ausgewerteten Proben Beeinflussungen vorlagen, doch waren diese nicht mehr analytisch nachweisbar. Die nachfolgenden Tabellen 25 und 26 zeigen eine Übersicht der Ergebnisse.

**Tabelle 25: Analysenresultate bei Messungen nach Maßgabe des Messprogramms 9049 - wassergemischte Kühlschmierstoffe**

Arbeitsbereich	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	Kühlschmierstoff 50%-Wert [mg/m <sup>3</sup> ]	Kühlschmierstoff 90%-Wert [mg/m <sup>3</sup> ]
Alle Arbeitsbereiche	292	107	5,6	21,4
Fräsen	64	39	4,5	15,3
Bohren	21	18	4,1	13,8
Drehen/Hobeln	79	43	5,9	45,2
Schleifen	85	45	6,7	21,6
NC/CNC Maschinen	36	12	5,6	10,9
<b>Messwerte mit Fremdbeeinflussung</b>			<b>Aliphatische Kohlenwasserstoffanteile 50%-Wert [mg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Aliphatische Kohlenwasserstoffanteile 90%-Wert [mg/m<sup>3</sup>]</b>
Alle Arbeitsbereiche	19	13	25,9	83,9

**Tabelle 26: Analysenresultate bei Messungen nach Maßgabe des Messprogramms 9049 – nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe**

Arbeitsbereich	Anzahl Messdaten	Anzahl Betriebe	Kühlschmierstoff 50%-Wert [mg/m <sup>3</sup> ]	Kühlschmierstoff 90%-Wert [mg/m <sup>3</sup> ]
Alle Arbeitsbereiche	141	53	6,4	28,3
Fräsen	11	6	1,8	5,7
Drehen/Hobeln	42	15	8,6	60,1
Schleifen	21	8	10,1	23,2
Messwerte mit Fremdbeeinflussung			Aliphatische Kohlenwasserstoffanteile 50%-Wert [mg/m <sup>3</sup> ]	Aliphatische Kohlenwasserstoffanteile 90%-Wert [mg/m <sup>3</sup> ]
Alle Arbeitsbereiche	35	13	43,9	97,4

Eine weitere Aufteilung der Resultate war nicht möglich, da die Größe der Datenkollektive nicht mehr ausreichte. Die Ergebnisse zeigen jedoch sehr anschaulich, dass in den Fällen, in denen eine Fremdbeeinflussung nachgewiesen werden konnte, deutlich höhere Konzentrationen ermittelt wurden. Für diese Arbeitsplätze ist eine andere Bewertungsgrundlage zu wählen (KKG-Teil 4).

Eine weitere interessante Fragestellung ist, welcher Anteil der Kühlschmierstoffmesswerte unter dem Grenzwert von 10 mg/m<sup>3</sup> lag. Dies ist vom jeweiligen Bearbeitungsverfahren und vom verwendeten Kühlschmierstoff abhängig. Bei wassermischbaren Kühlschmierstoff unterschritten mehr als 80 % der Messwerte den Grenzwert, beim Schleifen mit wassermischbaren Kühlschmierstoffen jedoch nur zu ca. 60 % (Abbildung 18 auf Seite 99). Bei nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen lagen etwa 60 % der Messwerte unter dem Grenzwert; auch hier stellt sich die Situation beim Schleifen am wenigsten günstig dar, weil mehr als 50 % der Messwerte über dem Grenzwert lagen (Abbildung 19 auf Seite 99). Deutlich anders sind die Kurvenverläufe der Häufigkeitsverteilungen, wenn eine Fremdbeeinflussung nachgewiesen werden konnte (Abbildung 20 auf Seite 100).

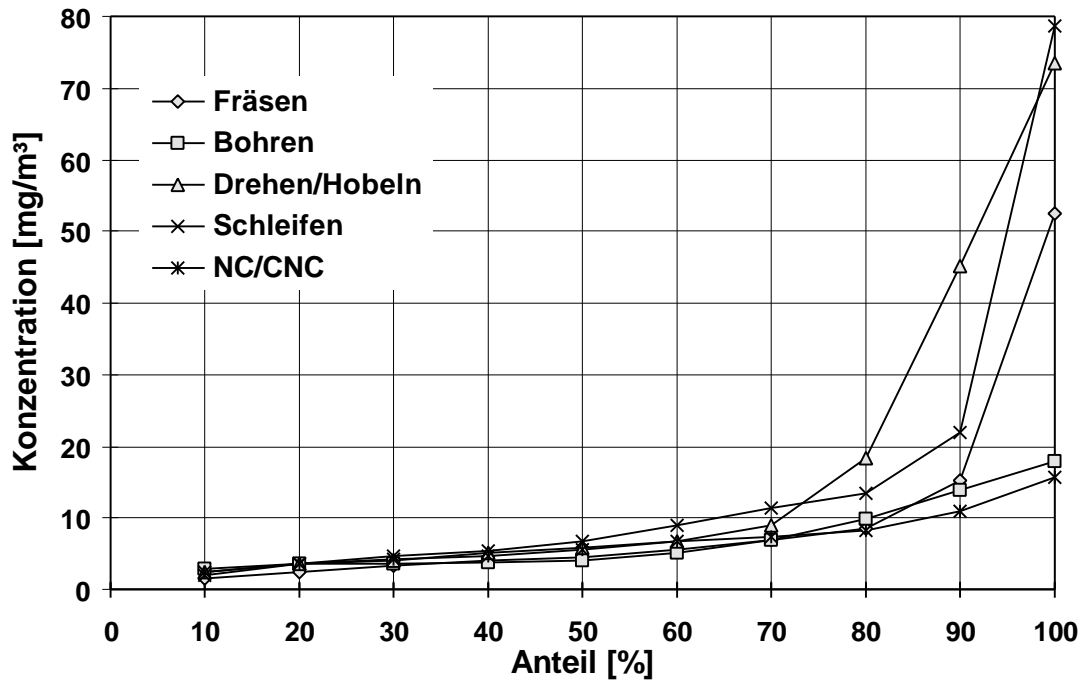


Abbildung 18: Häufigkeitsverteilung der Messwerte für Kühlschmierstoffe bei verschiedenen Arbeitsverfahren - wassergemischte Kühlschmierstoffe

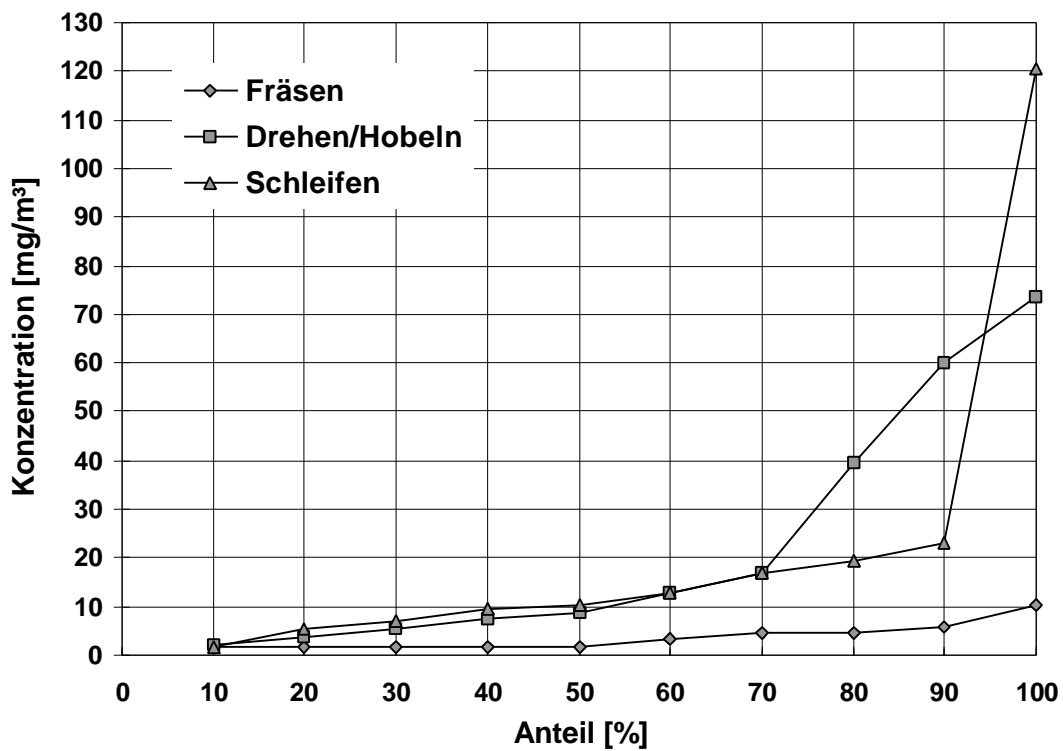


Abbildung 19: Häufigkeitsverteilung der Messwerte für Kühlschmierstoffe bei verschiedenen Arbeitsverfahren – nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe

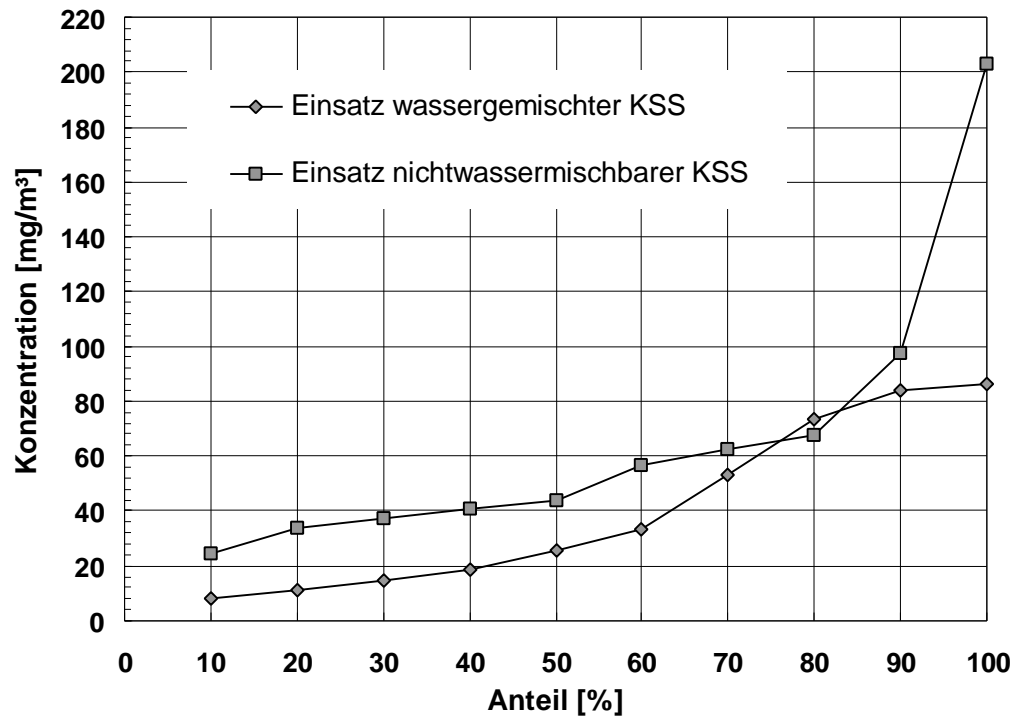


Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung bei verschiedenen Arbeitsverfahren  
- Messwerte mit Beeinflussungen durch Fremdverfahren

## **9 Schutzmaßnahmen**

### **9.1 Allgemeines**

Die nachfolgend beschriebenen Schutzmaßnahmen beziehen sich auf „Technische Schutzmaßnahmen“, auf „ergänzende Maßnahmen“ bzw. „organisatorische Maßnahmen“ (persönlicher Schutz, Sauberkeit, Hygiene, Hautpflege) und sogenannte „Begleitmaßnahmen“ (Wartung und Pflege von Anlagen sowie Schutz vor Verpuffungen und Bränden).

Gemäß der Rangfolge der Schutzmaßnahmen [1] zur Minderung der Exposition am Arbeitsplatz lassen sich beim Umgang mit KKG Maßnahmen ableiten, die in folgenden Punkten zusammengefasst werden können:

1. Verwendung von KKG, in denen möglichst keine gesundheitsgefährlichen Stoffe enthalten sind,
2. Einsatz von Stoffen, die nicht zur Bildung von gesundheitsgefährlichen Stoffen beitragen,
3. Reinigung und Pflege von KKG, die sich (z. B. in Umlaufsystemen) im ständigen Gebrauch befinden,
4. Maßnahmen zur Vermeidung von Hautkontakt,
5. Maßnahmen zum Schutz der Haut exponierter Personen bei unvermeidbarem Hautkontakt mit KKG, Reinigung der Haut sowie Hautpflege,
6. Erfassung und Abscheidung der bei der Verwendung von KKG entstehenden Dämpfe und Aerosole,
7. Raumlüftung zur Abführung nicht erfassbarer Dämpfe und Aerosole aus dem Raum,
8. Reinigung der Anlagen, sonstigen Einrichtungen und Fußböden in den Arbeitsbereichen,
9. Wartung und Instandhaltung der Schutzeinrichtungen,
10. organisatorische Maßnahmen.

Diese Schwerpunktmaßnahmen können nicht alternativ gesehen werden, sondern sind als ein Maßnahmenpaket anzusehen. Hinzu kommen u.U. noch zusätzliche Maßnahmen, die je nach Problemstellung in der Praxis unterschiedlich zu bewerten sind. Die vorliegenden Erfahrungen sollen nachfolgend ausführlich dargestellt werden. Maßnahmen gegen Verpuffungen und Brände innerhalb geschlossener Maschinen oder Anlagen werden im Kapitel 9.5 behandelt.

### **9.2 Organisatorische Maßnahmen**

#### **9.2.1 Stoffauswahl, Prüfung, Pflege und Reinigung der KKG**

Die Maßnahmen zum Schutz vor Einwirkungen von Gefahrstoffen müssen beim Umgang mit KKG zunächst darauf ausgerichtet sein, dass im Gebrauch befindliche

KKG weitestgehend frei von Gefahrstoffen und gefahrstoffbildenden Stoffen sind. Der Anwender soll sich vergewissern, ob Rezepturen angeboten werden, die diesen Anforderungen entsprechen.

Im Rahmen der Ermittlungspflicht nach §16 der GefStoffV sind Informationen zu Inhaltsstoffen beim Hersteller oder Lieferanten einzuholen. Nach §14 der GefStoffV sind die Hersteller oder Lieferanten verpflichtet, Sicherheitsdatenblätter nach TRGS 220 [2] oder nach EU-Richtlinie 91/155/EWG [3] zur Verfügung zu stellen.

In KKG, die sich im Umlauf befinden, ist die Bildung und Einschleppung von Sekundärstoffen nicht zu vermeiden. Daher sind Maßnahmen zur Prüfung, Pflege und Reinigung der KKG und ggf. deren Umlaufsysteme erforderlich. Zweckmäßigerweise ist hierzu ein Wartungsplan zu erstellen, in dem die Angaben über die durchzuführenden Prüfungs-, Pflege- und Reinigungsmaßnahmen der KKG vorgegeben sowie die Ergebnisse aufgezeichnet und dokumentiert werden.

Für Kühlschmierstoffe sind dem BIA-Report 7/96 [4] umfangreiche Hinweise zu entnehmen.

### 9.2.2 Minimierung der Emissionen

Die Entstehungsweisen von KKG-Emissionen sind recht unterschiedlich. In den meisten Bereichen, in denen KKG verwendet werden, lassen sich bei entsprechender Planung und Gestaltung von Arbeitsbereichen Emissionsquellen vermeiden oder ihre Anzahl begrenzen. Dies trifft insbesondere für die diffusen Quellen zu, die entstehen, wenn

- unachtsam mit KKG umgegangen wird,
- KKG an warmen Oberflächen (z.B. Werkstücken, Spänen) abdampfen,
- KKG in die Umgebung verschüttet oder verspritzt werden,
- offene Behältnisse mit KKG herumstehen,
- die Sammel- und Rücklaufeinrichtungen für KKG undicht oder offen sind,
- KKG in offenen Auffangbehältnissen angesammelt werden,
- KKG sich auf dem Boden oder unter Bodenabdeckungen sowie in Bodenschächten (z.B. in Kabelschächten) ansammeln,
- benutzte Putztücher und dgl. offen herumliegen usw.

## 9.3 Technische Schutzmaßnahmen

### 9.3.1 Übersicht

Bei den technischen Schutzmaßnahmen handelt es sich um Einrichtungen zur Erfassung und Abscheidung von Emissionen aus KKG und um die Raumlüftung. Diese Maßnahmen werden mit dem Begriff „Lufttechnische Maßnahmen“ [5] bezeichnet. Zu den technischen Schutzmaßnahmen gehören Einrichtungen zur Wartung und Pflege von KKG und der Anlagen sowie Hilfs- und Nebeneinrichtungen (z.B. Reinigungsgeräte, Entsorgungssysteme, Systemreiniger).

Entsprechend der anzuwendenden Rangfolge der Schutzmaßnahmen sind zunächst alle möglichen Kühlschmierstoff-Emissionsquellen zu ermitteln. Hieran sollte sich unbedingt die Frage anschließen, ob nicht ein Teil der vorhandenen Emissionsquellen vermieden oder die Emissionsquellenstärken auf ein Mindestmaß reduziert werden können (siehe Kapitel 9.2.2). Abbildung 21 zeigt ein Beispiel für mögliche Emissionsquellen beim Umgang mit Kühlschmierstoffen. In ähnlicher Weise können Emissionen auch beim Umgang mit anderen KKG entstehen.

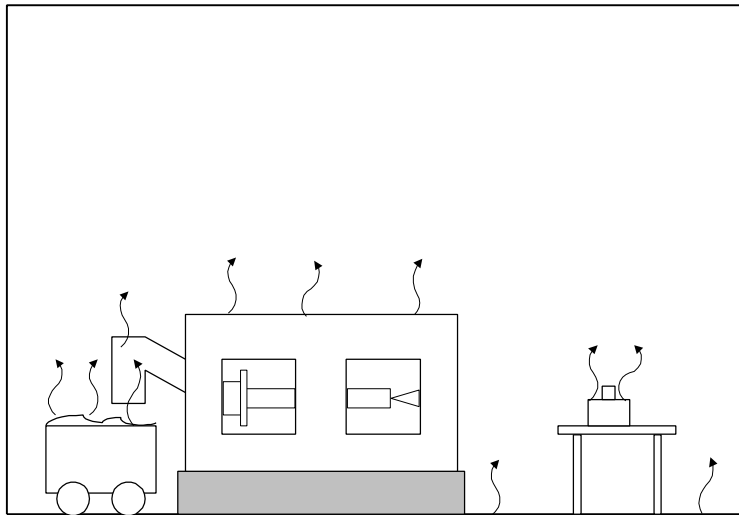


Abbildung 21: Abdunstung von Kühlschmierstoffen an Oberflächen

In ein Erfassungskonzept sind alle Emissionsquellen einzubeziehen (siehe Abbildung 22). Neben dem Bearbeitungsbereich sind dies für Kühlschmierstoffe vor allem die Austragsstellen für Werkstücke oder Werkzeuge sowie Späne, die Späne- und Kühlschmierstoff-Vorratsbehälter, Zwischenlager für Werkstücke oder Halbzeuge, Ablaufrinnen usw.

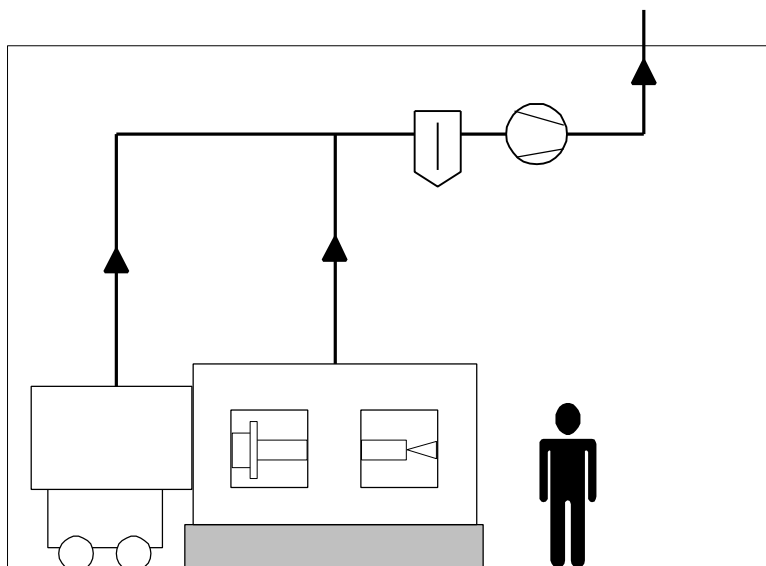


Abbildung 22: Beispiel für Erfassung der Emissionen beim Umgang mit Kühlschmierstoffen

Die Erfahrungen aus der Praxis haben immer wieder gezeigt, dass es äußerst wichtig ist, alle unvermeidbaren Emissionen möglichst vollständig zu erfassen, da sich die Alternative einer Raumlüftung in vielen Fällen nur mit hohem technischen und finanziellen Aufwand realisieren lässt. Im Idealfall sollte die Raumlüftung nur dazu dienen, das durch die Erfassung (Absaugung) entstandene Luftdefizit auszugleichen.

Wird die über die Erfassungseinrichtungen abgesaugte Raumluft nicht direkt ersetzt (Ausgleich des Luftdefizites), können Querströmungen entstehen. Insbesondere bei dichter Maschinenbelegung ist es erforderlich, die abgesaugte Luft möglichst direkt zu ersetzen. Dies erfordert eine umfassende Verteilung der Zuluft im gesamten Emissionsbereich einer Halle.

### 9.3.2 Erfassung entstehender Dämpfe und Aerosole

Zunächst sollte angestrebt werden, geschlossene Systeme zu berücksichtigen wie z.B. geschlossene Reinigungsanlagen. Über die an die Einhausung angeschlossene Absaugleitung wird im Innenraum ein ständiger Unterdruck aufrechterhalten und dadurch ein Austreten der Dämpfe und Aerosole nach außen vermieden. Die Anordnung der Absaugöffnung oder mehrerer Absaugöffnungen an der Einhausung und die Absaugluftmenge sind so zu wählen, dass möglichst wenig der verspritzten Aerosole oder Tröpfchen erfasst werden.

Lässt sich beim Umgang mit KKG eine Ausbreitung der Dämpfe und Aerosole nicht von vornherein vermeiden, so müssen sie an der Entstehungs- oder Austrittsstelle wirkungsvoll erfasst werden.

Muss der Verfahrensprozess leicht zugänglich sein, sind Erfassungseinrichtungen halboffener Bauart zu verwenden, z.B. wenn Beschickungs- oder Bedienungsöffnungen an der Einhausung notwendig sind. Die Öffnungsfläche ist auf ein Mindestmaß zu begrenzen, um die Wirksamkeit der Erfassung zu verbessern. In diesen Öffnungsquerschnitten muss eine deutlich nach innen gerichtete Luftströmung vorhanden sein.

Bei Verfahrensprozessen, die von allen Seiten her offen sein müssen, werden Erfassungseinrichtungen offener Bauart verwendet. Die Wirksamkeit dieser Einrichtungen ist häufig eingeschränkt. Vielfach werden als offene Erfassungseinrichtungen Absaughauben verwendet. So werden oberhalb von Maschinen oder Anlagen im Thermikstrom aufsteigende Dämpfe und Aerosole erfasst. Die Wirksamkeit offener Systeme ist weitgehend von der Form oder Größe und vom Abstand der Ansaugöffnung zur Entstehungsstelle abhängig.

### 9.3.3 Raumlüftung

Die Raumlüftung hat in Industriehallen im wesentlichen folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Ausgleich des Luftdefizites, das durch die Erfassungsluft entstanden ist, möglichst unmittelbar an der Erfassungsstelle,
- Reduzierung der Gefahrstoffkonzentrationen bei nicht ausreichender Gefahrstofffassung im Arbeitsbereich und
- Schaffung bzw. Aufrechterhaltung eines erträglichen Raumklimas.



Bei der Raumlüftung wird unterschieden in

- freie Lüftung und
- maschinelle Lüftung.

Bei der freien Lüftung (Abbildung 23) erfolgt der Luftaustausch zwischen Innen- und Außenluft über Öffnungen in Außenwänden oder im Dach. Er geschieht aufgrund der Dichteunterschiede dieser beiden Luftarten und gegebenenfalls vorliegender Druckdifferenzen am Gebäude bei Windanfall. Der Luftaustausch hängt daher im Wesentlichen von den Witterungsverhältnissen ab. Eine kontinuierliche Lüftung über das gesamte Jahr hinweg ist bei der freien Lüftung sehr häufig nicht gewährleistet. Sie ist unter gewissen Umständen einsetzbar, wenn

- hohe Wärmelasten deutliche Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenluft über das ganze Jahr hinweg gewährleisten,
- entstehende Gefahrstoffe weitestgehend über Erfassungseinrichtungen abgeführt werden und somit der Arbeitsbereich nur geringfügig belastet wird,
- die Gefahrstoffemissionen so gering sind, dass ein gesundheitliches Risiko auszuschließen ist,
- kein Luftaustausch mit gefahrstoffbelasteten Nebenräumen erfolgt,
- bauliche Einrichtungen wie Lüftungsgitter, Dachreiter usw. eine ausreichende Wirkung der freien Lüftung gewährleisten.

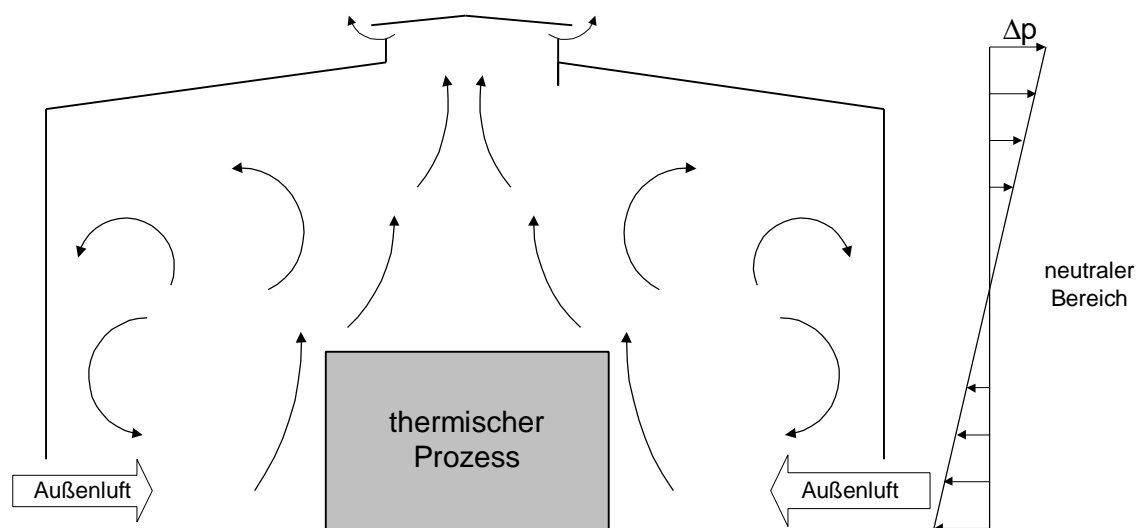


Abbildung 23: Prinzip der freien Lüftung

Es bestehen bei der freien Lüftung die folgenden wesentlichen Nachteile:

- der Außenluftstrom ist nur in gewissen Grenzen kontrollier- und einstellbar,
- Zu- und Abluft können nicht gereinigt (gefiltert) werden,
- die Zuluft kann nicht aufbereitet werden,
- in der Abluft enthaltene Wärme kann nicht zurückgewonnen werden,
- es entstehen unkontrollierbare Luftströmungen im Raum, die ggf. die Wirksamkeit von Erfassungseinrichtungen erheblich stören können,
- nicht erfasste Gefahrstoffe werden unkontrolliert im gesamten Arbeitsraum verteilt,
- unter bestimmten klimatischen Verhältnissen ist sie völlig unwirksam.

Bei der maschinellen Lüftung (Abbildung 24) lässt sich nicht nur ein vorgegebener Luftaustausch einstellen, sondern auch eine auf die räumlichen und produktionstechnischen Belange abgestimmte Luftführung gewährleisten, die das entscheidende Merkmal für die Wirksamkeit einer Raumlüftung ist.

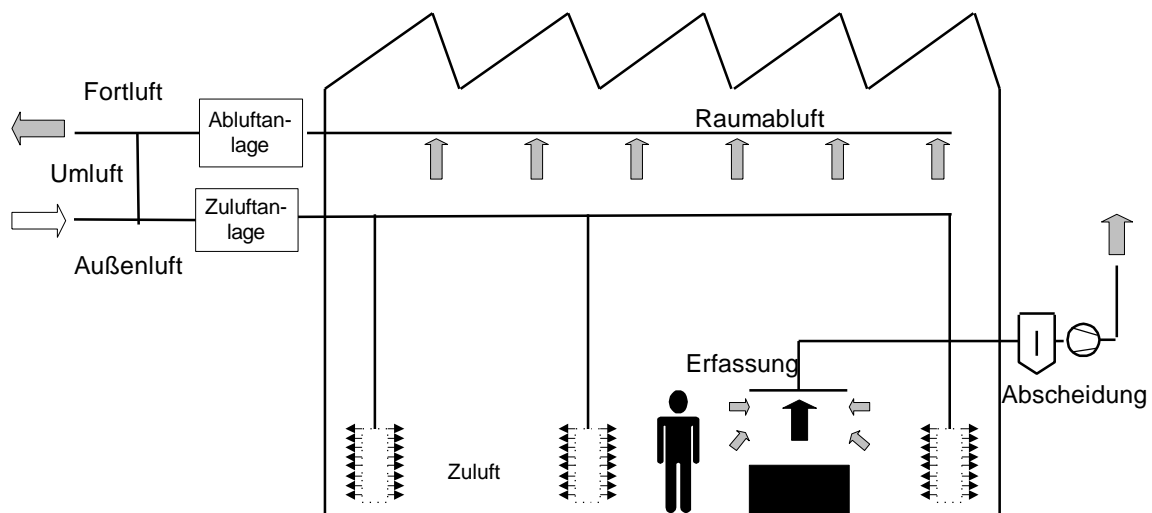


Abbildung 24: Prinzip der maschinellen Lüftung

Werden in Produktionshallen und Werkstätten Maschinen betrieben, deren Oberflächen im Vergleich zur umgebenden Luft eine erhöhte Temperatur aufweisen, führt dies zu aufwärts gerichteten Luftströmungen (Thermikströme, siehe Abbildung 25). Ohne Raumlüftung bildet sich durch die Thermikströme eine Zirkulationsströmung aus, die bewirkt, dass ein großer Teil der aufwärtsströmenden Gefahrstoffe wieder nach unten in den Arbeitsbereich geführt wird. Eine Abführung der Luft im Deckenbereich verhindert in der Regel diese Zirkulationsströmung nicht. Eine ungeeignete Luftführung kann sogar die Rückströmung begünstigen, wenn z.B. die Zuluft von der Decke her in den Raum eingebracht wird (Beispiel: raumerfüllende Mischlüftung, Abbildung 26).

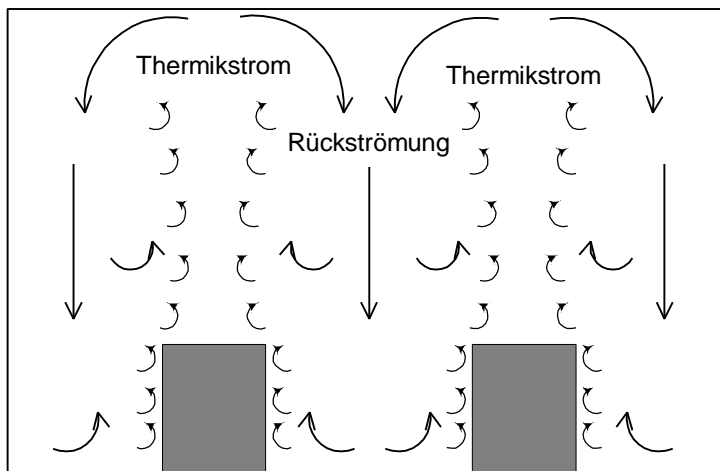


Abbildung 25: Thermikströme oberhalb warmer Oberflächen

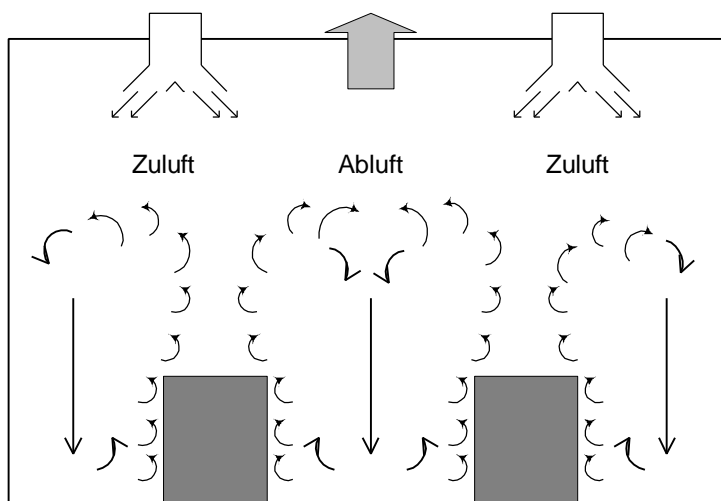


Abbildung 26: Raumerfüllende Mischlüftung

Um Rückströmungen zu vermeiden, muss die im Thermikstrom aufsteigende Luft im bodennahen Bereich ersetzt werden. Diese Art der Luftführung wird im Allgemeinen als Schichtlüftung bezeichnet. Das Kennzeichen dieser Schichtlüftung ist, die Zuluft so zuzuführen, dass die Thermikströmungen ungestört bleiben. Man benötigt hierzu eine

impulsarme Zuluftströmung, die je nach Anordnung der Luftdurchlässe auf verschiedene Weise erreicht werden kann:

- Luftdurchlässe im Boden (Abbildung 27),
- Luftdurchlässe im Arbeitsbereich (Abbildung 28),
- Luftdurchlässe oberhalb des Arbeitsbereiches (Abbildung 29).

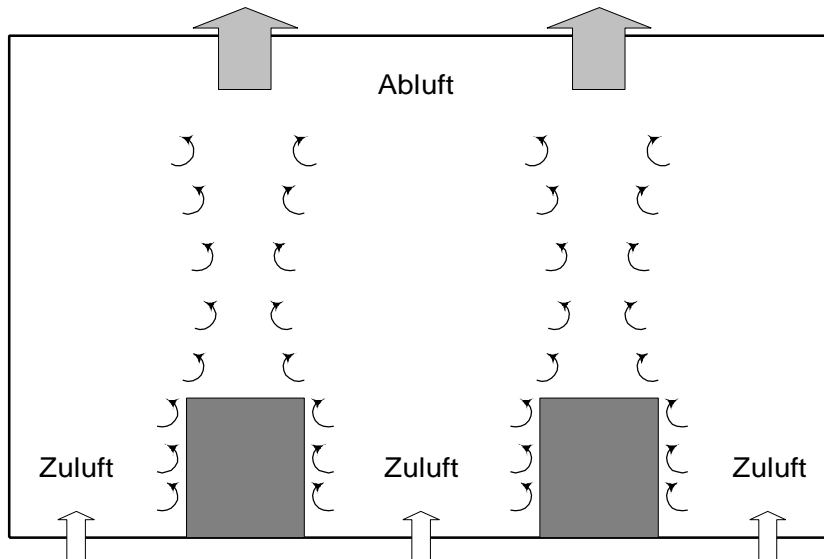


Abbildung 27: Luftdurchlässe im Boden

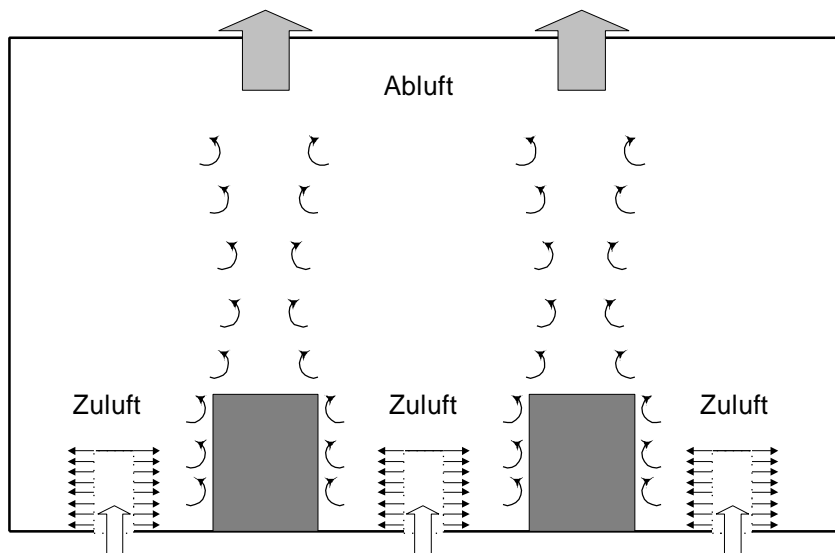


Abbildung 28: Luftdurchlässe im Arbeitsbereich (Quelllüftung)

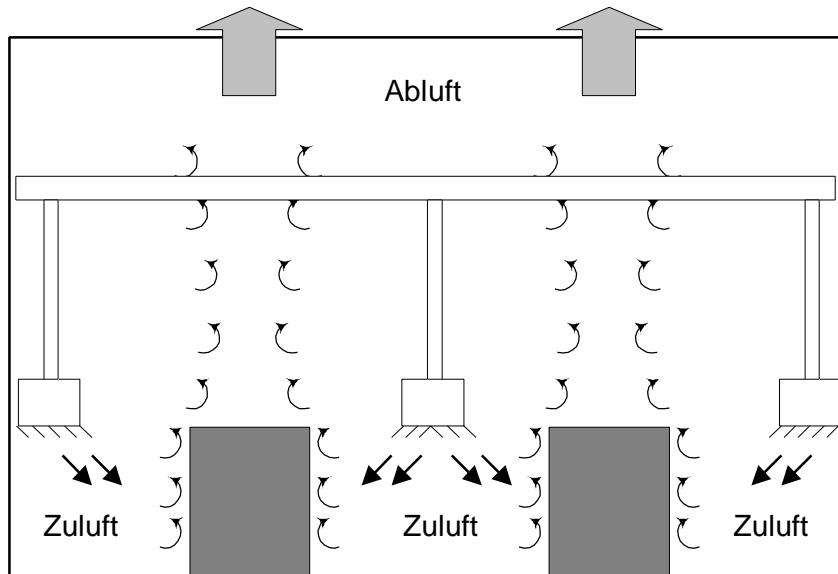


Abbildung 29: Luftdurchlässe oberhalb des Arbeitsbereiches

Die Einbringung der Zuluft vom Boden aus lässt sich in der Regel aus verschiedenen Gründen nicht verwirklichen. Einen idealen Kompromiss stellt die Quelllüftung dar. Bei enger Maschinenbelegung steht oft kein ausreichender Platz für die Aufstellung von Quellluftdurchlässen zur Verfügung. In diesen Fällen kann die Zuluft oberhalb der Beschäftigten eingebracht werden. Hierbei muss allerdings beachtet werden, dass keine Zegerscheinungen auftreten dürfen und durch zu hohe Impulse beim Ausströmen der Zuluft keine Verwirbelungen auftreten, die die Luftführung störend beeinflussen.

In den VDI-Richtlinien 2262 Blatt 3 <sup>[5]</sup> und 3802 <sup>[6]</sup> sind umfassende Hinweise für die Planung und Auslegung von Lüftungsanlagen und Luftführungssystemen enthalten.

#### 9.3.4 Abscheidung, Abscheideverfahren

Für die Abscheidung von Aerosolen aus komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen eignen sich filternde, elektrostatische und nassarbeitende Abscheidesysteme bzw. Kombinationen aus diesen Systemen. Schwerkraftabscheider sind in der Regel nicht geeignet, da sie die meist sehr feinen Aerosole wegen ihrer sehr geringen Trägheit nicht abscheiden können. Sie werden in bestimmten Fällen als Vorabscheider eingesetzt, wobei aber darauf zu achten ist, dass die Fliehkraftwirkung den Dampfanteil nicht erhöht.

Abscheider für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische müssen den jeweiligen Problemstellungen angepasst werden, um sowohl Aerosole als auch Dämpfe abscheiden können. Die erforderliche Abscheideleistung ergibt sich beispielsweise aus folgenden Festlegungen bzw. aus den vorliegenden Verhältnissen:

- Rückführung der gereinigten Luft in den Arbeitsraum oder Abführung an die Außenluft,

- Art der KKG (Öle oder Emulsionen, Zusammensetzungen),
- Betriebsweise (Dauerbetrieb, zeitweiser Betrieb),
- Verhältnis von Dampfanteil zu Aerosolanteil in der Erfassungsluft,
- Einsatz von Einzelabscheidern, Gruppen- oder Zentralanlagen.

Allgemein anwendbare Kriterien für die Auswahl geeigneter Abscheider für komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische lagen bisher nicht vor. Die folgenden Kriterien wurden für Kühlschmierstoffe im Rahmen eines mit den Metall-Berufsgenossenschaften abgestimmten Untersuchungsprojektes erarbeitet und können in gleichem Maße auf komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische angewendet werden.

Als Abscheider stehen derzeit zur Verfügung (siehe auch Tabelle 27 auf Seite 111):

- elektrostatische Abscheider,
- filternde Abscheider,
- Wäscher (nassarbeitende Abscheider),
- Schüttschichtabscheider,
- Massenkraftabscheider (Fliehkraftabscheider) und
- unterschiedliche Kombinationen aus o.g. Abscheidern.

**Tabelle 27: Eignung von Abscheidern für den allgemeinen Anwendungsfall**

Abscheider-System	Abscheidung gegenüber Aerosolen                      Dämpfen		Sicherheit gegenüber Brand und Explosionen	erreichbare Abscheidegrade
elektrostatische Abscheider	bis auf wassergemischte KKG relativ gut <sup>1)</sup>	keine Wirksamkeit	keine	bei geringer Rohgasbelastung und gegenüber Aerosolen hoch
filternde Abscheider	sehr gut	geringe Wirksamkeit <sup>2)</sup>	keine	auch bei hoher Rohgasbelastung und auch gegenüber Tröpfchen hoch
Wäscher	gut bis sehr gut <sup>3)</sup>	je nach Ausführung unterschiedlich	sehr gut	mittel bis hoch
Schüttschichtabscheider	gut	je nach Ausführung und Schüttschichtmaterial unterschiedlich	keine	unterschiedlich
Massenkraft-Abscheider	beschränkt nur auf Tröpfchen, gegenüber Aerosolen sehr schlecht	keine Wirksamkeit	keine	im Allgemeinen sehr niedrig

<sup>1)</sup> bei wassergemischten KKG entstehen Kriechströme und dadurch Spannungsüberschläge, durch die die Abscheidewirkung verschlechtert wird

<sup>2)</sup> je nach eingesetztem Filtermedium kann innerhalb der abgeschiedenen Kühlschmierstoffe ein gewisser Anteil an Dämpfen abgeschieden werden

<sup>3)</sup> je nach der Konstruktionsart des Abscheiders, meist mit steigenden Betriebskosten

Dämpfe lassen sich mit den Abscheidern nicht oder nur unzureichend abscheiden. Adsorbierende Medien, wie z.B. Aktivkohle sind zwar geeignet, Dämpfe recht gut abzuscheiden, jedoch ist der technische und finanzielle Aufwand u.U. erheblich. Der Einsatz absorbierender Medien beschränkt sich daher auf wenige Anwendungsbereiche, z.B. bei geringen Luftströmen und hohen Auflagen an die Reinfluft. Die gesicherte und kostengünstige Entsorgung der Aktivkohle muss gewährleistet sein.

### 9.3.5 Wärmerückgewinnung, Reinlufrückführung

Die aus dem Arbeitsraum abgesaugte und gereinigte Fortluft muss durch Außenluft ersetzt werden. Die nachgeführte Luft muss dabei ggf. aufgeheizt werden.

Um den entstehenden Heizenergieaufwand gering zu halten, versucht man, einen möglichst hohen Anteil der in der Abluft enthaltenen Wärme zu nutzen. Folgende Möglichkeiten stehen zur Verfügung:

- Wiedernutzung der Wärme durch Reinlufrückführung (z.B. Rückführung gereinigter Erfassungsluft),
- Wärmerückgewinnung durch Einsatz spezieller Systeme (Wärmerückgewinner [7]),
- Wärmenutzung durch Wärmepumpen (bei industrieller Lüftung selten eingesetzt).

### 9.3.6 Begleitmaßnahmen

Anlagen und ihre Komponenten unterliegen einem ständigen Verschleiß. Um Störungen und damit verbundene Ausfallzeiten, in denen ein ausreichender Schutz nicht mehr gewährleistet ist, zu vermeiden ist es erforderlich, dass Anlagen und Einrichtungen gewartet und instand gehalten werden müssen [8]. Unter Instandhaltung wird die Gesamtheit der Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des IST-Zustandes sowie zur Wiederherstellung und zur Bewahrung des SOLL-Zustandes einer Anlage verstanden. Die Anlagenhersteller haben die Instandhaltung in ihrem Anlagenkonzept zu berücksichtigen. Die Anlagen müssen instandhaltungsfreundlich ausgeführt sein. Hierdurch wird einerseits die Instandhaltung vereinfacht, andererseits werden hohe Kosten vermieden. Hohe Folgekosten führen häufig dazu, dass eine für die Funktionstüchtigkeit der Anlagen wichtige Instandhaltung nicht regelmäßig oder überhaupt nicht durchgeführt wird.

Die Inspektion als Bestandteil der Instandhaltung erfordert bei den heutigen leistungsfähigen und teilweise auch sehr komplizierten Anlagen große Sachkenntnisse und ständig geschultes Personal. Insbesondere kleine und mittlere Betriebe sind oft nicht in der Lage, dieses Personal und die Sachkenntnisse bereitzuhalten. Die Anlagenhersteller sollten daher hierfür ihre Dienste anbieten. Zum erforderlichen Dienstleistungsangebot zählt in der Regel:

- Inspektion zur Feststellung und Beurteilung des IST-Zustandes,
- Bewahrung des SOLL-Zustandes durch den rechtzeitigen Austausch von Verschleißteilen (vorbeugende Instandhaltung),
- Reparatur und Wartung zur Erreichung bzw. zur Wiederherstellung des SOLL-Zustandes.



## 9.4 Maßnahmen zum Schutz der Haut beim Umgang mit KKG

### 9.4.1 Schutzfunktionen der Haut

Die Haut hat als äußere Schicht des Körpers vielfältige Schutzfunktionen zu erfüllen (Abbildung 30). Durch den Säureschutzmantel sowie ihren Fett-/Wassergehalt schützt sie vor schädigenden chemischen und mikrobiologischen Einwirkungen. Ferner schützt sie gegen mechanische und thermische Einwirkungen.

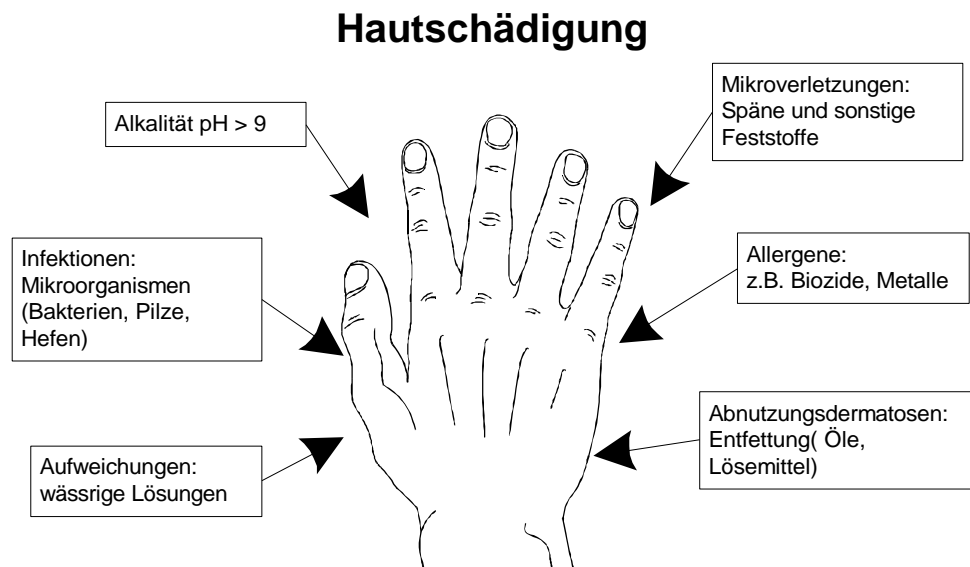


Abbildung 30: Einwirkungen auf die Haut

Eine geschädigte Haut kann diese Schutzfunktionen nicht mehr voll ausüben. Mögliche Folgen sind Hauterkrankungen wie toxische, toxisch-degenerative, allergische und mikrobiell ausgelöste Kontaktekzeme [9, 10, 11]. Zur Vermeidung derartiger Hautschädigungen sind die Beschäftigten über die möglichen Gesundheitsgefahren zu informieren und zu einem sachgerechten Umgang mit KKG anzuhalten. Da jedoch ein Kontakt zwischen Haut und KKG nicht immer vermieden werden kann, sind darüber hinaus Maßnahmen zum Hautschutz notwendig.

### 9.4.2 Hautschädigungen

Hauterkrankungen gehören zu den häufigsten Berufskrankheiten (BK-Nr. 5101). Die BK-Verdachtsanzeigen für dieses Krankheitsbild nehmen immer mehr zu. Hauterkrankungen liegen nach der Zahl der Meldungen gegenwärtig an zweiter Stelle der Berufserkrankungs-Statistik. Daher ist es von besonderer Bedeutung, sich dem Thema Vermeidung von Hauterkrankungen zu widmen.

Wichtige Einwirkungen, die zu Hautschädigungen oder Hauterkrankungen durch die komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische führen können, sind in Abbildung 30 dargestellt.

- Öle entfetten die Haut. Dieser Effekt wird durch Additive wie Emulgatoren und Tenside noch verstärkt.
- Wasser in Emulsionen führt zur Quellung der Haut (Mazeration).
- Der z.B. zum Korrosionsschutz alkalisch eingestellte pH-Wert der Emulsionen zerstört den Säureschutzmantel der Haut.
- Hautreizende und allergisierende Additive sowie Mikroorganismen führen zu Hautschädigungen.
- Der Metallabrieb der bearbeiteten Werkstücke und der Schleifwerkzeuge führt zu Mikroverletzungen der Haut. Diese Kleinstverletzungen stellen oftmals die Voraussetzung für die schädigenden Wirkungen anderer Faktoren dar. Die für den Spülvorgang notwendige Herabsetzung der Oberflächenspannung der Emulsionen durch waschaktive Additive verstärkt diesen Effekt, da die Metallspäne in der Flüssigkeit gehalten werden.

Hauterkrankungen entstehen nicht von einem Tag auf den anderen, sondern stellen das Ergebnis langfristig einwirkender Einflüsse dar [12]. Während der Gefährdung der Atemwege durch geeignete Maßnahmen zur Erfassung und Abscheidung von Dämpfen und Aerosolen in der Regel ausreichend entgegengewirkt werden kann, ist der Gefährdung der Haut schwieriger zu begegnen.

#### 9.4.3 Hautschutzmaßnahmen und Hautschutzplan

Das oberste Gebot zum Schutz der Haut beim Umgang mit KKG ist, ständigen direkten Hautkontakt unbedingt zu vermeiden. Dies ist z.B. durch entsprechende automatisierte Anlagen, geschlossene Maschinensysteme und Spritzschutz wie Handschuhe und Schürzen [13] zu erreichen.

Für Arbeitnehmer an Arbeitsplätzen, an denen der Hautkontakt mit KKG nicht vermieden werden kann, muss die Benutzung von Hautschutzpräparaten vorgeschrieben werden. Der Einsatz der Hautschutzmittel ist in sog. **Hautschutzplänen** vom Unternehmer in Zusammenarbeit mit dem Betriebsarzt und den Sicherheitsfachkräften festzulegen.

Es empfiehlt sich, einen nach Hautgefährdungen (Betriebsbereich, Arbeitsverfahren, Stoffe) gegliederten Hautschutzplan zu erstellen. Festgelegt wird, welches Präparat zu welchem Zeitpunkt für welche Tätigkeit angewendet werden muss. Die richtige Anwendung des Hautschutzes muss den Mitarbeitern vermittelt werden. Gegebenenfalls kann auf die Verwendung von Schutzhandschuhen hingewiesen werden.

Je klarer gegliedert und je leichter verständlich ein Hautschutzplan gestaltet wird, desto größer wird die Akzeptanz bei den Mitarbeitern sein. Der Plan sollte an geeigneter Stelle im Betrieb ausgehängt werden. Bei der Erstellung des betriebsspezifischen Hautschutzplanes kann auf die fachliche Unterstützung der zahlreichen Herstellerfirmen von komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen und

Hautschutzpräparaten sowie der Berufsgenossenschaften zurückgegriffen werden [9, 11, 13].

Beim Einsatz von Schutzhandschuhen ist zu beachten, dass diese nicht bei Arbeiten an Maschinen mit rotierenden Werkstücken oder Werkzeugen getragen werden dürfen, wenn die Gefahr besteht, dass der Handschuh vom rotierenden Werkstück oder Werkzeug erfasst werden kann.

Die Handschuhe müssen hinsichtlich Dichtigkeit, Festigkeit und Tragekomfort bestimmten Anforderungen genügen [13].

Bei der Auswahl von geeigneten Hautschutzmitteln ist zu beachten, dass es kein Allroundmittel gibt, das für alle Probleme die beste Lösung darstellt. Die Auswahl muss gemäß der spezifischen Hautgefährdung erfolgen. Je nach Art des KKG muss das richtige Hautschutzpräparat ausgewählt werden.

- Hautschutzmittel sind vor Beginn des Umgangs mit KKG aufzutragen (vor Schichtbeginn und vor Arbeitsaufnahme nach Pausen).
- Beim Umgang mit nicht wassermischbaren KKG müssen wasserlösliche Hautschutzmittel verwendet werden.
- Beim Umgang mit wassermischbaren KKG müssen wasserunlösliche Hautschutzmittel (Fettsalben) verwendet werden.
- Bei wechselndem Umgang muss ein Kombinationspräparat verwendet werden. Die Schutzwirkung ist allerdings eingeschränkt.

Die Hautreinigung soll stets gründlich, aber gleichzeitig hautschonend erfolgen; sie muss also gezielt auf Art und Ausmaß der Verunreinigung abgestimmt sein. Es sollte stets das mildeste Reinigungsmittel zum Einsatz kommen, mit dem der gewünschte Reinigungseffekt noch ermöglicht wird.

- Der Säureschutzmantel der Haut muss bei der Hautreinigung erhalten bleiben bzw. erneuert werden.
- Hautreinigungsmittel sind auf die Hautschutzmittel abzustimmen.

Reinigungsmittel mit zugesetzten Reibemitteln sollten nur verwendet werden, wenn dies unbedingt erforderlich ist. Die Reibemittel, u. a. Sand oder Holzmehl, reiben naturgemäß auch die Hornschicht der Haut ab, die sich ggf. nicht schnell genug regenerieren kann.

Lösemittelhaltige Hautreinigungsmittel sollten zur Reinigung gar nicht verwendet werden. Ebenso ist eine Handwäsche in KKG zu unterlassen.

Eine regelmäßige Pflege der Haut nach Arbeitsende fördert die Regeneration und Widerstandsfähigkeit der Haut und trägt so wirksam zu ihrem Schutz bei. Das Pflegepräparat soll der Haut ausreichend Fett und Feuchtigkeit zurückgeben.

Durch geeignete persönliche Hygienemaßnahmen lässt sich das Risiko von Hautschädigungen und anderen gesundheitlich nachteiligen Folgen weiter reduzieren. Das Personal ist dementsprechend zu schulen.

**Zur persönlichen Hygiene gehören in erster Linie:**

- gründliche Hautreinigung und Hautpflege nach Arbeitsende sowie vor Arbeitspausen,
- Tragen geeigneter Arbeitskleidung (keine Straßenkleidung),
- sofortiges Wechseln benetzter Arbeitskleidung,
- rechtzeitiges Wechseln der täglichen Arbeitskleidung.

Die wichtigsten Regeln für die Schulung der Mitarbeiter über den hautschonenden Umgang mit komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen sind nachfolgend zusammengestellt.

**Regeln für den Hautschutz beim Umgang mit komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen:**

- Vermeiden von Dauerkontakt mit KKG
- Verwenden der persönlichen Hautschutzausrüstung (Schutzhandschuhe, -brille) wenn vorgeschrieben, insbesondere beim Hantieren mit KKG
- Einhalten des Hautschutzplanes
- Abtrocknen der Hände nach der Reinigung gemäß Hautschutzplan nur mit sauberen und saugfähigen Papier- oder Stoffhandtüchern
- Hände nie mit Maschinenputzlappen reinigen (Gefahr von Mikroverletzungen durch Metallspäne)
- Handschuh-Innenflächen nicht mit dem KKG in Berührung bringen
- Arbeitskleidung und Straßenkleidung getrennt aufbewahren
- mit KKG durchtränkte Kleidung und Putzlappen rasch wechseln
- keine KKG-haltigen Maschinenputzlappen in die Taschen stecken
- nicht mit KKG-benetzten Händen über das Gesicht oder andere Hautpartien fahren
- Gehörstöpsel nur mit sauberen Händen anfassen
- Behandeln auch kleinster Hautverletzungen an der Hand
- regelmäßige Selbstkontrolle und ärztliche Begutachtung der Haut bei häufigem KKG-Kontakt

**9.4.4 Arbeitsmedizinische Vorsorge**

Der Unternehmer hat den Arbeitsmediziner (Betriebsarzt) zu beauftragen, im Besonderen die Personen, die Kontakt mit KKG haben, hinsichtlich möglicher Hauterkrankungen entsprechend §3 ASiG zu betreuen und zu beraten. Im Rahmen dieser Betreuung können auch arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen nach Grundsatz G 24 „Hauterkrankungen“ angezeigt sein. Personen, die bei

Selbstbeobachtung Hautveränderungen feststellen, haben sich entsprechend den Anweisungen in der Betriebsanweisung zu verhalten [<sup>10</sup>, <sup>14</sup>, <sup>15</sup>].

Personen mit empfindlicher oder bereits vorgeschädigter Haut haben ein erhöhtes Risiko, eine Hauterkrankung zu entwickeln. Jugendliche, aber auch alle anderen Personen, sollten vor Aufnahme ihrer Tätigkeit mit KKG-Kontakt dem zuständigen Betriebsarzt vorgestellt werden, der eine gezielte Hautberatung durchführt.

Die Anwendung der Hautschutzmittel sollte mit den Schutzmittelherstellern abgestimmt sein.

#### **9.4.5 Betriebliche Umsetzung**

Entscheidend für die Wirksamkeit ist die tatsächliche Umsetzung von Hautschutzplänen und -maßnahmen im Praxisalltag. Nur allzu gerne wird aus Bequemlichkeit oder aber aus Ablehnung einer vermeintlich unnötigen kosmetischen Maßnahme auf die konsequente Einhaltung der Schutzmaßnahmen verzichtet. Hinzu kommt die zeitliche Verzögerung, mit der etwaige Schädigungen der Haut zu Tage treten und so ein falsches Gefühl der Sicherheit vermittelt wird.

Es ist also erforderlich, regelmäßig innerbetriebliche Hautschutz- Informationsveranstaltungen durchzuführen, um alle Beschäftigten von der Notwendigkeit des Hautschutzes zu überzeugen. Dies betrifft insbesondere die Meister, Vorarbeiter und Sicherheitsfachkräfte, die Informationen weitergeben sollen. Der Aufklärung neuer Mitarbeiter, einschließlich der Auszubildenden, muss eine hohe Priorität eingeräumt werden. Alle Maßnahmen sind in einer Betriebsanweisung [<sup>16</sup>, <sup>17</sup>, <sup>18</sup>] zusammenzufassen. Der Unternehmer hat die Mitarbeiter anhand der Betriebsanweisung regelmäßig, mindestens einmal jährlich, arbeitsplatzbezogen zu unterweisen.

Letztlich bleibt es trotz aller Überzeugungsarbeit der Eigenverantwortung jedes einzelnen Arbeitnehmers überlassen, seine Haut durch Befolgung der Hautschutzpläne ausreichend vor schädigenden Einflüssen zu bewahren.

#### **9.5 Maßnahmen zum Schutz vor Verpuffungen und Bränden**

Innerhalb von geschlossenen Maschinen oder Anlagen kann es unter gewissen Bedingungen zu Bränden und Explosionen kommen, wenn gleichzeitig ein brennbarer Stoff, Sauerstoff (Luft) und eine Zündquelle mit ausreichender Zündenergie vorhanden sind. Für das Zustandekommen einer Explosion muss darüber hinaus

- der Brennstoff in feinverteilter Form, d. h. als Dampf oder Aerosol (Nebel),
- im Gemisch mit Luft und
- in explosionsfähiger Konzentration

vorliegen.

Die zu treffenden Maßnahmen gegen das Auftreten von Bränden und Explosionen müssen zunächst darauf ausgerichtet sein, dass mindestens eine der genannten

Bedingungen nicht auftreten kann oder nicht alle Bedingungen gleichzeitig (zur selben Zeit, am selben Ort) auftreten können. Anderenfalls sind Maßnahmen zu treffen, die die Auswirkungen eines Brandes oder einer Explosion auf ein Mindestmaß begrenzen.

Die Voraussetzungen hierzu sind von den Herstellern von Werkzeugmaschinen und Anlagen zu schaffen. Den Betreibern solcher Anlagen ist anzuraten, nur solche Maschinen oder Anlagen zu beschaffen, die die Anforderungen der Maschinenrichtlinie erfüllen und das CE-Zeichen tragen. In diesen Fällen kann der Betreiber davon ausgehen, dass die Gefahr der Entstehung von Explosionen oder Bränden begrenzt bleibt oder Brand- und Explosionsereignisse ohne größere Schäden verlaufen, wenn er die Maschinen oder Anlagen bestimmungsgemäß betreibt.

- 
- [1] Verordnung über gefährliche Stoffe, Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 26. August 1986 BGBl. I, S. 1470, in der Fassung vom 23. August 1990. BGBl. I, S. 790
  - [2] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Sicherheitsdatenblatt für gefährliche Stoffe und Zubereitungen (TRGS 220). BArbBl. (1993) Nr. 9, S. 36-45
  - [3] Richtlinie 91/155/EWG der Kommission zur Festlegung der Einzelheiten eines besonderen Informationssystems für gefährliche Zubereitungen gemäß Artikel 10 der Richtlinie 88/379/EWG des Rates in der Fassung der Änderungsrichtlinie vom 10. Dez. 1993. ABl. EG, Nr. L76 vom 22. März 1991, S. 35 und ABl. EG 314 vom 16. Dezember 1993, S. 38 (93/112/EG)
  - [4] Kühlschmierstoffe. BIA-Report 7/96. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1996
  - [5] VDI 2262: Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz - Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe, Allgemeine Anforderungen, Blatt 3: Lufttechnische Maßnahmen. Beuth, Berlin 1994
  - [6] VDI 3802: Raumluftechnische Anlagen für Fertigungsstätten. Beuth, Berlin 1997
  - [7] VDI 2071: Wärmerückgewinnung in raumluftechnischen Anlagen; Blatt 1: Begriffe und technische Beschreibung, Blatt 2: Wirtschaftlichkeitsberechnung. Beuth, Berlin 1997
  - [8] DIN 31051: Instandhaltung; Begriffe und Maßnahmen. Beuth, Berlin 1992
  - [9] Merkblatt: Hautschutz M 042 (ZH 1/132). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG). Carl Heymanns, Köln 1989
  - [10] Hautschutz in Metallbetrieben (BGI 658, bisher ZH 1/467). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG). Carl Heymanns, Köln 1999
  - [11] Regeln für den Einsatz von Hautschutz (BGR 197, bisher ZH 1/708). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG). Carl Heymanns, Köln 1994
  - [12] Hautschutz und Hautpflege. In: BVH Info-Reihe 9. Hrsg.: Bundesverband Hautschutz e.V., Elsdorf
  - [13] Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen (BGR 195, bisher ZH 1/706). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG). Carl Heymanns, Köln 1994, aktualisierende Fassung 1995
  - [14] Berufsbedingte Hauterkrankungen (ZH 1/633). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG). Carl Heymanns, Köln 1987
  - [15] Merkblatt für Betriebsärzte über den Verfahrensablauf beim Auftreten von Hauterkrankungen (BGI 687, bisher ZH1/568). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG). Carl Heymanns, Köln 1994

- 
- [16] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV (TRGS 555). Carl Heymanns, Köln
- [17] Broschüre: Sicherheit durch Betriebsanweisungen (BGI 578, bisher ZH1/172) Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG). Carl Heymanns, Köln 1997
- [18] Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen, Merkblatt A 010 (BGI 566, bisher ZH 1/124). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG). Carl Heymanns, Köln 1995

## 10 Glossar

Glossar	
Additionsreaktion (Addition)	<p>Reaktionstyp in der organischen Chemie. Die Addition erfolgt immer an der Mehrfachbindung und ist ein wichtiger Reaktionstyp von Alkenen und Alkinen.</p> <p>Beispiel: Addition von Brom an Alkene  <math display="block">\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{BrH}_2\text{C}-\text{CH}_2\text{Br}</math></p>
Additiv (Zusatz)	<p>Bezeichnung für alle Stoffe, die anderen Stoffen in kleinen Mengen zugesetzt werden, um deren Eigenschaften in gewünschter Richtung zu verändern.</p> <p>Beispiele: Korrosionsschutzmittel, Biozide, Antioxidantien, Antischaummittel, Alterungsschutzmittel</p>
aliphatische Kohlenwasserstoffe	<p>Sammelbezeichnung für Kohlenwasserstoffe, deren C-Atome in geraden oder verzweigten Ketten angeordnet sind. Zu den aliphatischen Kohlenwasserstoffen zählen die Alkane, Alkene, Alkine, Cycloalkane und Cycloalkene.</p>
aromatische Kohlenwasserstoffe	<p>Sammelbezeichnung für alle ungesättigten alicyclischen Kohlenwasserstoffe mit der besonders stabilen symmetrischen Elektronenanordnung des Benzols.</p>
Bestimmungsgrenze	<p>Kleinste Konzentration eines Analyten, die mit einer individuellen analytischen Methode als exakter Wert bestimmt werden kann.</p>
BGMG	<p>Berufsgenossenschaftliches Messsystem Gefahrstoffe</p>
Blindwert	<p>Masse eines Analyten, die bestimmt wird, wenn sämtliche Schritte eines Analysenverfahrens ohne Probensubstanz durchgeführt werden.</p>
cycloaliphatische Kohlenwasserstoffe	<p>Sammelbezeichnung für ringförmige aliphatische Kohlenwasserstoffe.</p>
Dampfdruck	<p>Druck, den ein mit seinem Bodenkörper (flüssige oder feste Phase) im Gleichgewicht befindlicher Dampf ausübt. Er ist nur von der Temperatur abhängig und steigt mit dieser an.</p>



<b>Glossar</b>	
Explosionsgrenze (auch Zündgrenze)	Untere und obere Grenzkonzentration eines brennbaren Gases oder Dampfes in Mischung mit Luft, zwischen denen das Gas(Dampf)-Luftgemisch durch Erhitzen oder durch Funken zur Explosion gebracht werden kann.
Flammpunkt	(vgl. DIN 51376) Niedrigste Temperatur, bei einem Luftdruck von 1013 hPa, bei der sich aus einer Flüssigkeit Dämpfe in solchen Mengen entwickeln, dass diese mit der über dem Flüssigkeitsspiegel stehenden Luft ein durch Fremdzündung entflammbares Gemisch ergeben.
Infrarotspektroskopie (IR-Spektroskopie)	Optisches Spektroskopieverfahren, bei dem Absorptionsspektren im Bereich der Infrarotstrahlung aufgenommen werden. Es werden Schwingungen innerhalb der Moleküle detektiert. Bei der infrarotspektroskopischen Bestimmung der komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemische wird die sogenannte CH-Valenzschwingung, d.h. die Schwingung in Richtung der CH-Bindungsachse, als charakteristische Schwingung genutzt.
Isomerie	Bezeichnung für die Erscheinung, dass die Moleküle von Verbindungen aus der gleichen Anzahl von Atomen bestehen, sich jedoch hinsichtlich der Anordnung unterscheiden können. Es gibt verschiedene Arten von Isomerie; z.B. Konstitutionsisomerie, bei der die Moleküle sich hinsichtlich der Verknüpfung unterscheiden.
Kohlenwasserstoffe	Organische Verbindungen, die nur aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen.
Messbereich	Der Bereich von Konzentrationswerten, in dem die Messunsicherheit eines Messverfahrens innerhalb vorgegebener Grenzen liegen soll (EN 482).
PAK (polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff)	Aromatische Verbindungen mit kondensierten Ringsystemen, z.B. Naphthalin, Fluoren, Benzo[a]pyren u.v.m.
poly- $\alpha$ -Olefin	Polymere der allgemeinen Struktur $\{-\text{CH}_2\text{-CHR-}\}_n$ . Besonders poly- $\alpha$ -Olefine mit niedrigen Molmassen (ca. 3000-20000 g/mol) eignen sich wegen ihrer guten Emulgierbarkeit für den Einsatz in komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen.

<b>Glossar</b>	
Präzision	Aussage über das Ausmaß der Übereinstimmung zwischen gegenseitig unabhängigen Prüfergebnissen, wird üblicherweise als Standardabweichung angegeben.
Sättigungskonzentration	Masse einer Substanz in Gramm, die bei einer bestimmten Temperatur in 1 m <sup>3</sup> Luft bis zur Sättigung verdampfen kann.
Schmelzpunkt	Temperatur, bei der flüssige und die feste Phase eines Stoffes bei 1013 hPa Druck im thermodynamischen Gleichgewicht stehen. In der Praxis verwendet man die Bezeichnung Schmelzpunkt meist nur für den Übergangspunkt vom festen in den flüssigen Zustand. In Gleichgewichtssystemen ist der Schmelzpunkt identisch mit dem Gefrierpunkt.
Siedepunkt	Temperatur, bei der flüssige und gasförmige Phase eines Stoffes im thermodynamischen Gleichgewicht stehen. In der Praxis verwendet man die Bezeichnung Siedepunkt für den Übergangspunkt vom flüssigen in den gasförmigen Zustand unter gegebenem Druck.
Spezifität, Selektivität	Grad der Unabhängigkeit eines Verfahrens vom Einfluss von Störkomponenten. Die Selektivität einer Methode beschreibt das Ausmaß der Bestimmbarkeit eines bestimmten Analyten ohne Beeinflussung durch andere Komponenten. Eine Methode gilt als spezifisch, wenn sie für einen Analyten vollständig selektiv ist.
Substitutionsreaktion	Reaktionstyp in der organischen Chemie, bei dem ein Atom oder eine Atomgruppe im Molekül durch andere Atome oder Atomgruppen ausgetauscht werden. Substitutionsreaktionen können an gesättigten und ungesättigten Verbindungen durchgeführt werden.
Wiederfindung	Die Wiederfindung gibt an, welcher Prozentsatz der in einer Probe enthaltenen Masse eines Analyten bei der analytischen Bestimmung wiedergefunden wird.
Zündtemperatur	Temperatur, bei der Stoffe an heißen Körpern Selbstentzündung zeigen.