

Problematik der Kühlschmierstoff-Messung

Anlässlich von Österreichs EU-Beitritt 1995 wurde die staatliche Autorisierung der Sicherheitstechnischen Prüfstelle der AUVA durch die Akkreditierung nach ÖNORM EN 45001:1990¹ abgelöst. Viele Messmethoden für Arbeitsplätze wurden damals erstmals von der österreichischen Akkreditierungsstelle im Wirtschaftsministerium akkreditiert, darunter auch die Bestimmung von Kühlschmierstoffnebeln und des Kühlschmierstoff-Summenwertes in der Luft an Arbeitsplätzen (AUVA SOP CHE 006²). Die AUVA-Kühlschmierstoff-Messmethode feiert damit heuer ihr 25-Jahr-Jubiläum.

ROBERT PIRINGER, PARISA ANSARI, ERWIN RENNER

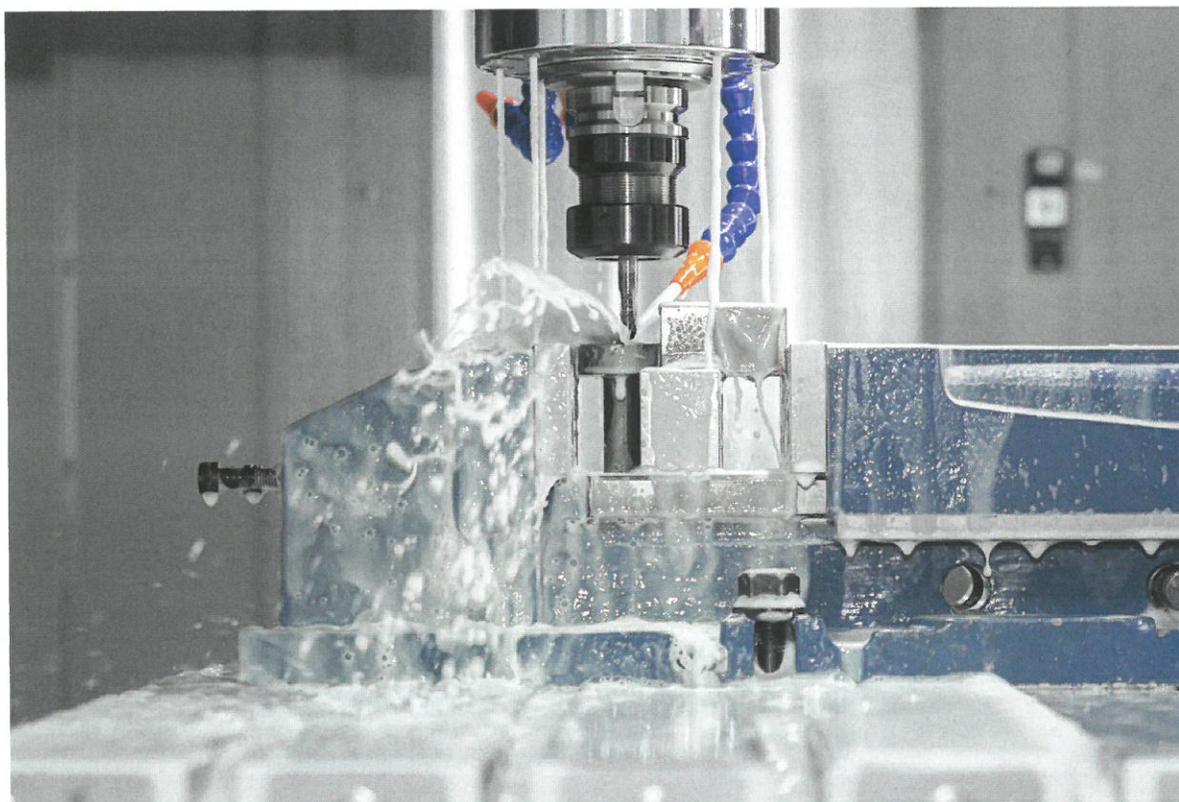


Bild: Adobe Stock

In metallbearbeitenden Betrieben werden wassermischbare und nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe eingesetzt. Mit der AUVA-Kühlschmierstoff-Messmethode können nur Kühlschmierstoffe in der Luft bestimmt werden, die in Perchlorethylen löslich sind. Alle nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffe (Öle) und nahezu alle mineralöl- oder esteröhlhaltigen

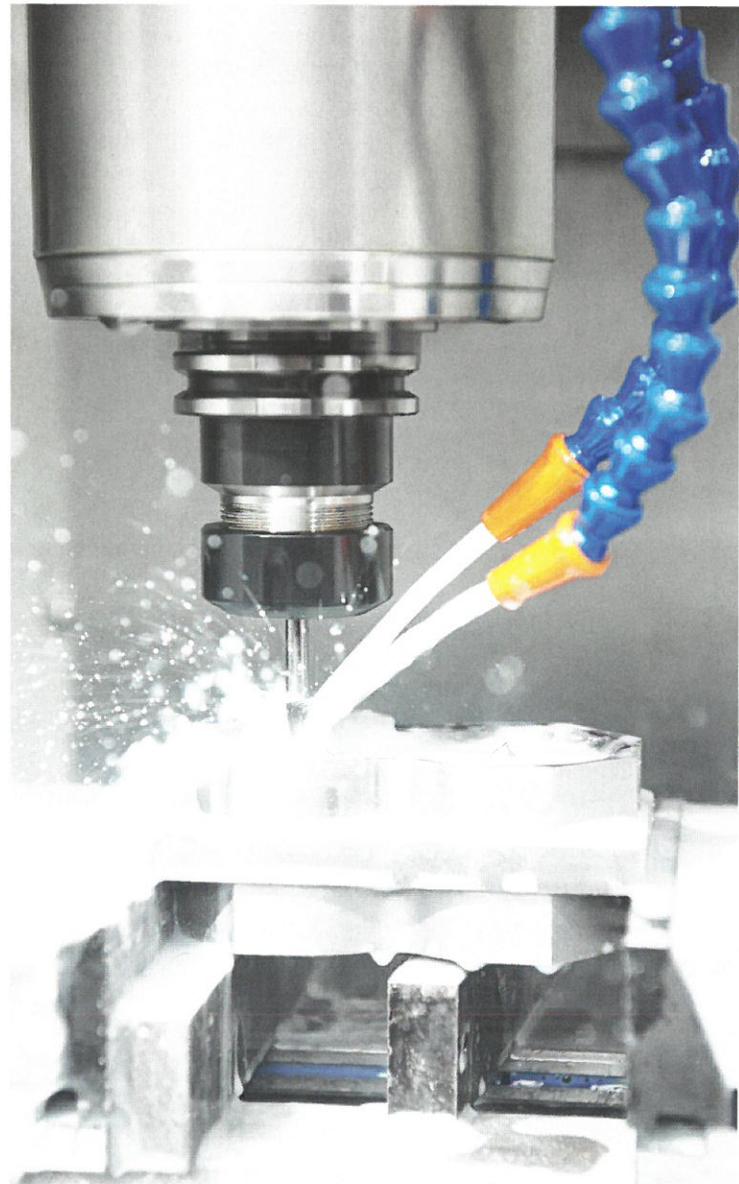
wassermischbaren Kühlschmierstoffe (KSS-Emulsionen) sind in Perchlorethylen löslich. Luftbelastungen mit Kühlschmierstoffen, die nicht in Perchlorethylen löslich sind, wie synthetische Kühlschmierstoffe (KSS-Lösungen), werden von der AUVA mit anderen analytischen Nachweisverfahren gemessen, z. B. mit direktanzeigenden Partikelmessgeräten.

Die AUVA-Kühlschmierstoff-Messmethode wird unter anderem an Arbeitsplätzen der Metallindustrie angewendet, um die Einhaltung der MAK-Werte für Kühlschmierstoffnebel bzw. für den Kühlschmierstoff-Summenwert (Nebel und Dämpfe) zu überprüfen. Die Messwerte der letzten Jahre wurden in der Ausgabe 2/2020 dieses Magazins³ veröffentlicht; die MAK-Werte sind in der GKV 2020⁴ festgelegt (Tabelle 1). Für die Bestimmung der Kühlschmierstoffbelastung ist eine Messmethode anzuwenden, die die einatembaren Anteile des Kühlschmierstoffes erfassen kann. Die Messvorrichtungen für die Erfassung einatembarer Kühlschmierstoffnebel, die von der AUVA und vom IFA (Institut für Arbeitsschutz in Deutschland) sowie von der SUVA (Schweizer Unfallversicherungsanstalt) eingesetzt werden, sind in Abbildung 1 wiedergegeben.

Grundzüge der AUVA-Kühlschmierstoff-Messmethode SOP CHE 006²

Wassermischbare Kühlschmierstoffe sind komplexe Stoffgemische. Ölhaltige wassermischbare Kühlschmierstoffe enthalten Emulgatoren, Korrosionsschutzmittel, Hochdruckzusätze, pH-Stabilisatoren und oft Biozide. Die meisten dieser Inhaltsstoffe sind nur sehr schwer flüchtig. In der Praxis bedeutet das, dass diese Inhaltsstoffe kaum bis gar nicht verdampfen können. Bei der Metallbearbeitung werden die Kühlschmierstoffemulsionen auf schnell rotierende Werkzeuge wie Bohrer, Fräser oder Schleifscheiben aufgebracht, entweder als Strahl (herkömmliche Verfahren) oder als feiner Nebel (Minimalmengenschmierung). Dabei trifft der Strahl bzw. der Nebel auf eine mehrere hundert Grad heiße Bearbeitungsstelle am Werkstück. Durch die Drehung wird der Kühlschmierstoff in feine Tröpfchen zerrissen bzw. verdampft an der sehr heißen Oberfläche. Durch die Hitze steigen die verdampften Anteile auf und gelangen in kühlere Luftschichten, wo sie zu feinsten Tröpfchen – dem Kühlschmierstoffnebel – kondensieren. Bei dieser Kondensation entstehen nahezu wasserfreie Tröpfchen. Nur mechanisch zerrissene Tropfen enthalten Wasser in nennenswerten Mengen, und zwar umso mehr, je größer diese Tropfen sind. Diese großen Tropfen haben eine sehr hohe Sinkgeschwindigkeit in der Luft, sodass sie nicht mehr eingeatmet werden können, während die feinen Kondensationströpfchen als Nebel längere Zeit in der Atemluft verweilen und damit einatembar sind.

Die Messmethode der AUVA geht davon aus, dass die schwerflüchtigen, kondensierten Kühlschmierstoffanteile – also das Öl, die Emulgatoren, die Hochdruckzusätze – als Nebel vollständig am Filter abgeschieden



werden. Der Abscheidegrad für die schwerflüchtigen Kühlschmierstoffanteile am Filter (Glasfaserfilter) beträgt zu Messbeginn etwa 97,5% und wird im Messverlauf deutlich besser, steigt bis über 99% (Untersuchungen der TU-Wien). Nur die etwas weniger schwer flüchtigen Kühlschmierstoffanteile wie Korrosionsschutzmittel (z.B. bestimmte Alkanolamine), pH-Stabilisatoren (wie Dicyclohexylamin) oder Biozide (wie Methylisothiazolinon, Kathon) werden auch auf der Aktivkohle aufgefangen. Daher schreibt die AUVA-Messmethode eine kombinierte Probenahme mit Filter und Aktivkohle vor (Abbildung 1). Die Auswertung im AUVA-Labor erfolgt durch getrennte Analysen der Filter und der Aktivkohle mit Perchlorthylen. Anschließend werden im Infrarotlicht die Kohlenstoff-Wasserstoff-Schwingungen bestimmt (analytische Details siehe AUVA SOP CHE 006²). Einzelne Inhaltsstoffe des Kühlschmierstoffes können

nur mit gaschromatografischen und massenselektiven Methoden (GC/MSD) bestimmt werden.

Für eine repräsentative Messung an Arbeitsplätzen wird eine Mindestmesszeit von 2 Stunden bei gleichbleibenden Arbeitsbedingungen gefordert (ÖNORM EN 689:2016⁵). Fast alle von der AUVA in der Zeitschrift „Sichere Arbeit“ 2/2020 veröffentlichten Messwerte sind personenbezogene Messwerte³, die über den geforderten Mindestmesszeitraum von 2 Stunden erfolgt sind. Nur wenn Arbeiten mit Kühlschmierstoffen weniger als 2 Stunden dauern, wurde bei den Messungen eine kürzere, aber der Gesamtarbeit entsprechende Messzeit angewendet.

An vielen Bearbeitungsmaschinen der Metallindustrie herrschen in der Regel konstante Arbeitsbedingungen. Sehr häufig werden stückzahlmäßig große Serien von Werkstücken bearbeitet, sodass ähnliche Arbeitsvorgänge zumindest über mehrere Stunden, wenn nicht Schichten, herrschen. Um die Maßgenauigkeit der Werkstücke zu gewährleisten, wird seitens der Betriebe viel unternommen, um Umgebungsbedingungen wie Temperatur und Luftfeuchte im Arbeitsraum möglichst konstant zu halten. Da die Bearbeitungsmaschinen viel Wärme an die Umgebung abgeben, liegt die Raumtemperatur in Arbeitsräumen häufig zwischen 25 und 27 °C. Ausreißer bis 19 °C im Winter und 30 °C und auch mehr im Sommer wurden fallweise beobachtet.

Die o. a. Rahmenbedingungen sind eine gute Voraussetzung für die Vergleichbarkeit von Messwerten nach der AUVA-Messmethode SOP CHE 006². Der geringe Temperaturunterschied zwischen Arbeitsplätzen unterschiedlicher Betriebe, die sehr häufig ähnliche Anwendungskonzentration wassergemischter Kühlschmierstoffe (meist 5–10%) und die ähnliche Luftfeuchte im Bereich von 50–70% schaffen vergleichbare Messbedingungen, die den Einfluss von Umweltfaktoren auf das Messergebnis vergleichsweise geringhalten. Die jahrelange Messpraxis der AUVA durch mehrere Messteams zeigt, dass besonders die Nebelwerte am Filter zuverlässig, wiederholbar und damit in besonderem Maß für die Beurteilung von Arbeitsplätzen geeignet sind.

In der Folge werden drei Fallbeispiele beschreiben, die die Problematik der Kühlschmierstoff-Messmethode illustrieren und die Zuverlässigkeit der Kühlschmierstoffnebelwerte unterstreichen. Die GC/MSD-Chromatogramme, die für diese als Beleg herangezogen wurden, liegen in der AUVA auf⁶.

Beispiel 1:

An 12 Arbeitsplätzen in einer Halle wird ein wassergemischter, esteröl-haltiger Kühlschmierstoff – eine übliche Emulsion – eingesetzt. Die Einhaltung der MAK-Werte für den Kühlschmierstoffnebel und den Summenwert wurde von der AUVA durch personenbezogene Messungen überprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass der MAK-Wert für Kühlschmierstoffnebel eingehalten und der MAK-Wert für den Summenwert an einigen Messplätzen überschritten ist (Tabelle 2).

Um die Überschreitung des MAK-Wertes zu verifizieren, wurden die Perchlorethylen-Extrakte der Filter und der Aktivkohle hinsichtlich der Inhaltsstoffe mit GC/MSD untersucht. Die Analyse mit der GC/MSD-Methode ergab, dass der schwerflüchtige esteröl-haltige Kühlschmierstoff nur auf dem Filter, nicht aber auf der Aktivkohle abgeschieden wurde. Nur Dicyclohexylamin, das im esteröl-haltigen Kühlschmierstoff enthalten ist, ist sowohl am Glasfaserfilter als auch auf der Aktivkohle nachweisbar. Auf der Aktivkohle wurden überwiegend Kohlenwasserstoffe im Bereich C14 vorgefunden, die aber nicht aus dem eingesetzten esteröl-haltigen Kühlschmierstoff stammen. Um zu klären, woher die Belastung mit den Kohlenwasserstoffen stammt, wurde der Arbeitsablauf nochmals untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass an anderen Maschinen in der Halle ein nicht wassermischbarer Kühlschmierstoff – ein Honöl – mit Flammpunkt 101 °C verwendet wird, wovon die Kohlenwasserstoffe auf der Aktivkohle eindeutig stammen. Die Auswertung des Summenwerts derselben Arbeitsplätze mit dem Honöl ergab an allen Arbeitsplätzen die Einhaltung des österreichischen MAK-Wertes für den Summenwert (Tabelle 3).

Nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe geben in der Kalibrierfunktion immer deutlich höhere Signale im Infrarot als wassermischbare Kühlschmierstoffe. Die Auswertung der Aktivkohleproben mit der Kalibrationskurve eines wassermischbaren Kühlschmierstoffes führt daher zu erhöhten Werten. Der korrekte Befund an den Arbeitsplätzen lautet daher:

- Messwerte der Filter (Kuschmierstoffnebel) werden mit den Kalibriersignalen des wassermischbaren Kühlschmierstoffes – der Emulsion – berechnet.
- Messwerte der Aktivkohle werden mit den Kalibriersignalen des nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffes – des Honöls – berechnet (Ausnahmen Messplätze 7, 8 und 9).
- Der Summenwert wird aus den beiden o. a. Teilergebnissen errechnet.

Die GC/MSD-Analysen der Aktivkohle sind für den korrekten Befund notwendig. Ohne die GC/MSD-Analysen wird fälschlicherweise eine Überschreitung des Kühlschmierstoff-Summen-MAK-Wertes ermittelt.

Beispiel 2:

An vier Arbeitsplätzen, an denen ausschließlich nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe (Öle) eingesetzt wurden, wurden stationäre Messungen vorgenommen (Vergleichsmessungen, siehe „Sichere Arbeit“ 2/2020³). An benachbarten Arbeitsplätzen wurden darüber hinaus sehr unterschiedliche Metallbearbeitungsflüssigkeiten bzw. nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe verwendet, von relativ kurzkettingen (ab ca. C10) bis zu längerkettingen (bis etwa C18) Kohlenwasserstoffen.

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 4 angegeben. Sowohl der MAK-Wert für Kühlschmierstoffnebel als auch der MAK-Wert für den Summenwert in Österreich sind nicht überschritten. Der in Deutschland und in der Schweiz gültige Grenzwert für den Summenwert in Höhe von 10 mg/m^3 wird am Messplatz 3 geringfügig überschritten. Interessant wird es aber, wenn die Aktivkohle wiederum einer GC/MSD-Analyse unterzogen wird. Dann zeigt sich nämlich deutlich, dass an den Arbeitsplätzen, an denen längerkettinge Kohlenwasserstoffe im Einsatz sind, die Summenwertbelastung überwiegend von kürzerkettingen Kohlenwasserstoffen stammt, die an den anderen Arbeitsplätzen verwendet werden. In Tabelle 4 sind die am Arbeitsplatz eingesetzten nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffe mit ihrer Kettenlänge angegeben; neben den Ergebnissen der Summenwerte ist eingetragen, welche Kohlenwasserstofffraktionen auf der Aktivkohle mittels GC/MSD-Analyse vorgefunden wurden. Die Kettenlänge (C-Zahl) der Öldämpfe unterscheidet sich deutlich von der C-Zahl der am Arbeitsplatz eingesetzten Öle; es stammt also nur ein Teil der Summenwertbelastung aus den tatsächlich eingesetzten Ölen. Längere Kohlenwasserstoffe als C16 wurden auf der Aktivkohle nicht nachgewiesen, obwohl in den Ölen Kohlenwasserstoffe bis C19 enthalten waren.

Diese Ergebnisse zeigen deutlich, dass verdampfbare Anteile von kurzkettingen Kohlenwasserstoffen sich im gesamten Arbeitsraum verteilen, also viel mobiler als Aerosole (Nebel) sind. Daher ist die Nebelbelastung ein deutlich besserer Indikator für die Beurteilung der Kühlschmierstoffbelastung an Arbeitsplätzen. Da an Messplatz 3 der überwiegende Anteil der Summenwertbelastung von kurzkettingen Kohlenwasserstoffen stammt, ist auch der Grenzwert für den Summenwert in Deutschland und in der Schweiz eingehalten.

Beispiel 3:

In einer riesigen Maschinenhalle werden an den Bearbeitungsmaschinen sowohl wassermischbare (Emulsionen) als auch nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe (Öle) eingesetzt. Die Messergebnisse sind in Tabelle 5 wiedergegeben. Auffällig ist, dass die Dampfbelastung sehr gering ist und an fast allen Arbeitsplätzen unter 2 mg/m^3 , an einigen sogar unter 1 mg/m^3 liegt. An den Arbeitsplätzen werden keine anderen Arbeitsstoffe wie etwa Metallbearbeitungsflüssigkeiten, Reinigungssprays oder Farben/Lacke verwendet. Dadurch stören keine kurzkettingen Kohlenwasserstoffe oder Lösemittel die Dampfanalytik auf der Aktivkohle.

An Arbeitsplätzen, an denen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowohl Maschinen mit wassermischbaren als auch mit nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen bedienen, gibt die Kalibrierfunktion für den nicht wassermischbaren Kühlschmierstoff (Öl) die niedrigste mögliche, die Kalibrierfunktion für den wassermischbaren Kühlschmierstoff (Emulsion) die höchste mögliche Belastung an. Die wahre Belastung wird zwischen den beiden Werten liegen, aber sie ist letztlich nicht eindeutig bestimmbar. Eine Abschätzung ist möglich, indem die Arbeitszeit mit Emulsion oder Öl anteilmäßig berücksichtigt werden.

Da die festgestellten Summenwerte deutlich unter dem in Österreich gültigen MAK-Wert liegen, wurde auf eine GC/MSD-Analyse der Aktivkohleschicht verzichtet. Daher kann hier nicht angegeben werden, welche konkreten Stoffe das niedrige Signal des Dampfes an den Arbeitsplätzen verursacht haben. In diesem Zusammenhang wird aber darauf hingewiesen, dass eine ähnliche Dampfbelastung auch an einer neutralen Stelle im Arbeitsraum des Betriebes (Hintergrundmessung) nachgewiesen wurde und dass eine so geringe Belastung auch in Innenräumen (z. B. in üblichen Büroräumen) durch ubiquitär vorhandene VOC (flüchtige organische Kohlenstoffverbindungen) auftreten kann.

Eine hohe Dampfbelastung durch am Arbeitsplatz verwendete Öle mit hohem Flammpunkt und Kettenlänge $> \text{C16}$ ist daher an Arbeitsplätzen nicht zu erwarten.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die oben angeführten Beispiele sind bewusst ausgewählt worden und nicht unbedingt typisch für die Mehrzahl der Kühlschmierstoff-Messungen. Üblicherweise stören fast bei allen Messungen Lösungsmittel oder kurzkettinge Kohlenwasserstoffe ($< \text{C14}$) die Analyse der Aktivkohle. Aber aus den drei Musterbeispielen können folgende Überlegungen abgeleitet werden:

1. Die Grenzwerte für Kühlschmierstoffe sind für alle wassermischbaren Kühlschmierstoffe (Emulsionen, unabhängig vom Flammpunkt) sowie nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffe (Öle) mit einem Flammpunkt $> 110\text{ °C}$ festzulegen. Dadurch fallen Kohlenwasserstoffe bis C14 aus der Regelung für Kühlschmierstoffe.
2. Kühlschmierstoffnebel sind nicht so mobil wie Dämpfe, sind also für die Beurteilung des ausgewählten Arbeitsplatzes aussagekräftiger.
3. Kühlschmierstoffnebel sind für die Gesundheit der ArbeitnehmerInnen bedeutender, da sie die schwer flüchtigen Bestandteile des Kühlschmierstoffes und auch allfällige Zersetzungsprodukte von Mikroorganismen (z. B. Zellwandbestandteile) enthalten und diese einatembarmachen. Die in den wassermischbaren Kühlschmierstoffen enthaltenen schwer flüchtigen Ester- bzw. Mineralöle wurden von der AUVA bislang nur am Filter, nie aber auf der Aktivkohle nachgewiesen.
4. Glasfaserfilter und Aktivkohle sind getrennt zu analysieren, um den gefährlicheren Kühlschmierstoffnebel bestimmen und angeben zu können.
5. Eine Korrelation zwischen Nebel und Dampf bei wassergemischten Kühlschmierstoffen wurde bei den Messungen nicht beobachtet; die höchsten von AUVA-Fachkräften gemessenen Nebelwerte³ ($9,1\text{ mg/m}^3$) zeigten geringe Dampfanteile und keine Überschreitung des MAK-Summenwertes.
6. Lungenfunktionsuntersuchungen an Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern ergaben signifikant schlechtere Lungenfunktionsparameter FEV50 und FEV25 bei Exposition unterhalb des jetzigen MAK-Wertes für Kühlschmierstoffnebel⁷.
7. Die Verteilung zwischen Nebel und Dampf ist temperaturabhängig; je höher die Temperatur ist, desto höher ist der Dampfanteil; da die Temperaturen bei der Metallbearbeitung aus Qualitätsgründen möglichst konstant gehalten werden, ist der Einfluss der Temperatur an den Messplätzen von geringer Bedeutung.
8. Die Anwendung gleicher Messparameter (Probenahmekopf; Durchflussregelung; personengetragene Probenahme, Messzeit) und gleicher Analysevorgänge gewährleistet eine zufriedenstellende Vergleichbarkeit der Messwerte, besonders für Kühlschmierstoffnebel wassermischbarer Kühlschmierstoffe.
9. Vergleichsmessungen mit direkt anzeigenden Messgeräten, die fallweise vorgenommen wurden, ergaben ebenfalls gute bzw. nachvollziehbare Korrelationen zwischen den Messergebnissen von Kühlschmierstoffnebeln.
10. Die Bestimmung des Summenwertes ist in aller Regel sehr aufwendig, da die an Arbeitsplätzen meist

zusätzlich auftretende Belastung mit kurzzeitigen Kohlenwasserstoffen (C7–C14) bzw. Lösemitteln berücksichtigt und abgezogen werden muss. Da die FTIR-Analyse von Aktivkohle in hohem Maße fehleranfällig ist, sollten Messergebnisse nicht ohne zusätzliche Bestätigung mit GC/MSD weitergegeben werden (vergleiche Beispiele 1 und 2).

Notwendigkeit für die Festsetzung neuer MAK-Werte

Die jetzigen Grenzwerte für KSS in Österreich gelten unverändert seit Anfang der 90er-Jahre und entsprechen dem damaligen Stand der Technik. Heute gelten an Arbeitsplätzen eingehauste und abgesaugte Metallbearbeitungsmaschinen als Stand der Technik – dieser ist in vielen Betrieben schon umgesetzt. Die Messstätigkeit der AUVA erfolgt häufig an Arbeitsplätzen, die noch nicht dem Stand der Technik entsprechen. Trotzdem liegen 73% der Messwerte³ für den Kühlschmierstoffnebel unter $0,5\text{ mg/m}^3$. Das bedeutet, dass der überwiegende Teil der Betriebe an den Arbeitsplätzen die Hälfte des derzeitigen Grenzwertes einhalten kann. Basierend auf der 25-jährigen Messerfahrung und auf Grund der arbeitsmedizinischen Untersuchungen wird die Absenkung der MAK-Werte für Kühlschmierstoff wie folgt vorgeschlagen:

- Die Messwerte für Kühlschmierstoffnebel wassermischbarer Kühlschmierstoffe (Emulsion) bieten eine zuverlässige Grundlage für die Beurteilung von Arbeitsplätzen. Für wassermischbare Kühlschmierstoffe ist die Festlegung eines Grenzwertes für Kühlschmierstoffnebel entscheidender, wobei die Messmethode festgelegt werden muss (z. B. für mineralöl- und esteröhlhaltige Kühlschmierstoffe nach AUVA SOP CHE 006, für synthetische Kühlschmierstoffe mit direktanzeigenden Messgeräten). Wegen der festgestellten Verschlechterung von Lungenfunktionsparametern bei exponierten Arbeitnehmern wird die Absenkung des MAK-Wertes für Kühlschmierstoffnebel von derzeit $1\text{ mg/m}^3\text{ E}$ auf $0,5\text{ mg/m}^3\text{ E}$ empfohlen. Der Summenwert für Kühlschmierstoffe wird bei Emulsionen nur in Einzelfällen Bedeutung haben, ist aber wegen der nur geringen Verdampfbarkeit von Inhaltsstoffen problemlos an den deutschen bzw. Schweizer Wert von 10 mg/m^3 angleichbar.
- Für nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe auf Mineralölbasis mit einem Flammpunkt $> 110\text{ °C}$ sind sowohl ein Nebelgrenzwert als auch ein Summenwertgrenzwert in derselben Höhe wie für wassermischbare Kühlschmierstoffe festzulegen. Auch hier sind die Messmethode (z. B.

Stoff	MAK-Wert in mg/m ³
Kühlschmierstoffnebel (legierte Kühlschmierstoffe)	1 E
Kühlschmierstoff-Summenwert (alle Kühlschmierstoffe) Summe KSS-Nebl und KSS-Dampf	20 E
Mineralölnebel (reines Mineralöl) (unlegierter Kühlschmierstoff)	5 E

Tabelle 1: Grenzwerte laut GKV 2020 in Österreich*

Messplatz	Glasfaserfilter	Aktivkohle	Summenwert
1	0,3	8,7	9,0
2	0,4	8,9	9,3
3	0,2	30,5	30,7
4	0,2	14,7	14,9
5	0,2	18,3	18,5
6	0,2	32,3	32,5
7	0,4	0,9	1,3
8	0,1	1,3	1,4
9	0,7	1,1	1,8
10	0,3	25,0	25,3
11	0,7	10,9	11,6
12	0,2	15,4	15,6

Tabelle 2: Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen in mg/m³. Beispiel 1 (Kalibration mit Emulsion); in roter Farbe Überschreitungen des MAK-Summenwertes für Kühlschmierstoffe; die Messplätze 7, 8 und 9 befinden sich in einem abgetrennten Raum (kein Honöl).

Messplatz	Glasfaserfilter	Aktivkohle	Summenwert
1	0,3	4,5	4,8
2	0,4	4,6	5,0
3	0,2	17,1	17,3
4	0,2	7,8	8,0
5	0,2	10,0	10,2
6	0,2	18,1	18,3
7	0,4	0,9	1,3
8	0,1	1,3	1,4
9	0,7	1,1	1,8
10	0,3	13,7	14,0
11	0,7	5,5	6,2
12	0,2	8,4	8,6

Tabelle 3: Ergebnisse der Arbeitsplatzmessungen in mg/m³. Beispiel 1 (Glasfaserfilter mit Emulsion kalibriert, Aktivkohle mit Honöl kalibriert, ausgenommen die Messplätze 7,8 und 9 (bleiben bei Emulsion)).

Messplatz	C-Zahl des Öles am Arbeitsplatz	Nebel in mg/m ³	Summe in mg/m ³	C-Zahl der Öldämpfe auf der Aktivkohle laut GC/MSD-Analyse
1	C17-C19	< 0,1	3,1	nur C10-C11
1	C17-C19	< 0,1	3,1	nur C10-C11
2	C15-C18	< 0,1	4,6	C10-C11 + mehr C12-C16
2	C15-C18	< 0,1	4,6	C10-C11 + mehr C12-C16
3	C13-C18	< 0,1	10,5	viel mehr C10-C11 + etwas C12-C16
3	C13-C18	< 0,1	10,3	viel mehr C10-C11 + etwas C12-C16
4	C15-C17	0,1	8,8	< C10 + etwas mehr C12-C16
4	C15-C17	0,2	8,6	< C10 + etwas mehr C12-C16

Tabelle 4: Messergebnisse an 4 stationären Messplätzen in Form von Doppelbestimmungen sowie die C-Zahl der am Arbeitsplatz eingesetzten Öle und die Kettenlänge (C-Zahl) der Öldämpfe.

Messplatz	Kalibration mit Öl		Kalibration mit Emulsion	
	Filter	Aktivkohle	Filter	Aktivkohle
1	0,1	2,1	0,3	4,0
2	< 0,1	1,4		
3	0,2	1,9		
4	0,2	2,3		
5	0,1	1,3	0,2	2,6
6	0,2	1,4		
7			0,3	2,5
8			0,3	2,3
9	0,1	0,8	0,3	1,9
10	< 0,1	0,6		
11	0,2	0,7	0,4	1,7
12	0,1	0,7		

Tabelle 5: Messergebnisse Beispiel 3 (in mg/m³), ausgewertet mit Öl sowie mit Emulsion; an Messplätzen 1, 5, 9 und 11 wurde sowohl mit Öl als auch mit Emulsion gearbeitet; an Arbeitsplätzen 2, 3, 4, 6, 10 und 12 wurde nur Öl eingesetzt, an Arbeitsplätzen 7 und 8 nur Emulsion.



Abbildung 1: Vergleich der Messvorrichtungen
 Linke Seite: XAD-Kartusche und Glasfaserfilter mit Messkopf IFA / SUVA
 Rechte Seite: Messkopf AUVA mit Glasfaserfilter und Aktivkohleröhrchen

AUVA SOP CHE 006²⁾ und vor allem die Verifizierung der Aktivkohle mit einer GC/MSD-Methode festzulegen.

- Für Metallbearbeitungsflüssigkeiten (Flammpunkt < 110 °C, Kettenlängen C10–C14) ist ein eigener MAK-Wert nur für den Dampf festzulegen; als MAK-Wert für Metallbearbeitungsflüssigkeiten mit Kettenlängen zwischen C10 und C14 werden 40 mg/m³ vorgeschlagen. Eine Abscheidung von Kohlenwasserstoffen mit Kettenlängen < C14 am Glasfaserfilter ist bei AUVA-Messungen bisher nie festgestellt worden.
- Alternativ können für andere Inhaltsstoffe – sofern im Kühlschmierstoff enthalten – Einzelsstoffmessungen vorgenommen werden, z. B. für Alkanolamine, Formaldehyd, Isothiazolinone, Endotoxine von Mikroorganismen. Für Dicyclohexylamin ist derzeit kein Arbeitsplatzgrenzwert festgelegt.
- Für hochraffinierte reine Mineralöle ist der derzeitige österreichische Grenzwert von 5 mg/m³ E für Nebel und 20 mg/m³ E für den Summenwert basierend auf dem Vorschlag der ACGIH und SCOEL plausibel. Allerdings führt die Zusammenlegung dieser reinen Mineralöle mit KSS als „unlegierte Kühlschmierstoffe“ in der GKV 2020²⁾ zur Verwechslung mit nicht wassermischbaren Kühlschmierstoffen, für die ausschließlich der MAK-Wert von 1 mg/m³ E – im Fall der Absenkung 0,5 mg/m³ E – gelten soll. Ein separater Eintrag in die GKV 2020 als „Mineralöle, hochraffiniert, rein“ ist sinnvoller. ■

LITERATUR:

1. ÖNORM EN 45001:1990 (zurückgezogen): Allgemeine Kriterien zum Betrieb von Prüflaboratorien
2. AUVA SOP CHE 006 Bestimmung von Kühlschmierstoffnebeln und Kühlschmierstoffdämpfen in der Luft von Arbeitsplätzen im MAK-Wertbereich, Version 10, 2. 4. 2019 (liegt in der Sicherheitstechnischen Prüfstelle der AUVA auf)
3. Sichere Arbeit, Ausgabe 2/2020, Seiten 26–31, „Kuschmierstoffe: Ergebnisse von Arbeitsplatzmessungen“, DI Robert Piringer et al.
4. Grenzwerteverordnung 2001 GKV 2001, BGBl. II Nr. 253/2001 (geändert durch GKV 2006, GKV 2011, GKV 2018, GKV 2020): Verordnung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit über Grenzwerte für Arbeitsstoffe und über krebserzeugende Arbeitsstoffe
5. ÖNORM EN 689:2016 Exposition am Arbeitsplatz – Messung der Exposition durch Einatmung chemischer Arbeitsstoffe – Strategie zur Überprüfung und Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten
6. GC/MSD-Chromatogramme als Belege für die o. a. 3 Beispiele – auf Anfrage bei der Autorin und den Autoren der AUVA erhältlich
7. Projektbericht „Gesundheitliche Auswirkungen der Kühlschmierstoffnebel und -dämpfe auf den arbeitenden Menschen – im Besonderen auf den Atemtrakt“, Dr. Karl Hochgatterer, M.Sc., Arbeitsmedizinisches Zentrum Perg GmbH, April 2007

Weiterführende Literatur, nicht im Artikel zitiert:

- Sichere Arbeit, Ausgabe 5/2003, Seiten 23–27: „Wie gefährlich sind Kühlschmierstoff-Nebel?“, Josef Baumann, Rudolf Hopf, Robert Piringer, Burkhard Riss und Joseph Strauss
- AUVA-Merkblatt M.plus 369 „Sicherer Umgang mit Kühlschmierstoffen im Betrieb“

Dipl.-Ing. Robert Piringer, Dr. Parisa Ansari, Erwin Renner
AUVA-Hauptstelle, Abteilung für Unfallverhütung und Berufskrankheitenbekämpfung
hub@auva.at 

ZUSAMMENFASSUNG



Die Autorin und die Autoren ziehen eine Bilanz aus der 25-jährigen Erfahrung mit der AUVA-Kuschmierstoff-Messmethode zur Überprüfung der Einhaltung der MAK-Werte für Kühlschmierstoffnebel bzw. für den Kühlschmierstoff-Summenwert (Nebel und Dämpfe) an Arbeitsplätzen der Metallindustrie. Daraus leiten sie Vorschläge für eine Absenkung der MAK-Werte für Kühlschmierstoffe ab. ■

SUMMARY



The authors take stock of 25 years of the AUVA's method for measuring the concentration and sum of vapours and aerosols released by metalworking fluids in the metal industry. Based on their findings, they make suggestions as to how to reduce the maximum allowable concentration (MAC) of metalworking fluids. ■

RÉSUMÉ



Les auteurs tirent le bilan des 25 années d'expérience de la méthode de l'AUVA pour mesurer le liquide de coupe. L'objectif : voir si les valeurs VLEP sont respectées pour les brouillards causés par le liquide de coupe ou pour la valeur cumulée du liquide (brouillards et vapeurs) sur les postes de travail de l'industrie métallurgique. Les auteurs se sont appuyés sur ce bilan pour formuler des propositions visant à baisser les valeurs VLEP pour les liquides de coupe. ■