



Information

BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung

Minimalmengenschmierung bei der
Metallzerspanung



Herausgeber

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung (DGUV)

Mittelstraße 51
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Ausgabe Juni 2009

BGI/GUV-I 790-023, zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger.
Die Adressen finden Sie unter www.dguv.de



Information

BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung

Minimalmengenschmierung bei der
Metallzerspanung

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorbemerkung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Begriffsbestimmungen	8
2.1 Exposition	8
2.2 Minimalmengenschmierung	8
3 Arbeitsverfahren/Tätigkeiten	9
4 Gefahrstoffexposition	10
4.1 Gefahrstoffe	10
4.2 Expositionsmessungen am Arbeitsplatz	11
4.3 Bewertung der Gefahrstoffexposition	12
5 Schutzmaßnahmen	14
5.1 Technische Schutzmaßnahmen	14
5.1.1 Art des verwendeten Kühlschmierstoffes	14
5.1.2 Schmierstoffsysteme/Dosiergeräte	14
5.1.3 Werkzeugparameter	15
5.1.4 Lufttechnische Maßnahmen	15
5.2 Unterweisung	16
5.3 Hautschutz	16
6 Anwendungshinweise	17
7 Überprüfung	18
8 Weiterführende Literatur	19
Anhang 1: Übersicht der Messergebnisse	20
Anhang 2: Ergebnisse der Untersuchungen im Labor und im Spindelprüfstand	22
2.1 Gefahrstoffermittlung im Labor (Phase I)	22
2.2 Gefahrstoffermittlung im Prüfstand (Phase II)	22

Informationen der Unfallversicherungsträger enthalten Hinweise und Empfehlungen, die die praktische Anwendung von Regelungen zu einem bestimmten Sachgebiet oder Sachverhalt erleichtern sollen.

Informationen der Unfallversicherungsträger richten sich in erster Linie an den Unternehmer und sollen ihm Hilfestellung bei der Umsetzung seiner Pflichten aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder Unfallverhütungsvorschriften geben sowie Wege aufzeigen, wie Arbeitsunfälle, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren vermieden werden können.

Der Unternehmer kann bei Beachtung der in den Informationen enthaltenen Empfehlungen, insbesondere bei den beispielhaften Lösungsmöglichkeiten, davon ausgehen, dass er damit geeignete Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren getroffen hat. Sind zur Konkretisierung staatlicher Arbeitsschutzvorschriften von den dafür eingerichteten Ausschüssen technische Regeln ermittelt worden, sind diese vorrangig zu beachten.

Werden verbindliche Inhalte aus staatlichen Arbeitsschutzvorschriften oder aus Unfallverhütungsvorschriften wiedergegeben, sind sie im Anhang zusammengestellt.

Vorbemerkung

BG/BGIA-Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung nach der Gefahrstoffverordnung werden von

- den Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung und
- dem BGIA – Institut für Arbeitsschutz

in Abstimmung mit den Ländern und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) herausgegeben. Sie haben das Ziel, den Unternehmen eine Hilfe für den auf Tätigkeiten mit Gefahrstoffen bezogenen Teil der Gefährdungsbeurteilung zu geben und werden als Information in das Sammelwerk der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) unter der Bestellnummer BGI/GUV-I 790 001 ff. aufgenommen.

Diese BG/BGIA-Empfehlungen wurden erarbeitet in Zusammenarbeit mit

- Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd, Mainz.

1 Anwendungsbereich

Diese BG/BGIA-Empfehlungen beziehen sich ausschließlich auf den Einsatz von Kühlschmierstoffen (KSS) bei der spanenden Metallbearbeitung nach DIN 8589 in Werkzeugmaschinen mit Minimalmengenschmierung (MMS).

Siehe DIN 8589-0 „Fertigungsverfahren Spanen – Teil 0: Allgemeines; Einordnung, Unterteilung, Begriffe“.

Der Schmierstoff muss einen Flammpunkt von mindestens 150 °C, einen Verdampfungsverlust bei 250 °C nach Noack von maximal 65 % sowie eine Viskosität bei 40 °C von > 10 mm²/s aufweisen.

Siehe DIN EN ISO 2592 „Mineralölerzeugnisse – Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes – Verfahren mit offenem Tiegel nach Cleveland“;

DIN 51581-1 „Prüfung von Mineralölerzeugnissen – Bestimmung des Verdampfungsverlustes – Teil 1: Verfahren nach Noack“ sowie DIN 51562-1 „Viskosimetrie – Messung der kinematischen Viskosität mit dem Ubbelohde-Viskosimeter – Teil 1: Bauform und Durchführung der Messung“.

Es werden Kriterien für die Einhaltung der Schutzmaßnahmen bezogen auf die Summe aus Kühlschmierstoff-Aerosolen und -Dämpfen sowie möglicherweise entstehenden Zersetzungsprodukte beschrieben.

Sollte im gleichen Arbeitsbereich konventionelle Nassbearbeitung stattfinden, ist eine zusätzliche Ermittlung und Beurteilung nach dem BIA-Report 4/2004 durchzuführen.

Siehe BIA-Report 4/2004 „Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung“.

2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne dieser Information werden folgende Begriffe bestimmt:

2.1 Exposition

Unter Exposition versteht man im Rahmen dieser BG/BGIA-Empfehlungen das Ausgesetztsein des Körpers gegenüber Kühlschmierstoff für Minimalmengenschmierung. Die Exposition wird durch Angabe von Konzentration und zugehörigem zeitlichen Bezug beschrieben. Der zeitliche Bezug ist in der Regel die Schichtlänge.

2.2 Minimalmengenschmierung

Minimalmengenschmierung ist definitionsgemäß der Einsatz von nicht wassermischbaren KSS bei der Metallbearbeitung, wenn bei kontinuierlichem Betrieb der Schmierstoffbedarf den Wert von 50 ml/h nicht übersteigt.

3 Arbeitsverfahren/Tätigkeiten

Im Gegensatz zur konventionellen Überflutungsschmierung bei der Nassbearbeitung zeichnet sich die Minimalmengenschmierung durch eine Verbrauchsreduzierung der eingesetzten Schmierstoffe aus. Anstelle von mehreren 100 l Kühlschmierstoffemulsion in einer Maschine benötigt man mit der neuen Technologie für denselben Vorgang nur wenige ml Schmierstoff pro Stunde. Eine gezielte Zufuhr des Schmierstoffes unmittelbar an die Wirkstelle gewährleistet eine Schmierung der Reibstellen zwischen Werkzeug, Werkstück und Span. Je nach Zerspanverfahren, zu zerspanendem Material und den gewählten Einstellparametern beträgt die Dosierung der Schmierstoffmenge weniger als 50 ml/h.

Ein Minimalschmiersystem dosiert die Schmierstoffe und befördert sie an die Bearbeitungsstelle. Der Schmierstoffauftrag auf die Werkzeugschneide kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Bei der Außenschmierung von Zerspanwerkzeugen wird der Schmierstoff über mehrere Sprühdüsen am Umfang des Werkzeuges aufgebracht. Bei der Innenschmierung von Werkzeugen erfolgt der Schmierstofftransport durch das Spindelssystem der Maschine und durch im Werkzeug eingebrachte Kanäle zur Bearbeitungsstelle. Dieses System kommt insbesondere bei flexiblen Bearbeitungszentren und Neumaschinen sowie bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (HSC) zum Einsatz.

Die Arbeitsverfahren beim Zerspanen von Metallen sind im Allgemeinen sehr vielfältig und werden für diese BG/BGIA-Empfehlungen nicht weiter eingeschränkt, da häufig mehrere verschiedene Arbeitsverfahren während der Bearbeitung eines Werkstückes auf einer Werkzeugmaschine angewendet werden.

Für die MMS sind spezielle Schmierstoffe mit guten tribologischen Eigenschaften und hoher thermischer Belastbarkeit im Handel erhältlich. Sie können aus Mineralöl, synthetischen Estern oder höheren Fettalkoholen bestehen.

Gegenüber der Nassbearbeitung wird bei der MMS-Bearbeitung aufgrund der geringen Menge der Schmierstoffe eine Herabsetzung des hautschädigenden Potenziales erreicht.

4 Gefahrstoffexposition

4.1 Gefahrstoffe

Die inhalative Exposition bei der spanenden Metallbearbeitung mit Minimalmengenschmierung wird wesentlich durch den Gefahrstoff Kühlschmierstoff bestimmt. Aufgrund von Voruntersuchungen im Labor und am Prüfstand werden in den Arbeitsbereichen die in Tabelle 1 aufgeführten expositionsrelevanten Gefahrstoffe betrachtet.

Siehe „Gefährdungsbeurteilung bei der Trockenbearbeitung metallischer Werkstoffe“ (Projektabschlussbericht der damaligen Süddeutschen Metall-BG, Mainz).

Die viele Jahre gültige Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) für Kühlschmierstoff von 10 mg/m³ wurde mittlerweile zurückgezogen. Bei der Auswahl der Schutzmaßnahmen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung kann der ehemalige Grenzwert als Schichtmittelwert nur als Orientierungsmaßstab dienen und ist durch entsprechende Maßnahmen so weit wie möglich zu unterschreiten, bis ein Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) vorliegt oder verfahrens- und stoffspezifische Kriterien festgelegt worden sind.

Gefahrstoff	Einstufung	Arbeitsplatzgrenzwert		Spitzenbegrenzung; Überschreitungsfaktor
		in mg/m ³	in ml/m ³	
KSS		(10)*	–	
Formaldehyd	DFG K4 Schwangerschaft C Keimzellmutagen 5 R23/24/25-34-40-43	(0,62)* **	–	=1= ehemaliger KZW
Acetaldehyd	TRGS 905 K3 DFG K5 Schwangerschaft C Keimzellmutagen 5 R12-36/37-40	91	50	1;=2=(I)
Acrylaldehyd	DFG 3B R11-24/25-26-34-50	0,2	0,1	2(I)
Butyraldehyd	R11	64	20	1(I)

Tabelle 1: Gefahrstoffe, Arbeitsplatzgrenzwerte und Einstufung

Siehe Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 900 „Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz – Luftgrenzwerte“ (Stand 08/2004).

* ehemaliger Luftgrenzwert, TRGS 900, Stand 08/2004

** Bearbeitung durch den Unterausschuss III (UA III) des Ausschusses für Gefahrstoffe (AGS)

Aus den Voruntersuchungen geht hervor, dass die Gefahrstoffe Benzo[a]pyren sowie A- und E-Staub nicht relevant sind (siehe Anhang).

4.2 Expositionsmessungen am Arbeitsplatz

Die diesen BG/BGIA-Empfehlungen zugrunde liegenden Messwerte wurden in den Jahren 2001 bis 2002 im Rahmen eines Projektes ermittelt. Die Messwerte wurden in zwölf Messserien an Werkzeugmaschinen in der Produktion erhoben. Jede Messserie besteht aus drei Messungen in verschiedenen Schichten, jeweils an folgenden Messpunkten:

- a) personengetragen
- b) stationär, am Bedienpult der Maschine
- c) stationär, im Arbeitsraum der Maschine.

Messergebnisse der Projektmessungen sind in Tabelle 3 im Anhang aufgeführt. Die Messung im Arbeitsraum der Maschine diente zur orientierenden Abschätzung der Emissionen. So konnten z. B. bei einigen Messungen Aldehyde, die stationär am Bedienpult der Maschine gemessen wurden, im Arbeitsraum der Maschine nicht nachgewiesen werden, was auf einen äußeren Einfluss schließen lässt. Ebenfalls wurden die im Arbeitsraum der Maschine gemessenen KSS-Aerosole meist nicht mehr an den Messpunkten a) und b) nachgewiesen, oder zumindest nur noch ein geringer Teil davon.

Beim Zerspanen von Metallen mit Minimalmengenschmierung ist die Summe aus Kühlschmierstoff-Aerosolen und -Dampf die expositionsbestimmende Komponente. Aldehyde wurden lediglich in Spuren ($\ll 1\%$ des Arbeitsplatzgrenzwertes bzw. für Formaldehyd des früheren Luftgrenzwertes) in wenigen Fällen nachgewiesen. Formaldehyd mit dem jeweils größten Beitrag zur Aldehydbelastung kann als Leitkomponente für Aldehyde angesehen werden. Eine Staubbelastung durch das Zerspanen mit Minimalmengenschmierung konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Werkzeugmaschinen in den gemessenen Arbeitsbereichen waren teilweise mit Absaugung ausgerüstet, teilweise waren sie nicht abgesaugt. Auf die Messergebnisse hatte die Absaugung keinen signifikanten Einfluss.

Tabelle 2 zeigt die Auswertung der KSS-Messergebnisse des Messprojektes von 2001 bis 2002. Hier werden nur die personengetragenen Messungen berücksichtigt.

Gefahrstoff	Anzahl der Betriebe	Anzahl der Messwerte	50-%-Wert in mg/m ³	95-%-Wert in mg/m ³	Maximalwert in mg/m ³
Kühlschmierstoff	13	38	1,4	4,85	5,3

Tabelle 2: Auswertung der Messergebnisse aus Projekt (zwölf Messserien und zwei Einzelmessungen)

Im Rahmen der Überarbeitung dieser BG/BGIA-Empfehlungen wurde eine Datenbankrecherche der Expositionsdatenbank MEGA der DGUV durchgeführt. Für den Zeitraum 2003 bis 2008 wurden weitere 16 Messergebnisse für KSS-Minimalmengenschmierung ermittelt.

Zwölf Messergebnisse liegen unter der Nachweisgrenze von 2 mg/m³ (BGIA-Analysenverfahren für KSS-Minimalmengenschmierung). Die übrigen Messergebnisse liegen zwischen 2,1 mg/m³ und 6 mg/m³. Ursache dafür kann die nicht optimal eingestellte Zufuhr des KSS sein, was in zwei Fällen belegt werden konnte.

4.3 Bewertung der Gefahrstoffexposition

Für Kühlschmierstoff gibt es keinen Arbeitsplatzgrenzwert mehr. Zur Bewertung werden als Anhaltswert die früheren Luftgrenzwerte herangezogen. Die Einteilung der komplexen Kohlenwasserstoffe in Emissionsgruppen war in der TRGS 901, Nr. 72 aufgeführt (jetzt zurückgezogen). Der frühere Grenzwert für KSS nach DIN 51385 bei spanender Metallbearbeitung betrug 10 mg/m³. Die Bewertung erfolgt nach TRGS 402.

Siehe DIN 51385 „Schmierstoffe; Kühlschmierstoffe; Begriffe“ sowie Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“.

Die Messergebnisse sind repräsentativ für die Schichtlänge. Die Ergebnisse der Expositionsmessungen (siehe Anhang) liegen für KSS weit unter dem Beurteilungsmaßstab, hier der alte MAK-Wert aus der Bearbeitungsliste des AGS. Die Bewertungsindizes für Stoffgemische sind bei allen Messserien kleiner als eins.

Zusätzliche Kurzzeitwert-Messungen wurden nicht durchgeführt. Aufgrund einer rechnerischen Abschätzung ist davon auszugehen, dass die Kurzzeitwerte der berücksichtigten Stoffe zu keiner Zeit überschritten wurden.

5 Schutzmaßnahmen

5.1 Technische Schutzmaßnahmen

5.1.1 Art des verwendeten Kühlschmierstoffes

Für die emissionsarme Metallbearbeitung mit MMS ist die richtige Auswahl des Schmierstoffes von entscheidender Bedeutung. Eingesetzt werden sollen Schmierstoffe mit niedrigem toxikologischem und dermatologischem Gefährdungspotenzial, mit möglichst gutem Schmiervermögen und hoher thermischer Belastbarkeit. Synthetische Esteröle und Fettalkohole mit günstigem Verdampfungsverhalten und hohem Flammpunkt haben sich in der Praxis besonders bewährt.

Für die Minimalmengenschmierung nicht einzusetzen sind:

- Wassergemischte Kühlschmierstoffe und deren Konzentrate
- Schmierstoffe mit organischen chlor- oder zinkhaltigen Additiven
- Schmierstoffe, die nach Gefahrstoffverordnung kennzeichnungspflichtig sind
- Produkte auf der Basis mineralischer Grundöle mit Gehalten von > 3 ppm Benzo[a]pyren im KSS
- Native Ester (Rapsöl, Rüböl) mit Neigung zur Verharzung an Aggregaten, Führungs- sowie Alterung/Verharzung wegen geringer Oxidations- und Hydrolysestabilität.

Weitere Hinweise zum Thema „Schmierstoffe für die Minimalmengenschmierung“ enthält der VDI Bericht Nr. 1458.

*Siehe „Systeme, Werkzeuge und Medien für die Minimalmenge“
VDI-Bericht 1458.*

Jährlich ist zu prüfen, ob die verwendeten KSS für die entsprechenden Arbeitsverfahren mit Minimalmengenschmierung dieser BG/BGIA-Empfehlungen geeignet sind. Werden andere KSS eingesetzt, so ist zu prüfen, ob diese den Vorgaben dieser BG/BGIA-Empfehlungen entsprechen. Das Ergebnis dieser Prüfung ist zu dokumentieren und das Verzeichnis zu ergänzen.

5.1.2 Schmierstoffsysteme/Dosiergeräte

Von besonderer Bedeutung für die Prozesssicherheit und Emission ist es, eine kontinuierliche unterbrechungsfreie Zufuhr des Schmiermittels an die Wirkstelle zu gewähr-

leisten. Für die Zuführung und Dosierung des Schmiermittels sind daher nur sichere Systeme, die folgende Anforderungen erfüllen, zu verwenden:

Siehe BIA-Report 4/2004 „Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung“.

- Einstellung der Parameter (z. B. Menge und Druck) ist nach Vorgabewerten in Abhängigkeit von Verfahren, Werkstoff und der Bearbeitungsparameter möglich
- Exakte und vibrationsunempfindliche Ausrichtung der Düse(n) relativ zur Wirkstelle ist möglich
- Überwachung der MMS-Funktion (z. B. Füllstand, Medientransport und Druckluft) ist möglich
- Sprühbild der Düse:
 - Angabe günstiger Systemeinstellgrößen zur Minimierung der Nebelbildung
 - Zielgerichtete Benetzung (Angabe der Wirkbereiche der Düse)
- Angabe des im System verwendbaren Viskositätsbereiches bei 40 °C
- Verlustfreier Medientransport bis zur Übergabestelle (Düse oder Werkzeug) ist gewährleistet (keine Leckagen)
- Komponenten und Dichtungen sind resistent gegenüber den eingesetzten Medien in Abstimmung auf den Einsatzfall
- Kleinste Einstellung zur Realisierung trockener Werkstücke und Späne (Skalierung < 10 ml/h) ist möglich
- Kontinuierliche Zufuhr des Schmierstoff-Mediums ist gewährleistet (keine Aussetzer, Unterbrechungen)
- Schnelles Ansprechverhalten und Medienverfügbarkeit an der Zerspanstelle auch bei längeren Stillstandszeiten
- Geringe Lärmentwicklung im Betrieb, < 75 dB(A).

Die Funktion und die Einstellungsparameter der Schmierstoffsysteme/Dosiergeräte sind regelmäßig zu prüfen.

5.1.3 Werkzeugparameter

Die vom Werkzeughersteller vorgegebenen, werkstoff- und werkzeugspezifischen Schnittparameter für die Werkzeuge sind einzuhalten. Regelmäßig ist zu prüfen, ob die Schnittparameter den Herstellervorgaben für die jeweiligen Arbeitsvorgänge entsprechen.

5.1.4 Lufttechnische Maßnahmen

Die Werkzeugmaschinen sind zu kapseln und mit einer Absaugung auszustatten. Dadurch ist sichergestellt, dass die relevanten Randbedingungen langfristig stabil bleiben und eine Minimierung der Gefahrstoffexposition nach dem Stand der Technik erfolgt. Lufttechnische Maßnahmen sind regelmäßig zu prüfen, siehe BGR 121. Das Ergebnis der jährlichen Wirksamkeitsprüfung ist zu dokumentieren.

Siehe BGR 121 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“.

5.2 Unterweisung

Die Beschäftigten sind regelmäßig anhand der Betriebsanweisung, insbesondere hinsichtlich der Schutzmaßnahmen, zu unterweisen.

5.3 Hautschutz

Durch Minimalmengenschmierung lässt sich im Vergleich zur konventionellen Nassbearbeitung eine Verringerung des hautschädigenden Potenziales erreichen. Kann ein unmittelbarer Hautkontakt zu Kühlschmierstoffen nicht vermieden werden, sind Hautschutzmaßnahmen durchzuführen:

- Erstellen eines Hautschutzplans (Hautschutzplan B für nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe gemäß BGI 658)
- Hautkontakt durch Einsatz von Hilfswerkzeugen verringern
- Gefährdete Hautpartien durch Schutzkleidung schützen (BGR 189)
- Soweit nicht an rotierenden Maschinen gearbeitet wird, Einsatz von beständigen Schutzhandschuhen (BGR 195)
- Bereitstellen von Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemitteln (BGR 197)
- Schulung der Mitarbeiter zum Benutzen der Hautmittel.

Siehe BGI 658 „Hautschutz in Metallbetrieben“; BGR 189 „Benutzung von Schutzkleidung“; BGR 195 Benutzung von Schutzhandschuhen“ sowie BGR 197 „Benutzung von Hautschutz“.

6 Anwendungshinweise

Der Anwender dieser BG/BGIA-Empfehlungen muss bei Verfahrensänderungen und ansonsten regelmäßig, mindestens aber einmal jährlich, die Gültigkeit der Voraussetzungen überprüfen und das Ergebnis dokumentieren. Hierzu zählt unter anderem die Prüfung der unveränderten Gültigkeit dieser BG/BGIA-Empfehlungen. Die Überprüfung erfolgt im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nach § 7 der Gefahrstoffverordnung.

BG/BGIA-Empfehlungen geben dem Arbeitgeber praxisingerechte Hinweise darauf, wie er sicherstellen kann, dass die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) eingehalten sind bzw. der Stand der Technik erreicht ist, wenn keine AGW vorhanden sind. Bei Anwendung dieser BG/BGIA-Empfehlungen bleiben andere Anforderungen der Gefahrstoffverordnung, insbesondere die Informationsermittlung (§ 7), die Verpflichtung zur Beachtung der Rangordnung der Schutzmaßnahmen (§ 9), die Verpflichtung zur Erstellung von Betriebsanweisungen und zur regelmäßigen Unterweisung der Beschäftigten (§ 14) sowie zur arbeitsmedizinischen Vorsorge nach ArbmedVV (§ 3) bestehen.

7 Überprüfung

Diese BG/BGIA-Empfehlungen wurden erstmals im Februar 2003 und in überarbeiteter Form im März 2009 verabschiedet. Sie werden mindestens im Abstand von drei Jahren überprüft und bei Bedarf in überarbeiteter Form veröffentlicht.

8 Weiterführende Literatur

Nachstehend sind die in dieser Information in Bezug genommenen Vorschriften und Regeln aufgeführt:

- Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere
 - TRGS 402 Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition
 - TRGS 900 Luftgrenzwerte (Stand: 8/2004)
- DIN 8589 Fertigungsverfahren Spanen – Teil 0: Allgemeines; Einordnung, Unterteilung, Begriffe
- DIN 51385 Schmierstoffe; Kühlschmierstoffe; Begriffe
- DIN 51562-1 Viskosimetrie – Messung der kinematischen Viskosität mit dem Ubbelohde-Viskosimeter – Teil 1: Bauform und Durchführung der Messung
- DIN 51581-1 Prüfung von Mineralölerzeugnissen – Bestimmung des Verdampfungsverlustes – Teil 1: Verfahren nach Noack
- DIN EN ISO 2592 Mineralölerzeugnisse – Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes – Verfahren mit offenem Tiegel nach Cleveland
- BIA-Report 4/2004 Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung
- Regeln Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen (BGR 121)
Benutzung von Schutzkleidung (BGR/GUV-R 189)
Benutzung von Schutzhandschuhen (BGR/GUV-R 195)
Benutzung von Hautschutz (BGR 197)
- Information Hautschutz in Metallbetrieben (BGI 658)

- Stäbler, D.; Schönwald, H.; Sefrin, H.; Wolf, M.: Gefährdungsbeurteilung bei der Trockenbearbeitung metallischer Werkstoffe. Projekt-Abschlussbericht der Süddeutschen Metall-Berufsgenossenschaft, Mainz
- Klocke, R.; Eisenblätter, G.: Systeme, Werkzeuge und Medien für die Minimalmenge. Praxis der Trockenbearbeitung. VDI-Berichte Nr. 1458, Düsseldorf

Die zitierten Arbeitsschutznormen sind in der jeweils aktuellen Fassung anzuwenden. Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales veröffentlicht (Bundesarbeitsblatt bzw. Gemeinsames Ministerialblatt).

Anhang 1

Übersicht der Messergebnisse

Nr.	Maschinenart	Werkstoff	MMS-Zufuhr	Absaugung	Personegetragenen in mg/m ³	Stationär am Bedienpult in mg/m ³
1	Drehmaschine gekapselt	Stahl	innen	ja	0,8 0,6 0,6	– – –
2	Drehmaschine gekapselt	Stahl	innen	ja	0,9 0,8 0,6	– – –
3	Bohrwerk offen (KSS = Salatöl)	St52	innen	nein	3,8 2,1 6,2	5,2 2,1 6,0
4	Fertigungszentrum 8 Maschinen	Aluminium-Knetlegierung	innen	ja	1,4 1,4 1,3	1,1 1,5 2,4
5	Drehmaschine gekapselt	16MnCr5	innen/außen	ja	1,7 1,5 1,3	1,8 1,8 1,1
6	Fräsmaschine gekapselt	C45N	innen/außen	ja	4,1 5,3 4,4	– 5,3 4,4
7	Sägen offen	Stahl	außen	nein	<0,5 <0,5 <0,5	<0,5 <0,5 <0,5
8	Fräsmaschine gekapselt, steht aber offen	Nickelstahl Aluminium Werkzeugstahl	außen	nein	2,5 2,4 2,5	– – –
9	Bohr-Fräsmaschine gekapselt	Al-Legierung	innen	ja	3,6 4,8 4,2	4,0 5,2 4,4
10	Fräsmaschine gekapselt	C45k	innen	ja nein	1,7 0,8 –	1,4 1,0 –

Nr.	Maschinenart	Werkstoff	MMS-Zufuhr	Absaugung	Personengetragen in mg/m³	Stationär am Bedienpult in mg/m³
11	Fräsmaschine offen	Al-Legierung	außen	nein	0,9 2,7 0,8	0,9 2,5 –
12	Fräsmaschine gekapselt	Al-Legierung	außen	nein	1,7 2,1 1,1	1,7 2,1 1,1
13	5-Achs-Fräsmaschine gekapselt	Al-Legierung	außen	ja	0,6 0,6 0,7	<0,5 <0,5 0,6

Tabelle 3: Messergebnisse der Kühlschmierstoff-Emissionen. Probenahmedauer jeweils 2 Stunden (Projektmessung 2001-2002)

Anhang 2

Ergebnisse der Untersuchungen im Labor und im Spindelprüfstand

Zwei Schmierstoffgruppen wurden untersucht. Die erste Gruppe setzte sich aus reinen, synthetischen Esterölen unterschiedlicher Viskositäten zusammen. Die zweite Gruppe umfasste verschiedene Schmierstoff-Fertigprodukte, die bereits in der Praxis im Einsatz sind. Die Fertigprodukte bestanden aus verschiedensten Basisfluiden, versetzt mit anwendungsspezifischen Additiven.

Die Untersuchungen wurden in folgende Phasen unterteilt:

- Phase I: Laboruntersuchungen zu Spalt- bzw. Pyrolyseprodukten an beiden Schmierstoffgruppen
- Phase II: Grundlagenuntersuchungen am Spindelprüfstand des Fraunhofer-Instituts für Chemische Technologie (ICT)
- Phase III: Expositionsmessungen am Arbeitsplatz (siehe Abschnitt 4.2).

2.1 Gefahrstoffermittlung im Labor (Phase I)

In Vorversuchen wurden die Schmierstoffe für die Minimalmengenschmierung vom BGIA – Institut für Arbeitsschutz in synthetischer Luft auf 400 °C bzw. auf 800 °C erhitzt (pyrolysiert) und die flüchtigen Komponenten mittels Gaschromatografie bzw. Massenspektroskopie analysiert.

Die Pyrolyseversuche dienten zur Untersuchung von eventuell auftretenden Gefahrstoffen bei thermischer Belastung der Schmierstoffe während der Bearbeitung am Werkzeug. Die Ergebnisse wurden zur Auswahl geeigneter Probenahmesysteme für die nachfolgenden Zerspanversuche herangezogen. Die Pyrolyseuntersuchungen aller eingesetzten Schmierstoffe zeigten folgende qualitativen Ergebnisse:

Es wurden Spuren von gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen, Aldehyden und Ketonen, gesättigten und ungesättigten Estern (C16 bis C25) sowie höherwertigen Alkoholen (> C15) nachgewiesen.

2.2 Gefahrstoffermittlung im Prüfstand (Phase II)

Unter Einsatz der Minimalmengenschmierung mit innerer Zufuhr wurden Zerspanversuche an einem Prüfstand des Fraunhofer ICT durchgeführt. Unter Variation der Schnittparameter sowie der Werkstoffe wurde das Emissionsverhalten verschiedener Schmierstoffe unter reproduzierbaren Bedingungen ermittelt. Die Emissionen konnten

während der Zerspanung im Innern der Prüfstandsumhausung unmittelbar am Entstehungsort bestimmt werden. Es wurden Normalbedingungen mit üblichen Schnittgeschwindigkeiten (Vorschubgeschwindigkeit $f = 800$ bis 1000 mm/min) und Worst-Case-Bedingungen mit langer Verweildauer des Bohrers im Werkstück und dadurch verursachter extremer Wärmeentwicklung (Vorschubgeschwindigkeit $f = 200$ mm/min) bei gleichbleibender Bohrlochtiefe gemessen.

Um eine Aussage zu einer eventuell erhöhten Staubexposition durch die Bearbeitung mit MMS treffen zu können, wurde jeweils die A- und E-Staub-Fraktion gemessen. Die Konzentration von Pyrolyseprodukten konnte bei allen Versuchen als sehr gering, auch bei Messung direkt an der Entstehungsstelle, eingestuft werden. Unter praxisrelevanten, üblichen Schnittbedingungen wurden nur geringste Konzentrationen an Pyrolyseprodukten festgestellt, während bei starker thermischer Belastung des Schmierstoffes ($f = 200$ mm/min) höhere Werte gemessen wurden. Als Leitkomponente der Pyrolyseprodukte wurde Formaldehyd ermittelt. Die gemessenen Konzentrationen der Pyrolyseprodukte liegen im Arbeitsinnenraum der Maschine in einer Größenordnung von maximal $0,1$ mg/m³.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen sind ausführlich beschrieben.

Siehe „Gefährdungsbeurteilung bei der Trockenbearbeitung metallischer Werkstoffe“.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)

Mittelstraße 51

10117 Berlin

Tel.: 030 288763800

Fax: 030 288763808

E-Mail: info@dguv.de

Internet: www.dguv.de