

# Minimalmengenschmierung (MMS)

## Risiko von Bränden und Explosionen

In der Industrie wird zur spanenden Metallbearbeitung zunehmend Minimalmengenschmierung (MMS) eingesetzt. Dabei werden die eingesetzten brennbaren MMS-Schmierstoffe sehr stark vernebelt und teilweise verdampft. Es besteht die Möglichkeit der Durchzündung des Aerosol-Dampf-Luft Gemisches durch z. B. heiße Oberflächen oder energiereiche Funken im Innenraum der Werkzeugmaschine.

Diese DGUV-Information dient Betreibern und Herstellern von Werkzeugmaschinen zur spanenden Metallbearbeitung mit MMS als Hilfestellung zur Beurteilung und Reduzierung des Brand- und Explosionsrisikos. Sie stützt sich auf Versuche unter Praxisbedingungen auf einem Prüfstand.



**Bild 1:** Prüfstand zur Prüfung und Entwicklung von Schutzsystemen gegen Flammenaustritt

### 1 Bedeutung der MMS

Im Gegensatz zur konventionellen Überflutungsschmierung werden bei der Minimalmengenschmierung sehr geringe Mengen an Schmierstoff in Form von Aerosol zielgerichtet an die Zerspanstelle gebracht. Der Schmierstoff wird entweder von außen auf die Werkzeuge aufgesprüht (äußere Zuführung) oder gelangt als Aerosol durch die Spindel und durch Werkzeugkanäle zur Zerspanstelle (innere Zuführung). Für den Bearbeitungsprozess mit Minimalmengenschmierung werden durchschnittlich nicht mehr als 50 ml Schmierstoff je Prozessstunde und Werkzeug eingesetzt. Dabei können dem Prozess kurzzeitig bei einzelnen Operationen durchaus mehr als 150 ml/h Schmierstoff zugeführt werden, z. B. bei Werkzeugen mit Durchmesser > 40 mm [1]. Bislang geht man davon aus, dass bei der Minimalmengenschmierung bei einem Schmierstoff-Verbrauch von maximal 100 ml/(m<sup>3</sup> x h) bei bestimmungsgemäßer Verwendung nicht mit einem gefährlichen explosionsfähigen Dampf-Luftgemisch zu

### Inhaltsverzeichnis

- 1 Bedeutung der MMS
- 2 Schmierstoffe der MMS
- 3 Erkenntnisse aus früheren Projekten
- 4 Neue Praxisversuche
- 5 Fazit
- 6 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

rechnen ist, sofern ein Schmierstoff mit Kriterien gemäß Tabelle 1 eingesetzt wird.

MMS-Schmierstoff-Eigenschaft	Wert
Viskosität bei 40 °C	> 10 mm <sup>2</sup> /s
Flammpunkt (offener Tiegel)	> 150 °C
Verdampfungsverlust nach Noack bei 250 °C	< 65 %

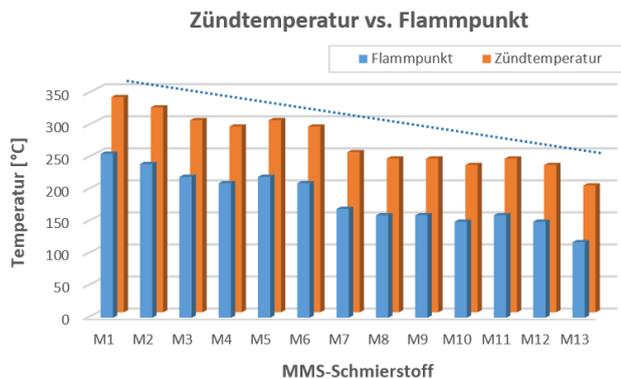
**Tabelle 1:** Kriterien zur Auswahl von MMS-Schmierstoffen gemäß DGUV Information 209-024

In der betrieblichen Praxis wird bei einigen Prozessen inzwischen von höheren Schmierstoffmengen (ca. 250 ml/(m<sup>3</sup> x h)) ausgegangen.

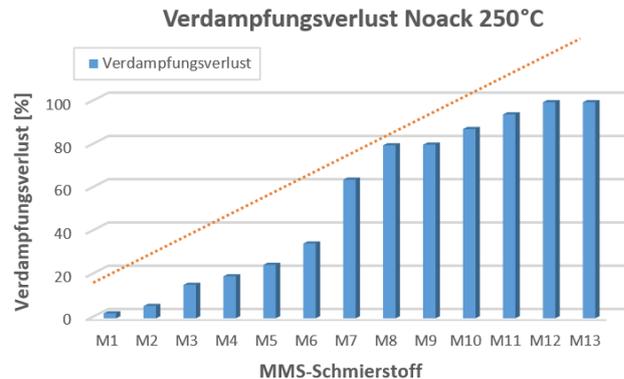
### 2 Schmierstoffe der MMS

Grundsätzlich wird empfohlen, den Kühlschmierstoff mit dem geringsten Verdampfungsverlust und dem höchsten Flammpunkt und nach Möglichkeit einer hohen Viskosität zu wählen. Für den Einsatz in Werkzeugmaschinen wird die Verwendung emissionsarmer MMS-Schmierstoffe mit den Randparametern aus Tabelle 1 gemäß DGUV Information 209-024 empfohlen.

In der Praxis werden MMS-Schmierstoffe mit möglichst gutem Schmiervermögen und hoher thermischer Belastbarkeit verwendet. Synthetische Esteröle und Fettalkohole mit geringem Verdampfungsverhalten und hohem Flammpunkt haben sich in der Praxis besonders bewährt. Vor dem Einsatz von niedrigsiedenden Flüssigkeiten wie z. B. Ethanol ist wegen des Brand-, Explosions- und Gesundheitsrisikos abzuraten.



**Bild 2:** Zusammenhang zwischen Zündtemperatur und Flammpunkt der getesteten Medien



**Bild 3:** "Verdampfungsverlust nach Noack" der getesteten Medien

### 3 Erkenntnisse aus früheren Projekten

In einem Forschungsprojekt wurde das Zündverhalten von brennbaren Schmierstoffen für die Minimalmengenschmierung untersucht. Es kam eine Apparatur zum Einsatz, mit der es möglich war, das Zündverhalten sowohl von Aerosolen als auch von Dämpfen zu bestimmen. Weiterhin waren auch Kombinationsversuche mit Aerosol-Dampf-Luft-Gemischen möglich.

Hierbei wurden verschiedene MMS-Schmierstoffe mit einer hohen Bandbreite hinsichtlich Viskosität, Flammpunkt und Verdampfungsverhalten betrachtet.

#### 3.1 Ergebnisse

Die Versuche wurden wie folgt durchgeführt:

- Erzeugung der Aerosole über Eindüsung mit Airless-Sprühsystem (p = 10 bar)
- Erzeugung von Dämpfen (gasförmig) mit Heizplatte

Die Zündung der jeweiligen Gemische erfolgte an einer Glühkerze mit einstellbarer Temperatur.

##### 1. Dämpfe

Bei den Versuchen mit Öldämpfen konnten diese bereits bei Temperaturen von 200 – 350 °C gezündet werden. Es konnte ein klarer Zusammenhang zwischen Zündtemperatur und Flammpunkt nachgewiesen werden. Ebenso besteht eine Korrelation zwischen Verdampfungsverlust und Zündtemperatur (siehe Bild 2 und Bild 3).

##### 2. Aerosole

Aerosole hingegen konnten erst bei Temperaturen oberhalb von 750 °C gezündet werden. Unabhängig von Viskosität und Flammpunkt wiesen die Aerosole sämtlicher Öle ähnliche Zündtemperaturen auf; die Schwankungsbreite betrug etwa 20 °C.

##### 3. Gemisch aus Dämpfen und Aerosolen

Gegenüber den reinen Dämpfen wurde eine deutliche Steigerung der Reaktionsheftigkeit bei gleichzeitigem Vorliegen von Dampf und Aerosol beobachtet. Außerdem erfolgt bereits eine Zündung in einem Bereich, in dem die Dämpfe allein nicht zündfähig sind

Somit konnte festgestellt werden, dass das allein schwer entzündbare Aerosol zusammen mit Dampf die Zündwilligkeit und die Reaktionsheftigkeit des Aerosol-Dampf-Luft-Gemisches erhöht.

In der Regel sind bei zahlreichen Prozessen Dämpfe und Aerosol gleichzeitig vorhanden. Es besteht die Gefahr,

dass bei dem allein schwer entzündbaren Aerosol zusammen mit Dampf die Zündtemperatur abgesenkt und gleichzeitig die Zündwilligkeit und die Reaktionsheftigkeit des Aerosol-Dampf-Luft-Gemisches erhöht wird. Durch den Einsatz emissionsarmer MMS Schmierstoffe (siehe Tabelle 1) kann dieser Gefahr entgegengewirkt werden.

Die Charakterisierung der Brand- und Explosionsheftigkeit kann mit den beiden Kennwerten „Flammpunkt“ und „Verdampfungsverlust nach Noack“ zuverlässig erfolgen.

### 4 Neue Praxisversuche

Im Rahmen eines weiteren Forschungsprojekts wurde die Möglichkeit von Zündereignissen bei der Minimalmengenschmierung untersucht. Hierbei sollten Erkenntnisse in Bezug auf die Brand- und Explosionsgefahr unter praxisnahen Bedingungen gewonnen werden.

Hierzu stand ein Prüfstand zur Verfügung, in dem die kritischen Verhältnisse im Innenraum der Werkzeugmaschine während der Zerspanung dargestellt werden können.

Der Prüfstand (s. Bild 1) ist modular aufgebaut und besteht im Wesentlichen aus Baugruppen eines Bearbeitungszentrums zur spanenden Bearbeitung.

Der Schmierstoff wird über zwei Düsen oberhalb und unterhalb der Bearbeitungsstelle mithilfe eines MMS-Dosiergeräts eingebracht. Mit dem modifizierten Versuchsaufbau ist es sogar möglich, Zerspanungsversuche mit einem MMS-Schmierstoff-Verbrauch von mehr als 1000 ml/(m³ x h) durchzuführen.

Dazu wurden unterschiedliche Versuchsreihen mit verschiedenen Drehprozessen durchgeführt. Die eingesetzten Minimalmengenschmierstoffe hatten die in Tabelle 1 aufgeführten Eigenschaften.

Um das Brand- und Explosionsrisiko zu bestimmen, wurden in bestimmtem Zeitabständen an vorher festgelegten Stellen im Bearbeitungsraum kontrollierte Zündungen ausgeführt.

Hierbei wurden neben Versuchen mit normalen Zündern auch Worst-Case-Versuche (z. B. mit Dauerzündern; abgenutzten Werkzeugen oder ungünstigen Absaugbedingungen) durchgeführt.

Es ist festzuhalten, dass das Aerosol-Dampf-Luft-Gemisch sich auch bei Versuchsanordnungen unter „Worst-Case-Bedingungen“ und teilweise starker Aerosolbildung im Bearbeitungsraum nicht zünden ließ.

## 5 Fazit

Anhand der Versuchsergebnisse haben sich folgende zwei Bedingungen zum sicheren Betrieb mit MMS herauskristallisiert:

1. Verwendung emissionsarmer MMS-Schmierstoffe  
Für den Einsatz in Werkzeugmaschinen wird die Verwendung emissionsarmer MMS-Schmierstoffe mit den in Tabelle 1 genannten Eigenschaften gemäß DGUV Information 209-024 empfohlen.  
Vom Einsatz von niedrigsiedenden Flüssigkeiten wie z. B. Ethanol ist dringend abzuraten.
2. Absaugung mit kontinuierlichem Volumenstrom und Überwachung  
Der Absaugvolumenstrom sollte derart hoch eingestellt sein, dass sowohl ein leichter Unterdruck als auch eine nach innen gerichtete Strömung in der Kammer vorherrschen, damit keine Emissionen aus der Kammer austreten können.  
In der Industrie hat sich ein Absaugvolumenstrom von 400 – 600 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>3</sup> Maschinenarbeitsraum bewährt.  
Hinweise zur optimalen Einstellung finden sich in der VDI 3802 Blatt 2 [2] sowie in der VDI 2262 Blatt 4 [3].

Bei Einhaltung der beiden oben genannten Bedingungen ist eine MMS-Bearbeitung mit Schmierstoffmengen bis zu

1.000 ml pro Prozessstunde pro m<sup>3</sup> Arbeitsraum  
(~ etwa 15 ml pro Minute pro m<sup>3</sup> Arbeitsraum)

ohne die Gefahr einer Zündung des Aerosol-Dampf-Luft-Gemisches möglich.

## 6 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Diese DGUV-Information beruht auf dem durch den Fachbereich Holz und Metall, Sachgebiet Maschinen, Anlagen und Fertigungsautomation der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung DGUV zusammengeführten Erfahrungswissen sowie auf Erkenntnissen aus dem Unfallgeschehen auf dem Gebiet des Brand- und Explosionsschutzes an Maschinen und ist in Zusammenarbeit mit der INBUREX Consulting, Gesellschaft für Explosionsschutz und Anlagensicherheit mbH, 59067 Hamm, erarbeitet worden.

Sie soll insbesondere die Hersteller und Anwender von Werkzeugmaschinen unterstützen und helfen, die Beurteilung und Reduzierung des Brand- und Explosionsrisikos im Rahmen der Erstellung der Risikobeurteilung bzw. der Gefährdungsbeurteilung umzusetzen.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese DGUV-Information unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt.

Um vollständige Informationen zu erhalten, ist es erforderlich, die in Frage kommenden Vorschriftentexte einzusehen.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich u. a. zusammen aus Vertretern und Vertreterinnen der Unfallversicherungsträger, von staatlichen Stellen, Sozialpartnern, Herstellern und Betreibern.

Diese DGUV-Information ersetzt die gleichnamige Fassung, herausgegeben als Entwurf 02/2017. Weitere

DGUV-Informationen bzw. Informationsblätter des Fachbereichs Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [4].

Zu den Zielen der DGUV-Information siehe DGUV-Information FB HM-001 „Ziele der DGUV-Information herausgegeben vom Fachbereich Holz und Metall“.

### Literatur:

- [1] DGUV Information 209-024 (bisher: BGI/GUV-I 718) „Minimalmengenschmierung in der spanenden Fertigung“, Ausgabe November 2010, DGUV Berlin
- [2] VDI 3802 Blatt 2:2012-03 „Raumlufttechnische Anlagen für Fertigungsstätten – Absaugung luftfremder Stoffe an materialabtragenden Werkzeugmaschinen“, VDI Düsseldorf
- [3] VDI 2262 Blatt 4:2006-03 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe – Erfassen luftfremder Stoffe“, VDI Düsseldorf
- [4] Internet: [www.dguv.de/fb-holzundmetall](http://www.dguv.de/fb-holzundmetall) Publikationen oder [www.bghm.de](http://www.bghm.de) Webcode: <626>

### Bildnachweis:

Die in dieser DGUV-Information des FB HM gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Bild 1, 2, 3: FB HM, SG MAF, Sefrn

### Herausgeber:

Fachbereich Holz und Metall der DGUV  
Sachgebiet Maschinen, Anlagen und Fertigungsautomation  
c/o Berufsgenossenschaft Holz und Metall  
Postfach 37 80  
55027 Mainz