

Fachbereich AKTUELL

Brand- und Explosionsschutz an WZM

FBHM-032

Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation
Stand: 13.08.2021

Der Trend zum Einsatz nichtwassermischbarer, brennbarer Kühlschmierstoffe (KSS) rückt die Thematik Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen (WZM) verstärkt in den Vordergrund. Je nach Bearbeitung können durch die Zündung des KSS-Luft-Gemischs im Maschineninnenraum heftige Flammenaustritte in der Maschinenumgebung auftreten.



Abbildung 1 – Flammenaustritte an einer WZM nach Zündung des KSS-Luft-Gemischs [1]

Inhalt

1	Auswahl emissionsarmer KSS	2
2	Maßnahmen gegen heiße Oberflächen und „weitere Zündquellen“ ...	2
3	Konstruktive Maßnahmen:	
	Werkzeugmaschine	3
4	Absauganlagen	4
5	Druckentlastungseinrichtungen	5
6	Löschen von Maschinenbränden	5
7	Schutzmaßnahmen in der Maschinenumgebung	6
8	Unterweisung – Verhalten der Beschäftigten im Brandfall	7
9	Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen	7

Während die meisten dieser Brandereignisse glimpflich ablaufen, kam es in Einzelfällen aufgrund mangelnder Schutzmaßnahmen zum völligen Abbrand der Werkshalle und zu Schäden in Millionenhöhe.

Ein mögliches Schutzkonzept und Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten vor Brand- und Explosionsgefahren bei der Benutzung von Werkzeugmaschinen werden im Folgenden beschrieben. Zur Erstellung der Gefährdungsbeurteilung finden Sie in der Anlage 1 „Der rote Faden“ und in der Anlage 2 Checklisten als Orientierungshilfe.

1 Auswahl emissionsarmer KSS

Durch die Auswahl emissionsarmer Kühlschmierstoffe (KSS) kann die Aerosol- und Dampfbildung im Maschineninnenraum reduziert werden.

Emissionsarme Kühlschmierstoffe zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- aufgebaut auf Basis verdampfungsarmer Mineralöle oder
- synthetische Ester und/oder Sonderflüssigkeiten
- Zusatz von Antinebeladditiven

Grundsätzlich wird empfohlen, den KSS mit dem geringsten Verdampfungsverlust (nach Noack bei 250°C), dem höchsten Flammpunkt und der nach Möglichkeit höchsten Viskosität in Abhängigkeit vom Bearbeitungsprozess zu wählen.

Untersuchungen zeigten, dass eine Temperaturerhöhung eines KSS von 10°C eine Verdoppelung der Aerosolbildung zur Folge hat. Gelingt es, die KSS-Temperatur zu überwachen durch geeignete Maßnahmen niedrig zu halten, kann das Nebelverhalten erheblich verbessert werden.

Das kann erreicht werden durch:

- ausreichende KSS Menge
- ausreichende Überflutung an der Werkzeugschneide
- Umlenkleche zum Abkühlen
- Kühlung

Neben dem Verdampfungs- und Vernebelungsverhalten des KSS sind zur Bewertung des Explosionsrisikos folgende sicherheitstechnische Kenngrößen relevant:

- untere Explosionsgrenze in g/m³,
- maximaler Explosionsdruck in bar (Ü),
- maximaler Druckanstieg, wiedergegeben durch den K_F-Wert in bar·m/s

Für KSS-Aerosole sind der Fachliteratur folgende Werte für diese Kenngrößen zu entnehmen [2, 3, 4, 5]:

Kenngrößen	Werte
untere Explosionsgrenze	25 g/m ³ - 60 g/m ³
maximaler Explosionsdruck	7,2 bar - 7,7 bar
K _F -Wert	75 bar·m/s - 103 bar·m/s

(Die experimentell ermittelten Explosionsdrücke und K_F-Werte stellen Maximalwerte dar).

Tabelle 1 – Kenngrößen und Werte für KSS-Aerosole

In der Praxis gilt es, Einschleppungen von Fremdölen und Rückständen, zum Beispiel

- Maschinenreinigungs- und Pflegemittel,
- Reinigungs- und Lösemittel von Werkstücken,
- Fremdöle etc.,

in den Kühlschmierstoff in der Werkzeugmaschine möglichst zu vermeiden (Hinweise zur KSS-Pflege siehe VDI 3397 Blatt 2 [6], DGUV Regel 109-003 [7]). Potenziale zur Verringerung dieser Gefahren bestehen im Einsatz von kompatiblen Multifunktionsölen (siehe auch VDI 3035 [8]).

2 Maßnahmen gegen heiße Oberflächen und „weitere Zündquellen“

In den meisten Fällen wird ein Maschinenbrand an der Bearbeitungsstelle durch einen glühenden Span, einen Schleiffunken oder ein heißgelaufenes Werkzeug ausgelöst. Eine zuverlässige und ausreichende Kühlung der Bearbeitungsstelle durch KSS ist deshalb sicherzustellen.

Der KSS-Kreislauf ist so zu dimensionieren (Leitungsquerschnitt, Vorratsbehälter, Pumpen etc.), dass eine ausreichende Menge KSS für die Überflutung der Zerspanstelle zu jeder Zeit und

für jedes Werkzeug gewährleistet ist. Hinweise zur Auslegung des KSS-Kreislaufs siehe VDI 3035 sowie VDI 3397 Blatt 1 [9]. Maßnahmen zur optimalen Überflutung sind zum Beispiel:

- Überflutungskühlschmierung: mit Niederdruck (2-4 bar)
- Abreinigung (Schleifwerkzeuge etc.) mit 30 l/min Hochdruck (bis 100 bar)
- Löschen von Funken durch zusätzliche KSS-Aufgabe an den Entstehungsstellen (Unterdüse beim Schleifen)

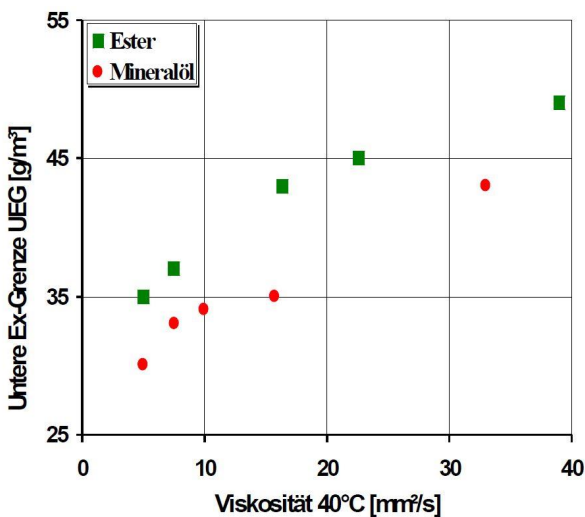


Abbildung 2 – Untere Explosionsgrenzen von KSS-Emissionen

Für die Kühlwirkung und den Grad der Vernebelung ist auch die Form des Spülstrahls (Druck und Düsenform sowie korrekte Einstellung) maßgebend. Vorteilhaft ist eine werkzeugnahe Überflutung mit großen Mengen unter Niederdruck. Durch den Einbau von weiteren Düsen oder Anordnung als „KSS-Spülvorhänge“ kann das Nebelvolumen zusätzlich minimiert werden. Ebenfalls wichtig ist, die Düsen auf den Bereich Werkstück/Bearbeitungsstelle korrekt auszurichten und einzustellen.

Zur Überwachung der KSS-Zufuhr kommen vorwiegend Druckschalter für Hoch- und Niederdruck oder Strömungswächter oder die Überwachung der Pumpenmotorströme zum Einsatz.

Generell sollten Werkzeuge auf ihren Zustand überprüft und nach Ablauf der vom Werkzeughersteller angegebenen Standzeit ausgetauscht werden. Durch eine Prozessüberwachung können solche sicherheitskritischen Zustände aufgrund von Werkzeugverschleiß erkannt werden.

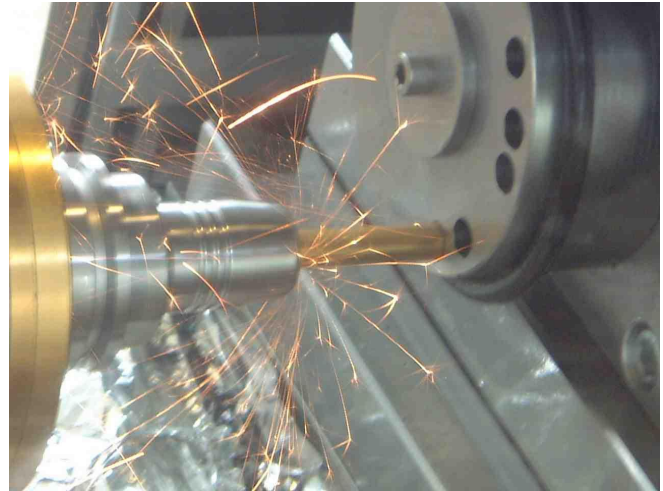


Abbildung 3 – Zündfunken beim Bohren

3 Konstruktive Maßnahmen: Werkzeugmaschine

Bei einer Zündung des KSS-Luft-Gemischs und bei Bränden können Flammen und heiße Gase aus der Werkzeugmaschine austreten. Zur Verringerung der Gefährdung durch Flammen und heiße Gase für die Bedienperson und die Umgebung sind im Türbereich der Werkzeugmaschine Türabyrinth installiert.

Falls hauptzeitparalleles Beladen am Rüstplatz des Palettenwechslers möglich ist, ist der Beladerraum vom Arbeitsraum flammendurchschlaghemmend zu trennen.

Nicht vermeidbare Öffnungen, zum Beispiel Werkstücköffnungen, sind sorgfältig abzudichten, zum Beispiel über Klappen oder Schieber, die die Öffnung nur während eines Werkstückwechsels freigeben. Die Sichtscheiben sind aus Polycarbonat und formschlüssig eingefasst (DIN EN ISO 23125 [10]), Fachbereich AKTUELL FBHM-060 Schutzsysteme an WZM [11].

Ein optimaler Informationsaustausch zwischen der Steuerung von Werkzeugmaschine, Absauganlage und automatischer Löscheinrichtung ist die Voraussetzung für ein sicheres Betreiben der Gesamtanlage.

Ein Start der Maschine darf nur möglich sein, wenn:

- Absauganlage ein/Späneabfuhr ein
- Tür verriegelt mit Zuhaltung
- Löschanlage betriebsbereit

Angezeigte Störungen müssen automatisch weitergeleitet und umgehend beseitigt werden. Erst dann darf die Anlage in Betrieb genommen werden.

4 Absauganlagen

Um eine Anreicherung der brennbaren und gegebenenfalls explosionsfähigen KSS-Emissionen in der Werkzeugmaschine und in der unmittelbaren Umgebung zu vermindern, werden sie von Absauganlagen erfasst, abgesaugt und abgeschieden.

Generell müssen Anlagen zur Absaugung brennbarer Luftverunreinigungen und explosionsfähiger Gemische aus leitfähigen oder elektrostatisch ableitfähigen Werkstoffen hergestellt und geerdet sein.

Wenn ein Abscheider/Vorabscheider eingesetzt wird, sollte er in zündquellenfreier Bauart ausgeführt werden, das heißt, im Abscheider selbst befinden sich auf der Rohgasseite keine bewegten Teile oder elektrische Betriebsmittel mit Oberflächentemperaturen über der Zündtemperatur. Der Absaugventilator befindet sich auf der Reinluftseite.

Damit keine KSS-Aerosole und Dämpfe austreten können ist es notwendig, dass ein ständiger Unterdruck in der Einhausung vorherrscht. Die Luftbewegung muss stets in den Bearbeitungsraum und nicht umgekehrt gerichtet sein.

Die Erfassungsstelle (Anschlussstutzen) im Maschineninnenraum sollte so gestaltet sein,

dass keine größeren Partikel, Kühlschmierstoffflüssigkeit und Späne in die Absauganlage gelangen und sich in den Rohrleitungen ansammeln können. Das wird erreicht, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:

- Absaugstelle soll möglichst weit von Bearbeitungspunkt/Zerspanstelle entfernt sein.
- Querströmungen an Erfassungsstelle vermeiden.
- Bei der Auswahl der Erfassungsstelle Anordnung von KSS-Düsen, Düsenanordnung, Hauptzerstäubungsrichtung, Späneflug bei Auswahl der Erfassungsstelle berücksichtigen.
- Prallbleche oder mechanische Vorabscheider verringern zusätzlich die Eintragung von KSS-Aerosolen und Spänen in die Absaugleitung.
- An der Erfassungsstelle sollte die Luftgeschwindigkeit so niedrig wie möglich sein (< 8 m/s).

Rohrleitungen müssen nichtbrennbar sein und dürfen sich nicht elektrostatisch aufladen (Erdung vorsehen, möglichst keine Wickelfalzrohre).

Sie sind so zu verlegen, dass sich eingetragener oder kondensierter KSS nicht in ihnen ansammeln kann. Vertiefungen oder sackartige Verlegung sind zu vermeiden.

Für die Kontrolle der Rohrleitungen im Inneren (Ablagerungen von Öl und Spänenester) sind in erforderlichen Abständen Kontroll-/Revisionsöffnungen vorzusehen.



Abbildung 4 – Druckwächter

Besteht das Risiko des direkten Eindringens der Flamme in die Rohrleitung und einer Brandausbreitung in andere Bereiche, sind schnellschließende Absperrklappen einzusetzen. Im Brandfall erfolgt bei der schnellschließenden Absperrklappe eine Abschottung der Werkzeugmaschine gegenüber der Absauganlage oder umgekehrt.

Voraussetzung für den Maschinenstart ist eine laufende Absauganlage unter Einhaltung des vom Maschinenhersteller vorgegebenen Mindestvolumenstroms/Abluftstroms (Kontrolle zum Beispiel über Druck- oder Strömungswächter). Bei Unterschreitung des erforderlichen Abluftstroms oder bei Störung muss die Maschine außer Betrieb gehen.

5 Druckentlastungseinrichtungen

Die Druckentlastungseinrichtung (-klappe) hat die Aufgabe, einen Überdruck abzubauen, der durch die Zündung eines Gemischs im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine entsteht.

Die Druckentlastungsklappe wird meist im Deckenbereich der Werkzeugmaschine installiert. Ziel ist es, eine Druckentlastung auf möglichst direktem, kurzem Weg zu gewährleisten, Flammen und heiße Verbrennungsgase in ungefährliche Bereiche abzuleiten und eine Gefährdung der Maschinenbedienpersonen auszuschließen.

Der Ansprechdruck von Druckentlastungseinrichtungen zum Öffnen sollte sehr niedrig sein (zum Beispiel < 5 mbar). Die Einrichtung öffnet sich nur kurzzeitig und schließt wieder unmittelbar nach erfolgter Entlastung.

Durch eine Zündung des KSS-Luft-Gemischs können beim Ansprechen einer Druckentlastungseinrichtung sehr hohe Stichflammen austreten, die eine Gefährdung für die Umgebung der Maschine darstellen. Im Bereich über der Druckentlastungsklappe dürfen sich daher

keine brennbaren Materialien (Holzverkleidung, Isolierung etc...) befinden.



Abbildung 5 – Stichflammen

Eine genauere Auslegung einschließlich der Übertragung auf gängige Druckentlastungseinrichtungen kann nach Forschungsbericht VDW 3002 „Explosionsdruckentlastung von spanabhebenden Werkzeugmaschinen“ [12] vorgenommen werden.

6 Löschen von Maschinenbränden

Ist das Betreiben einer Werkzeugmaschine mit einem hohen Brandrisiko verbunden, müssen integrierte Brandmelde- und Löscheinrichtungen vorgesehen werden (DIN EN ISO 19353 [13]). Dabei werden folgende Abstufungen unterschieden:

- handbetätigtes Löschesystem
- Brandmeldeanlage in Verbindung mit einem handbetätigten Löschesystem
- Brandmeldeanlage in Verbindung mit einer automatischen Löschanlage

Die Ausführungen in der Praxis reichen von fest installiertem Feuerlöscher mit Verrohrung bis zur Brandmeldeanlage mit automatischer Löschanlage.

Die Auswahl der Löschmethode und der integrierten Brandmelde- und Löscheinrichtungen an

Werkzeugmaschinen richtet sich hauptsächlich nach dem Grad der Personengefährdung und nachrangig nach dem Grad von Sach- und Umweltschäden.

Bei hohem Risiko von Personenschäden, großen Sachwert- und Umweltschäden, aber auch bei der Gefahr von nachfolgenden Metallbränden (zum Beispiel Magnesium) ist eine schnelle Branderkennung und Löschung durch eine automatische Feuerlöschanlage unbedingt erforderlich.

6.1 Löschmittel

Folgende Löschmittel für Brände brennbarer Kühlschmierstoffe sind einsetzbar:

- Löschgase, zum Beispiel sauerstoffverdrängende Gase wie CO₂, N₂, Edelgase und deren Mischungen
- Wasser (in Wasserfeinsprühtechnik/Wassernebeltechnik)
- Schaum
- Pulver der Brandklassen ABC oder BC (Ölbrände entsprechen der Brandklasse B)

Bei Kohlendioxid als Löschmittel ist ab einer Konzentration von 5 Vol-% mit Gesundheitsschäden zu rechnen. Ab einer Konzentration von mehr als 8 Vol-% besteht Lebensgefahr (siehe auch DGUV Information 205-026 „Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen“)[14].

Metallbrände (zum Beispiel Mg, Al, Ti) sind mit Löschmitteln der Brandklassen A, B und C nicht zu löschen! Als Löschmittel für die Bekämpfung von Metallbränden sind derzeit Pulverlöschmittel der Brandklasse D und das Edelgas Argon verfügbar. Bei allen anderen Löschmitteln muss ein Nachweis der Eignung für die Löschung von Metallbränden geführt werden.

Auslegungs- und Ausführungskriterien für Löschanlagen gibt zum Beispiel die VdS Schadenverhütung GmbH (siehe www.vds.de) heraus.

Die Feuerlöschanlage muss von einem Fachbetrieb geplant und eingebaut werden, möglichst in Abstimmung mit dem Werkzeugmaschinenhersteller.

Weitere Hinweise zu Anforderungen an Alarmierung und Verzögerung sind in den entsprechenden Regelwerken enthalten (zum Beispiel DGUV Information 205-026).

7 Schutzmaßnahmen in der Maschinenumgebung

Damit ein Maschinenbrand nicht auf die Umgebung übergreift und bei einem Feuer oder einer Löschung keine Personen zu Schaden kommen, sind die generellen Verhaltensregeln im Brandfall sowie die allgemeinen Regeln des vorbeugenden Brandschutzes zu beachten (siehe auch DGUV Information 205-001 [15]):

- Brandlast in Maschinenumgebung verringern (brennbare Materialien, Pappe, Öl).
- Eine ausreichende Anzahl an Handfeuerlöschern bereithalten [16].
- Rauchverbot einhalten.
- Notausgänge, Flucht- und Rettungswege freihalten.
- Verhalten im Brandfall: Rettungskette, Notruf, Feuerwehr

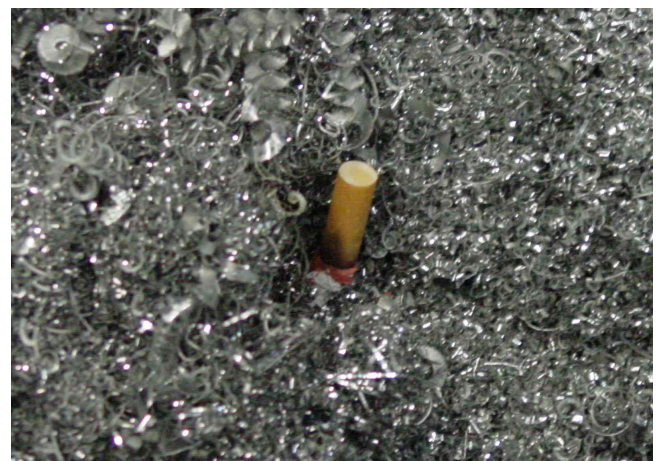


Abbildung 6 – Zündquellen im Spänebehälter

Zur Reduzierung der Brandgefahr sollte die Brandlast in der unmittelbaren Umgebung einer Werkzeugmaschine möglichst gering gehalten werden.

Es ist darauf zu achten, dass Kartonagen oder ölgetränkte Putzlappen auf keinen Fall in der unmittelbaren Umgebung gelagert werden. Eine regelmäßige Entleerung der Ölwannen und Gitterroste (Ablauf vorsehen, Ölsauger einsetzen) sowie die Beseitigung von Kartons und ölgetränkten Lappen verringert die Brandlast erheblich.

Die Aufbewahrung von gebrauchtem Putzmaterial sollte in nicht brennbaren geschlossenen Behältnissen erfolgen.

Außerdem sind die Spänebehälter regelmäßig zu entleeren, um die Brandlast zu verringern und einer möglichen Selbstentzündung vorzubeugen. Weiterhin ist in diesen Bereichen die Einhaltung eines generellen Rauchverbots unverzichtbar.

8 Unterweisung – Verhalten der Beschäftigten im Brandfall

Bei Tätigkeiten an Werkzeugmaschinen mit brennbaren Kühlschmierstoffen sollte im Rahmen der Unterweisung in die generellen Verhaltensregeln im Brandfall auch auf folgende Gefährdungen hingewiesen werden:

- Rückzündungsgefahr beim Öffnen der Maschinentür nach Brand
- Tragen ölgetränkter Kleidung: erhöhte Brandgefahr bei Rückzündung (Docht-Effekt)
- Flammenaustritte an Türspalten und Öffnungen der WZM
- Erstickungsgefahr in engen Räumen durch Brandgase/Rauch
- Erstickungsgefahr durch Löschgas Kohlendioxid (ab 5 Vol. %)
- Maschine nach Brand nicht berühren: evtl. spannungsführend, heiß.

Grundsätzlich gehört zur Unterweisung eine Einweisung in die Funktion, Bedienung und Handhabung vorhandener Sicherheitseinrichtungen, zum Beispiel Löschanlagen.

9 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Diese „Fachbereich AKTUELL“ beruht auf dem durch den Fachbereich Holz und Metall (FB HM), Sachgebiet Maschinen, Robotik und Fertigungsautomation (SG MRF) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) zusammengeführten Erfahrungswissen

Sie soll besonders Konstrukteurinnen oder Konstrukteuren, Herstellerinnen und Herstellern sowie den Sicherheitsfachkräften und Betriebsingenieuren und Betriebsingenieurinnen der Betreiber von Maschinen der Metallbearbeitung zur Orientierung darüber dienen, wie die konkretisierenden Anforderungen der Europäischen Normen zu den Vorgaben der Europäischen Maschinenrichtlinie in der Praxis umgesetzt werden.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese „Fachbereich AKTUELL“ unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt.

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

Diese „Fachbereich AKTUELL“ ersetzt die gleichnamige Fassung, herausgegeben als DGUV-Information FB HM-032 Ausgabe 11/2013. Aktualisierungen wurden infolge redaktioneller Anpassungen erforderlich.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich unter anderem zusammen aus Vertreterinnen und Vertretern der Unfallversicherungsträger, staatlichen Stellen, Sozialpartnern, herstellenden und betreibenden Firmen.

Weitere „Fachbereich AKTUELL“ oder Informationsblätter des Fachbereichs Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit [17].

Literatur:

- [1] DGUV Information 209-026 „Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen“; Ausgabe April 2009, Überarbeitung März 2012, DGUV, Berlin
- [2] Hirsch, W., Hempel, D., Förster, H.: Untersuchungen zum Explosionsschutz beim Einsatz von Kühlschmierstoffen in Werkzeugmaschinen, PTB-ThEx-2, Braunschweig, September 1997
- [3] Höppner, K.: Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur Bestimmung der Explosionskenngrößen von Nebeln brennbarer Flüssigkeiten, Forschungsbericht IB-95-524, IBExU GmbH, Freiberg 1996
- [4] Freiler, C.: Brand- und Explosionsverhalten von nichtwassermischbaren Kühlschmierstoffen – Möglichkeiten der Minimierung von Gefährdungen, Fuchs Europe Schmierstoffe, Vortrag im Arbeitskreis Maschinensicherheit, Brand- und Explosions-sicherheit an Werkzeugmaschinen, BG Metall Süd, Mainz am 30.06.2005
- [5] Steen, H.: Handbuch des Explosionsschutzes, Wiley VCH, 2000, Kapitel 5.1
- [6] VDI 3397 Blatt 2:2014-06 „Pflege von Kühlschmierstoffen für spanende und umformende Fertigungsverfahren – Maßnahmen zur Qualitätserhaltung, Prozessverbesserung, Abfall- und Abwasserverminderung“; Beuth Verlag, Berlin
- [7] DGUV Regel 109-003 „Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen“; Ausgabe März 2011, DGUV, Berlin
- [8] VDI 3035:2008-05 „Gestaltung von Werkzeugmaschinen, Fertigungsanlagen und peripheren Einrichtungen für den Einsatz von Kühlschmierstoffen“; Beuth Verlag, Berlin
- [9] VDI 3397 Blatt 1: 2020-03 „Bearbeitungsmedien (BM) für die Umformung und Zerspanung – Kühlschmierstoffe, Umformschmierstoffe, Minimalmengenschmierstoffe, Multifunktionsöle“; Beuth Verlag, Berlin
- [10] DIN EN ISO 23125:2015-04 „Werkzeugmaschinen - Sicherheit – Drehmaschinen“; Beuth Verlag, Berlin
- [11] Fachbereich AKTUELL FB HM-060 „Schutzsysteme an WZM – Gegen Flammenaustritt beim Einsatz von brennbaren KSS“; Ausgabe 04/2013, Fachbereich Holz und Metall, Postfach 3780, 55027 Mainz
- [12] VDW 3002: Explosionsdruckentlastungen von spanabhebenden Werkzeugmaschinen; 15. Januar 1996 – 30. April 1996, Frankfurt
- [13] DIN EN ISO 19353:2019-06 „Sicherheit von Maschinen – Vorbeugender und abwehrender Brandschutz; Beuth Verlag, Berlin
- [14] DGUV Information 205-026 „Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen“; Ausgabe 05/2018, DGUV, Berlin
- [15] DGUV Information 205-001 „Betrieblicher Brandschutz in der Praxis“; Ausgabe 12/2020, DGUV Berlin
- [16] Technische Regeln für Arbeitsstätten, ASR A2.2: „Maßnahmen gegen Brände“, Ausgabe 05/2018, BAUA
- [17] Internet: www.dguv.de/fb-holzundmetall, Publikationen oder www.bghm.de Webcode: <626>
- [18] Brand- und Explosionsversuche an Werkzeugmaschinen mit brennbaren Kühlschmierstoffen: Abschlussbericht über Zündversuche in einer Werkzeugmaschine beim Institut für Sicherheitstechnik GmbH IBExU, Freiberg; Ausgabe 08/2009

[19] DIN ISO 3448:2010-02 „Flüssige Industrie-Schmierstoffe – ISO-Viskositätsklassifikation; Beuth Verlag, Berlin

[20] DIN 51562-1:Berichtigung 1:2018-11 „Viskosimetrie – Messung der kinematischen Viskosität mit dem Ubbelohde-Viskosimeter“ - Teil 1: Bauform und Durchführung der Messung; Berichtigung 1; Beuth Verlag, Berlin

[21] DIN EN ISO 2592:2018-01 „Mineralöl-erzeugnisse und verwandte Produkte – Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes – Verfahren mit offenem Tiegel nach Cleveland“; Beuth Verlag, Berlin

[22] DIN 51581-1:2011-09 „Prüfung von Mineralölerzeugnissen – Bestimmung des Verdampfungsverlustes – Teil 1: Verfahren nach Noack“; Beuth Verlag, Berlin

[23] DIN 51581-2:1997-05 „Prüfung von Mineralölerzeugnissen – Bestimmung des Verdampfungsverlustes – Teil 2: Gaschromatographisches Verfahren“; Beuth Verlag, Berlin

[24] VDW 0209 M.Ising: Gestaltung und Dimensionierung von trennenden Schutzeinrichtungen. 1997, Frankfurt

[25] DGUV Information 209-090 „Tätigkeiten mit Magnesium“; Ausgabe 06/2018, DGUV, Berlin

Bildnachweis:

Die in dieser „Fachbereich AKTUELL“ gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

Abbildung 1 – Flammenaustritte an einer WZM nach Zündung des KSS-Luft-Gemischs
INDEX-Werke GmbH & Co. KG, Hahn und Tesky, Plochinger Straße 92, 73730 Esslingen

Abbildung 2 – Untere Explosionsgrenzen von KSS-Emissionen

Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH
Friesenheimer Str. 19 68169 Mannheim

Abbildung 3 – Zündfunken beim Bohren
INDEX-Werke GmbH & Co. KG, Hahn und Tesky, Plochinger Straße 92, 73730 Esslingen

Abbildung 4 – Druckwächter
Keller Lufttechnik GmbH & Co. KG Neue Weilheimer Str. 30 73230 Kirchheim u. Teck

Abbildung 5 – Stichflammen
DGUV, FBHM, SG MRF, Sefrin

Abbildung 6 – Zündquellen im Spänebehälter
DGUV, FBHM, SG MRF, Sefrin

Abbildung 7 – „Der Rote Faden“: Vorgehen bei der Gefährdungsbeurteilung
DGUV, FBHM, SG MRF, Sefrin

Abbildung 8 – Kenndaten von nichtwasser-mischbaren (nwm) Kühlschmierstoffen
DGUV, FBHM, SG MRF, Sefrin

Tabellennachweis:

Tabelle 1 – Kenngrößen und Werte für KSS-Aerosole

Anlage 1: „Der Rote Faden“/Kenndaten nwm-KSS

Information	WZM für brennbare KSS geeignet?	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsanleitung • Bestimmungsgem. Verwendung • Merkmale WZM
Brennbarer Stoff	KSS	<ul style="list-style-type: none"> • Emissionsarmer KSS • KSS-Kennwerte • Multifunktionsöl
Zündquellen, Heiße Oberflächen	KSS-Menge, KSS-Überwachung, Werkzeug-Überwachung	<ul style="list-style-type: none"> • KSS-Kreislauf (VDI 3035) • Druck-/Strömungswächter • Frequenzanalyse
Technische und konstruktive Maßnahmen	WZM-Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> • Gehäuse druck-/stoßfest • Tür: Labyrinthdichtungen
	Absauganlage	<ul style="list-style-type: none"> • Brand-Ex-geeignet • Volumenstrom überwacht
	Druckentlastung	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionierung/Stelle • Geprüfte Bauteile
	Löschanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Manuelle/autom. Löschanlage • Geeignetes Löschmittel
	WZM-Umgebung	<ul style="list-style-type: none"> • Spänebehälter • Ölwanne • Brennbare Materialien
Organisatorische Maßnahmen	Unterweisung Beschäftigte	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ • Rückzündung • Verhalten im Brandfall • Bedienung Löschanlage
	Prüfung, Wartung	<ul style="list-style-type: none"> • Löschanlage • Absauganlage • Reinigung

Abbildung 7 – „Der Rote Faden“: Vorgehen bei der Gefährdungsbeurteilung


Tendenz	Viskositätsklasse nach DIN ISO 3448 [19]	Viskosität bei 40 °C nach DIN 51562-1 [20]	Flammpunkt nach DIN EN ISO 2592 (Verfahren mit offenem Tiegel nach Cleveland) [21]	Verdampfungsverlust bei 250°C nach DIN 51581-1, -2 (Verfahren nach Noack) [22], [23]	Bearbeitungsverfahren beispielhaft
	ISO VG 5	4,14 - 5,06 mm ² /s	> 120 °C	< 85 %	Honen, Reiben
	ISO VG 7	6,12 - 7,48 mm ² /s	> 145 °C	< 80 %	Schleifen
	ISO VG 10	9 - 11 mm ² /s	> 155 °C	< 60 %	Tiefbohren
	ISO VG 15	13,5 - 16,5 mm ² /s	> 190 °C	< 25 %	Drehen, Fräsen
	ISO VG 22	19,8 - 24,2 mm ² /s	> 200 °C	< 15 %	Bohren
	ISO VG 32	28,8 - 35,2 mm ² /s	> 210 °C	< 13 %	Gewindeschneiden
	ISO VG 46	41,4 - 50,6 mm ² /s	> 220 °C	< 11 %	Gewinderollen

Abbildung 8 – Kenndaten von nichtwassermischbaren (nwm) Kühlschmierstoffen

Anlage 2: Checklisten „Maßnahmen an WZM mit brennbaren KSS“

Werkzeugmaschine	ja	nein
Werkzeugmaschine für Ölbearbeitung (nichtwassermischbare KSS) geeignet?		
Wird Ölbearbeitung in der „Technischen Dokumentation“ behandelt?		
Löschanlage vorhanden?		
Absauganlage vorhanden?		
Löschanlage bei geöffneter Arbeitsraumtür deaktiviert?		
Bleibt Arbeitsraumtür während der Bearbeitung und bei Not-Halt zugehalten?		
Zuhaltung der Arbeitsraumtür bei offener und ausgeschalteter Maschine inaktiv?		
Keine Öllachenbildung im Arbeitsraum, Antriebsraum und Handhabungsraum?		
Keine Öllachenbildung im Bereich außerhalb der Maschine (Ölwanne regelmäßig entleert)?		
Ausreichende Druckfestigkeit der Verhaubung?		
Druckentlastungseinrichtung vorhanden?		
Flammendurchschlagsichere Türlabyrinth vorhanden?		
Sonstige Öffnungen (zum Beispiel Beschickungs- und Entnahmeöffnungen; Spalte) im Bedienbereich abgedeckt?		
Gegebenenfalls Löschoffnung vorhanden?		
Sichtscheiben ohne Beschädigung aus Polycarbonat (siehe DIN EN ISO 23125 [10], VDW 0209 [24])?		
Sichtscheiben formschlüssig eingefasst (nicht in Gummi gefasst)?		
Alarmeinrichtung vorhanden? optisch		
akustisch		
Kennzeichnung: Hinweisschilder, Gefahrenhinweise CO ₂ , Löschanlage?		

Werkzeugmaschine: Steuerung (Beispiel)	ja	nein
Maschinenstart:		
• Absauganlage ein/Späneabfuhr ein?		
• Tür verriegelt, Zuhaltung aktiv?		
• Löschanlage betriebsbereit (optische- und thermische Sensoren, Auslösung)?		
• KSS-Zufuhr überwacht?		
Löschvorgang:		
• Bei CO ₂ :eventuell Verzögerungszeit eingestellt (DGUV Information 205-026 [14])?		
• Absauganlage inaktiv?		
• KSS-Zufuhr inaktiv?		
• Löschanlage betriebsbereit?		
• Tür verriegelt (Zuhaltung aktiv)?		
• Alarmeinrichtung (optisch/akustisch) aktiv?		
• Maschinenantrieb inaktiv?		
Öffnen der Tür:		
• Löschanlage inaktiv?		
• KSS-Zufuhr inaktiv?		
• Bearbeitungsvorgang sicher stillgesetzt?		
• Absauganlage: evtl. kurze Nachlaufzeit beachten!		

Druckentlastungseinrichtung	ja	nein
Werden Flammen und heiße Gase in ungefährliche Bereiche abgeleitet?		
Installation im Deckenbereich?		
Druckentlastungsfläche vorgesehen: \square 0,1 m ² /m ³ Arbeitsraum (siehe VDW 3002)?		
Sicheres Öffnen bei geringem Überdruck (<< 5 mbar)?		
Sicheres Schließen nach erfolgter Druckentlastung?		
Eignung als Schutzeinrichtung vom Hersteller nachgewiesen (z. B. Prüfung)		
Keine brennbaren Materialien (Holzverkleidung, Isoliermaterial) im Gefahrenbereich um die Druckentlastungseinrichtung		
Hinweis auf Gefahrenbereich um Druckentlastungseinrichtung		

Absauganlage	ja	nein
Absauganlage für Ölbearbeitung geeignet? (Betriebsanleitung/techn. Dokumentation), zum Beispiel		
<ul style="list-style-type: none"> • zündquellenfreie Bauart? 		
<ul style="list-style-type: none"> • Ventilator funkenfrei auf Reinluftseite? 		
<ul style="list-style-type: none"> • Anlage und Rohrleitungen geerdet? 		
Luftvolumenstrom überwacht (Druck-, Strömungswächter)?		
<ul style="list-style-type: none"> • Absaugung läuft bei Maschinenstart (aktiv)? 		
<ul style="list-style-type: none"> • Bei Unterschreitung: Signalanzeige, WZM auf Störung? 		
Absaugleistung eingeregelt über Drosselklappe/Drehzahlregulierung?		
Absauganlage in Löschkonzept integriert?		
<ul style="list-style-type: none"> • Ausreichende Löschmenge in Absauganlage und Abscheider vorgesehen? 		
<ul style="list-style-type: none"> • Eventuell Löschdüse und Branderkennung in Abscheider vorgesehen? 		
<ul style="list-style-type: none"> • Nachlaufzeit Ventilator berücksichtigt? 		
Rohrleitungen:		
<ul style="list-style-type: none"> • Leicht geneigt ohne Vertiefungen (eventuell KSS-Ablauf vorgesehen)? 		
<ul style="list-style-type: none"> • Revisionsöffnungen/Kontrollöffnungen vorgesehen. 		
<ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßige Überprüfung Ablagerungen, Reinigung nötig? 		
Bei Rohrsystem: Verhinderung Brandausbreitung, zum Beispiel über		
<ul style="list-style-type: none"> • Flammensperren (rohrleitungs- und bereichsseitig) berücksichtigt? 		
<ul style="list-style-type: none"> • Absperrklappen (WZM-seitig) vorhanden? 		
<ul style="list-style-type: none"> • Wirksame Vorabscheidung an Erfassungsstelle zum Beispiel über Prallblech, Vorabscheider vorhanden? 		
Erfolgt regelmäßige Wartung von Anlage und Rohrleitungen? Wartungsplan (Betriebsanleitung) vorhanden?		
Im Brandfall: Unterbrechung Absaugung vorgesehen?		
<ul style="list-style-type: none"> • durch Bremsmotor am Ventilator (Nachlaufzeit verringert)? 		
<ul style="list-style-type: none"> • durch automat. Absperrklappe 		

Kühlschmierstoffe (KSS)	ja	nein
Emissionsarmer Kühlschmierstoff verwendet?		
1: Kennwerte beachtet, zum Beispiel in Sicherheitsdatenblatt, Produktinfo?		
Beispiel: für KSS mit Viskosität von 4,1 [mm/min bei 40°C]:		
<ul style="list-style-type: none"> Flammpunkt > 120 °C, (siehe Bild 8) Verdampfungsverlust-Noack [250°C] < 85 %, (siehe Bild 8) 		
2: KSS mit Antinebel-Additiv (Filterierbarkeit beachten)?		
Ist KSS verträglich mit Hydrauliköl, Bettbahnöl (Multifunktionsöl)?		
Ausreichende KSS-Menge (KSS-Kreislauf, Vorratsbehälter) beim Zerspanen (siehe VDI 3035)?		
Keine Einschleppung großer Mengen an Fremddölen in den KSS-Kreislauf sichergestellt, z. B.? <ul style="list-style-type: none"> Reinigungs- und Lösemittel, (auf Werkstück/Teil) Hydrauliköl in den Kühlschmierstoff-Kreislauf 		
KSS-Zufuhr: <ul style="list-style-type: none"> überwacht (Druck- oder Strömungswächter)? ausreichende Kühlmenge, KSS Düsen? KSS- Düsen optimal ausgerichtet? 		
Starken Temperaturanstieg des KSS vermieden. (Anstieg KSS-Temperatur um 10°C = Verdoppelung der Vernebelung)? <ul style="list-style-type: none"> KSS-Temperatur überwacht? Möglichkeit zum Abkühlen: zum Beispiel Umlenkleche, ausreichend großer KSS-Behälter verwendet? 		

Unterweisung	ja	nein
Funktion und Bedienung der WZM und Löschanlage im Brandfall		
Optische Sensoren: Blitzlicht (Feuerzeug, Schweißen) vermeiden.		
Besondere Gefahren (NIEMALS!) <ul style="list-style-type: none"> Öffnen der Maschinentür bei Brand im Innenraum: Rückzündungsgefahr Tragen von ölgetränkter Kleidung: Brandgefahr (Dochteffekt) bei Rückzündung 		
Im Fall eines Brand- oder Explosionsereignisses (DGUV Information 205 001) [15]: <ul style="list-style-type: none"> Bei Ertönen Signalhupe: Gefahrenbereich sofort verlassen. Flucht- und Rettungswege benutzen. Hilfe holen: Rufnummern Feuerwehr, Notruf. 		
Gefährdungen bei Zündung des KSS-Gemischs: <ul style="list-style-type: none"> Heftiger Flammenausstritt bei Druckentlastungseinrichtung/evtl. Folgebrand Flammenausstritt an Türspalten und Öffnungen der WZM Löschmittel CO₂: Erstickungsgefahr (ab 5 Vol. % CO₂ in Luft) Bei Löschvorgang: Herausdrücken der Flammen im Türbereich Erstickungsgefahr in engen Räumen durch auftretende Brandgase/Rauch Maschinenteile nach Brand nicht berühren: spannungsführend (elektr. Schlag), eventuell heiß (Verbrennungen) 		
Brandlast verringern: vorbeugende Maßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> Regelmäßige Entleerung Spänebehälter: Selbstentzündung vermeiden. Regelmäßige Entleerung WZM-Ölwannen (Öl absaugen) Keine Brandlast (Pappe/Kartons/ölgetränkte Putzlappen) in Umgebung WZM Generelles Rauchverbot: keine Zigarettenkippen in Spänebehälter/Ölwanne 		

Löschanlage	ja	nein
Geeignetes Löschmittel verwenden (Brandklasse beachten).		
Achtung:		
<ul style="list-style-type: none"> Bei Löschgasen, zum Beispiel Kohlendioxid (CO₂), Personengefahr berücksichtigen (siehe DGUV Information 205-026). Bei Metallbrand (Magnesium, Aluminium, Titan): nur geeignete Löschmittel verwenden, z. B. Brandklasse D! (siehe DGUV Information 209-090) [25] Bei Pulverlöscher: eventuell großer Sachschaden im Innenraum WZM 		
Ausreichend Löschmittel vorsehen:		
<ul style="list-style-type: none"> Auch Absauganlage, Späneförderer, Öffnungen ... berücksichtigen. Abströmverluste beachten (zum Beispiel Nachlauf Absaugung...). 		
Löschanlage:		
<ul style="list-style-type: none"> Planung und Einbau durch Fachbetrieb, ggf. Abstimmung mit WZM Hersteller Bauteile, Planung und Einbau: Stand der Technik beachten (zum Beispiel VdS-Richtlinien). Planung und Einbau: Abnahmeprüfung und Abnahmeprotokoll fordern. Platzierung: Keine Beeinträchtigung durch Druck- oder Flammenausbreitung Spannungsversorgung und Steuerung unabhängig von WZM Verriegelung der Löschgaszufuhr bei Einricht- und Wartungsarbeiten (nicht-elektrische oder elektrische Blockiereinrichtung, siehe DGUV Information 205-026) Regelmäßige Prüfung der Füllung Löschmittelbehälter: zum Beispiel Drucküberwachung, Wiegeeinrichtung Gaslöschanlage: ausreichende Druckentlastungsmöglichkeiten vorsehen. Großer Personenschaden, gegebenenfalls großer Sach- und Umweltschaden: Automatische Löschanlage! 		

Löschanlage	ja	nein
Branderkennung und Löschen		
<ul style="list-style-type: none"> Optische und/oder thermische Branderkennungselemente verwenden. Branderkennungselemente: Stand der Technik (zum Beispiel VdS-Richtlinien) beachten. Optische Sensoren: <ul style="list-style-type: none"> Eignung beachten (zum Beispiel KSS-Nebel). Sauber halten (zum Beispiel durch Luftspülung). Thermische Sensoren: <ul style="list-style-type: none"> Branderkennung langsamer als bei optischen Sensoren Löschdüsen: <ul style="list-style-type: none"> geeignet für das jeweilige Löschmittel Anordnung beachten: möglichst nicht auf Türabyrinth richten. 		
Löschöffnung und Arbeitsraumtür im Brandfall:		
<ul style="list-style-type: none"> Nur von Feuerwehr und speziell unterwiesenen Personen zu öffnen. 		
Regelmäßige Prüfung der Löschanlage (siehe DGUV Information 205-026)		

Herausgeber

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Maschinen, Robotik und
Fertigungsautomation
im Fachbereich Holz und Metall
der [DGUV www.dguv.de](http://www.dguv.de)
Webcode: d544779

Die Fachbereiche der DGUV werden von den Unfallkassen, den branchenbezogenen Berufsgenossenschaften sowie dem Spitzenverband DGUV selbst getragen. Für den Fachbereich Holz und Metall ist die Berufsgenossenschaft Holz und Metall der federführende Unfallversicherungsträger und damit auf Bundesebene erster Ansprechpartner in Sachen Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für Fragen zu diesem Gebiet.