

Strahlreinigung mit Trockeneis

Bei besonders hartnäckigen Verunreinigungen ist der Einsatz von CO₂-Strahlreiniger möglich. Tiefgekühlte CO₂-Pellets in der Größe von Reiskörnern werden mit einer Strahldüse unter Zuhilfenahme von Druckluft auf die zu reinigende Oberfläche geschossen. Dabei wird die sich verspröde Schmutzschicht vom Untergrund gelöst. Da die CO₂-Pellets vollständig in die Gasphase übergehen (CO₂) bleiben keine Strahlmittelreste zurück, nur die Verunreinigungen müssen entsorgt werden.

Nachteilig bei dieser Reinigungsart ist die hohe Lärmentwicklung. Weiterhin besteht die Notwendigkeit des Tragens geeigneter „Persönlicher Schutzausrüstungen“ (Gehörschutz und Schutzanzug). Ebenso besteht bei kleinen, schlecht belüfteten Räumen die Gefahr der CO₂-Anreicherung. Deshalb sind die Anforderungen der Regel „Einsatz von Feuerlöschanlagen mit sauerstoffverdrängenden Gasen“ (BGR 134) unbedingt zu beachten.

Abzuraten ist von:

- Hochdruckreinigen, da dabei feinste Späne und Stäube durch Abdichtungen und Labyrinth gedrückt werden und so zu Schäden an der Maschine führen können.
- Lösemittelhaltigen Reinigen, da dadurch eine Brand- und Explosionsgefahr entstehen kann. Es ist vor allem darauf zu achten, dass keine Lösemittel in das MMS-System eingetragen werden.
- Abreinigung mit Druckluft (Staubaufwirbelung, Lärm).

Weitere Hinweise und Informationen zum Thema Reinigung und Reinigungsverfahren finden sich im Internet unter: www.cleantool.org

2.6 Der qualifizierte Mitarbeiter

An der erfolgreichen Einführung einer neuen Technologie haben qualifizierte und motivierte Mitarbeiter einen erheblichen Anteil. Mit Hilfe von Schulungs- und Informationsveranstaltungen sollten die Mitarbeiter frühzeitig mit der neuen Technologie vertraut gemacht werden.

Durch regelmäßigen Informationsaustausch können die Mitarbeiter ihr Know-how an ihre Kollegen weitergeben und mit qualifizierten Fachleuten Probleme erörtern und lösen (Multiplikatorenrunden). Auch der Aufbau von „Trockeninseln“ in Fertigungsbereichen mit Nassbearbeitung hat sich in der Praxis bewährt. Dies ermöglicht den Mitarbeitern, sich vor Ort über die neue Technologie zu informieren sowie die innerbetriebliche Umsetzung zu verfolgen.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Möglichkeit zur Information und zum Erfahrungsaustausch die Mitarbeiter bei der effektiven Umsetzung unterstützt und dazu beiträgt, aufwändige Versuche zu minimieren.



Bild 37 Maschinenbediener am Steuerpult

3 Einführung und Umsetzung der Minimalmengenschmierung

3.1 Generelle Hinweise zur erfolgreichen Einführung

Falls klare Vorstellungen darüber bestehen, welche Bearbeitungsprozesse im eigenen Betrieb trocken realisierbar sind, kann mit der Umsetzung der Minimalmengenschmierung begonnen werden. Dann muss entschieden werden, ob die Umsetzungen bereits bei bestehenden Maschinen oder erst bei Neuinvestitionen erfolgen.

Unabhängig davon, ob es sich um eine Umrüstung handelt oder ob eine neue Anlage mit Minimalmengenschmierung in die Prozesskette integriert wird, ist beiden Prozessen eine wichtige Sache gemeinsam. Die präzise Abstimmung der einzelnen Systemelemente auf das Gesamtsystem entscheiden im Wesentlichen über den Erfolg. Von der Datenbasis bis zur Werkzeugspitze müssen alle relevanten Elemente aufeinander passen bzw. zueinander kompatibel sein.

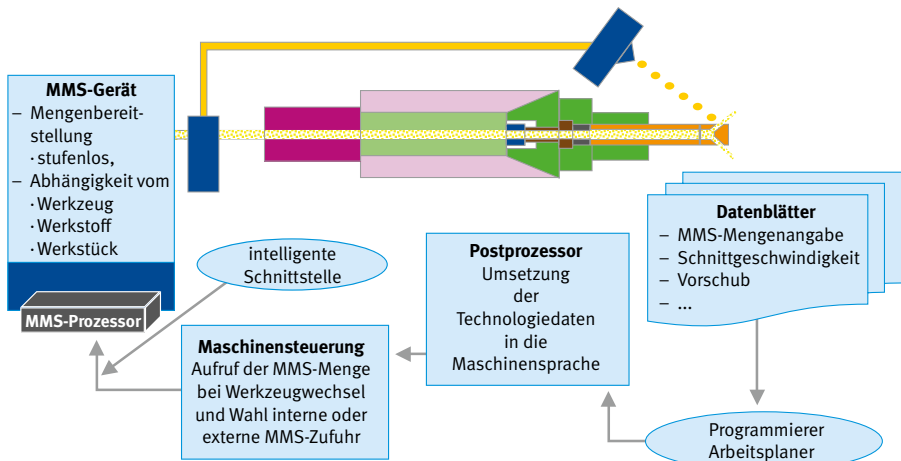


Bild 38 Von der Werkzeugspitze bis zum Programmierer ... alles kompatibel

Von der Programmierung bis zur Werkzeugspitze (MMS-Gerät, Abzweigungen, Schnittstellen, Werkzeugadapter, Werkzeug) müssen die Systemelemente auf den Arbeitsprozess abgestimmt werden.

Je mehr Elemente zueinander kompatibel sind, umso besser.

Eine hohe Kompatibilität der Elemente erfordert die Berücksichtigung relevanter Schnittstellen im Gesamtkonzept. Die Definition und Abstimmung der Schnittstellen erfolgt dabei oft in gemeinsamer Zusammenarbeit von Maschinen- und Werkzeughersteller.

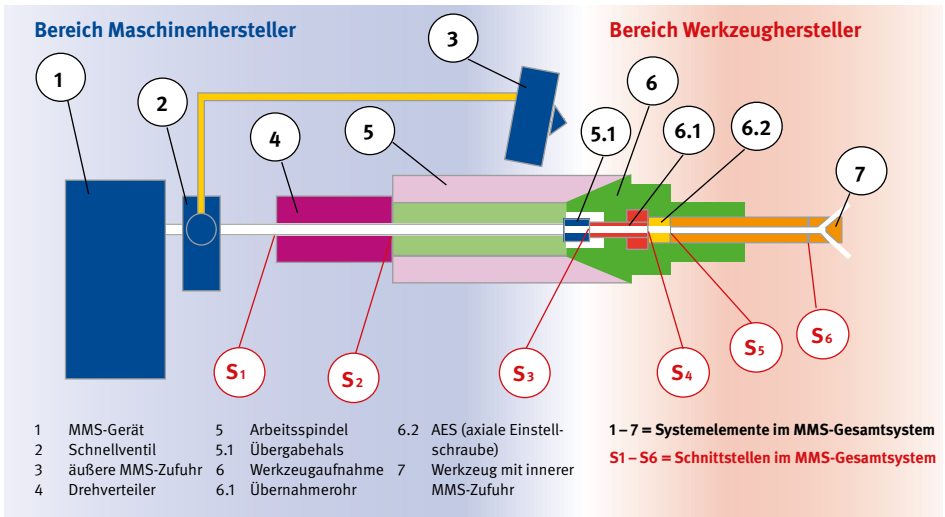


Bild 39 Systemelemente, Schnittstellen, Zuständigkeiten

3.2 Kauf von Neumaschinen, Nachrüstung und Umrüstung

Bei Nachrüstung, Umrüstung, etc. müssen gemäß europäischer Maschinenrichtlinie grundlegende Dinge beachtet werden. Diese sind im Folgenden beschrieben.

3.2.1 Erläuterung wichtiger Begriffe

CE-Kennzeichnung

Der Hersteller einer verwendungsfertigen Maschine ist verpflichtet, die Übereinstimmung seines Produktes mit den Anforderungen aller zutreffenden europäischen Richtlinien (z. B. Maschinenrichtlinie, EMV-Richtlinie) schriftlich zu erklären („EG-Konformitätserklärung“). Dadurch bestätigt der Hersteller, dass seine Maschine die grundlegenden Sicherheitsanforderungen, also auch die Anforderungen für den Brand- und Explosionsschutz erfüllt. Dies wird als sichtbares äußeres Zeichen durch die Anbringung des CE-Zeichens an der Maschine zum Ausdruck gebracht.

Risikobeurteilung

Im Rahmen der *CE-Kennzeichnung* ist der Hersteller verpflichtet, eine Risikobeurteilung über alle von seiner Maschine ausgehenden Gefahren anzufertigen. Es müssen dabei alle Gefahren und die getroffenen Gegenmaßnahmen während des gesamten Lebenszyklus einer Maschine von der Herstellung bis zur Demontage berücksichtigt werden.

Bestimmungsgemäße Verwendung

In der Betriebsanleitung muss unter anderem die *bestimmungsgemäße Verwendung* der Maschine beschrieben sein. Die *bestimmungsgemäße Verwendung* beschreibt den Zweck, für den die Maschine konzipiert wurde und für den sie (im Rahmen der durch den Hersteller vorgesehenen Betriebsarten) eingesetzt werden darf. Es empfiehlt sich daher, die *bestimmungsgemäße Verwendung* genau zur Kenntnis zu nehmen und zu überlegen, ob die beabsichtigte Verwendung der Maschine damit abgedeckt wird.

Wesentliche Veränderung

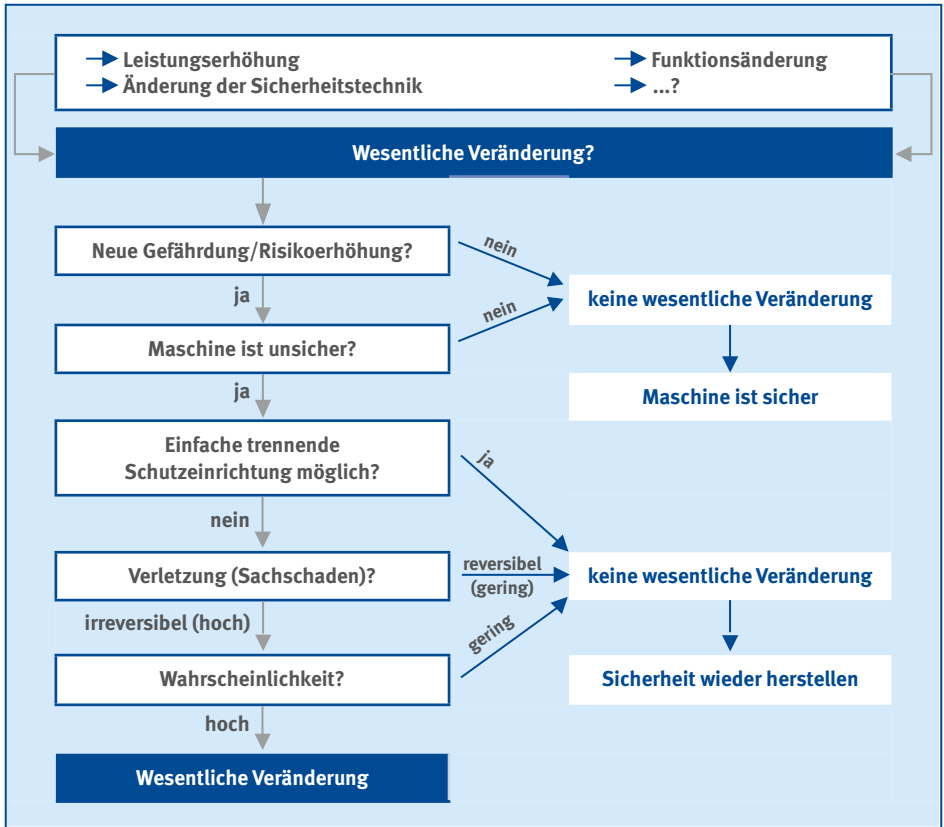
Eine Veränderung der Maschine gilt als „wesentlich“ wenn sie zu einer Risikoerhöhung führt, die ein neues Sicherheitskonzept an der Maschine erfordert (siehe nachfolgende Abbildung). Wird die Maschine „wesentlich verändert“ hat dies zur Folge, dass sie als Neumaschine eingestuft wird und somit eine EG-Konformitätserklärung ausgestellt und die Maschine mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet werden muss. Wer also Maschinen durch An- oder Umbauten „wesentlich verändert“ wird im Sinne der EG-Maschinenrichtlinie wie ein Hersteller tätig und muss die Konformität der umgebauten Maschine mit allen zutreffenden europäischen Richtlinien (z. B. Maschinenrichtlinie, EMV-Richtlinie) neu erklären. Achtung: Dies gilt auch für so genannte Altmaschinen, also Maschinen, die noch nach alten Vorschriften vor dem Inkrafttreten der Maschinenrichtlinie im Jahr 1993 in den Verkehr gebracht worden sind und noch nicht CE-gekennzeichnet waren.

Für den Begriff „*Wesentliche Veränderung*“ existiert keine gesetzliche Definition. Es muss daher im Einzelfall überprüft werden, ob es sich bei vorgenommenen Änderungen um „wesentliche“ Veränderungen handelt. Die folgende Abbildung soll demjenigen, der eine Umrüstung vornimmt eine Hilfestellung geben, wie eine Entscheidung, ob es sich um eine *wesentliche Veränderung* handelt getroffen werden kann.

3.2.2 Kauf von neuen Maschinen für die MMS-Bearbeitung

Beim Kauf von neuen Maschinen sollte sich der Anwender davon überzeugen, dass seine Anwendung im Rahmen der bestimmungsgemäßen Verwendung liegt. Anhand der Betriebs-

Wesentliche Veränderung einer Maschine



anleitung oder durch Rücksprache mit dem Hersteller sollte daher abgeklärt werden, ob die Maschine für MMS-Anwendungen geeignet ist. Eventuell ist hierfür dann eine Zusatzausrüstung erforderlich. In aller Regel wird die Zusatzausrüstung aus einer Absauganlage bestehen. Um ein zur Maschinenrichtlinie conformes Gesamtsystem, bestehend aus Maschine und Absauganlage*, zu erhalten, sind folgende Vorgehensweisen hilfreich:

* Die am Beispiel der Absauganlage aufgezeigten Vorgehensweisen gelten sinngemäß auch für alle anderen für die MMS-Bearbeitung eventuell erforderlichen Zusatzaustattungen der Maschine.

- Die Maschine wird inklusive Absauganlage bestellt. Der Hersteller ist für die Konformität des Gesamtsystems Maschine-Absauganlage verantwortlich und nimmt die *CE-Kennzeichnung* vor.
- Der Anwender möchte die Absauganlage separat von einem anderen Hersteller erwerben oder an eine bereits vorhandene Absauganlage anschließen. In diesem Fall bestellt er eine Maschine, die für MMS-Bearbeitung zwar nicht verwendungsfertig, jedoch grundsätzlich geeignet ist. Die Maschine wird in dieser Form bestimmungsgemäß nur für eine Bearbeitung ohne Absaugung einsetzbar sein. Die CE-Konformitätserklärung ist mitgeliefert und das CE-Zeichen auf der Maschine angebracht. In der Betriebsanleitung erklärt der Hersteller, unter welchen Umständen eine MMS-Bearbeitung möglich ist und welche Parameter (z.B. Volumenstrom, Luftwechselzahl) hierbei eingehalten werden müssen. Außerdem sollte der Hersteller in der Dokumentation eine genaue Schnittstellenbeschreibung zum Anschluss der Absauganlage mitliefern. Mit der unter anderem vorgegebenen Absauganlage kann dann der Betreiber die Maschine bestimmungsgemäß für die MMS-Bearbeitung verwenden. Die Absauganlage kann entweder Bestandteil des Gebäudes sein oder einzeln mit *CE-Kennzeichnung* oder als Standgerät (ebenfalls mit *CE-Kennzeichnung*) beigestellt werden. In allen genannten Fällen muss gewährleistet sein, dass die Absaugung bei MMS-Bearbeitung „sicher“ funktioniert. Dies kann z.B. durch ausreichend kurz bemessene Wartungsintervalle der Absaugung oder Einbindung eines Störungswächters oder einer Konzentrationsüberwachung in den Not-Halt-Kreis der Maschine erreicht werden.

3.2.3 Vorhandene Maschinen umrüsten

Die Umrüstung von bereits vorhandenen Maschinen auf Minimalmengenschmierung kann von der einfachen Nachrüstung von Dosiergeräten bis zum Eingriff in die Maschinensteuerung reichen. Jede Veränderung an der Maschine sollte daraufhin überprüft werden, ob sie zu einer Risikoerhöhung führt, z.B. kann eine durch Minimalmengenschmierung mögliche höhere Bearbeitungsgeschwindigkeit zu zusätzlichen Risiken durch Feinabrieb führen; ein Eingriff in die Maschinensteuerung kann sicherheitsrelevante Funktionen betreffen. Somit stellt sich bei jeder Änderung an einer Maschine die Frage, ob eine wesentliche Änderung nach Abschnitt 3.2.1 vorliegt. Es empfiehlt sich daher folgende Vorgehensweisen einzuhalten:

Umrüstung beauftragen

Wird die Umrüstung nicht selbst vorgenommen, sondern beauftragt, sollte der Auftragnehmer unbedingt auf die Thematik „wesentliche Änderung“ hingewiesen werden. Es sollte eine entsprechende Überprüfung und Bestätigung verlangt werden, ob er bei der Umrüstung eine wesentliche Änderung vornimmt. Oder es sollte von vorneherein vertraglich festgelegt wer-

den, dass der jeweilige Auftragnehmer für die Konformität der umgerüsteten Maschine mit den relevanten europäischen Richtlinien verantwortlich ist. Der Auftraggeber kann so vermeiden, selbst die Konformitätsverantwortung zu übernehmen, die CE-Kennzeichnung vorzunehmen und die EG-Konformitätserklärung auszustellen. Dies empfiehlt sich insbesondere bei der aufwändigeren Umrüstung auf Minimalmengenschmierung mit innerer Zuführung.

Selbst umrüsten

Wird die Umrüstung auf Minimalmengenschmierung selbst vorgenommen, sollte mit Hilfe einer Risikobeurteilung, gegebenenfalls in Rücksprache mit dem Hersteller oder einer zuständigen Prüfstelle (BG-Grundsatz: Aufgabenbereiche der Prüf- und Zertifizierungsstellen im BG-PRÜFZERT [BGG 903]), ermittelt werden, ob sich eine Risikoerhöhung ergibt. Das Ablaufschema in Abschnitt 3.2.1 dient als Unterstützung um festzustellen, ob eine *wesentliche Veränderung* vorliegt oder nicht. Im Falle einer wesentlichen Veränderung gilt der Anwender rechtlich als Hersteller und muss die Konformität neu erklären und die umgerüstete Maschine mit dem CE-Zeichen versehen. Hilfestellung zur Risikobeurteilung gibt die DIN EN 14 121-1.

3.3 Ausblick und zukünftige Entwicklung

In der Praxis werden anspruchsvolle Fertigungsprozesse (HSC-Bearbeitung) in der Großserienfertigung mit Minimalmengenschmierung prozesssicher umgesetzt. Hierzu ist es entscheidend, dass die Elemente optimal aufeinander abgestimmt sind. Ein wesentliches Ziel für den Anwender ist es, den MMS-Prozess „einfach“ zu bedienen und anzufahren. Das ausgewählte NC-Programm enthält alle Informationen (optimale Schnittparameter, Schmierstoff-Menge und Zufuhr, Werkzeug ...) damit der Prozess rund läuft.

Derzeit wird eine Norm zur Festlegung dieser relevanten Programme und Prozesse von einem Lenkungskreis aus Industrieunternehmen erarbeitet. Dieser Lenkungskreis setzt sich aus Experten von Unternehmen zusammen, welche selbst in der eigenen Produktion bereits die Minimalmengenschmierung umgesetzt haben bzw. als Zulieferer produktionstechnischer Systeme langjährige Erfahrungen bei der Anwendung dieser Technologie nachweisen können. Ziel der Normung ist eine Anpassung aller gängigen MMS-Systeme durch festgelegte Einstellungen auf den Fertigungsprozess.

4 Gefährdungen und Schutzmaßnahmen

4.1 Emissionen bei der Minimalmengenschmierung

Die Metallbearbeitung mit Minimalmengenschmierung wird in der Praxis als emissionsarmes Verfahren angesehen. Dieser Trend geht auch aus Untersuchungen hervor, welche im Rahmen eines Sondermessprogramms an Arbeitsplätzen mit Minimalmengenschmierung vorgenommen wurden.

Hierzu wurden Expositionen (Staub, KSS-Aerosole und Dämpfe) an Werkzeugmaschinen in der Produktion gemessen. Bei diesen Erhebungen kamen jeweils sowohl personengetragene Messungen als auch stationäre Messungen am Bedienpult sowie im Arbeitsinnenraum der Maschine zum Tragen (siehe Bilder 40 und 41).



Bild 40 Bestimmung der Kohlenmonoxidkonzentration mit einem direkt-anzeigenden Messgerät



Bild 41 Expositionsmessungen stationär sowie personengetragen am Bedienpult

Beim Zerspanen von Werkstoffen mit Minimalmengenschmierung an Werkzeugmaschinen in der Produktion haben sich Kühlschmierstoffdämpfe und -aerosole als expositionsbestimmende Komponenten herauskristallisiert. In allen Messungen konnte eine Einhaltung des ehemals gültigen Luftgrenzwertes für Kühlschmierstoffe (früherer Grenzwert: 10 mg/m^3 Luft; Stand der Technik) festgestellt werden. Die gemessenen Konzentrationen in den Arbeitsbereichen waren derart gering, dass mehr als 95 % der ermittelten Messwerte deutlich unterhalb Hälfte des Grenzwertes lagen.

Spalt- und Pyrolyseprodukte, z.B. Formaldehyd, wurden lediglich in Spuren in Einzelfällen nachgewiesen. Auch beim Staub lagen die gemessenen Konzentrationen weit unterhalb der zulässigen Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) für die „Alveolengängige Fraktion“ (AGW: 3 mg/m³ Luft) bzw. für die „Einatembare Fraktion“ (10 mg/m³ Luft).

Die Tendenz, dass bei der Minimalmengenschmierung wesentlich weniger Emissionen als bei der Nassbearbeitung freiwerden, konnte mit folgender Vergleichsmessung bestätigt werden.

An einer Drehmaschine zur Bearbeitung von Revolvermuttern aus Stahl (Ck 45) wurden die entstehenden Emissionen sowohl bei der Überflutungsschmierung als auch mit Minimalmengenschmierung gemessen. Neben Messungen an der Person wurden die Konzentrationen an Kühlschmierstoffaerosolen und -dämpfen durch isokinetische Messungen im Abluftstrom der Maschine bestimmt. Die Ergebnisse sind in Bild 43 dargestellt.



Bild 42 Bearbeitete Revolvermutter und Rohling; Material: CK 45

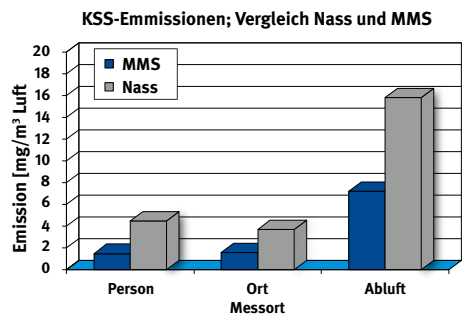


Bild 43 Emissionen bei der Nassbearbeitung und der Minimalmengenschmierung im Vergleich

Bei der Nassbearbeitung wurden an der Person, am Bedienpult der Maschine sowie im Abluftstrom der Maschine deutlich höhere Emissionen als bei der Metallbearbeitung mit Minimalmengenschmierung ermittelt. Besonders im Abluftstrom erreichten die Emissionen bei der Minimalmengenschmierung weniger als die Hälfte der gemessenen Werte im Vergleich zur Überflutungsschmierung.

Untersuchungen am Prüfstand

Generell gilt genauso wie für eine erfolgreiche Bearbeitung bei der Minimalmengenschmierung die gleiche Faustregel für die Emissionen: Je besser das System aufeinander abgestimmt ist, umso weniger Emissionen entstehen.

Welche Einflussgrößen auf die Emissionsneigung besonderen Einfluss haben, zeigen die Ergebnisse folgender Untersuchungen an einem Prüfstand.

Hier wurden Zerspanungsversuche unter Einsatz der Minimalmengenschmierung mit innerer Zufuhr beim Bohren durchgeführt (siehe Bilder 44 und 45). Die Versuche wurden praxisnah unter Variation der Schnittparameter sowie der Werkstoffe (Stahl-, Aluminium- und Gusswerkstoffe) durchgeführt. Die Emissionsneigung verschiedener Schmierstoffe konnte während der Zerspanung im Innern der Prüfstandssumhausung unmittelbar am Entstehungsort unter reproduzierbaren Bedingungen ermittelt und verglichen werden.



Bild 44 Prüfstand zur Bestimmung der Emissionen im Innenraum

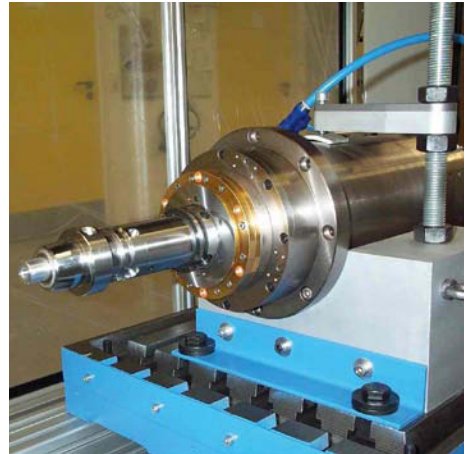


Bild 45 Hochgeschwindigkeitsspindel mit innerer Zufuhr (30 000 U/min)

Schmierstoffe: Qualität und Viskosität

Nachfolgend sind die gemessenen Aerosol- und Dampfemissionen für verschiedene Esteröle unter praxisnahen Bedingungen (Vorschubgeschwindigkeit: $V_f = 800 \text{ mm/min}$) dargestellt (siehe Bild 46).

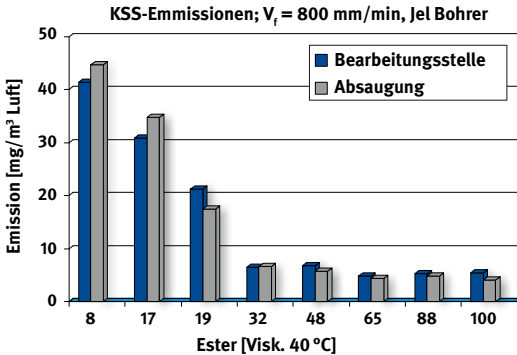


Bild 46 Aerosol- und Dampfemissionen am Zerspanungsort

Während der Zerspanungsversuche wurde insbesondere bei den dünnflüssigen niedrigviskosen Schmierstoffen (< 10 mm²/s bei 40 °C) eine starke Nebelbildung festgestellt. Die hochviskosen Medien (Viskosität größer als 20 mm²/s bei 40 °C) hingegen zeigen deutlich geringere Emissionswerte.

Oft werden für die Minimalmengenschmierung sehr dünnflüssige, niedrigviskose Schmierstoffe mit niedrigem Flammpunkt (< 100 °C) eingesetzt. Diese sollen nach der Bearbeitung möglichst rückstandsfrei verdampfen. Um das Emissionsverhalten dieser Schmierstoffe zu beurteilen, wurde eine Probe mit sehr geringer Viskosität (3 mm²/s bei 40 °C) im Vergleich zu anderen Medien getestet. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist in Bild 47 dargestellt.

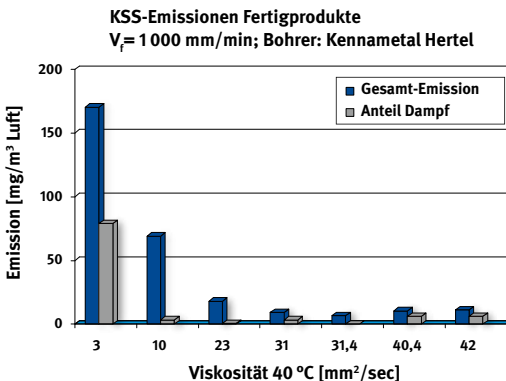


Bild 47 Emissionsverhalten verschiedener Schmierstoffe mit unterschiedlichen Viskositäten; Vorschub: 1000 mm/min

Die niedrigviskosen Öle reagieren oft schon bei geringen Belastungen mit starker Rauch- und Nebelbildung. Sie emittieren deutlich mehr als die herkömmlichen Produkte; auffallend ist hier der hohe Dampfanteil. Die beim Einsatz solcher Produkte auftretenden hohen Emissionen können sich negativ auf die Bedingungen am Arbeitsplatz auswirken. Hochviskose Produkte mit hohen Flammpunkten ($> 150\text{ °C}$) sollten daher bevorzugt eingesetzt werden.

Als Richtwerte und als Qualitätskriterien zur Auswahl emissionsarmer Schmierstoffe haben sich der Flammpunkt sowie Verdampfungsverlust nach Noack bei 250 °C bewährt (siehe Tabelle 6).

Viskosität bei 40 °C DIN 51 562 Teil 1	Flammpunkt offener Tiegel DIN EN ISO 2592	Verdampfungsverlust nach Noack bei 250 °C DIN 51 581 Teil 1
$> 10\text{ mm}^2/\text{s}$	$> 150\text{ °C}$	$< 65\%$

Tabelle 6 Richtwerte zur Auswahl eines emissionsarmen Schmierstoffes
(Quelle: BGIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“, Sachgruppe 6)

Sowohl die Auswahl eines qualitativ hochwertigen und eher hochviskosen Schmierstoffes sowie optimale Bearbeitungsparameter bewirken eine starke Absenkung der Emissionen bei der Metallbearbeitung mit Minimalmengenschmierung.

Weitere Informationen zum Thema „Emissionen bei der Minimalmengenschmierung“ finden sich unter dem Projekt-Abschlussbericht „Gefährdungsbeurteilung bei der Trockenbearbeitung metallischer Werkstoffe (ausführlich)“ sowie unter dem Fachausschuss-Infoblatt „Emissionsarme Metallbearbeitung mit Minimalmengenschmierung“. Beide Dokumente stehen unter der Internetseite www.bghm.de als Download zur Verfügung.

4.2 Brand- und Explosionsschutz

Bei der Minimalmengenschmierung wird das Brand- und Explosionsrisiko vorwiegend von der Menge an vorhandenen brennbaren Metallspänen und -stäuben bestimmt. Beim Einsatz eines Schmierstoffes mit einem hohen Flammpunkt von 150 °C ist bei den insgesamt geringen

Verbrauchsmengen (maximal 100 ml/Stunde) im Normalbetrieb nicht mit dem Auftreten explosionsfähiger Dampf/Luft-Gemische zu rechnen. Auch durch den Sprühvorgang selbst ist nicht von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre infolge Nebelbildung auszugehen.

Erfahrungsgemäß besteht eine erhöhte Brandgefahr in Bereichen, wo große Mengen an brennbaren Metallspänen und -stäuben entstehen und sich im Innenraum ansammeln können. Hinsichtlich des Explosionsrisikos sind Ansammlungen brennbarer Metallstäube mit einer Partikelgröße $< 500 \mu\text{m}$ relevant. Abgelagerter brennbarer Staub kann durch Aufwirbeln zu gefährlichen explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen führen.

Insbesondere bei Leichtmetallstäuben (Aluminium, Magnesium) sind in der Maschine neben der Staub-Fraktion (Art, Menge und Material) auch deren Aufwirbelbarkeit zu berücksichtigen. Neben dem Innenraum der gekapselten Anlage sind auch die Rohrleitungen und der Filterbereich der Absauganlage, in denen Feinstaub abgeschieden und aufgewirbelt werden kann, zu berücksichtigen. Werden trockene feine Metallstäube konstruktionsbedingt abgereinigt oder aufgewirbelt, besteht unter Umständen Explosionsgefahr.

In der Praxis wird die Minimalmengenschmierung fast ausschliesslich bei Prozessen mit definierter Schneide (Drehen, Fräsen, Bohren) eingesetzt. Bei diesen Bearbeitungsverfahren werden meistens überwiegend grobkörnige Späne freigesetzt. Weiterhin führt der eingesetzte MMS-Schmierstoff oftmals zu Verklebungen/Konglomeraten der Metallstäube und bewirkt eine Hemmung der Aufwirbelbarkeit. Auch im Filter liegt oftmals eine klumpige, verklebte Masse aus Metallstaub und Schmierstoff vor.



Bild 48 Verklebungen im Maschineninnenraum



Bild 49 Anbackungen auf den Blechen

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurden Metallrückstände aus Anlagen der Serienfertigung mit Minimalmengenschmierung auf ihre Zusammensetzung und Reaktionsfähigkeit untersucht. Die ausgewählten Proben aus dem Maschineninnenraum bestanden aus Aluminium-, Stahl- und Graugusslegierungen. Diese Proben waren nicht explosionsfähig, da eine hohe Verklebung vorlag und der Anteil zündfähiger kleiner Partikel sehr gering war.

Um die Brandgefahr zu verringern, sollten Schmierstoffe mit einem Flammpunkt von mindestens 150 °C eingesetzt werden. Weiterhin sollten Ansammlung von großen Span und Staubmengen im Innenraum der Maschinen verhindert werden. Durch kontinuierlichen Austrag der Metallrückstände über Späneförderer und eine regelmäßige Reinigung lässt sich in den meisten Fällen die Brandlast auf ein unbedenkliches Maß reduzieren.

Weiterhin sollte im Arbeitsbereich mit brennbaren Metallspänen unbedingt das Rauchverbot eingehalten werden, da vor allem die Glut von weggeworfenen Zigarettenresten im Spänebehälter ausreichen kann, um einen Brand auszulösen.



Bild 50 Abgedeckte und gekennzeichnete Alu-Spänebehälter



Bild 51 Brennender Zigarettenrest im Spänebehälter

Durch den Einsatz einer wirksamen Absaugung lässt sich der Anteil der Feinstäube im Maschineninnenraum reduzieren. In diesem Falle ist darauf zu achten, dass bevorzugt Absaugsysteme eingesetzt werden, welche konstruktionsbedingt wirkungsvolle Maßnahmen gegen Brände und Explosionen vorgesehen haben und ein sicheres Betreiben der Anlage für diese Fälle gewährleisten.

Gemäß der europäischen Maschinenrichtlinie (98/37/EG) muss der Hersteller von Anlagen in seiner Betriebsanleitung den Punkt Brand- und Explosionsschutz berücksichtigen und

beschreiben, ob und unter welchen Randbedingungen seine Anlage bestimmungsgemäß betrieben werden darf.

Um die Wirkung der Absauganlage sicher zu stellen, sollte eine regelmäßige Reinigung der Bleche bzw. Siebe durchgeführt werden und der Absaugvolumenstrom überwacht werden. Weiterhin muss die Absauganlage regelmäßig nach den vorgegebenen Fristen der Betriebsanleitung gewartet werden (gemäß der Regel „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ [BGR 121] mindestens 1 x jährlich). Besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Filter und die Absaugstelle gelegt werden.

Weitere Informationen zum Thema Brand- und Explosionsschutz findet sich in der Information „Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen“ (BGI/GUV-I 719).

4.3 Lärm

Untersuchungen in Fertigungsbereichen haben gezeigt, dass hinsichtlich Lärm die Verhältnisse bei der Minimalmengenschmierung vergleichbar mit der Nassbearbeitung sind. Ein optimal aufeinander abgestimmtes System gilt als Garant für eine lärmarme Metallbearbeitung. Starke Geräusche (so genanntes Quietschen oder Rattern) beim Bearbeitungsprozess sind oft ein Hinweis auf eine mangelhafte Schmierstoff-Zufuhr oder ungeeignete Werkzeug- oder Schnittparameter.

Auf Druckluftreinigung kann bei der Minimalmengenschmierung gegenüber der Nassbearbeitung eher verzichtet werden, da die Werkstücke trocken und nahezu spänefrei sind.

Der Einsatz von Druckluft zum Reinigen der Teile ist neben einem hohen Lärmpegel, dem starken Aufwirbeln von Stäuben und Spänen zusätzlich mit hohen Kosten für die Bereitstellung von Druckluft verbunden und sollte daher nicht angewendet werden.

Lässt sich aus technischen Gründen das Abblasen von Druckluft nicht vermeiden, sollten geräuschgeminderte Druckluftdüsen zur Reduzierung der Lärmpegel eingesetzt werden. Hinweise zum Einsatz von geräuschgeminderten Druckluftdüsen und Mehrlochdüsen werden beschrieben im Lärmschutz-Arbeitsblatt LSA 05-351 „Geräuschminderung an pneumatischen Anlagen; Geräuschgeminderte Druckluftdüsen; Marktübersicht, Schallpegel, Blaskraft und Luftverbrauch aus Labormessungen“ (BGI 680).

4.4 Hautschutz

Aus Sicht des Arbeitsschutzes bietet die Minimalmengenschmierung gegenüber den wassergemischten Kühlschmierstoffen Vorteile auf Grund ihrer geringeren hautschädigenden Wirkung. Anstelle von Gebrauchsemulsion kommen bei der Zerspanung nur sehr geringe Mengen an sauberem Schmierstoff auf Ester- oder Fettalkoholbasis zum Einsatz. Im Gegensatz zu Emulsionen kann auf Systemreiniger, hautschädigende und gesundheitsschädliche Biozide und Fungizide ganz verzichtet werden, da mikrobielles Wachstum nur in einer wässrigen Phase möglich ist.

Esteröle und Fettalkohole können jedoch auf lange Sicht auch fettlösend wirken. Deshalb sind bei lang anhaltendem und intensivem Hautkontakt mit den Schmierstoffen der Minimalmengenschmierung Maßnahmen zum Schutz der Haut erforderlich.

Auch bei der Reinigung der Maschine, falls spezielle Reinigungsmittel zum Einsatz kommen, sind Hautschutzmaßnahmen notwendig.

Lässt sich der unmittelbare Hautkontakt zu den Schmierstoffen nicht vermeiden, sind entsprechende Hautschutzmaßnahmen durchzuführen.

- Erstellen eines Hautschutzplans (Hautschutzplan B für nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe gemäß der Information „Hautschutz in Metallbetrieben“ [BGI 658]).
- Hautkontakt durch Einsatz von Hilfswerkzeugen vermeiden.
- Gefährdete Hautpartien durch Schutzkleidung schützen (siehe Regel „Benutzung von Schutzkleidung“ [BGR/GUV-R 189]).
- Soweit nicht an rotierenden Maschinen gearbeitet wird, Einsatz von beständigen Schutzhandschuhen (siehe Regel „Benutzung von Schutzhandschuhen“ [BGR/GUV-R 195]).
- Bereitstellen von Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemitteln.
- Schulung der Mitarbeiter zum Benutzen der Hautschutzmittel.

In den meisten Fällen kommen Schmierstoffe auf Ester- oder Fettalkoholbasis zum Einsatz. In diesem Fall empfiehlt sich der Hautschutzplan B für nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe (siehe auch Information „Hautschutz in Metallbetrieben“ [BGI 658]). Bei besonderen Schmierstoffen sind die Angaben im Sicherheitsdatenblatt zur Erstellung des geeigneten Hautschutzplans hilfreich.

Eine Unterweisung der Mitarbeiter über Gefährdungen und Besonderheiten sowie zur Funk-

tionsweise und Anwendung von Hautschutz bei der Minimalmengenschmierung sollte jeweils vor Aufnahme der Tätigkeit sowie in regelmäßigen Abständen erfolgen. Als einfach und effektiv hat sich die Unterweisung mit Hilfe von Betriebsanweisungen vor Ort im Arbeitsbereich erwiesen.

4.5 Unterweisung und Betriebsanweisung

Der Einstieg in die Minimalmengenschmierung fordert von den Mitarbeitern ein gewisses Maß an Flexibilität. Viele altgewohnte Vorgehensweisen aus der Nassbearbeitung erschweren oftmals den Einstieg in die neue Technologie. Anders als bei der Überflutungsschmierung ist der Schmierstoff-Sprühstrahl bei der externen Zufuhr oft „unsichtbar“ und hat auch einen anderen Geruch. Hinzu kommt zusätzlich die Bedienung eines externen MMS-Systems sowie Veränderungen beim Reinigen der Maschine. Andererseits entfallen viele Tätigkeiten, z.B. die Wartung, Pflege, Nachkonservierung und Entsorgung der Gebrauchsemulsion.

Deshalb ist eine Unterweisung der Mitarbeiter über Funktionsweise der einzelnen Systeme (Werkzeugmaschine, MMS-Systeme...) sowie Gefährdungen und Besonderheiten vor der Aufnahme der Tätigkeit bei der Minimalmengenschmierung wichtig. Die Unterweisung trägt dazu bei, Ängste und Vorbehalte der Mitarbeiter vor dem „Neuen“ abzubauen und sich mit den Neuerungen vertraut zu machen.

Folgende Punkte sollten bei einer Unterweisung bei der Minimalmengenschmierung berücksichtigt werden:

- Bei intensivem Hautkontakt mit den Schmierstoffen: Schulung der Mitarbeiter zum Benutzen der Hautschutzmittel nach den Vorgaben des Hautschutzplans.
- Bei offenen Maschinen mit herumfliegenden heißen Spänen: Schutzbrille tragen.
- Bei Entnahme von Werkstücken mit Temperatur > 50 °C: Schutz vor Verbrennungen.
- Bei Reinigungsarbeiten: Tragen geeigneter „Persönlicher Schutzausrüstungen“ und gegebenenfalls Benutzen von Hautschutzmittel nach den Vorgaben des Hautschutzplans.

Unterweisungen werden im Allgemeinen mündlich und am Arbeitsplatz durchgeführt. Sie sollten genaue Hinweise auf Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Schutzmaßnahmen sowie über das richtige Verhalten und den sicheren Umgang mit der Werkzeugmaschine, deren Arbeitsmitteln und Stoffen enthalten. Auch Angaben darüber, was bei Unfällen und

unvorhergesehenen Störungen zu tun ist, gehören in die Unterweisung.

Die Form einer wirkungsvollen Unterweisung an einer Werkzeugmaschine sollte neben der Vermittlung von theoretischen Kenntnissen auch die aktive Einübung des praktischen Handelns beinhalten. Das Gespräch, die Diskussion, die direkte Beteiligung der Mitarbeiter sind wirkungsvoller als jeder Vortrag.

Werden Instandhaltungsarbeiten oder Umbauarbeiten durchgeführt, hat der Vorgesetzte auch hier die erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, damit die mit der Durchführung beauftragten Mitarbeiter eine angemessene spezielle Unterweisung erhalten.

Die Unterweisungen sind vor der Aufnahme der Tätigkeit durchzuführen und regelmäßig zu wiederholen, z.B. bei Veränderungen im Tätigkeitsbereich oder wenn angenommen werden muss, dass die Wirkung der Unterweisung nachgelassen hat (Nachlässigkeiten, Beinahe-Unfälle und ähnliches). Es wird empfohlen, die Unterweisung mindestens einmal jährlich durchzuführen, die wichtigsten Punkte mit Datum in einem Unterweisungsnachweis festzuhalten und diesen von den Mitarbeitern gegenzeichnen zu lassen. Ein Muster-Unterweisungsnachweis findet sich in Anhang 2.

Als einfach und effektiv hat sich die Unterweisung mit Hilfe von Betriebsanweisungen vor Ort im Arbeitsbereich erwiesen. Betriebsanweisungen enthalten einfache Hinweise auf Gefahren, Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln in verständlicher Form. Weiterhin beinhalten sie Anweisungen über das Verhalten im Gefahrfall und über Erste Hilfe Maßnahmen. Betriebsanweisungen können als „roter Faden“ bei der Unterweisung benutzt und sollten an geeigneter Stelle im Arbeitsbereich ausgehängt werden. Eine Muster-Betriebsanweisung findet sich in Anhang 1.

4.6 Reinigung bei der Minimalmengenschmierung

Werkzeugmaschinen sollten regelmäßig gereinigt werden, um

- die Brandlast durch Beseitigung von Ablagerungen von anhaftenden Metallspänen und Öl im Arbeitsraum zu minimieren.
- die Maschine in einem funktionstüchtigen Zustand zu halten (optische Sensoren, Überwachungssysteme, Sichtschutzscheiben, Spannvorrichtungen).

- die Anforderungen an die Bauteilqualität bezüglich Fertigungstoleranzen und Oberflächengüte zu gewährleisten.

Zur Durchführung der Reinigung sind Reinigungspläne zu erstellen, in denen die erforderlichen Reinigungszyklen, Reinigungsverfahren und Reinigungsmittel festgelegt sind.

Reinigungszyklen und Art der Reinigungsverfahren sind in Abhängigkeit von folgenden Kriterien festzulegen:

- Grad der Verschmutzung in Abhängigkeit von Bearbeitungsverfahren und Werkstoff, z.B. bei Guss- oder Schmiedeteilen durch Graphitstaub,
- Vorgaben in der Betriebsanleitung der Werkzeugmaschine gemäß der Wartungs- und Instandhaltungsintervalle.

Der Reinigungsplan (Reinigungsabstände und Reinigungsart) sollte dabei individuell an den Bearbeitungsprozess angepasst werden. Die Absaugstelle sollte immer in die Reinigung der Maschine mit einbezogen werden. Insbesondere ist darauf zu achten, dass vorhandene Spänegitter sich nicht mit Spänen zusetzen und verstopfen. Ein Muster-Reinigungsplan findet sich in Anhang 2.

Es muss weiterhin sichergestellt sein, dass Reinigungsarbeiten nur von hierfür beauftragten und unterwiesenen Personen durchgeführt und hierbei geeignete „Persönliche Schutzausrüstungen“ gemäß der Betriebsanweisung benutzt werden. Der mit der Durchführung beauftragte Mitarbeiter sollte daher eine angemessene spezielle Unterweisung erhalten.

Insbesondere beim Umgang mit tensidhaltigen Reinigungsmitteln und Trockeneis-Pellets sind die in der Betriebsanweisung geforderten Schutzmaßnahmen umzusetzen.

Siehe auch:

- Regel „Benutzung von Schutzhandschuhen“ (BGR/GUV-R 195),
- Regel „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ (BGR/GUV-R 192),
- DIN EN 374 „Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen“,
- DIN EN 420 „Schutzhandschuhe; Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren“.

Beim Einsatz von Reinigungsmitteln sowie wässrigen Reinigern sind zur Vermeidung von akuten Hautschäden durch Überdosierungen die Angaben des Herstellers/Lieferanten zu beachten (Sicherheitsdatenblatt, Produktinformation).

5 Minimalmengenschmierung in der Praxis

5.1 Minimalmengenschmierung in Kleinserien und Einzelteilefertigung

Im Werkstattbereich von Klein- und mittelständischen Betrieben gibt es viele Möglichkeiten zur Einführung der MMS-Technik. Die Nachrüstung und Umstellung auf Minimalmengenschmierung hat sich bei den meisten offenen „Stand-alone“ Maschinen mit geometrisch bestimmter Schneide zum Sägen, Fräsen, Bohren, Drehen bewährt.



Bild 52 Säge zur Bearbeitung mit Minimalmengenschmierung



Bild 53 Äußere Schmierstoff-Zufuhr beim Fräsen

Beim Sägen von Metallen wird die Zufuhr des Schmierstoffes mit Minimalmengenschmierung inzwischen in vielen Bereichen als „Stand der Technik“ angesehen. Auch bei Ständerbohrmaschinen, von denen einige früher gerne mit „Ölflaschen-Schmierung“ betrieben wurden, hat sich die neue Technologie bewährt. Dank der kontinuierlichen Schmierstoffzufuhr über ein MMS-Dosiergerät hat man freie Hand außerhalb der Nähe gefährlicher Einzugstellen, z.B. drehender Werkzeuge.

Vorteilhaft ist die Umstellung von Maschinen, welche nur gelegentlich im Einsatz sind und längere Stillstandszeiten von mehreren Tagen oder Wochen haben. Besonders in den Sommermonaten neigt die Emulsion im Behälter der Maschinen bei langen Stillstandszeiten und mangelnder Pflege zum „Umkippen“, was zu Verkeimung, Geruchsproblemen, und zu Gesundheitsgefahren bei den Mitarbeitern führen kann. Bei der Minimalmengenschmierung hingegen kommen saubere Schmierstoffe zum Einsatz, welche auch über längere Zeit haltbar sind.



Bild 54 Emulsion im KSS-Behälter;
Standzeit sechs Monate



Bild 55 Sauberer Schmierstoff beim MMS-System

Eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Umstellung von Werkzeugmaschinen auf MMS-Betrieb ist die schnelle und vollständige Späneabfuhr aus dem Arbeitsraum. Um einen sicheren Ablauf zu garantieren, müssen im MMS-Prozess die Späne aus der Vorrichtung und der Maschine transportiert werden; eine Aufgabe, die im herkömmlichen Prozess vom Kühlschmierstoff übernommen wurde. Späneansammlungen und Spänenester im Arbeitsraum, z.B. an Werkstücken und Spannvorrichtungen, sollten weitgehend verhindert werden.

Ideal ist die Einführung der Minimalmengenschmierung beim Kauf von Neumaschinen, welche als trockengerechte Maschine ausgelegt sind und die Späneabfuhr gelöst ist. Hinweise zu den Merkmalen der trockengerechten Maschine finden sich in Abschnitt 3.5 (Werkzeugmaschinen für die Minimalmengenschmierung).

Weiterhin sind viele Beispiele aus zahlreichen Fertigungsbereichen mit Ergebnissen und Beschreibung der Vorgehensweise bei der Einführung der Minimalmengenschmierung in einem ausführlichen Abschlussbericht festgehalten (Seite 80 ff.).

Der Bericht kann unter www.trockenbearbeitung.de über den Link „Bericht zum Verbundprojekt Technologienetz Trockenbearbeitung“ aus dem Internet heruntergeladen werden.

5.2 Minimalmengenschmierung in der Großserienfertigung

In der Automobilindustrie wird die MMS-Technik mit der Beschaffung neuer Produktionsanlagen, z.B. Transferstrassen oder Fertigungslinien, eingeführt. In vielen Bereichen der hochautomatisierten Großserienproduktion wird bereits die Fertigung von Kupplungs- und Getriebegehäusen, Aluminium-Zylinderköpfen oder Turbolader-Verdichterrädern mit Minimalmengenschmierung betrieben.

Um das Gewicht der Fahrzeuge zu reduzieren, fertigt Daimler seit 2003 Hinterachs-Radträger auf der weltweit ersten flexiblen verketteten Anlage mit Bearbeitungszentren zur trockenen Aluminiumbearbeitung in der Großserienfertigung.



Bild 56 Hinterachs-Radträger der Mercedes-Baureihen „E und SL“

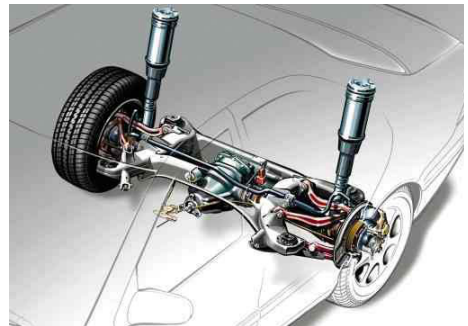


Bild 57 Hinterachse der Mercedes-Baureihen „E und SL“

Im Dreischichtbetrieb werden insgesamt acht Bearbeitungszentren von vier Robotern be- und entladen und pro Tag etwa 1 400 Paare Hinterachs-Radträger der Mercedes-Baureihen „E und SL“ produziert. Bei einer Taktzeit von ca. sechs Minuten werden die Radträger in drei Aufspannungen und 27 Operationen (22 Werkzeuge, 25 Werkzeugwechsel) pro Maschine gefertigt. Bei der Radträgerfertigung ist es gelungen, den Schmierstoffbedarf auf etwa 1 ml pro Bauteil zu reduzieren.

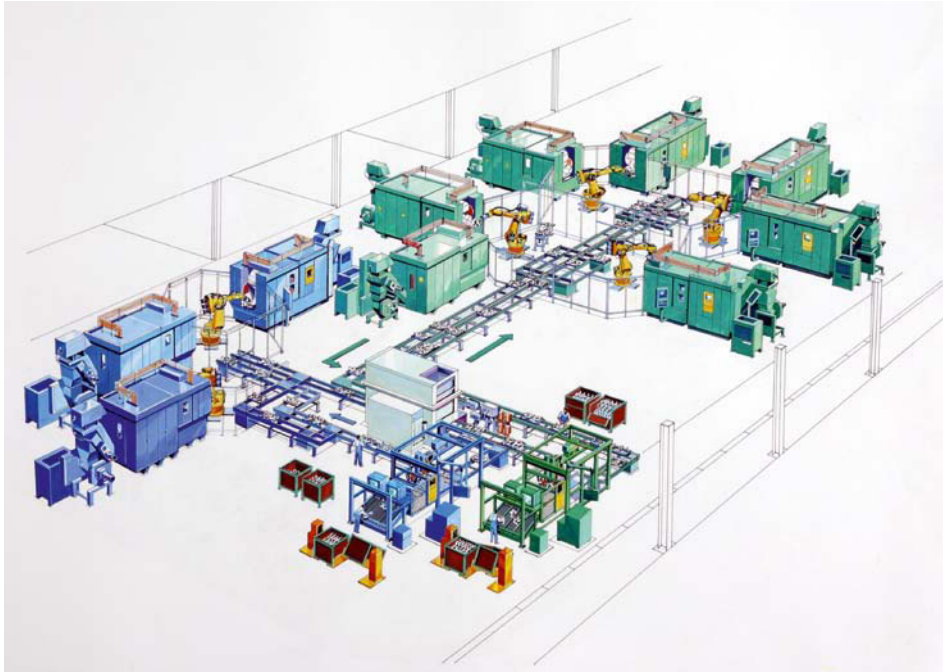


Bild 58 Verkettete Anlagen zur Großserienfertigung Hinterachs-Radträger der Mercedes-Baureihen „E und SL“

Insgesamt haben die Erfahrungen mit dieser neuen Technologie gezeigt, dass die MMS-Technik zukünftig einen festen Bestandteil in den Fertigungshallen der Großserienhersteller einnehmen wird.

Anhang 1

Betriebsanweisung

Firma:

Namen der Firma hier einsetzen

Betriebsanweisung

Gefahrstoff-Verordnung § 14

1. Anwendungsbereich

Umgang mit nichtwassermischbaren Schmierstoffen für die Minimalmengenschmierung bei mechanischer Bearbeitung

Abteilung: _____ Arbeitsplatz: _____

2. Gefahrstoffbezeichnung

Produktname: _____

3. Gefahren für Mensch und Umwelt

- Intensiver Hautkontakt führt zu Entfettung, Entwässerung und Reizung der Haut als Vorstufe von Hautkrankheiten.
- Schon kleine Verletzungen der Haut, z.B. durch Metallteilchen, erhöhen bei Kontakt mit Schmierstoff das Risiko einer Hautkrankheit.
- Hautkontakt kann allergische Reaktionen auf Schmierstoff-Inhaltsstoffe auslösen.
- Das Blasen mit Druckluft auf Schmierstoff-benetzte Haut oder Kleidung schädigt die Haut.
- Beim Einatmen von Schmierstoff-Dampf und -Nebel können Atemwegsreizungen auftreten.
- Vor Arbeitsbeginn, vor Pausen und nach Arbeitsende Schutzmaßnahmen entsprechend dem Hautschutzplan durchführen.

4. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln



- Vor Arbeitsbeginn Absauganlage einschalten.
- Hautkontakt möglichst vermeiden, dazu gehört:
 - zum Abtrocknen der Haut saubere Textil- oder Papiertücher verwenden,
 - verschmutzte Tücher nicht in die Kleidung stecken.
- Am Arbeitsplatz nicht essen, trinken, rauchen und keine Lebensmittel aufbewahren.
- Beim Reinigen mit Lösemittel Hautkontakt vermeiden bzw. Schutzhandschuhe benutzen.

5. Verhalten bei Störungen und im Gefahrfall

Notruf: 112



- Bei Ausfall der Absauganlage oder anderer Störungen Aufsichtführende informieren.
- Beim Auftreten besonderer Gerüche, Verfärbungen im Schmierstoff Aufsichtführende informieren.
- Verschütteten Schmierstoff z.B. mit Papiertüchern oder Bindemittel aufnehmen.

6. Verhalten bei Unfällen – Erste Hilfe

Notruf: 112



- Ersthelfer und Aufsichtführende informieren.
- Auch geringfügige Hautverletzungen vom Ersthelfer versorgen lassen.
- Hautreaktionen (z.B. Rötung, raue Haut, Juckreiz, Brennen, Bläschen, Schuppen, Schrunden) den Aufsichtführenden melden.

7. Instandhaltung, Entsorgung

- Mit Schmierstoff getränkte Tücher, Lappen und Bindemittel dürfen nur in nicht brennbaren, verschleißbaren und besonders gekennzeichneten Behältern gesammelt werden.
- Für die Entsorgung ist zuständig: _____

Datum: _____ Unterschrift: _____

Anhang 2

Muster eines Reinigungsplanes für Werkzeugmaschinen mit Minimalmengenschmierung

Firma:	Reinigungsplan	Nr.: Datum:
Arbeitsbereich: Arbeitsplatz: Maschinen-Nr.:		
Reinigung von Verschmutzungen und Ablagerungen im Maschineninnenraum der Werkzeugmaschine		
1. Zweck:	Reinigen des Maschinen-Innenraumes von Metallstaub/Öl-Ablagerungen gemäß Wartungs- und Reinigungsintervall.	
2. Anwendung:	Für Werkzeugmaschinen, die mit Minimalmengenschmierung betrieben werden.	
2.1 Leicht verschmutzte Anlagen:	Durchführung mit Produktionsunterbrechung (Schichtende).	
2.1.1 Reinigungsmittel:	Lappen oder Besen	
2.1.2 Durchführung:	a) Spänenester und Metallknäuel auf waagrechten Oberflächen und hervorstehenden Teilen beseitigen. b) feuchte Rückstände/Belag auf Innenwänden der Maschine abreiben/ abkehren in Späneförderer. c) Absaugstelle der Maschine kontrollieren. Eventuelle Spänegitter reinigen (Verstopfung durch Späne verhindern).	
2.2 mittel bis stark verschmutzte Anlagen:	Durchführung mit Produktionsunterbrechung.	
2.2.1 Reinigungsmittel:	Reinigung mit Niederdruckgeräten (Druck: 3 bis 7,5 bar).	
2.2.2 Durchführung:	Ablagerungen auf Oberfläche vom Maschineninnenraum durch Wasserstrahl mit einer Lanze säubern. Evtl. durch die Zugabe einer Reinigungsemulsion Reinigungswirkung verbessern und Korrosionsschutz auftragen (Lieferantenangaben beachten).	
2.3 Sehr stark verschmutzte Anlagen (hartnäckige Verunreinigungen, Anbackungen):	Durchführung mit Produktionsunterbrechung.	
2.3.1 Reinigungsmittel:	Strahlreinigung mit Trockeneis	
2.3.2 Durchführung:	Tiefgekühlte CO ₂ Pellets in der Größe von Reiskörnern mit einer Strahldüse unter Druckluft auf die zu reinigende Oberfläche aufstrahlen. Ablösen der versprühenden Schmutzschicht vom Untergrund. Verunreinigungen in Späneförderer leiten. Achtung: – Hohe Lärmentwicklung; Gehörschutz tragen – Nur mit Schutzkleidung/Schutzanzug arbeiten. – Nicht in engen, schlechtbelüfteten Räumen arbeiten: Gefahr der CO ₂ -Anreicherung!	
Bearbeiter:	Unterschrift:	

Anhang 3

Checklisten

Der geeignete Schmierstoff	i.O.
Richtwerte zur Auswahl emissionsarmer Schmierstoffe	
Viskosität bei 40 °C (DIN 51562 Teil 1): > 10 mm ² /s (cst.)	
Flammpunkt offener Tiegel (DIN EN ISO 2592): > 150 °C	
Verdampfungsverlust Noack bei 250 °C (DIN 51581 Teil 1): < 65 %	
Information über eingesetztes Schmiermittel (Hersteller):	
Betriebsanweisung	
Sicherheitsdatenblatt	
Produktinformation	
Nicht zu empfehlen sind:	
• Wassergemischte Kühlschmierstoffe und deren Konzentrate,	
• Schmierstoffe mit organischen chlor- oder zinkhaltigen Additiven,	
• gekennzeichnete Schmierstoffe (orangefarbenes Symbol nach der Gefahrstoffverordnung),	
• Produkte auf Basis mineralischer Grundöle mit hohem Aromatengehalt (> 3 ppm Benzo[a]pyren bzw DMSO Extrakt > 2; Sicherheitsdatenblatt bzw. Hersteller),	
• native Ester (Rapsöl, Rüböl) : Alterung, Verharzung an Führungen und Bauteilen,	
• Geruchsintensive Schmierstoffe.	

Das präzise Dosiergerät	i.O.
Gewährleistung kontinuierlicher Schmierstoff-Zufuhr (keine Aussetzer, Unterbrechungen, Leckagen);	
schnelles Ansprechverhalten und Medienverfügbarkeit an der Zerspanungsstelle auch bei längeren Stillstandszeiten (Schmierstoff an Zerspanstelle nach maximal 0,5 s);	
Möglichkeit zur Überwachung der Minimalmengenschmierfunktion (z.B. Füllstand, Medientransport und Druckluft);	
Möglichkeit zur Einstellung von Parametern (z.B. Menge und Druck) nach Vorgabewerten in Abhängigkeit von Verfahren, Werkstoff und Bearbeitungsparametern;	
zweckmäßiges Sprühbild der Düse (bei äußerer Zufuhr): <ul style="list-style-type: none"> • Angabe der zur Minimierung der Nebelbildung günstigen Systemeinstellgrößen, • Möglichkeit einer zielgerichteten Benetzung (Angabe der Wirkbereiche der Düse); 	
Angabe des Viskositätsbereiches bei 40° C der im System verwendbaren Schmierstoffe;	
Möglichst Schmierstoff und Dosiergerät aufeinander abgestimmt (kompatibel);	
gegenüber den eingesetzten Medien resistente Komponenten und Dichtungen (Abstimmung auf den Einsatzfall);	
geringe Lärmentwicklung im Betrieb (< 75 dB [A]).	

Die trockengerechte Werkzeugmaschine	i.O.
Schräg und steil angebrachte Arbeitsraumverkleidung (mindestens 35 ° zur Horizontalen),	
möglichst glatte Oberflächen (z.B. aus Edelstahl) zum besseren Ableiten der Späne,	
möglichst wenig Rohrleitungen, Ecken oder waagrechten Flächen, an denen es zu Späne- und Staubansammlungen kommen kann (bei Schrauben: Linsenkopfschrauben gut),	
sorgfältige Abdichtung des Arbeitsraums (möglichst keine Stäube an empfindlichen Teilen, wie Antriebs- und Führungselemente der Maschine),	
thermische Entkopplung der Innenraumverkleidung gegenüber dem Maschinengestell (möglichst keine „Wärmebrücken“) bei geringsten Toleranzen,	
kontinuierliche Späneabfuhr z.B. durch einen Späneförderer,	
Ausstattung mit einer Absaugung,	
Reinigungsplan mit Reinigungszyklen und Reinigungsverfahren in Abhängigkeit vom Grad der Verschmutzung, von Bearbeitungsverfahren und Werkstoff.	
Tipp: Vorgaben in der Betriebsanleitung der Werkzeugmaschine gemäß der Wartungs- und Instandhaltungsintervalle beachten.	

Das passende Werkzeug	i.O.
Geeignete Werkzeuge für MMS-Bearbeitung einsetzen (Beschichtung, Geometrie);	i.O.
vom Werkzeug-Hersteller empfohlene Schnittparameter einhalten (z.B. Vorschub, Schnittgeschwindigkeit).	

Anhang 4

Unterweisungsnachweis

Unterweisungsnachweis

(§ 4 Abs. 1 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ [BGV/GUV-V A1]
bzw. § 12 Arbeitsschutzgesetz)

Firma: _____

Abteilung: _____

Vorgesetzter (Meister): _____

Datum der Unterweisung: _____

Unterweisung vor Aufnahme der Tätigkeit

Wiederholungsunterweisung (mindestens jährlich)

Thema: _____

Stichworte: _____

Teilnehmer:	Unterschrift:

Ort, Datum

Unterschrift des Unterweisenden

Unterweisungsnachweis – Beispiel

(§ 4 Abs. 1 der Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ [BGV/GUV-V A1]
bzw. § 12 Arbeitsschutzgesetz)

Firma: Mustermann und Söhne

Abteilung: Blecbearbeitung

Vorgesetzter (Meister): Hr. Huber

Datum der Unterweisung: TT.MM.JJ

Thema: Arbeiten an Exzenterpresse

Stichworte: Handschutzmaßnahmen achten, missbräuchliche Benutzung durch
Abziehen des Betriebsartenwahl-schalters verhindern, Handschuhe
benutzen, Betriebsanweisung beachten, Gehörschutz benutzen, bei
schweren Teilen Hebehilfen verwenden, ...

Teilnehmer:	Unterschrift:

Ort, Datum

Unterschrift des Unterweisenden

Anhang 5

Vorschriften, Regeln und Informationen

Nachstehend sind die insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften, Regeln und Informationen zusammengestellt.

1. Gesetze, Verordnungen und Technische Regeln

Bezugsquelle:

Buchhandel und Internet: z. B. www.gesetze-im-internet.de, www.baua.de

Arbeitsschutzgesetz,

Betriebssicherheitsverordnung,

Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge,

Gefahrstoffverordnung mit zugehörigen Technischen Regeln für Gefahrstoffe, insbesondere

TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“,

TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“,

TRGS 555 „Betriebsanweisung und Information der Beschäftigten“,

TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“.

2. Vorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:

Zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger und unter www.dguv.de/publikationen

Unfallverhütungsvorschriften:

„Grundsätze der Prävention“ (BGV/GUV-V A1),

„Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz“ (BGV/GUV-V A8).

Regeln:

- „Grundsätze der Prävention“ (BGR/GUV-R A1),
- „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“ (BGR 121),
- „Einsatz von Feuerlöschanlagen mit sauerstoffverdrängenden Gasen“ (BGR 134),
- „Benutzung von Schutzkleidung“ (BGR/GUV-R 189),
- „Benutzung von Atemschutzgeräten“ (BGR/GUV-R 190),
- „Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz“ (BGR/GUV-R 192),
- „Einsatz von Schutzhandschuhen“ (BGR/GUV-R 195).

Informationen:

- „Hautschutz in Metallbetrieben“ (BGI 658),
- Lärmschutz-Arbeitsblatt LSA 05-351 „Geräuschminderung an pneumatischen Anlagen; Geräuschgeminderte Druckluftdüsen; Marktübersicht, Schallpegel, Blaskraft und Luftverbrauch aus Labormessungen“ (BGI 680),
- „Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen“ (BGI/GUV-I 719).

Grundsätze:

- „Aufgabenbereiche der Prüf- und Zertifizierungsstellen im BG-PRÜFZERT (BGG 903),

3. Normen

Bezugsquelle:	Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin
DIN 51 562-1	Viskosimetrie; Messung der kinematischen Viskosität mit dem Ub-belohde-Viskosimeter; Teil 1: Bauform und Durchführung der Messung,
DIN EN 374	Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen,
DIN EN 420	Schutzhandschuhe; Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren,
DIN EN ISO 14 121-1	Sicherheit von Maschinen; Risikobeurteilung; Teil 1: Leitsätze,
DIN EN ISO 2592	Mineralölzeugnisse; Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes; Verfahren mit offenem Tiegel nach Cleveland.

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

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