

Absaugen und Abscheiden von Kühlschmierstoff-Emissionen

Wolfgang Pfeiffer, Sankt Augustin

Bei der mechanischen Bearbeitung von Metallen werden bis auf wenige Ausnahmen Kühlschmierstoffe eingesetzt. Nach Schätzungen sind in Deutschland 4,5 Mio. Arbeitnehmer, die überwiegend in 200 000 kleineren und mittleren Unternehmen beschäftigt sind, gegenüber Kühlschmierstoffen (KSS) exponiert. Im Rahmen eines vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) geförderten Projekts werden Untersuchungen zur Verbesserung der Absaugung und Abscheidung von KSS an Werkzeugmaschinen durchgeführt. Ziel des Projektes ist es, Grundlagen für die optimale Gestaltung von Erfassungseinrichtungen zu erarbeiten, die Abscheideleistung zu verbessern und hinreichenden Schutz vor Bränden und Explosionen zu gewährleisten.

Kühlschmierstoffe enthalten unterschiedlichste Inhaltsstoffe, deren Zusammensetzung sich während des Gebrauchs, auch durch Bildung neuer Stoffe, verändert. Außerdem werden weitere Stoffe von außen eingetragen. Im Wesentlichen werden KSS in Werkzeugmaschinen eingesetzt, dabei entstehen Emissionen, die zu Atemwegserkrankungen führen können. Unter gewissen Bedingungen können krebserzeugende und toxische Gefahrstoffe freigesetzt werden. Zur Begrenzung der Exposition gegenüber Kühlschmierstoffemissionen ist ein umfangreiches Maßnahmenpaket erforderlich. Neben Maßnahmen zur Kontrolle, Wartung und Pflege der Kühlschmierstoffe sind umfangreiche technische Schutzmaßnah-

men, wie Erfassung und Abscheidung der Emissionen sowie Raumlüftung erforderlich. Zahlreiche messtechnische Untersuchungen der Berufsgenossenschaften und des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz – BGIA haben ergeben, dass bis auf wenige Ausnahmen die Absaugluft in den verschiedensten Abscheidesystemen nicht ausreichend gereinigt wird bzw. zu hohe Massenströme zurück in den Arbeitsraum gelangen.

Probleme bei der Erfassung von KSS-Emissionen

Durch Emissionen aus Werkzeugmaschinen, Nebeneinrichtungen (z. B. KSS-Versorgungssysteme, Spänebehälter)

und von Werkstücken, wird die Raumluft mit KSS-Aerosolen und -Dämpfen belastet (**Bild 1**). Um dies zu verhindern, sind zunächst alle KSS-Emissionsquellen zu ermitteln, z. B. im Rahmen eines Emissionskatasters. Anschließend sollte unbedingt die Frage geklärt werden, ob nicht ein Teil der Emissionsquellen vermieden oder die Emissionsquellstärken auf ein Mindestmaß reduziert werden können [1]. In ein Erfassungskonzept sind alle Emissionsquellen einzubeziehen. Neben dem Bearbeitungsbereich sind dies vor allem die Austragsstellen für Werkstücke oder Werkzeuge und Späne, die Späne- und KSS-Vorratsbehälter, Zwischenlager für Werkstücke oder Halbzeuge, Ablaufrinnen usw. (**Bild 2**) [2 bis 4].

Bild 1 Beispiele für KSS-Emissionsquellen.

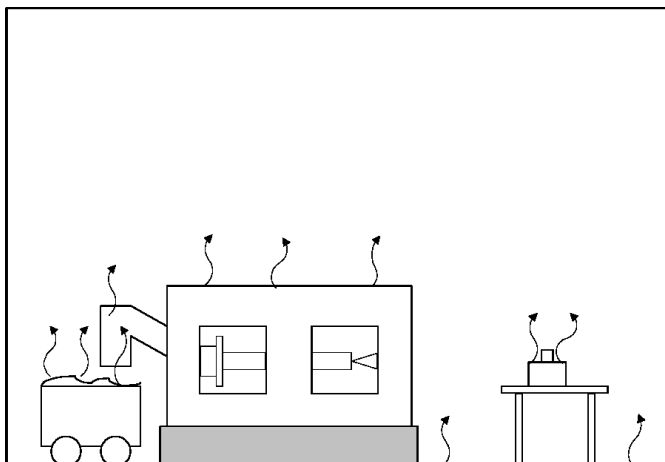


Bild 2 Erfassung der Emissionen.

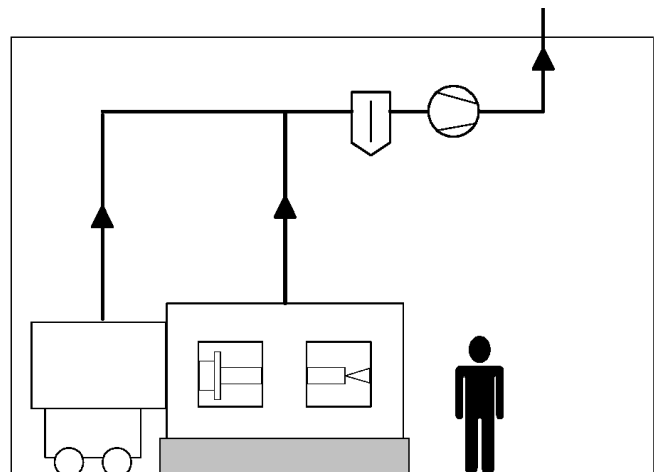




Bild 3 Beispiel für eine eingehauste Werkzeugmaschine.



Bild 4 Eine geöffnete Fronttür ermöglicht Emissionen.

Die einzig wirksame Art der Erfassung ist eine Einhausung, in der ständig ein Unterdruck herrschen muss. Auf dieser Grundlage ergeben sich mehrere Detailfragen.

Einhausungen an Werkzeugmaschinen dienen zunächst dazu zu verhindern, dass KSS in die Umgebung verspritzt wird, abgeschleuderte Bruchstücke oder Späne zu Verletzungen führen können sowie Lärm zu mindern (**Bild 3**). Aufgrund von Thermikströmen, Rotationsbewegungen von Werkzeugen oder Werkstücken und durch das Einströmen von KSS entstehen innerhalb der Einhausungen uneinheitliche Strömungs- und Druckverhältnisse. Damit in Überdruckbereichen keine KSS-Emissionen während des Arbeitsprozesses austreten und in den Arbeitsbereich des Bedienpersonals gelangen können, sind Absaugsysteme einzusetzen, die im Innenraum der Einhausung einen ständigen Unterdruck erzeugen. Die abgesaugte Luft wird in Abscheidern gereinigt, die i. d. R. einzelnen Werkzeugmaschinen zugeordnet sind.

Je nach Höhe der Emissionen innerhalb der Einhausungen werden unterschiedlich hohe Anteile an KSS-Emissionen über Erfassungseinrichtungen abgesaugt. Wird die Erfassungsstelle zu nahe an der Bearbeitungsstelle angeordnet, werden unnötigerweise hohe Anteile verspritzter KSS erfasst. Außerdem können verspritzte KSS über die Erfassungseinrichtung abgesaugt werden. Erfassungseinrichtungen bzw. Absaugstellen innerhalb der Einhausung sind dort anzubringen, wo die geringsten Emissionen vorhanden sind. Gegebenenfalls ist vor der Ansaugöffnung ein Spritzschutz anzubringen.

Mit der Stärke des gewählten Erfassungsluftstroms steigt auch der Massenstrom an KSS-Emissionen in der Erfassungsluft, eine

Verdoppelung des Luftstroms entspricht einer Verdoppelung des Massenstroms an Kühlschmierstoffemissionen. Der Anteil des Massenstroms in der Erfassungsluft hat daneben einen großen Einfluss auf die Abscheideleistung. Überfrachtete Abscheider können ihre Aufgabe nicht oder nur unzureichend erfüllen. Daher gilt es zunächst, den Absaugvolumenstrom zu minimieren, um neben den Anlagen- und Betriebskosten auch den Massenstrom zu begrenzen und die Abscheidesysteme nicht zu überfrachten. Im Einklang mit den maschinen- und prozesstechnischen Vorgaben der Maschinenhersteller z. B. für die maximale Innenraumtemperatur und den Explosionsschutz muss der Absaugvolumenstrom auf ein Mindestmaß beschränkt sein.

Ein weiteres Problem sind die bei geöffneter Fronttür der Einhausung entweichenden Emissionen. In der Regel ist bei geöffneter Tür zwar die KSS-Zufuhr unterbrochen, erhebliche Emissionsmassenströme können jedoch in den Arbeitsraum entweichen (**Bild 4**). Eine kurzzeitige Erhöhung des Erfassungsluftstroms bei geöffneter Fronttür löst das Problem aus verschiedenen Gründen nicht.

Ein nicht außer Acht zu lassender Aspekt ist die Vermeidung von Emissionsquellen im Arbeitsbereich. Im unmittelbaren Maschinenbereich entstehende Emissionen strömen zur Maschine hin, die wegen der Erfassung in der Maschine als Strömungssenke zu betrachten ist. Vielfach liegt hierin die Ursachen für zu hohe Expositionskonzentrationen [4].

Lösungsansätze

Bei der Problemlösung sind folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Erfassungseinrichtungen müssen in op-

timierter Form integraler Bestandteil von Werkzeugmaschinen sein.

- Der Erfassungsluftstrom und der zu überwindende Druckverlust müssen den maschinentechnischen Erfordernissen entsprechen.

- Abscheider sollen bei Bedarf vom Maschinenhersteller mitgeliefert werden.

Vielfach entsprechen Maschinen ohne Erfassungssysteme nicht dem Stand der Technik. Nachrüstungen müssen vom Betreiber der Maschinen oder durch Fachfirmen durchgeführt werden. Auch hierbei fehlt oft die Kenntnis über eine sachgerechte Ausführung. Die Nachrüster müssen aufgrund eigener Erfahrungen oder nach Rücksprache mit dem Maschinenhersteller solche Erfassungseinrichtungen planen und ausführen. Dies ist gegenüber einer integrierten Erfassung oft mit höheren Zusatzkosten verbunden. Leider fehlen aber den Maschinenherstellern Grundlagen für die Konzeption von Erfassungseinrichtungen, die daher im Rahmen des Forschungsprojekts erarbeitet werden sollen.

Angaben zu den erforderlichen Volumenströmen und zum Druckverlust sind von großer Bedeutung. Bei nachträglich einzurichtenden Absaugsystemen sind beide Größen für die Auslegung und Funktion im Dauerbetrieb wichtig.

Aus verschiedenen Gründen werden Erfassungssysteme an Maschinen nicht an eine Zentralanlage angeschlossen, sondern mit Einzelabscheidern betrieben. In der überwiegenden Zahl der Fälle muss der Betreiber der Maschine diese Einzelabsaugsysteme nachträglich einrichten. Hierbei kommt es oft zu Planungsfehlern, die dazu führen, dass erhöhte Anteile an KSS-Emissionen erfasst und bei unzureichender Ab-

scheidung zu hohe Anteile an Emissionsmassenströmen in den Arbeitsraum zurückgeführt wurden. Ursachen hierfür sind in erster Linie die Überfrachtung der Abscheidesysteme durch unsachgemäße Anordnungen und Ausführungen der Erfassungseinrichtungen und zu hoch gewählte Erfassungsluftströme.

Die genannten Punkte sprechen dafür, dass zukünftig Absaug- und Abscheidesysteme von den Herstellern der Werkzeugmaschinen integriert und bezogen auf den Einsatzbereich, z. B. die Art und Verwendung des Kühlschmierstoffs, zu optimieren sind.

Weiterhin von großer Bedeutung ist die Hallenlüftung, die dafür zu sorgen hat, dass Restemissionen aus der Atemluft entfernt werden. Es sind ausschließlich Lüftungssysteme nach dem Schichtlüftungsprinzip geeignet [5].

Erfassung der Emissionen

Einhausungen an Werkzeugmaschinen lassen sich nur dann verbessern und anwendungsgerecht konzipieren, wenn das Zusammenwirken von Erfassungsströmung, Stoffausbreitungsvorgängen und Störluftbewegungen geschlossen betrachtet und beschrieben werden kann. Um die grundlegenden Einflussgrößen auf die Stofferfassung ermitteln zu können, sollen im Rahmen des Forschungsprojekts experimentelle Untersuchungen an verschiedenen Werkzeugmaschinen und numerische Strömungssimulationen durchgeführt werden. Die numerischen Untersuchungen übernimmt der Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik der Universität Stuttgart. Ergebnisse experimenteller Untersuchungen im Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen (WZL) sollen als Vergleichsdaten für die Simulationsergebnisse dienen. Die Simulationsmodelle werden ggf. angepasst, um eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen Experiment und Rechnung zu erzielen. Die auf diese Weise „kalibrierte“ bzw. validierte numerische Simulation wird anschließend für Parameterstudien eingesetzt, die experimentell nicht mit vertretbarem Aufwand realisiert werden können. Ausgewählte Varianten sollen – sofern unter den gegebenen Randbedingungen möglich – im WZL umgesetzt und ihre Wirksamkeit experimentell untersucht werden. Eine detaillierte Erläuterung des Simulationsverfahrens findet sich in [6].

Nach Vorliegen dieser Grundlagen für die Auslegung und Anordnung von Erfassungseinrichtungen sind die ersten Voraussetzungen für eine Optimierung Emis-

Literaturverzeichnis

- [1] Kühlschmierstoffe und andere komplexe kohlenwasserstoffhaltige Gemische. Kühlschmierstoff-Informationssystem auf CD-ROM. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA. 2. Aufl. Hamburg: Storck Verlag 2003.
- [2] Pfeiffer, W.: Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kühlschmierstoffen. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 63 (2003) Nr. 4, S. 147-152.
- [3] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Umgang mit Kühlschmierstoffen (BGR 143, früher ZH 1/248). Köln: Carl Heymanns Verlag 1994.
- [4] BG/BIA-Empfehlungen zur Überwachung von Arbeitsbereichen – Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung (BIA-Report 4/2004). Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 2004.
- [5] VDI 3802: Raumlufttechnische Anlagen für Fertigungsstätten. Berlin: Beuth-Verlag 1998.
- [6] Walz, A.: Optimierung von Einrichtungen zur Stofferfassung – Stoffausbreitung durch Thermik. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2000.
- [7] Pfeiffer, W.: Planung von Erfassungseinrichtungen. VDI-Berichte 1854. Düsseldorf: VDI-Verlag 2004.

sionserfassung an Werkzeugmaschinen gegeben.

Abscheidung und Reinlufrückführung

Die Erfassungsluft wird i. d. R. in Einzelabscheidern gereinigt, die der Werkzeugmaschine zugeordnet sind. Je nach Anzahl der Maschinen und Abscheideleistung werden mehr oder weniger hohe Anteile an KSS-Emissionen in den Arbeitsraum geführt. In der Vergangenheit konnte durch Messungen festgestellt werden, dass die rückgeführten KSS-Massenströme zu hoch waren und so zu überhöhten Arbeitsplatzkonzentrationen beitrugen [1]. Der rückgeführte Stoffmassenstrom ist daher zu begrenzen, damit die Arbeitsplatzgrenzwerte im Arbeitsbereich von Beschäftigten eingehalten werden können.

Aus den bisherigen Erfahrungen sind die beiden folgenden Aspekte von Bedeutung:

- Reduzierung der Erfassungsströme,
- Verbesserung der Abscheideleistung.

Oft wird in der betrieblichen Praxis nach der Devise „Viel Luft hilft viel“ verfahren. Richtig wäre es aber, die Aussage „Wenig Luft hilft viel“ zugrunde zu legen. Denn bei gleicher Abscheideleistung sinkt der Massenstrom an KSS-Emissionen proportional mit dem Erfassungsluftstrom. Das bedeutet, dass bereits durch die Reduzierung des Erfassungsluftstroms die Reinluftkonzentration gesenkt wird. Bei gleichzeitiger Verbesserung der Abscheideleistung wird es somit möglich, den in der Reinluft enthaltenen Restmassenstrom an Kühlschmierstoffemissionen deutlich zu senken. Hierzu werden im Rahmen des Projektes im BGIA Untersuchungen zur Optimierung der Erfassung und Abscheidung durchgeführt [7].

Ausblick

Optimierte Erfassungssysteme müssen bereits integraler Bestandteil einer Werkzeugmaschine sein. Hierzu fehlen jedoch Grundlagen für die Auslegung und Gestaltung solcher Erfassungssysteme, die im Rahmen des Forschungsvorhabens erarbeitet werden sollen. Sowohl die Maschinen- als auch die Anlagenhersteller benötigen diese Grundlagen, um Absaugsysteme zu planen und in Praxistests zu optimieren. Hierzu haben sich unter der Leitung des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) verschiedene Arbeitskreise gebildet, in denen Vertreter betroffener Herstellerfirmen und Anwender sowie sonstige Fachleute vertreten sind. Es sollen Leitlinien erarbeitet werden, die für Konstrukteure, Anlagenbauer und Anlagenplaner, Betreiber sowie weiteres Fachpersonal Informationen zur sachgerechten Gestaltung von Erfassungseinrichtungen und auch Absauganlagen enthalten. TÜ 538

Dipl.-Ing. **Wolfgang Pfeiffer** ist Referatsleiter "Schutzmaßnahmen" im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz (BGIA) in Sankt Augustin.