

Hilfsmittel
für die Praxis



Lufttechnische Maßnahmen bei Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen

Lufttechnische Maßnahmen bei Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen

Autoren:

Dipl.-Ing. Peter Bannert

Dipl.-Ing. Peter E. Michels

Inhalt

Einleitung	4
Untersuchungsprojekt „Kühlschmierstoffe“	5
Aufgabenstellung	5
Durchführung	5
Messungen in der Luft an Arbeitsplätzen	5
Messungen in Rohrleitungen lufttechnischer Einrichtungen	6
Ergebnisse der Untersuchungen	8
Maßnahmen zum Stand der Technik	17
Primärmaßnahmen	17
Technische Maßnahmen	17
Organisatorische Maßnahmen	19
Zusammenfassung und Ausblick	20
Anhang:	
Übersicht der Untersuchungsergebnisse in den Rohrleitungen der lufttechnischen Anlagen und an den Arbeitsplätzen	21
Literaturhinweise	22

Einleitung

In der modernen spanenden Metallbearbeitung sind Kühlschmierstoffe (KSS) nach wie vor ein wesentlicher Hilfsstoff. Die Trockenbearbeitung und auch die Minimalmengenschmierung finden zurzeit nur in wenigen speziellen Fällen praktische Anwendung. Durch den Einsatz von KSS wird neben einer Verbesserung der Oberflächengüte des Werkstückes eine Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit sowie eine Steigerung der Werkzeugstandzeiten erreicht. Die Betriebskosten können effektiv gesenkt werden.

KSS haben in der Hauptsache die Aufgabe, die Bearbeitungsstelle zu schmieren, zu spülen und zu reinigen. Je nach Zerspanungsaufgabe werden wassergemischte KSS und nichtwassermischbare KSS eingesetzt. Nichtwassermischbare KSS gelangen anwendungsfertig in den Betrieb und werden in der Regel dort eingesetzt, wo eine hohe Schmierfähigkeit sowie extreme Druckaufnahmefähigkeit gefordert sind. Typische Einsatzgebiete sind das Bohren, Drehen, Gewindeschneiden und Räumen.

Wassergemischte KSS werden überall dort eingesetzt, wo mit erheblichen abzuführenden Wärmemengen durch hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten zu rechnen ist, wie z. B. beim Schleifen. Problematisch ist beim Einsatz von KSS neben der Hautbelastung die Entstehung von KSS-Aerosolen und -Dämpfen in der Luft am Arbeitsplatz.

Das Einatmen von KSS-Aerosolen und -Dämpfen kann zu Gesundheitsschäden führen.

Aerosole sind Luft getragene Flüssigkeitströpfchen, die durch Abschleudern des KSS an der Bearbeitungsstelle entstehen. Auch das direkte Versprühen, etwa mit Druckluft führt zu Aerosolen.

KSS-Dämpfe entstehen vor allem an erwärmten Werkstücken, Werkzeugen und Spänen sowie durch Verdampfen an benetzten Oberflächen.

KSS-Aerosole und -Dämpfe entstehen bei der spanenden Metallbearbeitung immer als Gemisch.

Um den Stand der Technik zu erreichen, sind in den meisten Fällen lufttechnische Maßnahmen erforderlich. Die KSS-Emissionen werden im Idealfall an der Entstehungsstelle erfasst und gefahrlos fortgeleitet. Zur Bewertung des Stands der Technik wird in der Praxis die Einhaltung des Luftgrenzwertes von 10 mg/m^3 empfohlen (siehe BGR/GUV-R 143).

Der Luftgrenzwert für KSS bezieht sich auf die Summe aus KSS-Dampf und -Aerosol. Er gilt für wassermischbare und nichtwassermischbare KSS mit einem Flammpunkt $>100 \text{ °C}$.

In wassergemischten KSS ist die Bildung Krebs erzeugender Nitrosamine möglich. In der TRGS 611 „Verwendungsbeschrän-

kungen für wassermischbare bzw. wassergemischte KSS, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können“ werden Maßnahmen beschrieben, die die Bildung von N-Nitrosaminen verhindern bzw. einschränken. Messungen nach N-Nitrosaminen in der Luft am Arbeitsplatz sind dann notwendig, wenn die Maßnahmen nach TRGS 611 nicht zu dem gewünschten Ziel führen.

Bei der in der Praxis aus energetischen Gründen häufig angewandten Reinlufrückführung, d. h. dem Zurückleiten der abgesaugten belasteten Luft über einen Abscheider in den Arbeitsbereich, zeigt sich das derzeit hauptsächliche technische Problem. Die zurzeit eingesetzte Abscheidetechnik ist häufig nicht in der Lage KSS-Emissionen ausreichend wirksam abzuschneiden. Bei der Reinlufrückführung strömen diese ungefiltert, in einigen Fällen sogar in höherer Konzentration, in den Arbeitsraum zurück.

Bei Beratungen wird immer wieder festgestellt, dass Betriebe keine bzw. unzureichende Kenntnisse darüber besitzen, welche Anforderungen an eine Maschinenabsaugung oder an eine Raumlufttechnische Anlage (RLT-Anlage) zu stellen sind.

Ferner zeigt die Erfahrung, dass den Lüftungsfirmen bei der Auftragsvergabe konkrete Vorgaben gemacht werden müssen. Es fehlt hier an den speziellen Kenntnissen, insbesondere wie Gefahrstoffe an der Quelle zu erfassen sind, welche Abscheider geeignet sind und wie die Luftführung im Raum zu erfolgen hat.

Im Folgenden werden typische Mängel beschrieben, die bei Beratungen in Mitgliedsbetrieben der BG ETEM festzustellen waren:

- Abgesaugte KSS-Emissionen werden über ungeeignete Abscheider in den Raum zurückgeleitet.
- Eine technische Zuluft fehlt bzw. wird im Deckenbereich eingebracht, obwohl Thermikströme der Maschinen und KSS-Emissionen nach oben streben.
- Vorhandene RLT-Anlagen sind in Bezug zum Raumvolumen und/oder der Gefahrstoffmenge deutlich zu niedrig oder zu hoch dimensioniert.
- Die physikalischen Eigenschaften der im Arbeitsbereich vorhandenen KSS-Emissionen werden bei Planung und Auslegung der RLT-Anlagen und der Maschinenabsaugungen nicht bzw. nur ungenügend beachtet.

Im Rahmen der Erstellung einer BG/BGIA-Empfehlung wurden systematische Untersuchungen in ausgewählten Betrieben durchgeführt.

Die Untersuchungen sollten zeigen, welche technischen Maßnahmen zu einer wirksamen und ausreichenden Minderung der KSS-Emissionen führen.

Untersuchungsprojekt „Kühlschmierstoffe“

Aufgabenstellung

Ziel der Untersuchungen war es, die lufttechnischen Maßnahmen zu beschreiben, die zum Stand der Technik führen. Das Projekt wurde in Abstimmung mit den Metall-Berufsgenossenschaften und dem Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA, damals BGIA) durchgeführt.

Zur Datenerhebung wurden spezielle Erhebungsbögen entwickelt. Diese ermöglichten eine systematische und einheitliche Dokumentation der erforderlichen Informationen.

Datenerhebung maschinenbezogener Emissionsparameter:

- Maschinen-Nr.
- Art des eingesetzten KSS
- KSS-Versorgung, -Zuführung und -Füllmenge
- Filtersystem im KSS-Umlauf
- Quellen für KSS-Emissionen im Maschinenumfeld (KSS-Lachen, benetzte Werkstücke, Späneabdunstung, Abblasen von Werkstücken etc.)
- Schutzmaßnahmen an der Maschine (Kapselung, teiloffene Maschine, offene Maschine)
- Lufttechnische Einrichtungen an der Maschine (Einzel-, Zentralabsaugung)
- Abscheiderart (Filternde Abscheider, Elektroabscheider, Massenkraftabscheider)
- Luftführung (Fortluft, Reinaluftückführung)

Datenerhebung der lufttechnischen Einrichtungen und Beschreibung der Hallensituation

- Grundriss mit Bemaßung
- Maschinenbelegung
- Einsatzstoffbelegung
- Hallenlüftungsplan
- Gesamtlüftungsbilanz

Durchführung

Die Untersuchungen wurden in vier ausgewählten Betrieben der spanenden Metallbearbeitung mit bereits vorhandenen lufttechnischen Konzepten durchgeführt. Es erfolgten Messungen zur Bestimmung der KSS-Dampf und -Aerosolkonzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz und parallel dazu in den Rohrleitungen der lufttechnischen Einrichtungen.

Zu den Messungen wurden mit Hilfe der Erhebungsbögen die erforderlichen Daten dokumentiert.

Messungen in der Luft an Arbeitsplätzen

Die Arbeitsplatzmessungen wurden wie folgt durchgeführt:

- stationäre Messungen an mindestens fünf Positionen im Arbeitsbereich (Abb. 1 und 2)
- Messungen in drei aufeinander folgenden Arbeitsschichten
- Probenahme mit BGIA-Probenahmesystem und -Sammelphasen:
 - für Kohlenwasserstoffgemische mit einem Aktivkohleröhrchen Typ B,
 - für Kühlschmierstoffe mit einem Gesamtstaub-Gas-Probenahmesystem (GGP) bestehend aus einem Glasfaserfilter für Aerosole sowie XAD-2-Adsorberharz für die Dämpfe
- die Analyse erfolgte für Kohlenwasserstoffgemische mit Hilfe der Gaschromatographie und für KSS-Dampf und -Aerosol mit Hilfe der Infrarotspektroskopie

Die Probenahme auf Kohlenwasserstoffgemische ist immer notwendig, um mögliche Querbeeinflussungen durch andere Kohlenwasserstoffe außer KSS, z. B. Reinigungs- und Entfettungsmittel feststellen und später bewerten zu können.

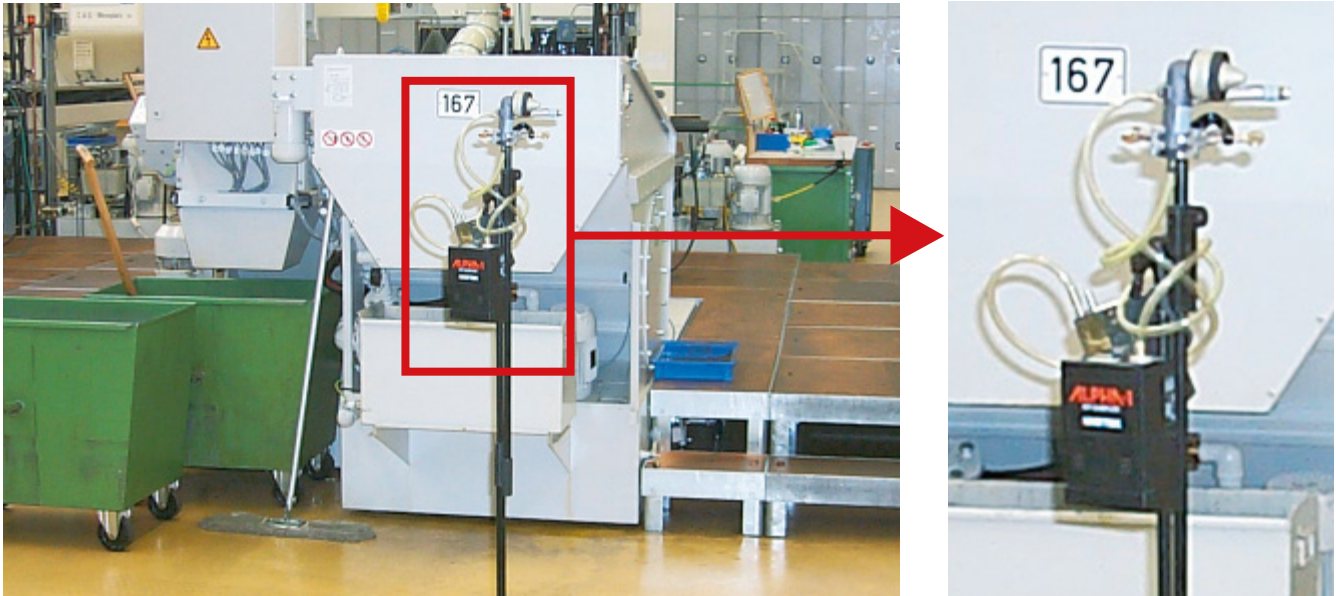


Abb. 1 und 2: Stationäre Probenahme mit PAS-Pumpe, Aktivkohleröhrchen und Gesamtstaub-Gas-Probenahmesystem (GGP), Mess- und Analyseverfahren sind detailliert in der BGIA-Arbeitsmappe „Messung von Gefahrstoffen“ unter der Kennzahl 7750 veröffentlicht.

Messwert bestimmende Parameter in den untersuchten Betrieben waren insbesondere:

- Anzahl der Maschinen im Arbeitsbereich
- Maschineneinhausung/Bauart der Erfassung
- verspritzter KSS auf dem Hallenfußboden, Lachenbildung (Abb. 3)
- Temperatur des umlaufenden KSS
- KSS-Abdunstung von Werkstücken und Spänen (Abb. 4)
- Rückführung der abgesaugten, KSS-belasteten Luft über ungeeignete Abscheider

Messungen in Rohrleitungen lufttechnischer Einrichtungen

Die Messungen in Rohrleitungen erfolgten mit einem isokinetischen Probenahmesystem (IPS) zur Messung der Konzentrationen partikel- und dampfförmiger Stoffe in strömender Luft durch Teilstromentnahme.

Bei dem IPS wird mit einer Sonde und einem Saugsystem aus einer Rohrleitung ein Teilvolumenstrom entnommen. Die enthaltenen Stoffe werden wie bei den Arbeitsplatzmessungen auf einem Glasfaserfilter bzw. einem Adsorbens (XAD-Harz) abgeschieden und später im Labor mit Hilfe der Infrarotspektroskopie analysiert.

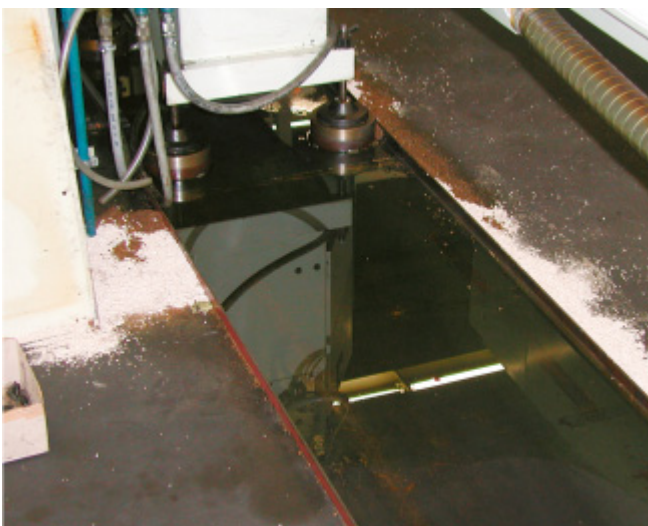


Abb. 3: KSS-Abdunstung aus KSS-Lachen



Abb. 4: KSS-Abdunstung aus Spänewagen

Voraussetzung für die Probenahme in Rohrleitungen ist, dass am Messpunkt turbulenzarme Strömungen bestehen. Dies bedeutet, dass der Messpunkt in einer geraden Rohrstrecke liegen muss, also nicht in Rohrkrümmern, Abzweigen oder Zusammenführungen.

Turbulenzarme Strömungen liegen z. B. dann vor, wenn vor dem Messpunkt eine gerade Rohrstrecke der Länge des fünffachen Rohrdurchmessers und nach dem Messpunkt des dreifachen Rohrdurchmessers besteht (Abb. 5).

Das Messverfahren entspricht der Richtlinie VDI 2066 „Staubmessungen in strömenden Gasen, gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung“ Blatt 1 und 2. Der Aufbau des Probenahme-systems ist in der BGIA-Arbeitsmappe unter der Kennzahl Nr. 3110 beschrieben.

In den Absauganlagen wurden die KSS-Konzentrationen in der Reinluft und – soweit möglich – auch in der Rohluft gemessen (Abb. 6 und Abb. 7).

Die Messungen in der Roh- und Reinluft dienen hauptsächlich dazu, die Wirksamkeit der Abscheider zu beurteilen.

Darüber hinaus sollte festgestellt werden, ob bzw. wie hoch bei Reinluft-rückführung in den Arbeitsraum, die KSS-Konzentration am Arbeitsplatz beeinflusst wird.

Mit den Messungen in der Rohluft sollte u. a. auch beurteilt werden, ob aus den Bearbeitungsmaschinen zu viel KSS abgesaugt wird, was wiederum zu einer erhöhten Belastung der Abscheider führt.

In den RLT-Anlagen wurden die KSS-Konzentrationen in der Abluft oder Fortluft und bei Umluftbetrieb auch in der Zuluft gemessen (Abb. 8). Die Messungen in der Abluft oder Fortluft



Abb. 6: Isokinetische Teilstromentnahme in der Rohluft vor dem Abscheider

dienen dazu, festzustellen, wie hoch die KSS-Konzentrationen in den RLT-Anlagen sind und welche Beeinflussung bei Umluftbetrieb am Arbeitsplatz zu erwarten wäre.

Mit der Messung in der Zuluft sollte beurteilt werden, wie hoch die Beeinflussung der KSS-Konzentration bei Umluftbetrieb am Arbeitsplatz ist.

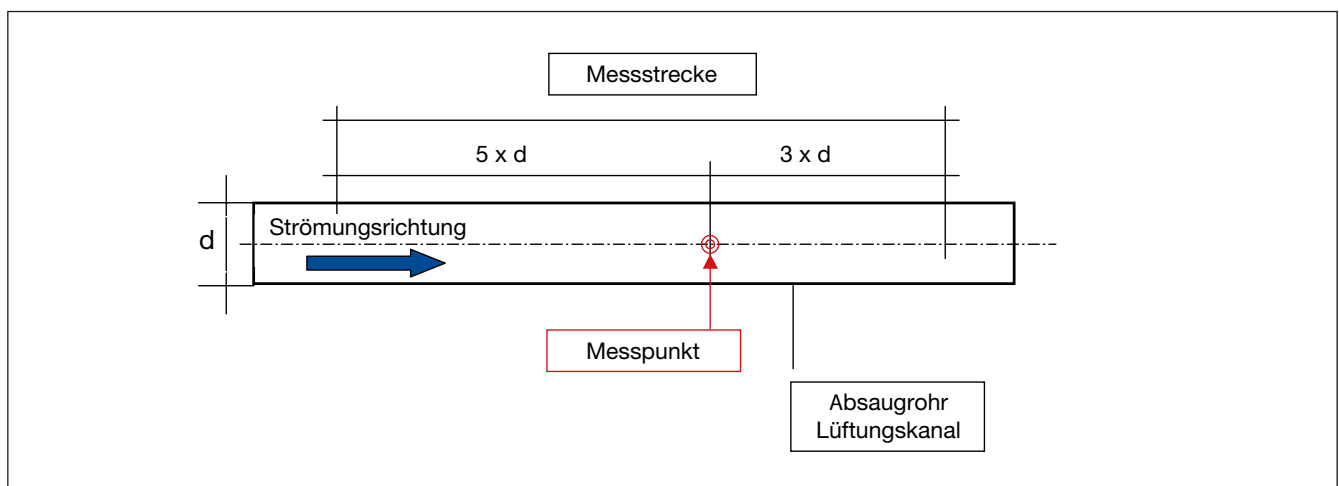


Abb. 5: Messstrecke in Rohrleitungen und Lüftungskanälen



Abb. 7: IPS in der Reinluft hinter einem Abscheider

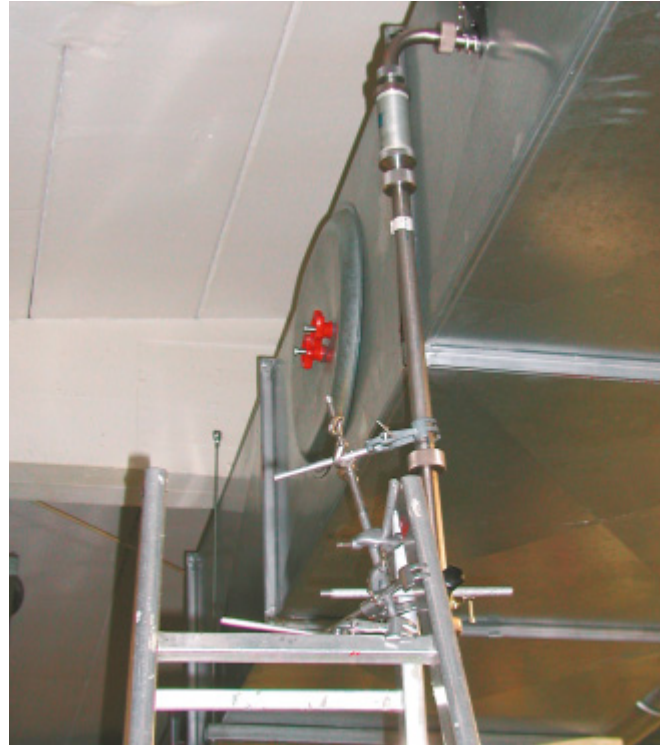


Abb. 8: IPS in der Abluft einer RLT-Anlage

Ergänzend zu den Messungen in den Rohrleitungen erfolgte eine Beurteilung der Luftführung in der Halle. Dabei wurde die Mischlüftung und die Schichtlüftung beurteilt. Diese Beurteilung ermöglicht eine Aussage darüber, wie wirksam nicht abgesaugte bzw. zurückgeführte (Reinluftückführung) KSS aus der Halle abströmen.

Ergebnisse der Untersuchungen

Im Folgenden sind die Ergebnisse der durchgeführten Messserien A, B, C in der Luft an Arbeitsplätzen und die Messungen in den Rohrleitungen dargestellt.

Insgesamt wurden in vier Betrieben drei unterschiedliche Lüftungskonzepte untersucht:

- **Hallenlüftungskonzept 1:** Maschinenabsaugung mit Fortluft ohne RLT-Anlage
- **Hallenlüftungskonzept 2:** Maschinenabsaugung mit Reinluftückführung und mit RLT-Anlage
- **Hallenlüftungskonzept 3:** Maschinenabsaugung mit Fortluft und RLT-Anlage

Zu jedem Betrieb werden Hallengröße, Maschinenart und -anzahl sowie Kühlschmierstoffart (nw = nichtwassermischbar und w = wassergemischt) mit Flammpunkt (Fp) angegeben.

Die Messpunkte und Messwerte in den Rohrleitungen sind jeweils in den Skizzen (Abb. 9, 12, 15, 18) der Hallenlüftungskonzepte eingezeichnet. Bei den Messwerten werden die KSS-Summenkonzentrationen aus Aerosol und Dampf in mg/m^3 angegeben. Die Messwerte in der Luft am Arbeitsplatz sind jeweils in den Tabellen 1 bis 4 zusammengefasst.

Hallenlüftungskonzept 1

Maschinenabsaugung mit Fortluft ohne RLT-Anlage (Betrieb A)

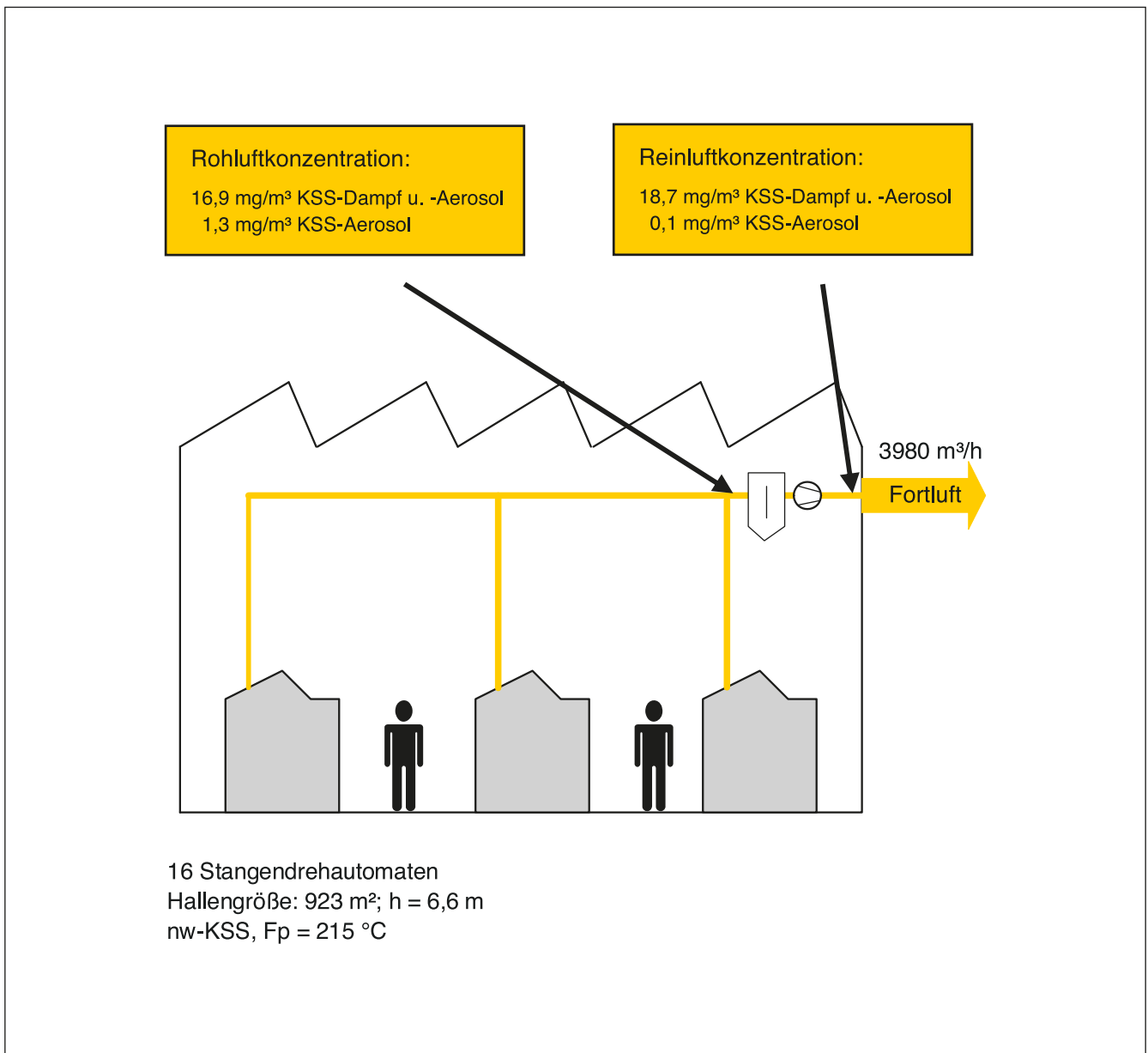


Abb. 9: Skizze zum Hallenlüftungskonzept 1, Betrieb A

Die Messungen in den Rohrleitungen zeigten, dass der Volumenstrom mit 3980 m³/h deutlich unter den Sollwerten von 4400 bis 12000 m³/h lag. In der zentralen Absauganlage waren drei Elektroabscheider parallel installiert. Die Reinluft wurde nach außen fortgeleitet, dadurch war sichergestellt, dass die KSS-Konzentrationen am Arbeitsplatz durch zurückströmende KSS nicht beeinflusst wurden.

Eine RLT-Anlage war in der Fertigungshalle nicht installiert. Die Lüftung erfolgte über Dach- und Wandöffnungen als natürliche Lüftung. Eine weitere Reduzierung der KSS-Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz wäre durch Installation einer RLT-Anlage möglich. Hiermit würden auch die KSS-Emissionen erfasst, die durch diffuse Quellen (Lachen etc.) entstehen.



Abb. 10: Maschinenhalle mit Messstelle



Abb. 11: Abscheider

Messwerte, stationär in mg/m ³ (Betrieb A)					
Serie A		Serie B		Serie C	
Dampf + Aerosol	Aerosol	Dampf + Aerosol	Aerosol	Dampf + Aerosol	Aerosol
5,4	< 0,5	2,9	< 0,5	6,8	< 0,5
7,6	0,8	2,0	< 0,5	7,0	< 0,5
6,9	0,8	2,7	< 0,5	7,2	< 0,5
5,9	< 0,5	2,3	< 0,5	7,5	< 0,5
6,9	0,5	3,4	< 0,5	7,1	< 0,5

Tabelle 1: Messwerte in der Luft am Arbeitsplatz, Messserien A, B, C, Betrieb A

Das Foto der Maschinenhalle (Abb. 10) zeigt eine der fünf Messstellen. Deutlich sind auf dem Hallenboden KSS-Lachen zu erkennen, die nicht von der Maschinenabsaugung erfasst werden und somit eine Ursache für die ermittelten KSS-Konzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz sind.

Die ermittelten Messwerte in der Luft am Arbeitsplatz der Serie A bis C sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Neben den Summenwerten aus KSS-Dampf und -Aerosol sind die Aerosolanteile getrennt aufgeführt. Das dargestellte Lüftungskonzept war

geeignet, den Luftgrenzwert von 10 mg/m³ zu unterschreiten und damit den Stand der Technik sicher zu stellen.

In der Rohluft der Absauganlage wurde eine KSS-Konzentration von 16,9 mg/m³ (Dampf und Aerosol) und 1,3 mg/m³ (Aerosol) gemessen. In der Reinluft lag die Konzentration bei 18,7 mg/m³ (Dampf und Aerosol) und 0,1 mg/m³ (Aerosol). Eine Dampfabscheidung erfolgte praktisch nicht, lediglich die Aerosole wurden von 1,3 mg/m³ auf 0,1 mg/m³ reduziert.

Hallenlüftungskonzept 2

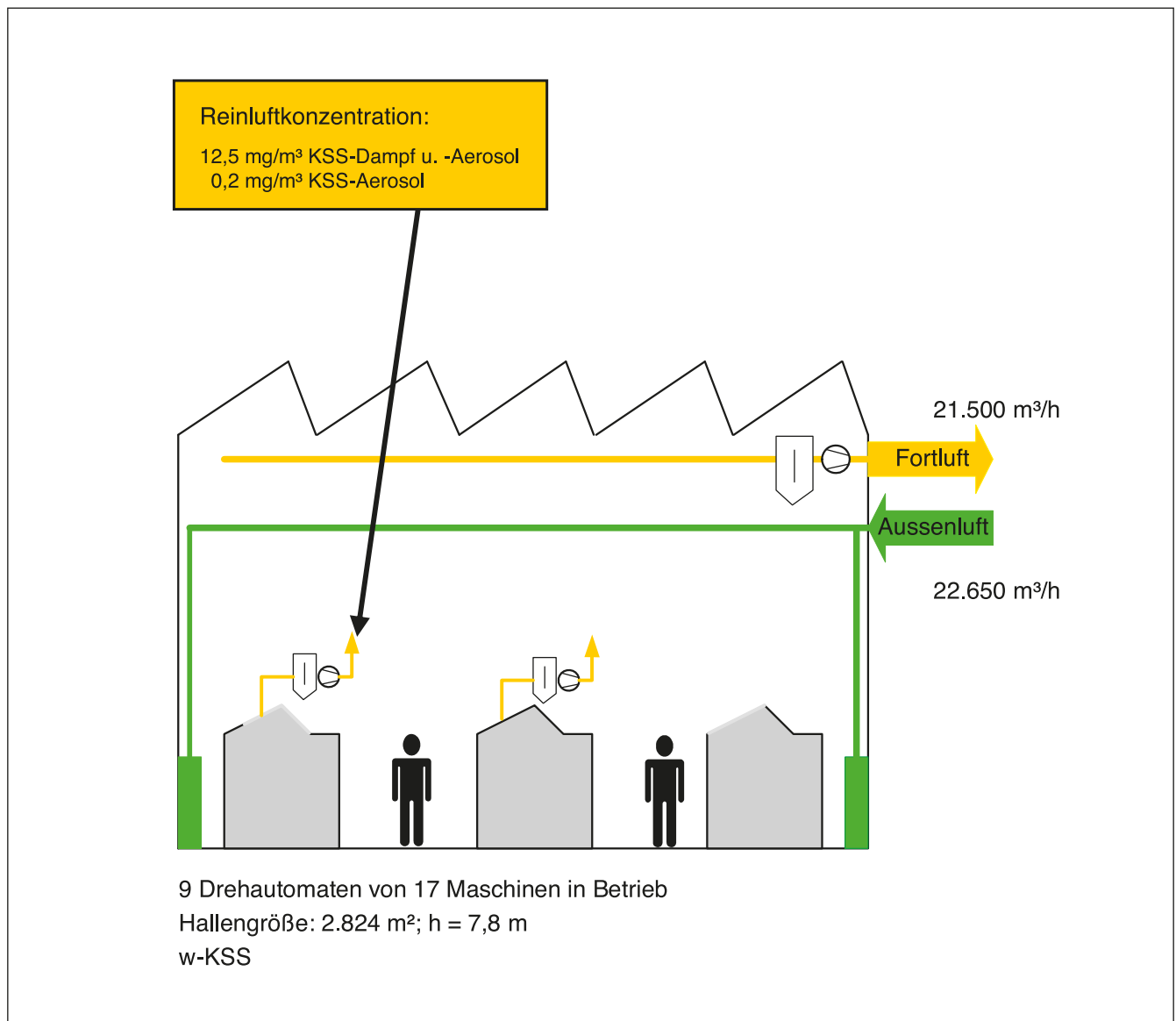
Maschinenabsaugung mit Reinlufrückführung und RLT-Anlage
(Betrieb B)

Abb. 12: Skizze zum Hallenlüftungskonzept 2, Betrieb B

Fünf Bearbeitungsmaschinen wurden mit aufgesetzten, dezentralen Absauganlagen betrieben (Abb. 13). Die Reinluft wurde dabei in die Fertigungshalle zurückgeführt (Reinlufrückführung). Von den Absauganlagen wurde eine messtechnisch untersucht.

In dieser Absauganlage war ein dreistufiger Filternder Abscheider eingebaut. Der gemessene Volumenstrom von $650 \text{ m}^3/\text{h}$ in der untersuchten Absauganlage lag deutlich unter dem Sollwert von $1500 \text{ m}^3/\text{h}$.

Da die Absauganlage direkt auf der Bearbeitungsmaschine angeschlossen war, konnte die KSS-Konzentration in der Rohluft nicht gemessen werden. In der Reinluft lag die Konzentration bei $12,5 \text{ mg/m}^3$ (Dampf und Aerosol) und $0,2 \text{ mg/m}^3$ (Aerosol). Der geforderte Wert nach BGR 143 und VDI 2262 Blatt 3 von 2 mg/m^3 (Dampf und Aerosol) in der Reinluft wurde nicht eingehalten. Dadurch wurde die KSS-Konzentration am Arbeitsplatz ungünstig beeinflusst.



Abb.13: Maschine mit aufgesetztem Abscheider



Abb.14: Zuluft durch Quellluftdurchlass

Messwerte, stationär in mg/m³ (Betrieb B)

Serie A		Serie B		Serie C	
Dampf + Aerosol	Aerosol	Dampf + Aerosol	Aerosol	Dampf + Aerosol	Aerosol
2,7	< 0,5	3,9	0,5	3,7	< 0,5
2,6	< 0,5	4,4	0,7	4,0	< 0,5
2,8	< 0,5	4,2	0,8	3,7	< 0,49
2,5	< 0,5	4,3	< 0,5	4,0	< 0,49
2,3	< 0,5	4,5	0,5	3,8	< 0,49

Tabelle 2: Messwerte in der Luft am Arbeitsplatz, Messserien A, B, C, Betrieb B

In der Fertigungshalle war eine RLT-Anlage mit Fortluft (ohne Umluft) installiert. Da kein Umluftbetrieb möglich war, wurde die KSS-Konzentration in den Lüftungskanälen nicht gemessen. Die Luftführung war als Schichtlüftung ausgeführt, dabei strömte Zuluft turbulenzarm im Fußbodenbereich in die Halle (Abb.14) und Abluft oben unter dem Dach aus der Halle.

Die Schichtlüftung mit Fortluftbetrieb der RLT- Anlage konnte den ungünstigen Betriebszustand der Absauganlage mit Reinlufrückführung ausgleichen. Obwohl die Anforderungen für die Reinlufrückführung nach BGR 143 und VDI 2262 Blatt 3 nicht

eingehalten waren, wurde der Luftgrenzwert von 10 mg/m³ unterschritten und somit der Stand der Technik erreicht.

Die ermittelten Messwerte in der Luft am Arbeitsplatz der Serie A bis C sind in der Tabelle 2 zusammengefasst. Neben den Summenwerten aus KSS-Dampf und -Aerosol sind die Aerosolanteile getrennt aufgeführt.

Hallenlüftungskonzept 3

Maschinenabsaugung mit Fortluft und RLT-Anlage (Betrieb C)

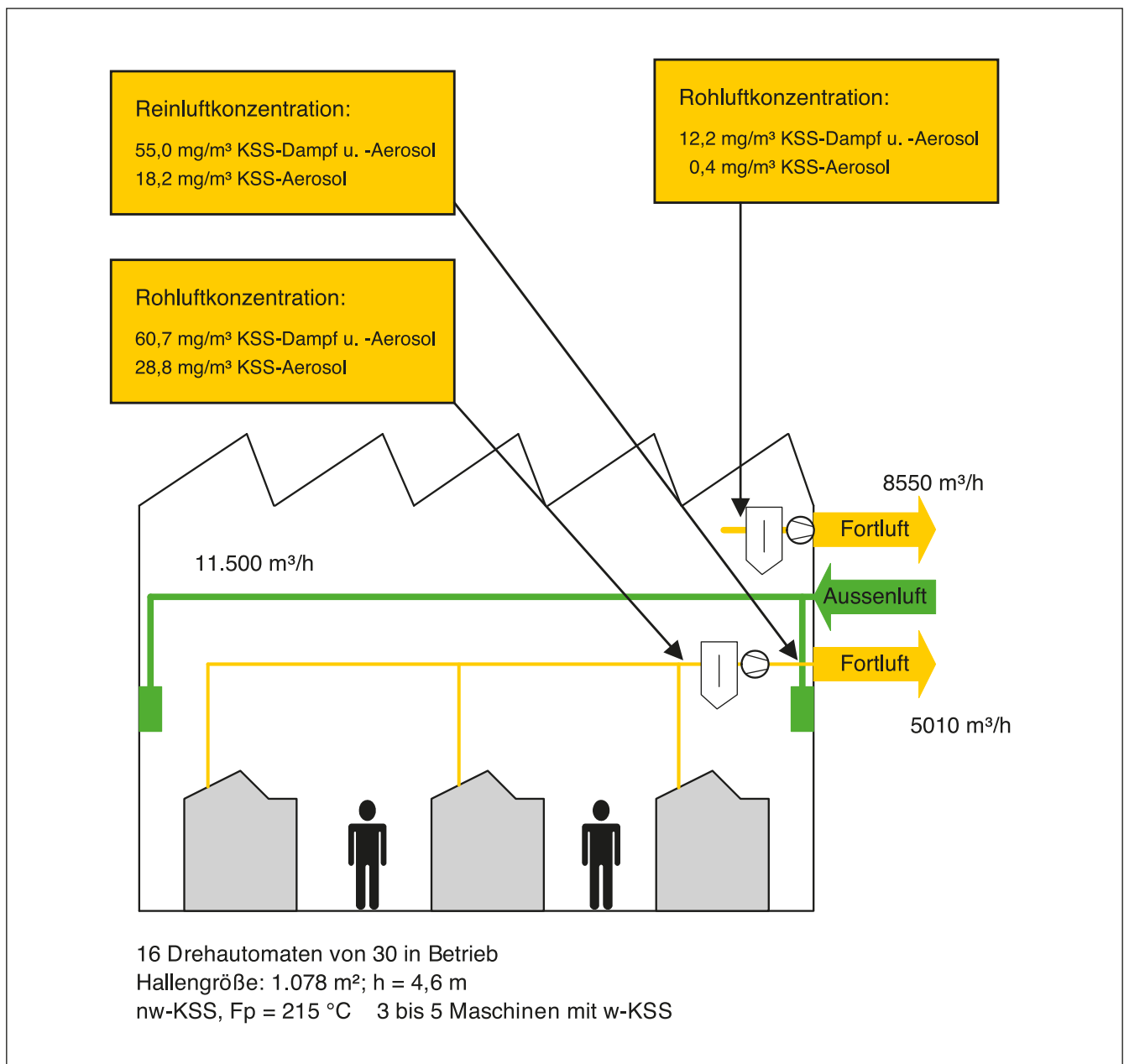


Abb. 15: Skizze zum Hallenlüftungskonzept 3, Betrieb C

Die Bearbeitungsmaschinen wurden mit einer zentralen Absauganlage betrieben. In der Absauganlage war ein Massenkraftabscheider installiert. Der gemessene Volumenstrom von 5010 m³/h lag unter dem Sollwert von 6000 m³/h. Die Reinluft wurde nach außen fortgeleitet, dadurch war sichergestellt, dass die KSS-Konzentration am Arbeitsplatz nicht beeinflusst wurde.

In der Rohluft der zentralen Absauganlage wurde eine KSS-Konzentration von 60,7 mg/m³ (Dampf und Aerosol) und 28,8 mg/m³ (Aerosol) gemessen. In der Reinluft lag die Konzentration bei 55 mg/m³ (Dampf und Aerosol) und 18,2 mg/m³ (Aerosol). In dem Massenkraftabscheider wurden weder Dampf noch Aerosole ausreichend wirksam abgeschieden. Die geforderte



Abb. 16: Maschinenhalle



Abb. 17: Eingehauste Maschine mit Späneausstrag

Messwerte, stationär in mg/m ³ (Betrieb C)					
Serie A		Serie B		Serie C	
Dampf + Aerosol	Aerosol	Dampf + Aerosol	Aerosol	Dampf + Aerosol	Aerosol
7,7	< 0,49	10,6	2,0	5,6	< 0,5
8,9	0,9	9,0	0,8	6,1	0,7
8,7	0,8	8,8	0,8	5,0	0,6
6,6	0,7	9,6	1,1	5,8	0,7
19,5	0,5	6,8	0,8	8,1	< 0,49

Tabelle 3: Messwerte in der Luft am Arbeitsplatz, Messserien A, B, C, Betrieb C

Reinluftkonzentration von 2 mg/m³ wurde deutlich überschritten.

Die hohe KSS-Konzentration in der Rohluft ist ein Anzeichen dafür, dass aus den Bearbeitungsmaschinen zuviel KSS abgesaugt wurde.

In der Fertigungshalle war eine RLT-Anlage mit Fortluft (ohne Umluft) installiert. Der gemessene Volumenstrom in der Abluft von 8550 m³/h lag unter dem Sollwert von 11500 m³/h. Es wurde nur in der Fortluft gemessen, da kein Umluftbetrieb möglich war. Die KSS-Konzentration lag bei 12,2 mg/m³ für Dampf und Aerosol sowie 0,4 mg/m³ für den Aerosolanteil. Die Luftführung war so ausgeführt, dass die Zuluft im oberen Hallenbereich und die Abluft durch einen kurzen Kanal unter dem Dach aus der Halle strömten.

Trotz hoher Maschinendichte sowie einiger diffuser KSS-Dampfquellen (Lachen, Spänewagen etc.) führte dieses Lüftungskonzept zum erwünschten Ziel. Die nicht über die Maschinenabsaugung erfassbaren KSS-Emissionen wurden über die Raumlüftung aus dem Arbeitsraum transportiert.

Die ermittelten Messwerte in der Luft am Arbeitsplatz der Serie A bis C sind in der Tabelle 3 zusammengefasst. Neben den Summenwerten aus KSS-Dampf und -Aerosol sind die Aerosolanteile getrennt mit aufgeführt. Das dargestellte Lüftungskonzept war geeignet, den Luftgrenzwert von 10 mg/m³ zu unterschreiten und damit den Stand der Technik sicher zu stellen.

Die höheren Messwerte in Messserie A und B konnten auf Fehler in der Abstimmung von Maschinenabsaugung und Raumlüftung zurückgeführt werden.

Hallenlüftungskonzept 3

Maschinenabsaugung mit Fortluft und RLT-Anlage (Betrieb D)

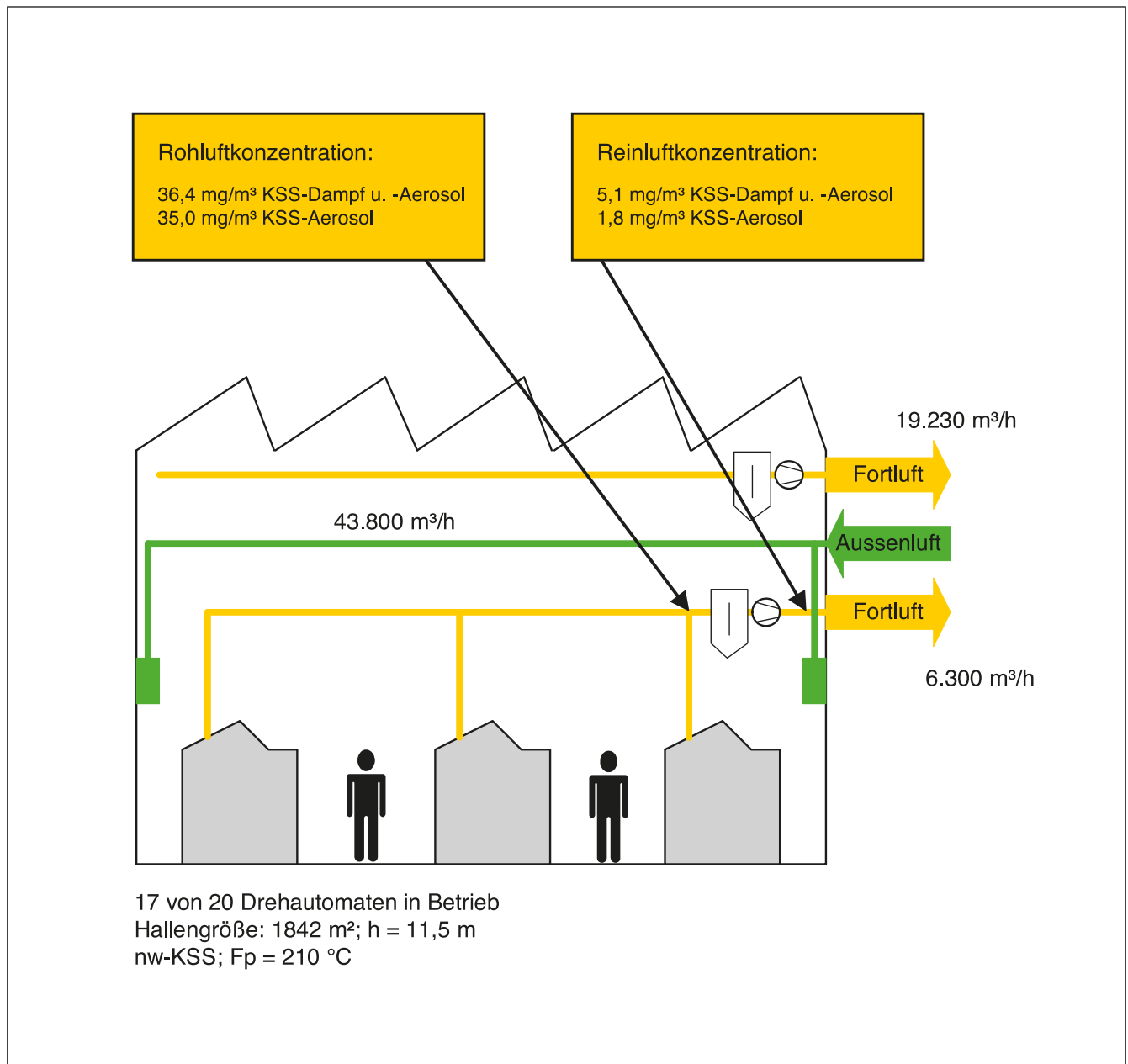


Abb. 18: Skizze zum Hallenlüftungskonzept 3, Betrieb D

Die Bearbeitungsmaschinen wurden mit einer zentralen Absauganlage betrieben. In der Absauganlage war ein Elektroabscheider installiert. Der gemessene Volumenstrom von 6300 m³/h lag erheblich unter dem Sollwert von 28000 m³/h. Die Reinluft wurde nach außen fortgeleitet, dadurch war sichergestellt, dass die KSS-Konzentration am Arbeitsplatz nicht beeinflusst wurde. In der Rohluft der zentralen Absauganlage wurde eine KSS-Konzentration von 36,4 mg/m³ für Dampf und Aerosol sowie

35 mg/m³ für den Aerosolanteil gemessen. In der Reinluft lag die Konzentration bei 5,1 mg/m³ (Dampf und Aerosol) und 1,8 mg/m³ (Aerosol). Die Rohrleitungen der zentralen Absauganlage waren mit langen Wegstecken installiert, dadurch kondensierten die KSS-Dämpfe in den Rohrleitungen. Außerdem wurde aus den Bearbeitungsmaschinen zuviel KSS abgesaugt. Beides führte zu den ungewöhnlich hohen Aerosolkonzentrationen in der Rohluft.



Abb. 19: Maschinenhalle



Abb. 20: Maschinenabsaugung

Messwerte, stationär in mg/m ³ (Betrieb D)					
Serie A		Serie B		Serie C	
Dampf + Aerosol	Aerosol	Dampf + Aerosol	Aerosol	Dampf + Aerosol	Aerosol
2,0	0,6	2,3	< 0,5	2,5	< 0,5
1,7	< 0,5	1,9	< 0,5	2,0	< 0,49
2,7	< 0,5	1,7	< 0,5	1,7	< 0,49
1,8	< 0,5	2,0	< 0,5	1,8	< 0,5
2,3	< 0,5	2,1	< 0,44	1,7	< 0,49

Tabelle 4: Messwerte in der Luft am Arbeitsplatz, Messserien A, B, C, Betrieb D

In der Fertigungshalle war eine RLT-Anlage mit Fortluft (ohne Umluft) installiert. Der gemessene Volumenstrom in der Zuluft betrug 43800 m³/h und lag unter dem Sollwert von 48000 m³/h. In der Abluft wurde ein Volumenstrom von 19230 m³/h gemessen, der im Bereich des Sollwertes von 20000 m³/h lag. Da kein Umluftbetrieb möglich war, wurde die KSS-Konzentration in den Lüftungskanälen nicht gemessen. Die Luftführung war als Schichtlüftung ausgeführt. Dabei strömte die Zuluft in den unteren Hallenbereich und die Abluft oben unter dem Dach aus der Halle.

Die ermittelten Messwerte in der Luft am Arbeitsplatz der Serie A bis C sind in der Tabelle 4 zusammengefasst. Neben den Summenwerten aus KSS-Dampf und -Aerosol sind die Aerosolanteile getrennt aufgeführt. Das dargestellte Lüftungskonzept war geeignet, den Luftgrenzwert von 10 mg/m³ zu unterschreiten und damit den Stand der Technik sicher zu stellen.

Dieses untersuchte Hallenlüftungskonzept entspricht weitgehend dem derzeitigen Stand der Lüftungstechnik zur Minderung von KSS-Konzentrationen in der Luft am Arbeitsplatz, d. h.:

- Absauganlage mit Fortluft (keine Reinaluftückführung)
- RLT-Anlage mit Fortluft (kein Umluftbetrieb)
- Luftführung als Schichtlüftung (keine Mischlüftung)

Bestätigung findet dies in den deutlich unter 10 mg/m³ liegenden Messwerten der Messserie A bis C.

Maßnahmen zum Stand der Technik

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass verschiedene technische Möglichkeiten bestehen, den Stand der Technik einzuhalten.

Diese sind umfassend in der BG/BGIA-Empfehlung zur Überwachung von Arbeitsbereichen „Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung“ beschrieben und als BGIA-Report 4/2004 veröffentlicht.

Der BGIA-Report kann im Internet unter www.dguv.de → IFA → Publikationsdatenbank → Reports als pdf-Datei eingesehen und heruntergeladen werden.

Das Maßnahmenkonzept wird im Folgenden zusammengefasst:

Primärmaßnahmen

Grundvoraussetzung ist die Einhaltung der sogenannten Primärmaßnahmen. Hierunter sind die Maßnahmen zu verstehen, die generell eine Minimierung der KSS-Emissionen bewirken und daher immer zu beachten sind:

- Einsatz möglichst verdampfungsarmer KSS
- Abstimmung von KSS-Behältervolumen und KSS-Zufuhr auf den Zerspanungsprozess entsprechend der Richtlinie VDI 3035
- Einsatz aufeinander abgestimmter KSS, Schmieröle, Hydrauliköle, Bettbahnöle etc. (Herstellieranfrage)
- Regelmäßige Pflege des KSS durch Abtrennen von Fremddölen, Feststoffen und Verunreinigungen nach VDI 3397 Blatt 2 (Abb. 21)
- Reduzierung diffuser KSS-Emissionen, z. B. Dämpfe von Spänen, Werkstücken und Lachen



Abb. 21: Zentralanlage zur Pflege von KSS

- Vermeidung des Abblasens mit Druckluft
- Abdichten von Leckagen im KSS-Umlaufsystem
- Schließen offener KSS-Ablauf und -Sammelstellen
- Regelmäßige Reinigung der Bodenwannen, Maschinenoberflächen und Fußböden

Technische Maßnahmen

Für die Errichtung und den Betrieb von Absaug- und RLT-Anlagen sind folgende Empfehlungen zu beachten:

- Möglichst geschlossene Einhausung zur Erfassung der KSS-Emissionen an der Bearbeitungsmaschine.
- Um den KSS-Verlust aus den Bearbeitungsmaschinen zu minimieren muss der Abluftvolumenstrom der Einzelabsauganlagen, der Gruppen- oder Zentralanlagen auf den Rauminhalt der Bearbeitungsmaschinen angepasst werden. Dieser ist so auszulegen, dass die Dämpfe nicht aus den Maschinen entweichen. Der Abluftvolumenstrom kann orientierend nach der Richtlinie VDI 2262 Blatt 4 Punkt 6.4 ausgelegt werden. Praktisch kann der Unterdruck beim Einregulieren des Abluftvolumenstromes mit Strömungsprüfröhrchen kontrolliert werden (Abb. 22). Während des Betriebes ist der Unterdruck, z. B. mit Differenzdruckmanometer zu überwachen.
- Um den KSS-Verlust von KSS-Aerosolen aus der Bearbeitungsmaschine zu minimieren und dadurch den Abscheider zu entlasten, haben sich in der Praxis Prallbleche oder Tropfenabscheider in den Absaugöffnungen bewährt (Abb. 23).
- Da KSS-Dämpfe in der Praxis zurzeit nicht wirksam abgeschieden werden, ist vorrangig Fortluftbetrieb durchzuführen (keine Umluft oder Reinluftückführung). Dabei ist die aktuelle Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) zu beachten, auch wenn diese nur für genehmigungspflichtige Anlagen anzuwenden ist. Gemäß der TA Luft darf beim Abführen von organischen Schadstoffen nach außen, für die ein MAK-Wert $< 25 \text{ mg/m}^3$ gilt, die Konzentration von 20 mg/m^3 oder der Massenstrom von $0,1 \text{ kg/h}$ nicht überschritten werden. Bei den Massenkraftabscheidern kommt hinzu, dass diese auch die KSS-Aerosole nur ungenügend abscheiden, sodass deren Einsatz nicht zu empfehlen ist.
- Die Anschlussrohrleitungen an den Bearbeitungsmaschinen sind ca. 1 m bis 1,5 m vertikal über den Maschinen zu verlegen und anschließend strömungstechnisch auf dem kürzesten Weg an den Abscheider anzuschließen. Durch die vertikale Verlegung kann kondensierter KSS in die Maschine zurückfließen.



Abb. 22: Einregulierung des Abluftvolumenstromes mit Strömungsprüfröhrchen

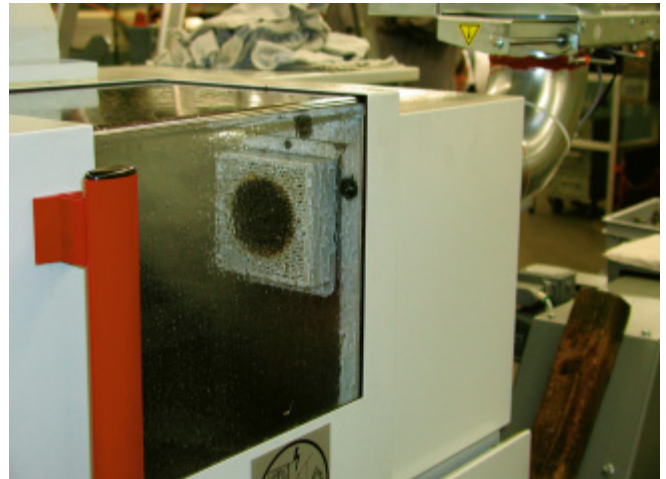


Abb. 23: Tropfenabscheider vor der Ansaugöffnung zur Minimierung des KSS-Verlustes aus der Maschine

Als Rohrleitungen haben sich in der Praxis u. a. geschweißte Rohre mit öldichten Verbindungen bewährt.

- KSS-Dämpfe können auch in Lüftungszentralen nicht wirksam abgeschieden werden, deshalb ist in RLT- Anlagen Umluftbetrieb nicht zulässig. Zur Energierückgewinnung können regenerative Wärmerückgewinnungssysteme (WRG-Systeme) gemäß der Richtlinie VDI 2071 eingesetzt werden.
- Da KSS Rohrleitungen und Lüftungskanäle extrem verunreinigen, sind bei der Planung und Ausführung der lufttechnischen Einrichtungen leicht erreichbare Revisions- und Reinigungsöffnungen vorzusehen.
- Die Minimierung der KSS-Emissionen wird neben der Abscheidung entscheidend von der Luftführung in der Fertigungsstätte

bestimmt. Dabei hat sich die Schichtlüftung gegenüber der Mischlüftung bewährt. Mit dieser Luftführung werden nicht erfasste KSS-Emissionen, KSS-Dämpfe bei Reinlufrückführung sowie Emissionen von diffusen Quellen gezielt aus dem Arbeitsbereich entfernt. Bei der Schichtlüftung strömt unbelastete Zuluft, soweit dies möglich ist, im Fußbodenbereich turbulenzarm in den Arbeitsbereich. Unterstützt durch die Thermik der Maschinenwärme strömt die belastete Luft zur Decke. Dort wird sie als Abluft angesaugt und nach außen fortgeleitet (Abb. 24). Im Winter kann mit einem WRG-System die Wärme aus der Abluft zur Vorerwärmung der Außenluft genutzt werden. Hierbei ist zu beachten, dass nach dem Wärmetauscher KSS aus der Abluft kondensiert. Das bedeutet, dass nach dem Kühler regelmäßige Reinigungsmaßnahmen durchzuführen sind.

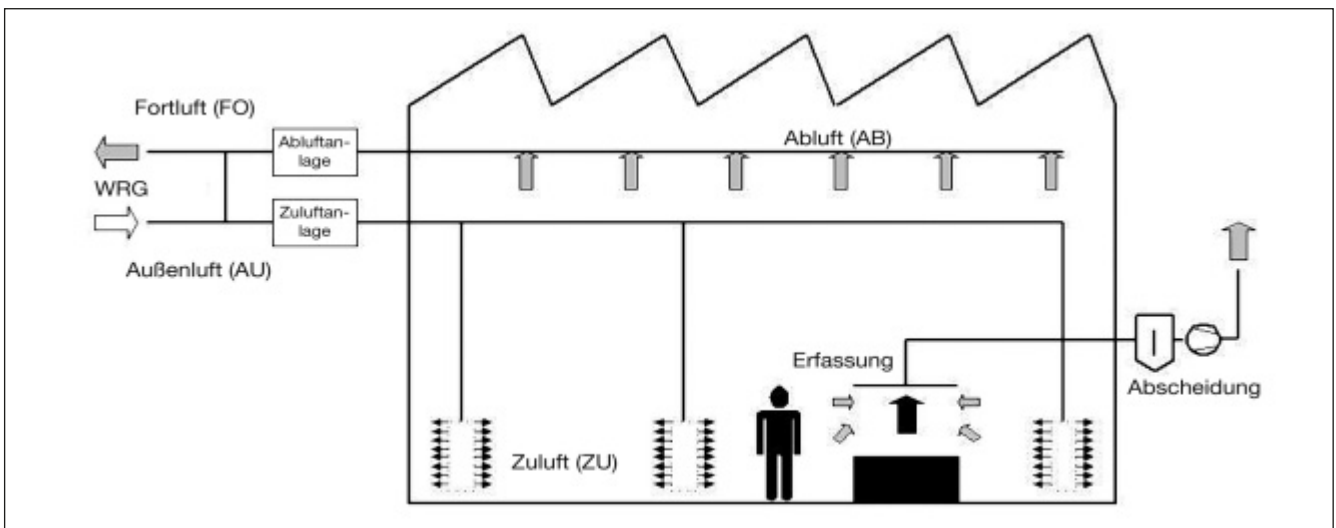


Abb. 24: Empfohlenes Lüftungskonzept mit Schichtlüftung und Fortluft

Organisatorische Maßnahmen

Die organisatorischen Maßnahmen sollen ein sicheres Arbeiten mit KSS und die Wirksamkeit der getroffenen Schutzmaßnahmen dauerhaft gewährleisten.

Hierzu gehören im Wesentlichen:

- **Wartung und Pflege der KSS.**
Bei wassergemischten KSS ist zusätzlich die TRGS 611 anzuwenden
- **Übergabe mit Dokumentation der lufttechnischen Einrichtungen nach DIN EN 12 599, vor der Inbetriebnahme**
- **Regelmäßige Instandhaltung der lufttechnischen Einrichtungen nach VDMA-Einheitsblatt 24186**
- **Regelmäßige Prüfung der lufttechnischen Einrichtungen mit Dokumentation der Prüfergebnisse durch eine befähigte Person nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)**
- **Betriebsanweisungen zu Tätigkeiten mit KSS (Abb. 25). Muster sind auch im Anhang der BGR/GUV-R 143 enthalten. Auf der Internetseite unter www.bgetem.de/medien → Betriebsanweisungen finden Sie eine Checkliste zur Erstellung einer Betriebsanweisung sowie verschiedene Muster-Betriebsanweisungen.**
- **Organisation von Hautschutz und Hygienemaßnahmen (siehe BGR/GUV-R 143 und BGR/GUV-R 197)**




Firma: _____	BETRIEBSANWEISUNG	
Arbeitsbereich: Werkzeugbau	GEM. § 14 GEFSTOFFV	
Verantwortlich: _____	Arbeitsplatz: Fräsmaschine	Stand: _____
<small>Unterschrift</small>	Tätigkeit: Fräsen	B 003 – GHS
Gefahrstoffbezeichnung		
Kühlschmierstoff _____, Typ _____		
Gefahren für Mensch und Umwelt		
<ul style="list-style-type: none"> - Hautkontakt: Entzündungen, Hautreizungen und -ausschlag möglich - Einatmen der Kühlschmierstoffnebel und -dämpfe: Lungenerkrankungen möglich - Wassergefährdend, nicht in die Kanalisation geben 		
Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln		
<div style="display: flex; align-items: center;">  <ul style="list-style-type: none"> - Kühlschmierstoffstrahl richtig positionieren, Kühlschmierstoffmenge richtig einstellen - Hautkontakt vermeiden; ggf. Hilfswerkzeuge _____ benutzen - Ggf. vorhandene Absaugungen sowie Spritzschutz benutzen - Arbeitsanzug komplett (mit Jacke) tragen (Ärmel nicht hochkrempeln) - Hände nicht mit Maschinenputzlappen abwischen - Maschinenputzlappen nicht in die Hosentaschen stecken - Hautschutzmittel benutzen (Hautschutzplan beachten!): Schutz (vor der Arbeit) _____ Reinigung (vor Pausen und Arbeitsschluss) _____ Pflege (nach der Arbeit) _____ - Am Arbeitsplatz nicht rauchen, essen oder trinken und hier keine Lebensmittel aufbewahren - Essensreste oder Zigarettenkippen dürfen nicht ins Umlaufsystem gelangen </div>		
Verhalten im Gefahrfall		
<p>Mit Kühlschmierstoff getränkte Kleidung sofort wechseln Verschüttete oder ausgelaufene Emulsion sofort mit Bindemittel _____ abdecken; später mit Handschäufel aufnehmen, hierbei Schutzhandschuhe _____ tragen</p>		
Erste Hilfe		
<div style="display: flex; align-items: center;">  <p>Bei Hautveränderungen (Rötung, Ausschlag etc.), Vorgesetzten informieren, Arzt _____ aufsuchen Spritzer im Auge: Auge sofort mit viel Wasser ausspülen, Vorgesetzten informieren Ersthelfer _____ Notruf _____</p> </div>		
Sachgerechte Entsorgung		
<p>Gebrauchte Bindemittel in _____ Sammelbehälter _____ geben. Wartung und Wechsel des Kühlschmierstoffes durch: _____ Tel.: _____</p>		

Abb. 25: Musterbetriebsanweisung „KSS-Einsatz beim Fräsen“

Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchungen zeigen, dass der Stand der Technik nur erreicht werden kann, wenn eine sorgfältige Planung und Ausführung der lufttechnischen Einrichtungen erfolgt. Das Hauptproblem ist nach wie vor die Abscheidung der KSS-Dämpfe. Hier besteht noch ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Nach dem derzeitigen Stand der Lüftungstechnik sollten zur Abscheidung von KSS-Dämpfen und -Aerosolen Absauganlagen mit Fortluft (keine Reinlufrückführung) und RLT-Anlagen mit Fortluft (keine Umluft) betrieben werden. Bei der Luftführung ist die Schichtlüftung der Mischlüftung vorzuziehen.

Detaillierte Informationen enthält die BG/BGIA-Empfehlung „Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung“. Diese ist als BGIA-Report 4/2004 veröffentlicht und kann im Internet unter www.dguv.de → Publikationsdatenbank → Reports als pdf-Datei eingesehen und heruntergeladen werden.



Um die Expositionssituation in den Betrieben nachhaltig zu verbessern, werden zurzeit im Auftrag des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften mit Einbindung des VDMA verschiedenste Aspekte an Werkzeugmaschinen untersucht.

Der Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik an der Universität Stuttgart befasst sich mit numerischen Strömungssimulationen in Werkzeugmaschinen mit dem Ziel, die Erfassung von KSS-Emissionen zu optimieren. Im Werkzeugmaschinenlabor der Technischen Hochschule Aachen werden anschließend hierzu experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz untersucht auf einem Prüfstand unter definierten Bedingungen das Abscheideverhalten handelsüblicher Abscheidesysteme.

Erste Ergebnisse enthält der BGIA-Report 9/2006 „Absaugen und Abscheiden von Kühlschmierstoffemissionen“.

Anhang

Übersicht der Untersuchungsergebnisse in den Rohrleitungen der lufttechnischen Anlagen und an den Arbeitsplätzen

Be- trieb	Messpunkte in den Rohrleitungen	Anlage/ Volumenströme	Abscheider	Betriebszustand		Luft- führung RLT- Anlage	KSS-Konzentra- tionen ²⁾ in den Rohrleitungen		Mittelwert der KSS- Konzentrationen ²⁾ in der Luft am Arbeitsplatz in den Serien A/B/C mg/m ³
				Absaug- anlage	RLT- Anlage		Reinluft mg/m ³	Rohrluft mg/m ³	
A		Zentralanlage, Maschinenabsaugung 3980 m ³ /h ¹⁾ (Soll: 4400 – 12000 m ³ /h)	3 Elektrofilter (parallel installiert)	Fortluft	–	–	18,7 (0,1)	16,9 (1,3)	6,5/2,7/7,1 (<0,62 / <0,5 / <0,5)
B		Einzelanlage an einer Maschine 650 m ³ /h ¹⁾ (Soll: 1500 m ³ /h)	Filter der Abscheider 1. Stufe: Metall 2. Stufe: EU4 + EU5 3. Stufe: S	Reinluft- rück- führung	–	–	12,5 (0,2)	kein Mess- punkt	2,6 / 4,3 / 3,8 (<0,5 / <0,6 / <0,49)
C		RLT-Anlage Zuluft: 22650 m ³ /h (Soll) Abluft: 21500 m ³ /h (Soll)	Taschenfilter	–	Fortluft	Schicht- lüftung	kein Mess- punkt	kein Mess- punkt	10,3 / 9,0 / 6,1 (0,7 / 1,1 / <0,6)
D		Zentralanlage, Maschinenabsaugung 6300 m ³ /h ¹⁾ (Soll: 28000 m ³ /h)	Taschenfilter und Wärmerück- gewinnung	Fortluft	–	Misch- lüftung/ Schicht- lüftung	kein Mess- punkt	12,2 (0,4) (Fortluft)	2,1 / 2,0 / 1,9 (<0,5 / <0,5 / <0,5)
		RLT-Anlage Zuluft: 43800 m ³ /h ¹⁾ (Soll: 48000 m ³ /h) Abluft: 19230 m ³ /h ¹⁾ (Soll: 20000 m ³ /h)	Taschenfilter F 5	–	Fortluft	Schicht- lüftung	5,1 (1,8)	36,4 (35) (lange Rohre)	

¹⁾ gemessene Volumenströme ²⁾ KSS-Konzentrationen: Summe aus Dampf und Aerosol, (reiner Aerosolwert)

Literaturhinweise

Gesetze und Verordnungen

- ArbSchG „Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit“
- GefStoffV „Gefahrstoffverordnung“

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)

- TRGS 560 „Lufrückführung beim Umgang mit Krebs erzeugenden Gefahrstoffen“
- TRGS 611 „Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können“
- TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“
- TRGS 901 „Begründungen und Erläuterungen zu Grenzwerten in der Luft am Arbeitsplatz“
- TRGS 905 „Verzeichnis Krebs erzeugender, Erbgut verändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“

BG/GUV-Regeln und BG/GUV-Informationen

- BGR/GUV-R 143 „Tätigkeiten mit Kühlschmierstoffen“
- BGR/GUV-R 121 „Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen“
- BGR/GUV-R 197 „Benutzung von Hautschutz“
- BGI/GUV-I 762 „Keimbelastung wassergemischter Kühlschmierstoffe“
- BGI/GUV-I 719 Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen

Arbeitsstättenrichtlinien (ASR)

- ASR 5 „Arbeitsstättenrichtlinien, Lüftung“
- ASR 5 A 3.5 „Technische Regeln für Arbeitsstätten“, – Raumtemperaturen

DIN-Normen

- DIN 51385 „Schmierstoffe; Kühlschmierstoffe; Begriffe“
- DIN 31052 „Instandhaltung; Inhalt und Aufbau von Instandhaltungsanleitungen“
- DIN EN 13779 „Lüftung von Nichtwohngebäuden“
- DIN EN 12599 „Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen“

VDI-Richtlinien

- VDI 3035 „Anforderungen an Werkzeugmaschinen, Fertigungsanlagen und periphere Einrichtungen beim Einsatz von Kühlschmierstoffen“
- VDI 2262 „Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz; Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe“

Blatt 1: Allgemeine Anforderungen

Blatt 2: Verfahrenstechnische Maßnahmen

Blatt 3: Lufttechnische Maßnahmen

Blatt 4: Erfassen luftfremder Stoffe

- VDI 2044 „Abnahme- und Leistungsversuche an Ventilatoren“
- VDI 2066 „Hygiene-Anforderungen an raumlufttechnische Anlagen in Gewerbe- und Produktionsbetrieben“
- VDI 2087 „Luftkanäle“
- VDI 3674 „Abgasreinigung durch Adsorption“
- VDI 3675 „Abgasreinigung durch Absorption“
- VDI 3676 „Massenkraftabscheider“
- VDI 3677 „Filternde Abscheider“
- VDI 3678 „Elektrische Abscheider“
- VDI 3679 „Nassarbeitende Abscheider“
- VDI 6022 „Hygienische Anforderungen an raumlufttechnische Anlagen“

Blatt 2: Raumlufttechnische Anlagen – Anforderungen an die Hygieneschulung

Blatt 3: Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlagen in Gewerbe- und Produktionsbetrieben

- VDI 2071 „Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen“
- VDI 3802 „Raumlufttechnische Anlagen für Fertigungsstätten“

VDMA-Einheitsblätter

- VDMA 24186 „Leistungsprogramm für die Wartung von lufttechnischen und anderen technischen Ausrüstungen in Gebäuden“
- VDMA 24166 „Ventilatoren, technische Gewährleistungen“

Reports des Instituts für Arbeitsschutz (IFA, ehem. BGIA)

- 7/96 „Kühlschmierstoffe“
- 5/99 „Messen, Beurteilen und Schutzmaßnahmen beim Umgang mit komplexen kohlenwasserstoffhaltigen Gemischen“
- 4/2004 BG/BIA-Empfehlung: „Einsatz von Kühlschmierstoffen bei der spanenden Metallbearbeitung“
- 9/2006 „Absaugen und Abscheiden von Kühlschmierstoffemissionen“

Informationsmittel der BG ETEM

- Schulungsprogramm (Präsentation) „Sicher arbeiten mit Kühlschmierstoffen“, Bestell-Nr. PU 011
- Broschüre „Sicher Arbeiten mit Kühlschmierstoffen“, Bestell-Nr. MB 027
- Multimediaunterweisung „Kühlschmierstoffe“ mit DVD, Bestell-Nr. PU 014
- Leitfaden zur Gefährdungsbeurteilung nach § 6 Gefahrstoffverordnung, Bestell-Nr. S 017
- Betriebsanweisungen online zum Herunterladen unter www.bgetem.de/medien → Betriebsanweisungen

Sonstige Informationsmittel

Kühlschmierstoff Informations-System; Das KSS-Portal, Ausgabe März 2010 „Kühlschmierstoffen und andere komplexe Kohlenwasserstoffhaltige Gemische“; eska Ingenieurgesellschaft mbH, 22797 Hamburg www.kuehlschmierstoffe.de

**Berufsgenossenschaft
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse**

Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln
Telefon 0221 3778-0
Telefax 0221 3778-1199
E-Mail info@bgetem.de
www.bgetem.de

Bestell-Nr. S 039